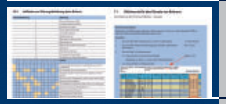
САМЫЙ СИЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ СВОЕГО ВИДА

DESIGNED FOR PREMIUM QUALITY

ОГЛАВЛЕНИЕ

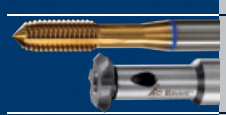
Cutting Pilot, GARANT eTool, TechnologyCenter Hoffmann Group

1. МАТЕРИАЛЫ
Чёрные металлы, цветные металлы, пластмассы



2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
Материалы, обрабатываемость резанием, современные технологии обработки, инструментальные материалы, покрытия и формулы

3. СВЕРЛЕНИЕ
Параметры стружкообразования, силы, основное машинное время, глубина сверления/черновое сверление, HSS, VHM, результат сверления, СМП, глубокое сверление, ориентировочные режимы сверления



4. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ
Расчёты, нарезание резьбы, формирование резьбы, резьбофрезерование, ориентировочные режимы нарезания резьбы

5. ЗЕНКЕРОВАНИЕ И ЗЕНКОВАНИЕ
Параметры стружкообразования, силы, основное машинное время, варианты исполнения, ориентировочные режимы зенкерования

6. РАЗВЁРТЫВАНИЕ
Параметры стружкообразования, силы, основное машинное время, варианты исполнения, допуски для поверхностей, ориентировочные режимы развёртывания

7. ПИЛЕНИЕ
Расчёты, пиление дисковыми, ленточными пилами, ориентировочные режимы пиления

8. ФРЕЗЕРОВАНИЕ
Расчёты, HSS, VHM, СМП, ориентировочные режимы фрезерования

9. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА/НАКАТЫВАНИЕ РИФЛЕНИЙ
Расчёты, наружная обточка, растачивание, нарезание резьбы резцом, отрезание, обработка прорезными резцами, ориентировочные режимы токарной обработки

10. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ
Балансировка, зажимные приспособления, SK-конусы, полые конусы, резцедержатели VDI

11. ПРЕЦИЗИОННОЕ ШЛИФОВАНИЕ
- Обычными абразивными материалами
- Суперабразивом

new

УКАЗАТЕЛЬ
Посадки по ISO, единицы измерения в системе СИ, таблицы пересчёта, таблица сравнения твёрдости

ВСЕГДА ОПТИМАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Всё для быстрого поиска – при помощи справочника Cutting Pilot Hoffmann Group.

Cutting Pilot позволит безошибочно найти подходящий режущий инструмент в основном каталоге Hoffmann Group

При сверлении, фрезеровании или токарной обработке: Вы всегда сможете выбрать нужный инструмент и получить рекомендации по его применению

Сделайте свой выбор

Воспользуйтесь основным каталогом или рекламной продукцией Hoffmann Group:
Теперь вы всегда сможете мгновенно найти оптимальный инструмент для решения своей задачи, включая соответствующие рекомендации по практическому применению.

CUTTING PILOT

Материал:	Al Термо-пласт	Al	Алюм. литье	< 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 67 HRC	Нерж. < 900 N	Нерж. > 900 N	Ti > 850 N	СЧ(ВЧ)	CuZn	Графит G(C)FK Реактопл.	Унив.		макс	мин	макс	Воздух
Код ISO:	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	M	M	S	K	N	N						
203005–				210	195	170	150	145				100	95	50				○		●	○	●	
203010–				175	160	140	125	120				90	75	40				○		●	○	●	
	Алюм. длинноструж. термопласты	Алюм., коротконструж.	Алюминиевое литье	Основные марки стали Тонкозерн. конструкц. сталь					Закалённая сталь			Коррозионно- и кислотостойкие стали		Nimonic, Inconell, Hastelloy	Серый чугун	Латунь, бронза	Стекло- и углепластики	Универсальное применение	Масло	Эмульсия	Миним. расход смазки	Сухая обработка	Сжатый воздух

● / жирным шрифтом = очень хорошо подходит
○ / стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Размер = Ø d8 D	203005 / 203010 Garant VHM Фреза HPC		L_s		$L_{общ}$		h6		f_z									
	длинное	сверхдлинное	203005	203010	203005	203010			< 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	TOOLOX® 33	TOOLOX® 44	INOX < 900 N	INOX > 900 N
мм	TiAlN	TiAlN	мм	мм	мм	мм	мм		мм									
12	XXX	XXX	51	76	100	125	12		0,070	0,070	0,060	0,060	0,060	0,060	0,050	0,040	0,040
									0,085	0,085	0,072	0,072	0,072	0,072	0,060	0,050	0,050

Примечание — Для увеличения периода стойкости и получения оптимальных результатов мы рекомендуем для фрез Ø до 4 мм включительно: $a_p = 0,5 \times D$.

Код ISO

Таблица для «Точения»

непрерывное резание | неравномерное резание | прерывистое резание | эмульсия | сухая обработка

Средняя скорость резания

v_c = 75 м/мин

Важный размер

Ø 12 мм

Средняя подача

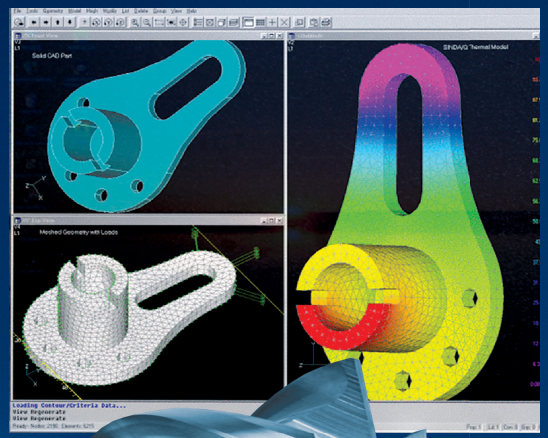
При обработке сквозного паза для Ø 12 мм:
f_z = 0,040 мм
При фрезеровании кромок для Ø 12 мм:
f_z = 0,050 мм

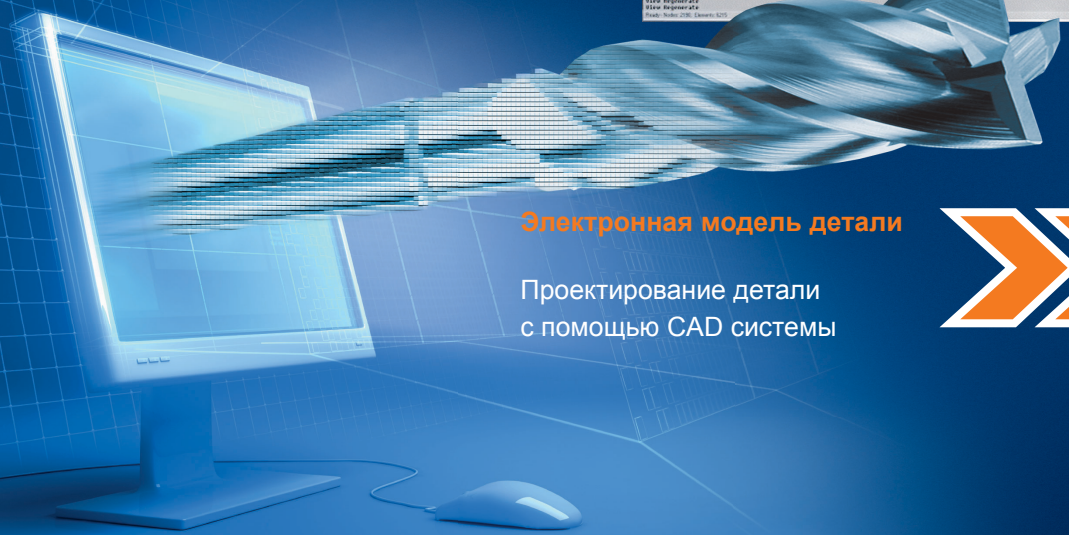
GARANT eTool – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Точное и быстрое изготовление при помощи GARANT eTool:

От вашего замысла к готовому изделию часто ведёт длинный путь – сократите его:

GARANT eTool позволит вам ускорить производственный процесс и сэкономить при этом наличные!





Электронная модель детали

Проектирование детали с помощью CAD системы

GARANT eTool

Необходимые размеры режущего и вспомогательного инструмента для производства детали

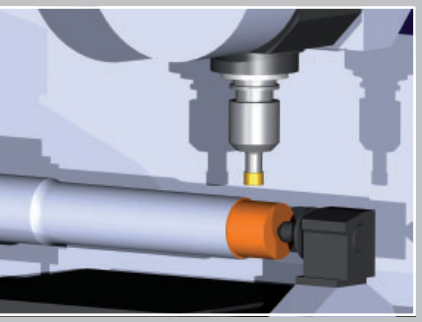
- Точное и профессиональное проектирование
- Минимальные затраты времени на производство и отсутствие брака
- Снижение затрат

Изготовление на станках с ЧПУ

Предварительная проверка программы для станка с ЧПУ

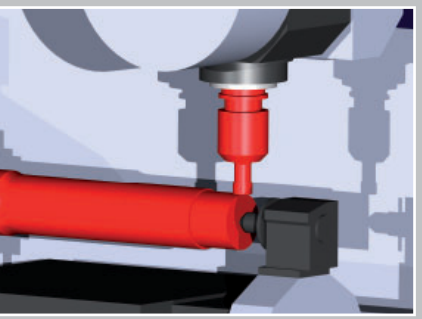
GARANT eTool – В ЧЁМ ПРЕИМУЩЕСТВА?

Электронные чертежи и 3D модели инструмента для различных CAD-CAM систем.



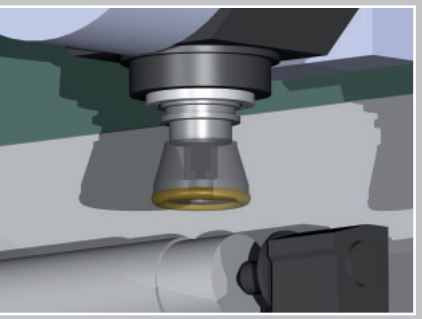
Для эффективного использования инструмента в ОЦ с ЧПУ

- Анализ процессов обработки с использованием данных о станках и инструментах позволяет оценить границы производительности



Для моделирования процессов обработки

- Предотвращение поломки инструмента благодаря надёжному контролю столкновений
- Предотвращение повреждения станков за счёт контроля направления обработки
- Точный расчёт времени обработки
- Повышение эффективности производства и, следовательно, сокращение «времени до выхода на рынок»



Включая способы крепления инструмента и детали

- Простое изготовление сложного инструмента: Сборка с использованием систем координат и определённых нулевых точек
- Со всей необходимой информацией о местах крепления

GARANT eTool – НЕ ИМЕЕТ СЕБЕ РАВНЫХ

Уникальная и универсальная программа – 20 000 компьютерных моделей режущего и вспомогательного инструмента

Совместима со всеми популярными системами CAD и CAM

2D модели

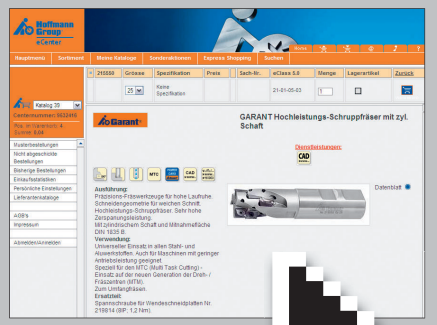
Универсальный формат		DXF (формат обмена изображениями)	многоуровневая структура BMG

3D модели (модель для проверки столкновений, точность 0,1 мм)

Собственный формат		STP Step SAT STL	AP203 Версия 12 –
Собственный формат	NX Unigraphics	UGS Part	Версия NX3
	Catia	CATpart CATproduct	Версия 5 Release 14

ASCII

Универсальный формат	DIN4000+	csv	
Собственный формат	TDM	bas/dat	



Простая и бесплатная загрузка

- Регистрация в eCenter на www.hoffmann-group.com
- Выбор инструмента и форматов данных
- Отправка основного пакета
- Личный контакт по электронной почте
- Загрузка данных из системы CAD – готово!

НИЧТО НЕ СРАВНИТСЯ С ОРИГИНАЛОМ!

Идеальная заточка – услуга TechnologyCenter Hoffmann Group

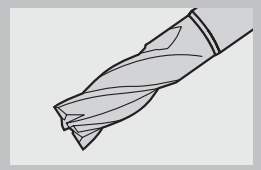
Являясь ведущим в Европе системным поставщиком высококачественного инструмента, мы придаём большое значение точности изготовления и соблюдению сроков поставки. Не менее серьезно мы относимся также к обслуживанию бывшего в употреблении режущего инструмента. Вы всегда можете рассчитывать на профессиональный подход – независимо от того, требуется ли вам переточка, нанесение покрытия или изготовление специального инструмента оригинального качества.

Партнеры TechnologyCenter Hoffmann Group по системе кооперирования

Наши услуги

Оригинальная переточка

- Обработка (переточка) бывшего в употреблении инструмента. Срок выполнения заказа 2–3 недели и по договорённости.



Оригинальная геометрия

- Фаски, зенкующие ступени, переточка на промежуточные размеры.

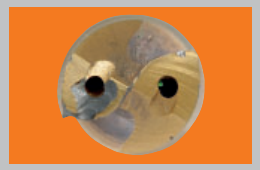
Оригинальное покрытие

- Большой выбор покрытий (TiAlN, антифрикционное покрытие и т. д.). Срок выполнения заказа 2–10 рабочих дней и по договоренности.

Подготовка протокола измерений

- По желанию протокол измерений для вашего инструмента.

Какой инструмент пригоден для переточки и нанесения нового покрытия?



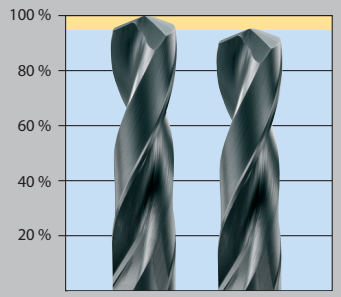
- Сверла с высокой степенью износа и следами выкрашивания. Даже такие свёрла легко перетачиваются.

- Такое сверло после отрезания и переточки можно снова использовать.

- Фрезы со стандартным износом задней поверхности режущей части. Оптимально подходит для обработки, так как в результате притирки устраняются мельчайшие трещинки на зубьях, режущая кромка снова становится острой и в полной мере обеспечивает производительность.

- Лёгкое выкрашивание в передней части главной режущей кромки поддается обработке. Инструмент обрезается, торец перетачивается.

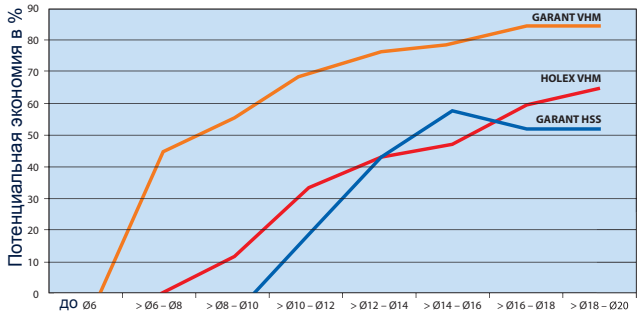
ПОЧЕМУ СТОИТ ПРОИЗВОДИТЬ ПЕРЕТОЧКУ И НАНОСИТЬ НОВОЕ ПОКРЫТИЕ?



Инструмент с оригинальной заточкой и оригинальным покрытием обеспечивает **производительность резания более 95 %** по сравнению с новым изделием.

Таким образом, даже при больших диаметрах получается **экономия до 85 %!**

Пример: Потенциальная экономия для свёрл VHM / HSS в %



При обработке больших свёрл VHM / HSS обнаруживаются существенные преимущества в издержках производства по сравнению с новым инструментом – до 85 %!

Больше информации? Просто закажите нашу брошюру об услугах по заточке инструмента!

Вывод

Использование переточенного инструмента экономически целесообразно, так как гарантируется высокая точность изготовления.
Достигается дополнительная оптимизация процесса высокопроизводительной обработки в целом (сокращение издержек в расчёте на единицу продукции).

ПРОЩЕ НЕ БЫВАЕТ

Системный бокс Hoffmann Group обеспечит удобную и безопасную доставку вашего инструмента нам – и обратно в ваш адрес!

Ваша ценная фреза демонстрирует явные следы износа – требуется её переточка.

Заказчик

1. Закажите системный бокс по телефону: **+49 - (0) 911 / 6581 - 371.** Естественно, мы принимаем также инструмент в вашей одноразовой упаковке.
2. Оформите договор доставки на: **www.hoffmann-group-systembox-s.com**

Доставка

- Доставка в течение 24 часов.
- При стоимости заказа свыше 200,– € доставка бесплатная.
- Вы можете также самостоятельно доставить инструмент в TechnologyCenter.

Technology-Center

3. Контроль инструмента
4. Обработка
   - Оригинальная заточка
   - Оригинальное покрытие

Отправка обратно заказчику

- В течение 24 часов.
- Бесплатно при стоимости заказа свыше 50,– €

Ок. 2–3 недель – в зависимости от затрат и объёма работ – потребуется для выполнения вашего заказа:
Высочайшая точность и надёжность при минимальных сроках – на это вы можете рассчитывать в любом случае.

Всего через несколько дней – после переточки, нанесения нового покрытия и контрольных измерений (по желанию) ваша фреза снова готова к работе.

НОУ-ХАУ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Справочник по обработке резанием

МАТЕРИАЛЫ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Результат многолетней работы и знания наших экспертов в области обработки резанием:
Новый Справочник по обработке резанием GARANT!
Обработка резанием и крепление инструмента – удобно и практично, необходимая информация для каждого профессионала!

Большой справочник по темам:

- Материалы и их обрабатываемость резанием
- Основы современного производства
- Инструментальные материалы и покрытия
- Сверление, нарезание резьбы, зенкерование и зенкование, развёртывание, пиление, фрезерование, токарная обработка, вспомогательный инструмент и прецизионное шлифование
- Таблицы режимов резания и формулы
- Подробные данные по всем способам обработки

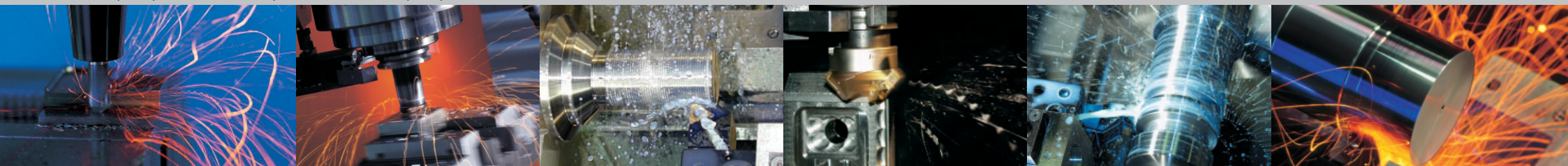
МАТЕРИАЛЫ

- Классификация материалов по различным группам:
  - Чёрные металлы
  - Цветные металлы
  - Пластмассы
- Обозначение материалов и химический состав
- Основные области применения и данные для определения силы резания
- Оценка свойств путём измерения твёрдости материалов

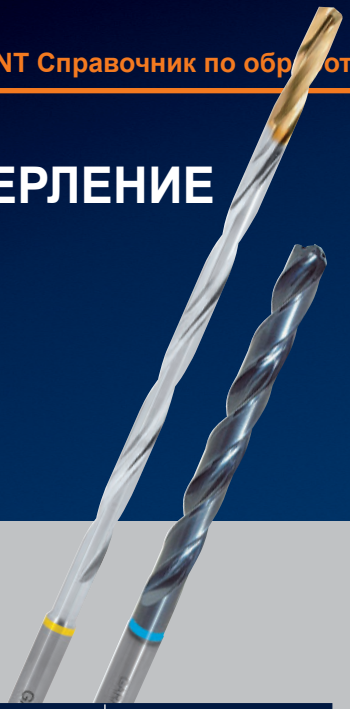
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

- Обрабатываемость резанием
- Современные технологии производства
- Инструментальные материалы и покрытия

Все сведения, содержащиеся в данном справочнике по обработке резанием, не являются гарантированными и носят рекомендательный характер.



СВЕРЛЕНИЕ



Группы изделий	Преимущества
GARANT Свёрла HSS и HSS/E	Универсальное применение даже при обработке материалов, плохо поддающихся резанию
GARANT Свёрла VHM	Высокопроизводительное сверление Сверление на глубину до 12xD Сверление закаленных сталей
GARANT Свёрла для глубокого сверления HPC	Отверстия до 30 × D Специальное исполнение для обработки алюминия
GARANT Высокоточные свёрла H7 с 4 ленточками	Сверление и развёртывание за одну операцию

СВЕРЛЕНИЕ

Группы изделий	Преимущества
GARANT MTC Сборные свёрла с СМП	Можно использовать неподвижно и с вращением Универсальное применение для Ø 14 – 44 мм
KOMET Свёрла со сменными пластинами	Можно использовать неподвижно и с вращением Ø 14 – 65 мм до 8 × D
KOMET Зенкеры	Универсальное применение Ø 24 – 91 мм
KOMET Расточные головки	Универсальное применение
GARANT Центровочное сверло для станков с КЧПУ	с углом при вершине 90° и 142°
GARANT Резьбовые фрезы	Универсальный инструмент для сверления, точения и снятия фасок

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Метчиком / Бесстружечным метчиком / Фрезой

Группы изделий	Преимущества
GARANT Нарезание резьбы инструментом HSS/E	Универсальное применение Простота обслуживания Точность подбора инструмента благодаря цветной маркировке
GARANT Нарезание резьбы инструментом VHM	Нарезание резьбы в твёрдых материалах
GARANT Формирование резьбы	Бесстружечное нарезание резьбы
GARANT Резьбофрезерование	Сверление отверстий под резьбу Фрезерование резьбы любого размера, в том числе на станках для высокоскоростной обработки

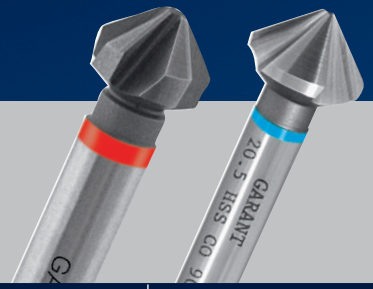
НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Фрезой / Резцом

Группы изделий	Преимущества
GARANT Нарезание резьбы циркулярными фрезами	Высокая производительность за счёт 3 или 6 зубьев Универсальное применение
KOMET Uni Turn	Нарезание резьбы резцом (внутренняя резьба от M6) (см. главу «Токарная обработка»)
GARANT Нарезание резьбы резцом	СМП с полным профилем, неполным профилем и полупрофильные для метрической, дюймовой и трапецеидальной резьбы Внутренняя и наружная резьба (см. главу «Нарезание резьбы»)
GARANT Профильное точение	Канавки под кольца круглого сечения, упорные кольца

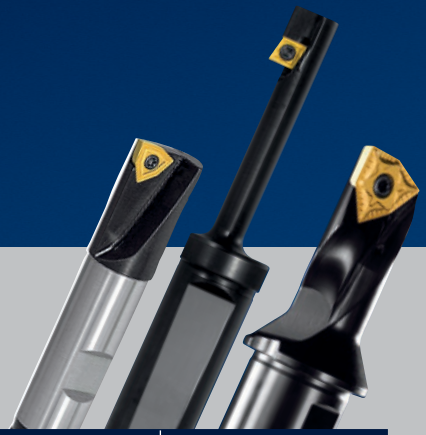
Весь Справочник по обработке резанием GARANT – загрузка через: **www.garant-tools.com**

ЗЕНКЕРОВАНИЕ И ЗЕНКОВАНИЕ



Группы изделий	Преимущества
GARANT Зенковки HSS	Универсальное применение
GARANT Зенковки HM	Зенкование твёрдых материалов Зенкование алюминия и чугуна
GARANT Цековки в соответствии со стандартом DIN	Универсальное применение
GARANT Комбинированные цековки	Ступенчатые отверстия и нестандартные конические углубления

ЗЕНКЕРОВАНИЕ И ЗЕНКОВАНИЕ



Группы изделий	Преимущества
GARANT Обратные зенкеры	Обратное зенкование отверстий
KOMET Зенковка	Зенковка 90° Раззенковка под винты с цилиндрической головкой
GARANT «5 в 1»	Универсальный инструмент для сверления, точения, зенкования
GARANT Зенковки с СМП	Универсальное применение Угол 10° – 80° Плавная регулировка

РАЗВЁРТЫВАНИЕ

Группы изделий	Преимущества
GARANT Развёртки HSS/E	Универсальное применение
GARANT Развёртки HSS/E и VHM для станков с ЧПУ	Исполнение для станков с КЧПУ Крепление в утонённых гидрозажимных или прецизионных патронах Низкое биение
GARANT Твердосплавные развёртки HPC	Развёртывание твёрдых материалов Развёртывание алюминия и чугуна
GARANT Высокопроизводительные развертки	Высокоскоростное и высокопроизводительное развертывание глухих и сквозных отверстий

ПИЛЕНИЕ

Группы изделий	Преимущества
GARANT Дисковые пилы HSS по металлу	Универсальное применение
GARANT Дисковые пилы с твердосплавными зубьями	Высокопроизводительные зубья для высокооборотных дисковых пил по алюминию
Дисковые пилы из монолитного твердого сплава	Профильная заточка зубьев для высокой производительности резания
GARANT Биметаллические ленточные пилы и пилы из HSS	Универсальное применение Шаг и профиль зубьев в зависимости от назначения – для обработки любых материалов от пластмассы/цветных металлов до высоколегированных сталей
GARANT RÖNTGEN Ленточные пилы с твердосплавными зубьями	Высокопроизводительное пиление

Весь Справочник по обработке резанием GARANT – загрузка через: **www.garant-tools.com**

ФРЕЗЕРОВАНИЕ

Группы изделий	Преимущества
GARANT Фрезы HSS и HSS/E	В том числе для материалов, плохо поддающихся обработке резанием
GARANT Фрезы из порошковой стали	Сухое фрезерование и фрезерование материалов, плохо поддающихся обработке резанием
GARANT Фрезы VHM	HSC-, HPC-, MTC-фрезерование
GARANT «Diabolo»	Специально для обработки закаленных сталей
GARANT «ZOX»	Специально для обработки алюминия и цветных металлов
GARANT Прецизионные микрофрезы	Обработка твёрдых материалов от 0,2 мм

ФРЕЗЕРОВАНИЕ

Группы изделий	Преимущества
GARANT Сборные торцовые фрезы	Высокопроизводительные фрезы для черновой обработки
GARANT Тангенциальные фрезерные головки с СМП	HPC 70° Высокопроизв. торцовые насадные фрезы HPC 90° Высокопроизв. насадные фрезы для плоскостей и уступов по алюминию, стали и чугуну
GARANT Фрезы MTC	90° Высокопроизв. угловые фрезы и фрезы для изготовления фасок с пониженной силой резания Для использования в токарно-фрезерных ОЦ

Продолжение ►

ФРЕЗЕРОВАНИЕ

Группы изделий	Преимущества
GARANT Фрезы с СМП	Врезное/плоское/угловое фрезерование СМП по стандарту ISO Корпус инструмента с внутренним охлаждением
GARANT Зенковки с СМП	Плавная регулировка угла 10° – 80° (см. главу «Зенкерование»)
Циркулярное фрезерование	Канавки (внутренние и наружные) под кольца круглого сечения, упорные кольца, резьбы, специальные профили (см. главу «Нарезание резьбы»)
SECO Minimaster	Оптимальная комбинация хвостовика и фрезерной головки

ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА

Группы изделий	Преимущества
GARANT Токарная обработка HPC/MTC	Универсальные стружколомы (MTC) с мягким резом
GARANT Токарная обработка по ISO	Универсальное применение Полированные СМП для обработки цветных металлов Точение твёрдых материалов инструментом из кубического нитрида бора (КНБ) Точение твёрдых материалов и чугуна инструментом из керамики Чистовое точение (для фасонно-продольных токарных автоматов)
GARANT Отрезка	Универсальное применение
KOMET Чистовое точение Uni Turn	Тонкое точение отверстий Ø от 3 мм Специальные профили

Весь «Справочник по обработке резанием GARANT» – загрузка через: **www.garant-tools.com**

НАКАТЫВАНИЕ РИФЛЕНИЙ

Группы изделий	Преимущества
Накатывание рифлений Бесстружечная обработка	Универсальное применение
Накатывание рифлений Обработка резанием	Для обычных токарных станков
Регулируемый накатный инструмент	Для токарных станков с КЧПУ
Маркировка	

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Группы изделий	Преимущества
SK-конусы	Для обычной и высокоскоростной обработки
Полые конусы (HSK)	Для прецизионной и высокоскоростной обработки
Прецизионные зажимные приспособления	Точное концентричное вращение Максимальная стойкость режущего инструмента Для высокоскоростной обработки резанием
Технология термозажима	
Резцедержатели VDI	
Приводной инструмент для токарных ОЦ	

ПРЕЦИЗИОННОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Группы изделий	Преимущества
TYROLIT Круги из КНБ и алмазные круги для плоского и наружного круглого шлифования	Суперабразивные материалы для высоколегированных сталей / НМ.
TYROLIT Круги на керамической связке для плоского, профильного и наружного круглого шлифования	Универсальное применение
TYROLIT Круги на керамической связке для внутреннего круглого шлифования	Универсальное применение
TYROLIT Шлифовальные круги для точильных станков	Универсальное применение Кольца-адаптеры для ходовых Ø вала

Группы изделий	Преимущества
TYROLIT Чашечные и тарельчатые шлифовальные круги из КНБ и алмазные	Демпфирующие шлифовальные круги VIB-Star
TYROLIT Круги для заточки пил	Для пил по металлу и дереву
TYROLIT Отрезные круги	Обычные и суперабразивные отрезные круги Отрезание образцов в металлургических лабораториях
TYROLIT Правящий инструмент	Правящий инструмент для суперабразивных шлифовальных кругов Алмазный правящий инструмент для обычных шлифовальных кругов

Весь «Справочник по обработке резанием GARANT» – загрузка через: **www.garant-tools.com**

МОЖНО ЛИ ПРИ ПОМОЩИ ИНСТРУМЕНТА HPC / MTC ДОБИТЬСЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ?

Ответ однозначный: ДА!

Обработка резанием – с использованием совершенных технологий сверления, фрезерования и точения.

Являясь лидером в области обработки резанием, наша компания поддерживает инновационные решения и всегда стремится к абсолютному совершенству.
Уже на начальном этапе мы добиваемся точного соблюдения геометрии свёрл, фрез или резцов, поскольку только так можно гарантировать долгий срок службы материала и, следовательно, снижение затрат времени на подготовку и максимальную безопасность техпроцесса.
В обширном ассортименте GARANT вы найдёте инструмент высшего качества для любой области применения.

Сверло для глубокого сверления 123690

Сверло с СМП 232300

Высокопроизводительное резание – максимальный объем снимаемого материала.

При высокой мощности шпинделя и стабильных условиях крепления высокопроизводительный инструмент GARANT обеспечивает максимальную эффективность. Бескомпромиссная динамика при обработке резанием способствует ускорению рабочих процессов и тем самым снижает издержки на единицу продукции на величину до 15 %.

Многоцелевая обработка – всегда на шаг впереди

Снижение силы резания и повышение производительности: Инструмент GARANT MTC при меньшей потребляемой мощности обеспечивает такие же объёмы обработки, что и высокопроизводительный инструмент HPC. Идеальный выбор для работы на токарно-фрезерных станках или для приводных головок (MTM).

Инструмент HPC/MTC – для максимальных объёмов обработки

За счёт оптимизированной геометрии инструмент GARANT HPC/MTC гарантирует объёмы резания, сопоставимые с объёмами при обычной высокоскоростной обработке – однако при меньшей мощности станка.

МОЖНО ЛИ ИЗМЕРИТЬ ИННОВАЦИИ?

Ответ однозначный: ДА!

Инструмент GARANT отвечает самым высоким требованиям. Мы используем уникальные новейшие разработки наших экспертов. Независимо от сложности инструмента, будь то высокотехнологичный измерительный микроскоп или простое механическое средство измерения – с любым инструментом GARANT вы сможете оценить наши инновации по абсолютной точности.

product design award 2008

Динамометрический ключ GARANT 656050

- Удобный и очень компактный
- Регулируется по шкале, с автоматическим отключением
- Исключительно высокая стабильность позиционирования

Измерительный видеомикроскоп GARANT – техника будущего

Измерительный микроскоп GARANT MM1 с обработкой изображения, цветной ПЗС-камерой 1/2 дюйма и мощной двухмерной ВМ. Благодаря точности измерения в 2,9 мкм, простому обслуживанию по принципу Plug & Play и универсальности применения его можно считать образцом безукоризненного качества.

Измерительный видеомикроскоп GARANT MM1 491910

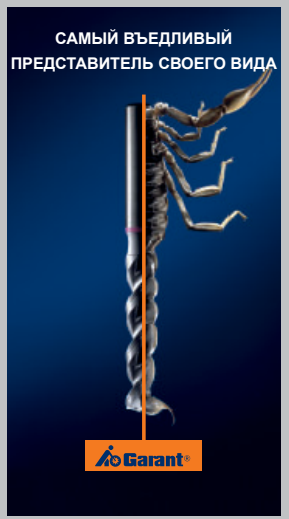
- Высокоточное измерение и конструирование любых двухмерных изображений
- Безошибочная оценка допусков на точность формы и позиционирования
- Универсальное применение
- Оптимальное освещение за счёт 56 белых светодиодов в 2 кольцах, сегменты включаются и регулируются отдельно

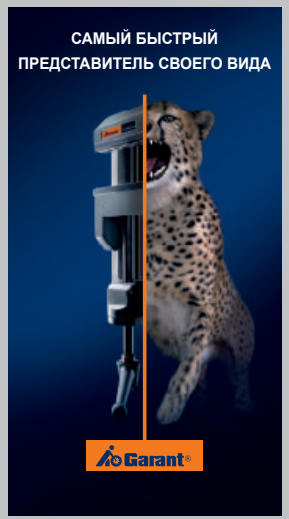
GARANT

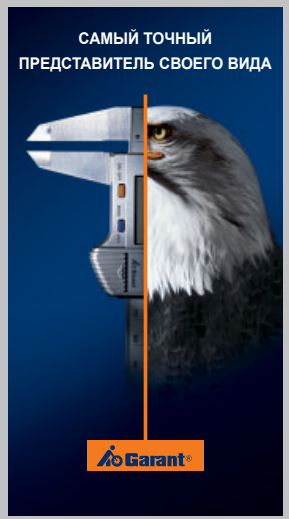
Марка Hoffmann Group

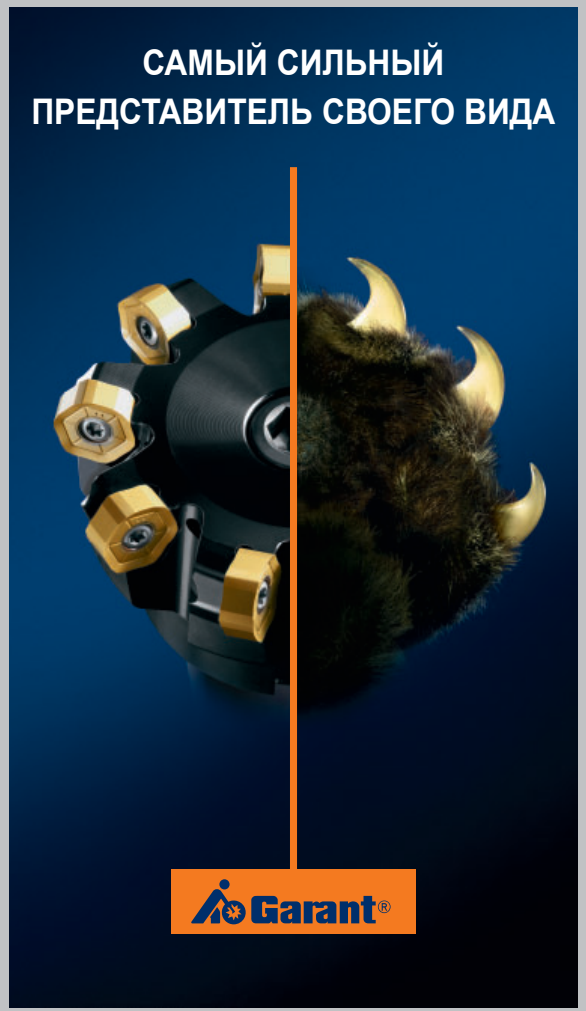
Воспользуйтесь предложением GARANT, гарантирующим высшее качество в самых разных областях применения инструмента:

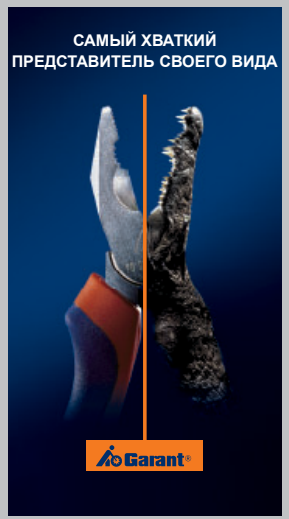
12 000 высокопроизводительных изделий – режущих инструментов, вспомогательного инструмента и оснастки, измерительных инструментов, инструмента для шлифования и отрезных работ, ручного инструмента и производственного оборудования – отличаются максимальной надёжностью и высочайшим качеством.











Оглавление

1 Группы материалов 4
1.1 Классификация материалов по группам GARANT 4
1.2 Маркировка материалов 37
1.2.1 Маркировка сталей и чугунов 38
1.2.2 Маркировка цветных металлов 42
1.2.3 Маркировка термопластов 44
2 Чёрные металлы 45
2.1 Стали 45
2.1.1 Классификация сталей 45
2.1.2 Факторы, влияющие на обрабатываемость сталей резанием 46
2.1.2.1 Обрабатываемость резанием в зависимости от содержания углерода 46
2.1.2.2 Обрабатываемость резанием в зависимости от легирующих элементов 48
2.1.2.3 Обрабатываемость резанием в зависимости от термообработки 49
2.1.3 Обрабатываемость различных сталей резанием 50
2.1.4 Обрабатываемость стали Toolox резанием 54
2.2 Чугун 55
2.2.1 Классификация чугуна 55
2.2.2 Обрабатываемость чугуна резанием 57
3 Цветные металлы 60
3.1 Алюминий и алюминиевые сплавы 60
3.1.1 Классификация алюминиевых сплавов 60
3.1.2 Обрабатываемость алюминиевых сплавов резанием 61
3.2 Магний и магниевые сплавы 64
3.3 Титан и титановые сплавы 66
3.4 Медь и медные сплавы 68
3.5 Никелевые сплавы 69
3.6 Кобальтовые сплавы 71
4 Пластмассы 72
4.1 Классификация пластмасс 72
4.2 Термопласты 73
4.3 Реактопласты 73
4.4 Эластомеры 73
4.5 Термопластичные эластомеры (TPE) 74
4.6 Пластмассы, армированные волокном (FVK) 74
4.6.1 Стеклопластики (GFK) 75
4.6.2 Пластики, армированные углеродным волокном (углепластик) 76
4.7 Распознавание, свойства и обозначения пластмасс 76
4.8 Обрабатываемость пластмасс резанием 79
4.8.1 Обрабатываемость термопластов и реактопластов резанием 79
4.8.2 Обрабатываемость резанием пластмасс, армированных волокном (FVK) 81

5 **Измерение твердости различных материалов** **83**

5.1 Измерение твёрдости металлов 83
5.1.1 Статические методы измерения твёрдости 83
5.1.2 Сравнение показателей твёрдости 84
5.2 Измерение твёрдости пластмасс 84
5.2.1 Метод вдавливания шарика 84
5.2.2 Определение твердости по методу Шора 86

1. Группы материалов

1.1 Классификация материалов по группам GARANT

В *таблице 1.1* представлена классификация материалов по группам. В следующей *таблице 1.2* наряду с обозначениями материалов содержится информация об их химическом составе и областях применения, а также данные для определения силы резания.

Группа материалов	Примечание	С.
1.0	Конструкционные стали общего назначения до 500 Н/мм^2	6
1.1	Конструкционные стали общего назначения 500–850 Н/мм^2	6
2.0	Автоматные стали до 850 Н/мм^2	6
2.1	Автоматные стали 850–1000 Н/мм^2	7
3.0	Нелегированные улучшенные стали до 700 Н/мм^2	7
3.1	Нелегированные улучшенные стали 700–850 Н/мм^2	7
3.2	Нелегированные улучшенные стали 850–1000 Н/мм^2	8
4.0	Легированные улучшенные стали 850–1000 Н/мм^2	8
4.1	Легированные улучшенные стали 1000–1200 Н/мм^2	8
5.0	Нелегированные цементируемые стали до 750 Н/мм^2	9
6.0	Легированные цементируемые стали до 1000 Н/мм^2	9
6.1	Легированные цементируемые стали более 1000 Н/мм^2	10
7.0	Азотируемые стали до 1000 Н/мм^2	10
7.1	Азотируемые стали более 1000 Н/мм^2	10
8.0	Инструментальные стали до 850 Н/мм^2	11
8.1	Инструментальные стали 850–1100 Н/мм^2	11
8.2	Инструментальные стали более 1100 Н/мм^2	12
9.0	Быстрорежущие стали 850–1200 Н/мм^2	13
10.0	Закалённые стали 45–55 HRC	14
10.1	Закалённые стали 55–60 HRC	14
10.2	Закалённые стали 60–67 HRC	14

Таблица 1.1 Классификация материалов по группам GARANT

Таблица 1.1 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Примечание	С.
11.0	Износостойкая конструкционная сталь 1350 Н/мм^2	14
11.1	Износостойкая конструкционная сталь 1800 Н/мм^2	14
12.0	Пружинные стали до 1500 Н/мм^2	14
13.0	Нержавеющие стали – сернистые до 700 Н/мм^2	15
13.1	Нержавеющие стали – аустенитные до 700 Н/мм^2	15
13.2	Нержавеющие стали – аустенитные до 850 Н/мм^2	17
13.3	Нержавеющие стали – мартенситные/ферритные до 1100 Н/мм^2	20
14.0	Специальные сплавы до 1200 Н/мм^2	21
15.0	Чугун до 180 НВ (СЧ)	22
15.1	Чугун от 180 НВ (СЧ)	22
15.2	Чугун (с шаровидным графитом, ковкий чугун) от 180 НВ (ВЧ, КЧ)	22
15.3	Чугун (с шаровидным графитом, ковкий чугун) от 260 НВ (ВЧ, КЧ)	23
16.0	Титан, титановые сплавы до 850 Н/мм^2	23
16.1	Титан, титановые сплавы 850–1200 Н/мм^2	24
17.0	Алюминий длинностружечный, деформируемые алюминиевые сплавы до 350 Н/мм^2; магний	24
17.1	Алюминий короткостружечный	24
17.2	Литейные алюминиевые сплавы с содержанием кремния > 10 %	25
18.0	Медь, низколегированная до 400 Н/мм^2	25
18.1	Латунь, короткостружечная до 600 Н/мм^2	26
18.2	Латунь, длинностружечная до 600 Н/мм^2	26
18.3	Бронза, короткостружечная до 600 Н/мм^2	26
18.4	Бронза, короткостружечная 600–850 Н/мм^2	26
18.5	Бронза, длинностружечная до 850 Н/мм^2	27
18.6	Бронза, длинностружечная 850–1200 Н/мм^2	27
19.0	Графит	27
20.0	Термопласты	28
20.1	Реактопласты	33
20.2	Стеклопластики	34

Таблица 1.2 Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
1.0	Конструкционные стали общего назначения до 500 Н/мм^2						
	1.0037	St 37-2	1780	0,17	340–470	0,17 C; 1,4 Mn; 0,045 P; 0,045 S; 0,009 N	Конструкционная сталь общего назначения
1.1	Конструкционные стали общего назначения 500–850 Н/мм^2						
	1.0050	St 50-2	1990	0,26	470–610	0,3 Cmax; 1,4 Mn; 0,045 P; 0,045 S; 0,009 N	Конструкционная сталь общего назначения
	1.0060	St 60-2	2110	0,17	570–710	0,4 Cmax; 1,4 Mn; 0,045 P; 0,045 S; 0,009 N	Конструкционная сталь общего назначения
2.0	Автоматные стали до 850 Н/мм^2						
	1.0711	9 S 20	1200	0,18	460–710	0,13 C; 0,05 Si; 0,6-1,2 Mn; 0,1 P; 0,18-0,25 S	Цементированные детали массового производства для автопромышленности
	1.0718	9 S MnPb 28	1200	0,18	360–570	0,14 C; 0,9-1,3 Mn; 0,27-0,33 S; 0,15-0,35 Pb	Детали массового производства для автопромышленности (с примесью свинца очень хорошо поддаются обработке резанием)
	1.0726	35 S 20	1200	0,18	540–740	0,32-0,39 C; 0,1-0,3 Si; 0,7-1,1 Mn; 0,18-0,25 S	Детали массового производства средней прочности для автопромышленности
	1.0727	45 S 20	1200	0,18	640–840	0,42-0,5 C; 0,1-0,3 Si; 0,7-1,1 Mn; 0,18-0,25 S	Детали массового производства повышенной прочности для автопромышленности
	1.0737	9 S MnPb 36	1200	0,18	490–740	0,15 C; 0,1-0,3 Si; 1,1-1,5 Mn; 0,1 P; 0,34-0,4 S; 0,15-0,35 Pb	Детали массового производства для автопромышленности (с примесью свинца очень хорошо поддаются обработке резанием)

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
2.1	Автоматные стали 850–1000 Н/мм^2						
	1.0728	60 S 20	1200	0,18	670–880	0,57-0,65 C; 0,1-0,3 Si; 0,7-1,1 Mn; 0,06 Pmax, 0,18-0,25 S	Детали массового производства высочайшей прочности, автопромышленность, приборостроение и машиностроение
3.0	Нелегированные улучшенные стали до 700 Н/мм^2						
	1.0402	C 22	1800	0,16	470–620	0,17-0,24 C; 0,4 Si; 0,4-0,7 Mn; 0,4Cr; 0,4Ni;	Конструктивные элементы, от которых не требуется высокая прочность
	1.0501	C 35	1516	0,27	600–750	0,32-0,39 C; 0,4 Si; 0,5-0,8 Mn; 0,4 Cr; 0,4 Ni	Конструктивные элементы, от которых требуется несколько более высокая прочность
	1.1180	Ck 35	1860	0,20	600–750	0,32-0,39 C; 0,4 Si; 0,5-0,8 Mn; 0,4 Cr; 0,4 Ni	Конструктивные элементы, от которых требуется более высокая прочность, для машино- и автомобилестроения
3.1	Нелегированные улучшенные стали 700–850 Н/мм^2						
	1.0503	C 45	1680	0,26	650–800	0,42-0,5 C; 0,4 Si; 0,5-0,8 Mn; 0,4 Cr; 0,4 Ni	Конструктивные элементы, от которых требуется средняя прочность
	1.1191	Ck 45	2220	0,14	650–800	0,42-0,5 C; 0,5-0,8 Mn,0,1 Mo; 0,4 Ni	Конструктивные элементы, от которых требуется средняя прочность, для машино- и автомобилестроения

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
3.2	Нелегированные улучшенные стали 850–1000 Н/мм^2						
	1.1167	36 Mn 5	1710	0,27	640–1080	0,32-0,4 C; 0,4 Si; 1,2-1,5 Mn; 0,035 P; 0,035 S	Конструктивные элементы повышенной прочности для машиностроения
	1.1221	Ck 60	2130	0,18	750–1000	0,57-0,65 C; 0,4 Si; 0,6-0,9 Mn; 0,4 Cr; 0,4 Ni	Конструктивные элементы, от которых требуется высокая прочность, для машино- и автомобилестроения
4.0	Легированные улучшенные стали 850–1000 Н/мм^2						
	1.7003	38 Cr 2	2070	0,25	800–950	0,35-0,42 C; 0,5-0,8 Mn; 0,4-0,6 Cr; 0,4 Si max, 0,035 P max, 0,035 S max	Конструктивные элементы, от которых требуется повышенная прочность, для автомобилестроения, моторостроения и машиностроения (детали приводных механизмов, мосты, валы)
	1.7030	28 Cr 4	2070	0,25	850–1000	0,24-0,31 C; 0,6-0,9 Mn; 0,9-1,2 Cr; 0,4 Si max, 0,035 P max, 0,030 S max	Мелкие детали, от которых требуется повышенная прочность, для автомобилестроения, моторостроения и машиностроения (шестерни коробок передач, приводные валы)
4.1	Легированные улучшенные стали 1000–1200 Н/мм^2						
	1.7218	25 CrMo 4	2070	0,25	650–1100	0,22-0,29 C; 0,6-0,9 Mn; 0,9-1,2 Cr; 0,15-0,3 Mo	Детали для автомобилестроения, поворотные цапфы, полуоси, детали турбин
	1.6582	34 CrNiMo 6	1800	0,27	800–1400	0,3-0,38 C; 0,4 Si; 0,5-0,8 Mn; 0,035 P; 0,035 S; 1,3-1,7 Cr; 0,15-0,3 Mo; 1,3-1,7 Ni	Детали, обладающие высокой износостойкостью, для автомобиле- и моторостроения, коленчатые валы, детали для систем автоматического управления, детали приводных механизмов

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 4.1 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
4.1	Легированные улучшенные стали 1000–1200 Н/мм^2						
	1.7220	34 CrMo 4	2240	0,21	750–1200	0,3-0,37 C; 0,6-0,9 Mn; 0,9-1,2 Cr; 0,15-0,3 Mo	Конструктивные элементы, обладающие высокой вязкостью, для автомобилестроения, коленчатые валы и полуоси, поворотные цапфы, шатуны
	1.7225	42 CrMo 4	2500	0,26	800–1300	0,38-0,45 C; 0,6-0,9 Mn; 0,9-1,2 Cr; 0,15-0,3 Mo	Конструктивные элементы, обладающие высокой вязкостью, для автомобилестроения, коленчатые валы и полуоси, поворотные цапфы, шатуны
	1.7707	30 CrMoV 9	1710	0,27	900–1450	0,26-0,34 C; 0,4 Si; 0,4-0,7 Mn; 0,035 P; 0,035 S; 2,3-2,7 Cr; 0,15-0,25 Mo; 0,1-0,2 V	Детали, обладающие высокой вязкостью, для автомобилестроения, коленчатые валы, пальцы, болты
	1.8159	50 CrV 4	2220	0,26	850–1300	0,47-0,55 C; 0,7-1,1 Mn; 0,9-1,2 Cr; 0,1-0,25 V	Детали, обладающие высокой износостойкостью, для автомобилестроения и приводных механизмов, шестерни, приводные ремни, валы, шарниры
5.0	Нелегированные цементируемые стали до 750 Н/мм^2						
	1.0401	C 15	1820	0,22	590–880	0,12-0,18 C; 0,4 Si; 0,3-0,6 Mn; 0,045 P; 0,045 S; 0,009 N	Детали конструкций и машин
	1.1141	Ck 15	1630	0,17	590–740	0,12-0,18 C; 0,4 Si; 0,3-0,6 Mn; 0,035 P; 0,035 S	Мелкие детали машин с низкой прочностью стержня
6.0	Легированные цементируемые стали до 1000 Н/мм^2						
	1.5919	15CrNi6	2100	0,26	500–590	0,14-0,19 C; 0,4 Si; 0,4-0,6 Mn; 0,035 P max; 1,4-1,7 Cr, 1,4-1,7 Ni, 0,035 S max	Детали для автомобилестроения, моторостроения и приборостроения (приводные ремни, поршневые пальцы, приводные валы)

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 6.0 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
6.0	Легированные цементируемые стали до 1000 Н/мм^2						
	1.7012	13 Cr 2	2100	0,26	690–930	0,1-0,16 C; 0,15-0,35 Si; 0,4-0,6 Mn; 0,035 P max; 0,3 -0,5 Cr, 4,25-4,75 N, 0,035 S max	Более мелкие детали для машино- и автомобилестроения, от которых требуется повышенная износостойкость (распредвалы, поршневые пальцы, цилиндры)
	1.7131	16 MnCr 5	2100	0,26	500	0,14-0,19 C; 0,4 Si; 1,0-1,3 Mn; 0,035 P; 0,8-1,1 Cr	Шестерни, конические зубчатые колеса, шестерни коробок передач, валы, пальцы, цапфы
6.1	Легированные цементируемые стали более 1000 Н/мм^2						
	1.7147	20 MnCr 5	2140	0,25	800–1400	0,17-0,22 C; 0,4 Si; 1,1-1,4 Mn; 0,035 P; 0,035 S; 1,0-1,3 Cr	Детали приводных механизмов и шарниры, шестерни, конические зубчатые колёса, валы, пальцы, детали для повышенной прочности стержня
	1.7262	15 CrMo 5	2290	0,17	640–1180	0,15-0,35 C; 0,15-0,35 Si; 0,8-1,1 Mn; 1,0-1,3 Cr; 0,2-0,3 Mo	Конические зубчатые колёса и шестерни, коленчатые валы, пальцы, муфты, от которых требуется повышенная износостойкость
7.0	Азотируемые стали до 1000 Н/мм^2						
	1.8507	34 CrAlMo 5	1740	0,26	800–1000	0,3-0,37 C; 0,4 Si; 0,5-0,8 Mn; 1,0-1,3 Cr; 0,8-1,2 Al	Детали арматуры для перегретого пара, которые отличаются высокой усталостной прочностью, детали толщиной до 80 мм
	1.8504	34 Cr Al 6	1740	0,26	< 780	0,3-0,37 C; 0,15-0,35 Si; 0,6-0,9 Mn; 0,035 P max; 0,035 S max, 0,8-1,1 Al, 1,2-1,5 Cr	Детали арматуры для перегретого пара, штоки клапанов, поршневые штоки
	1.8506	34 Cr Al S 5	1740	0,26	< 930	0,3-0,37 C; 0,15-0,4 Si; 0,6-0,9 Mn; 0,1 P max; 0,07-0,11 S, 0,8-1,2 Al, 1,0-1,3 Cr	Быстроизнашивающиеся детали с высокой поверхностной твёрдостью
7.1	Азотируемые стали более 1000 Н/мм^2						
	1.8519	31 Cr Mo V 9	1740	0,26	1000–1200	0,26-0,34 C; 0,4 Si; 0,4-0,7 Mn; 0,025 P max; 0,03 S max, 2,3-2,7 Cr, 0,15-0,25 Mo, 0,1-0,2 V	Детали арматуры для перегретого пара, штоки клапанов, коленчатые валы, быстроизнашивающиеся детали

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
8.0	Инструментальные стали до 850 Н/мм^2						
	1.1730	C 45 W	1680	0,26	< 190 HB	0,4-0,5 C; 0,15-0,4 Si; 0,6-0,8 Mn; 0,035 P; 0,035 S	Нелег. инструментальная сталь, шестерни коробок передач, приводные валы, материал для изготовления штампов и пуансонов
	1.2067	100 Cr 6	1410	0,39	< 223 HB	0,95-1,1 C; 0,15-0,35 Si; 0,25-0,45 Mn; 0,03 P max; 0,03 S max, 1,35-1,65 Cr	Режущий инструмент, валки для холодной прокатки, протяжки, инструмент для нарезания резьбы
8.1	Инструментальные стали 850–1100 Н/мм^2						
	1.2312	40CrMnMoS 8-6	1800	0,27	1100–1150	0,34-0,45 C; 0,3-0,5 Si; 1,4-1,6 Mn; 0,03 P; 0,05-0,1 S; 1,8-2,0 Cr; 0,15-0,25 Mo	Нетеплостойкая штамповая сталь, инструмент для обработки пластмасс, формы, хорошо поддается обработке резанием
	1.2316	X 36 CrMo 17	1820	0,26	< 285 HB	0,33-0,43 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 15-17 Cr; 1,0-1,3 Mo; 1,0 Ni; 1,0 Ti	Нетеплостойкая штамповая сталь , устойчивая к коррозии специальная сталь для пресс-форм, предназначенных для прессования химически агрессивных масс
	1.2363	X100 CrMo V51	1820	0,26	< 231 HB	0,95-1,05 C; 0,35-0,65 Mn; 4,5-5,5 Cr; 0,9-1,4 Mo	Нетеплостойкая штамповая сталь, для режущего инструмента и штампов, резьбонакатных плашек
	1.2851	34 CrAl 6	1820	0,26	780-980	0,30-0,37 C; 0,15-0,35 Si; 0,6-0,9 Mn; 0,035 Pmax; 0,035 Smax, 1,2-1,5 Cr, 0,8-1,1 Al	Нетеплостойкая штамповая сталь, пресс-формы для пластмасс, для азотирования поверхности

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 8.1 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
8.1	Инструментальные стали 850–1100 Н/мм^2						
		TOOLOX 33	1820	0,26	1080 (33 HRC)	0,25 C; 0,6 Si; 0,9 Mn; 1,2 Cr; 0,7 Ni; 0,4 Mo; 0,125 V	Инструментальная сталь, обработанная закалкой и отпуском, рассчитанная на небольшое остаточное напряжение. Инструментальная сталь, предназначенная специально для пресс-форм для художественного литья под давлением и гибочных штампов, деталей конструкций и быстроизнашивающихся деталей
8.2	Инструментальные стали более 1100 Н/мм^2						
	1.2080	X210 Cr1 2	1820	0,26	< 248 HB	1,9-2,2 C; 0,1-0,4 Si; 0,15-0,45 Mn; 11-12 Cr; 0,1-0,4 Ti	Нетеплостойкая штамповая сталь, для высококачественного режущего инструмента и штампов, пуансонов, для зажимов ножей, протяжек, матриц вытяжных штампов
	1.2344	X40 CrMo V51	1820	0,26	1130-1960	0,37-0,43 C; 0,9-1,2 Si 0,25-0,55 Mn; 4,5-5,5 Cr; 1,2-1,7 Mo	Теплостойкая штамповая сталь, пуансоны прессов для изготовления металлических профильных изделий, пресс-формы для литья лёгких металлов под давлением
	1.2379	X155Cr VMo12 1	1820	0,26	< 255 HB	1,5-1,6 C; 0,15-0,45 Mn; 11-12 Cr; 0,9-1,1 V	Нетеплостойкая штамповая сталь, чувствительные к выкрашиванию вырезные штампы, резьбонакатные плашки и ролики, гильотинные ножи, протяжки, фрезы
	1.2436	X 210 CrW 12	1820	0,26	< 255 HB	2,0-2,25 C; 0,15-0,45 Mn; 11-12 Cr; 0,6-0,8 W	Нетеплостойкая штамповая сталь, для высококачественного режущего инструмента и штампов, пуансонов, для зажимов ножей, протяжек, фрез по дереву

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 8.2 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки $k_{c1.1}$ [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
8.2	Инструментальные стали более 1100 Н/мм^2						
	1.2710	45 NiCr 6	1710	0,27	930–1960	0,4-0,5 C; 0,15-0,35 Si; 0,5-0,8 Mn; 0,035 P; 0,035 S; 1,2-1,5 Cr; 1,5-1,8 Ni	Нетеплостойкая штамповая сталь, ножи механических ножниц для холодной резки, оси для опорных валков
	1.2721	50 NiCr 13	1710	0,27	< 250 HB	0,45-0,55 C; 0,15-0,35 Si; 0,4-0,6 Mn; 0,035 P; 0,035 S, 0,9-1,2 Cr; 3,0-3,5 Ni	Нетеплостойкая штамповая сталь, любые матрицы для холодной ковки, тяжёлые чеканочные штампы, ножи механических ножниц
	1.2767	X 45 NiCrMo 4	1820	0,26	< 262 HB	0,4-0,5 C, 0,1-0,4 Si; 0,15-0,45 Mn; 0,03 P 0,03 S;1,2-1,5 Cr; 0,15-0,35 Mo; 3,8-4,3 Ni	Нетеплостойкая штамповая сталь, чеканочные и гибочные штампы, прижимные планки отбортовочных прессов, ножи механических ножниц для обработки материалов максимальной толщины
	1.2824	70 MnMoCr 8	1820	0,26	> 58 HRC	0,65-0,75 C; 0,1-0,5 Si, 1,8-2,5 Mn; 0,03 Pmax; 0,03 Smax, 0,9-1,2 Cr, 0,9-1,4 Mo	Легированная нетеплостойкая штамповая сталь
9.0	Быстрорежущие стали 850–1200 Н/мм^2						
	1.3255	S 18-1-2-5	1820	0,26	240–300 HB	0,75-0,83 C; 0,45 Si; 0,4 Mn; 0,03 P; 0,03 S 3,8-4,5 Cr; 0,5-0,8 Mo; 17,5-18,5 W; 1,4-1,7 V 4,5-5,0 Co	Токарные, строгальные и долбежные резцы, обдирочные фрезы, очень хорошее усилие резания и вязкость
	1.3265	S 18-1-2-10	1820	0,26	240–300 HB	0,72-0,8 C; 0,45 Si; 0,4 Mn; 0,03 P; 0,03 S; 3,8-4,5 Cr; 0,5-0,8 Mo; 17,5-18,5 W; 1,4-1,7 V; 9-10 Co	Токарные и строгальные резцы, фрезы, отличающиеся высочайшей твёрдостью при повышенной температуре, для обработки стали
	1.3243	S 6-5-2 (DMo 5)	1820	0,26	240–300 HB	0,86-0,94 C; 0,45 Si; 0,4 Mn; 0,03 P; 0,03 S; 3,8-4,5 Cr; 4,5-7,2 Mo; 6,0-6,7 W; 1,7-2,0 V	Развёртки, спиральные сверла и метчики, фрезы, прошивки, токарные, строгальные и зубодолбёжные резцы

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
10.0	Закалённые стали 45–55 HRC						
		Toolox 44	–	–	1430 (45 HRC)	0,31 C; 0,6 Si; 0,9 Mn; 1,35 Cr; 0,7 Ni; 0,8 Mo; 0,145 V	Инструментальная сталь, обработанная закалкой и отпуском, рассчитанная на небольшое остаточное напряжение. Специальная сталь для изготовления форм для пластмасс
10.1	Закалённые стали 55–60 HRC						
10.2	Закалённые стали 60–67 HRC						
11.0	Износостойкая конструкционная сталь 1350 Н/мм^2						
		Hardox 400	–	–	1350	Патент производителя	Быстроизнашивающиеся детали
11.1	Износостойкая конструкционная сталь 1800 Н/мм^2						
		Hardox 500	–	–	1800	Патент производителя	Быстроизнашивающиеся детали
12.0	Пружинные стали до 1500 Н/мм^2						
	1.5023	38 Si 7	1800	0,27	1180–1370	0,35-0,42 C; 1,5-1,8 Si; 0,5-0,8 Mn; 0,03 P max; 0,03 S max	Листовые рессоры, диафрагмы, пружинные шайбы
	1.7176	55 Cr 3	1800	0,27	1370–1620	0,52-0,59 C; 0,25-0,5 Si; 0,7-1,1 Mn; 0,03 P max; 0,03 S max	Пружины, отформованные горячим способом, торсионные пружины, винтовые пружины для автомобилестроения
	1.8159	50 CrV 4	2220	0,26	1100–1300	0,47-0,55 C; 0,4 Si; 0,7-1,1 Mn; 0,035 P max; 0,03 S max; 0,9-1,2 Cr; 0,1-0,2 V	Пружинная и инструментальная сталь, детали для самолетостроения, моторостроения и машиностроения, от которых требуется высокая прочность (шарниры, детали приводных механизмов, оси)

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.0	Нержавеющие стали – сернистые до 700 Н/мм^2						
	1.4104	X 14 CrMo S 17	1820	0,26	650–850	0,1-0,17 C; 1,0 Si; 1,5 Mn; 0,04 P; 0,15-0,35 S; 15,5-17,5 Cr; 0,2-0,6 Mo	Детали конструкций для автоматической обработки (болты, валы)
	1.4305	X 8 CrNi S 18-9	2088	0,29	500–750	0,1C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,15-0,35 S; 17-19 Cr; 8-10 Ni; 0,11 N; 1,0 Cu	Нержавеющие детали оборудования для пищевой, фотохимической, лакокрасочной, нефтяной, мыловаренной, бумажной и текстильной промышленности
13.1	Нержавеющие стали – аустенитные до 700 Н/мм^2(оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4000	X 6 Cr 13	1820	0,26	400–700	0,08 C, 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 12-14 Cr	Детали конструкций, находящихся под действием воды и пара, арматура, облицовка
	1.4002	X 6 CrAl 13	1820	0,26	400–700	0,08 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 13-15 Cr, 0,1-0,3 Al	Оборудование для нефтяной промышленности (например, крекинг-установки), сварные детали при строительстве ГЭС
	1.4016	X 6 Cr 17	1820	0,26	400–630	0,08 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 16-18 Cr	Болты и фасонные детали, при коррозионных явлениях
	1.4113	X 6 Cr Mo 17-1	2600	0,19	440–660	0,08 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 16-18 Cr; 0,9-1,3 Mo	Колесные колпаки, бамперы, решетки радиаторов, ручки
	1.4301	X 5 CrNi 18 10	2350	0,21	500–700	0,07 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 17-19 Cr; 0,5 Mo; 9-11,5 Ni	Оборудование и приборы для пищевой промышленности
	1.4303	X 5 CrNi 18 12	2350	0,21	490–690	0,06 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 17-19 Cr; 11-13 Ni	Химическая промышленность, болты, гайки, детали прессов для холодного выдавливания
	1.4306	X 2 CrNi 19 11	2350	0,21	460–680	0,03 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 18-20 Cr; 10-12,5 Ni	Пищевая, мыловаренная промышленность, производство синтетических волокон

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 13.1 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.1	Нержавеющие стали – аустенитные до 700 Н/ммI (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4401	X5CrNiMo 17 12 2	2600	0,19	530–680	0,07 C; 1 Si; 2 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 0,11 N; 16,5-18,5 Cr; 2-2,5 Mo; 10-13 Ni	Детали и оборудование для хим. и текстильной промышленности
	1.4404	GX2 CrNiMo 18 10	2600	0,19	530–680	0,03 C; 1 Si; 2 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 16,5-18,5 Cr; 2-2,5 Mo; 10-13 Ni; 0,11 N	Детали для химической, лакокрасочной, нефтяной и текстильной промышленности
	1.4417	X2CrNiMoSi19 5 3	2600	0,19	>650	0,03 C; 1 Si; 1,5 Mn; 0,03 P; 0,02 S; 24-26 Cr; 3-4 Mo; 6-8,5 Ni; 0,15-0,25 N; 1 Cu; 1 W	Коррозионностойкая и кислотостойкая сталь
	1.4435	X2CrNiMo 18 14 3	2600	0,19	550–700	0,03 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 17-19 Cr; 2,5-3 Mo; 12,5-15 Ni; 0,11 N	Сварные детали повышенной химической стойкости для целлюлозной и текстильной промышленности
	1.4436	X5CrNiMo 17 13 3	2600	0,19	550–700	0,05 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 16,5-18,5 Cr; 2,5-3 Mo; 10,5-13 Ni; 0,11 N	Сварные детали повышенной химической стойкости для целлюлозной и текстильной промышленности
	1.4438	X2CrNiMo 18 16 4	2600	0,19	550–700	0,03 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 17,5-19 Cr; 3-4 Mo; 13-16 Ni; 0,11 N	Оборудование для хим. промышленности
	1.4510	X 6 CrTi 17	1820	0,26	450–600	0,05 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 16-18 Cr	Хим. приборостроение, пищевая, красильная и мыловаренная промышленность
	1.4512	X 6 CrTi 12	1820	0,26	390–560	0,03 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,015 S; 10,5-12,5 Cr	Звукопоглотители

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 13.1 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.1	Нержавеющие стали – аустенитные до 700 Н/мм^2 (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4550	X 6 CrNiNb 18 10	2550	0,18	500–700	0,08 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 17-19 Cr; 9-12 Ni	Конструктивные элементы для пищевой промышленности
	1.4845	X 12 CrNi 25-21	2550	0,18	500–700	0,1 C; 1,5 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 24-26 Cr; 19-22 Ni; 0,11 N	Для деталей, используемых в промышленных печах, паровых котлах, нефтяных установках
13.2	Нержавеющие стали – аустенитные до 850 Н/мм^2 (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4005	X 12 CrS 13	1820	0,26	650–850	0,08-0,15 C; 1,0 Si, 1,5 Mn; 0,04 P; 0,15-0,35 S; 12-14 Cr; 0,6 Mo	Любые детали (болты, гайки, пальцы, детали конструкций), подвергающиеся воздействию воды и пара
	1.4006	X 10 Cr 13	1820	0,26	650–850	0,08-0,15 C; 1,0 Si, 1,5 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 11,5-13,5 Cr; 0,75 Ni	Детали конструкций, подвергающиеся воздействию воды и пара, а также неагрессивных сред в пищевой промышленности, преимущественно улучшенная сталь
	1.4021	X 20 Cr 13	1820	0,26	700–850	0,16-0,25 C; 1,0 Si; 1,5 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 12-14 Cr	Оси, валы, детали насосов, поршневые штоки, штоки клапанов, иглы форсунок, гребные винты, хирургические инструменты.
	1.4031	X 38 Cr 13	1820	0,26	800	0,36-0,42 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 12,5-14,5 Cr	Режущие приспособления, шарики для подшипников, пружины, поршневые штоки
	1.4034	X 46 Cr 13	1820	0,26	800	0,43-0,5 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 12,5-14,5 Cr	Режущие приспособления, шарики для подшипников, пружины, поршневые штоки

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 13.2 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.2	Нержавеющие стали – аустенитные до 850 Н/мм^2 (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4311	X 2 CrNiN 18 10	2550	0,18	550–760	0,03 C; 1 Si; 2 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 16,5-17 Cr; 8,5-11,5 Ni; 0,12-0,22 N	Сосуды давления для приборостроения, пищевой промышленности
	1.4362	X 2 CrNiN 23 4	2550	0,18	600–850	0,03 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,035 P; 0,015 S; 22-24 Cr; 0,1-0,6 Mo; 3,5-5,5 Ni; 0,05-0,2 N; 0,1-0,6 Cu	Высокопрочный материал для химического приборостроения
	1.4371	X12CrMnNi1 8 8 5	2550	0,18	650–850	0,03 C; 1 Si; 6-8 Mn; 0,045P; 0,015 S; 0,15-0,2 N; 16-17 Cr; 3,5-5,5 Ni	Коррозионностойкая и кислотостойкая сталь
	1.4429	X2CrNiMoN1 713 3	2600	0,19	580–780	0,03 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 16,5-18,5 Cr; 2,5-3 Mo; 11-14 Ni; 0,12-0,22 N	Сосуды давления повышенной хим. стойкости
	1.4539	X2NiCrMoCu 25205	2550	0,18	530–730	0,02 C; 0,7 Si; 2,0 Mn; 0,03 P; 0,01 S; 19-21 Cr; 4-5 Mo; 24-26 Ni; 0,15 N; 1,2-2,0 Cu	Хим. и нефтехим., целлюлозно-бумажная промышленность
	1.4541	X 6 CrNiTi 18-10 (V4A)	2550	0,18	520–720	0,08 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 17-19 Cr; 9-12 Ni; 0,7 Ti	Конструктивные элементы для авиации и космонавтики, а также пищевой промышленности
	1.4544	X 10 CrNiTi 18 9	2550	0,18	500–750	0,08 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,035 P; 0,025 S; 17-19 Cr; 9-11,5 Ni	Конструктивные элементы для авиации и космонавтики

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 13.2 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.2	Нержавеющие стали – аустенитные до 850 Н/ммl (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4546	X 5 CrNiNb 18-10	2550	0,18	500–750	0,08 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 17-19 Cr; 9-11,5 Ni; 1,0 Nb	При повышенных требованиях к коррозионной стойкости и обрабатываемости давлением холодным способом при небольшой прочности
	1.4571	X6CrNiMoTi17 12 2	2550	0,18	540–690	0,08 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 16,5-18,5 Cr; 2-2,5 Mo; 10,5-13,5 Ni	Оборудование для хим. промышленности,
	1.4573	X 10 CrNiMoTi 18-12	2550	0,18	490–740	0,1 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 16,5-18,5 Cr; 2,5-3 Mo; 12-14,5 Ni	Оборудование для хим., текстильной, фотохим., лакокрасочной, полимерной и резинотехнической промышленности
	1.4583	X 10 CrNiMoNb 18-12	2550	0,18	490–740	0,1 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 16,5-18,5 Cr; 2,5-3 Mo; 12-14,5 Ni	Сварные детали для текстильной, лакокрасочной и топливной промышленности
	1.4828	X 15 CrNiSi 20-12	2550	0,18	550–750	0,2 C; 1,5-2 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 19-21 Cr; 11-13 Ni, 0,11 N	Для воздухоподогревателей
	1.4841	X 15 CrNiSi 25-20	2550	0,18	550–800	0,2 C; 1,5-2,5 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 24-26 Cr; 19-22 Ni	Для деталей печей для термообработки
	1.4864	X 12 NiCrSi 36-16	2550	0,18	550–750	0,15 C; 1-2 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 15-17 Cr; 33-37 Ni; 0,11 N	Для деталей, используемых при изготовлении печей и приборов для эксплуатации в условиях высоких рабочих температур
	1.4878	X 12 CrNiTi 18-9	2550	0,18	500–750	0,12 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 17-19 Cr; 9-11,5 Ni	Для деталей, подвергающихся большим механическим нагрузкам
	1.4935	X20CrMoWV121	1820	0,26	690–830	0,17-0,25 C; 0,1-0,5 Si; 0,3-0,8 Mn; 0,045 P; 0,03 S; 11,0-12,5 Cr; 0,8-1,2 Mo; 0,3-0,8 Ni; 0,25-0,35 V; 0,4-0,6 W	Детали для тепловых электростанций, паровых котлов, турбин, теплообменников

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.3	Нержавеющие стали – мартенситные/ферритные до 1100 Н/ммI (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	1.4028	X 30 Cr 13	1820	0,26	800–1000	0,26-0,35 C; 1,0 Si; 1,5 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 12-14 Cr	Режущие приспособления, шарики для подшипников, пружины, поршневые штоки
	1.4057	X 17 CrNi 16-2	1820	0,26	800–950	0,12-0,22 C; 1,0 Si; 1,5 Mn; 0,04 P; 0,03 S; 15-17 Cr; 1,5-2,5 Ni	Подвергающиеся большим напряжениям детали машин, болты, гайки для насосов и компрессоров, а также для судостроения
	1.4923	X22CrMo V 12 1	1820	0,26	800–900	0,17-0,23 C; 0,5 Si; 1,0 Mn; 0,03 P; 0,03 S; 10-12,5 Cr; 0,8-1,2 Mo; 0,3-0,8 Ni; 0,25-0,35 Ti	Конструктивные элементы для реакторов, химической промышленности, для турбин, паровых котлов и трубопроводов
	1.4310	X 12 CrNi 177	2350	0,21	600–950	0,05-0,15 C; 2 Si; 2 Mn; 0,045 P; 0,015 S; 16-19 Cr; 0,8 Mo; 6-9,5 Ni; 0,11 N	Листовой металл повышенной прочности для автомобилестроения, пружины
	1.4460	X 8 CrNiMo 27 5	2600	0,19	620–880	0,05 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,035 P; 0,015 S; 25-28 Cr; 1,3-2 Mo; 4,5-6,5 Ni; 0,05-0,2 N	Детали, к которым предъявляются высокие требования по химическим и механическим свойствам, например, для судостроения
	1.4462	X 2 CrNiMoN 225 3	2550	0,18	660–950	0,03 C; 1,0 Si; 2,0 Mn; 0,035 P; 0,015 S; 21-23 Cr; 2,5-3,5 Mo; 4,5-6,5 Ni; 0,1-0,22 N	Химическая и нефте-химическая промышленность
	1.4980	X 5 NiCrTi 26 15	2600	0,19	<1100	0,08 C; 2,0 Si; 2,0 Mn; 0,03 P; 0,03 S; 1,35-16 Cr; 1,0-1,5 Mo; 24-27 Ni; 1,9-2,3 Ti; o,1-0,5 V; 0,35 Al	Для оснастки трубопрутковых прессов

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 13.3 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
13.3	Нержавеющие стали – мартенситные/ферритные до 1100 Н/мм^2 (оценка обрабатываемости резанием через коэффициент PRE, с. 52)						
	2.4631	NiCr 20 TiAl	2088	0,29	>=1030	0,04-0,1 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,02 P; 0,015 S; 18-21 Cr; 65 Ni; 1,8-2,7 Ti; 1,0-1,8 Al; 2,0 Co; 0,2 Cu; 1,5 Fe	Применяется для лопаток, колец, дисков газовых турбин
	2.4632	NiCr 20 Co 18 Ti	2088	0,29	>=1080	0,1 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,03 P; 0,015 S; 18-21 Cr; 1,0-2,0 Al; 15-21 Co; 0,2 Cu; 2,0 Fe; остаток Ni	Конструктивные элементы, от которых требуется максимальная прочность, например, лопатки газовых турбин, теплостойкие инструменты, штампы, кузнечные молоты, гильотинные ножи, пружины
14.0	Специальные сплавы до 1200 Н/мм^2						
	2.4634	Nimonic 105 (NiCo20Cr15 MoAlTi)	2088	0,29	1140	0,12-0,17 C; 1,0 Si; 1,0 Mn; 0,015 S; 4,5-4,9 Al, 0,003-0,01 B, 18-22 Co; 14-15,7 Cr	Материал для авиастроения, для лопаток, дисков, валов газовых турбин
	2.4602	Hastelloy C22 (NiCr21Mo14 W)	2088	0,29	690–950	0,01 C; 0,08 Si; 0,5Mn, 0,025 P; 0,01 S; 2,0-6,0 Fe, 2,5 Co, 20-22,5 Cr; 12,5-14,5 Mo, 2,5-3,5 W, 0,35 V, 50 Ni min	Превосходная стойкость к окислительным средам, смесители, теплообменники, газовыпускные системы, хим. промышленность, центрифуги
	2.4360	Monel 400 (NiCu30Fe)	2600	0,19	450–700	62 Ni min 1,0 Co; 28-34 Cu, 1,0-2,5 Fe, 0,15 C, 0,5 Al, 2,0 Mn, 0,02 S, 0,5 Si, 0,3 Ti	Материал для авиастроения с хорошими механическими и коррозионно-химическими свойствами, автоклавы, центрифуги, судовые вентили
	2.4668	Inconell 718 (NiCr19NbMo)	2088	0,29	960–1240	50-55 Ni, 17-21 Cr, 2,8-3,3 Mo, 0,02-0,08 C, 0,35 Si, 0,35 Mn, 0,015 P, 0,015 S, 0,2 Cu, 4,8-5,5 Nb, 1,0 Co, 0,3-0,7Al, 0,7-1,15bTi, 0,002-0,006 B, 11,3 Fe min	Материал для авиастроения, превосходные свойства в диапазоне температур, близких к абсолютному нулю, очень высокая коррозионная стойкость, ракетные двигатели, газовые турбины, насосы

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
15.0	Чугун до 180 НВ (СЧ)						
	0.6015	GG 15	950	0,21	150-200 (80–155 НВ)	3,0-3,5 C; 1,5-2,5 Si; 0,5-1,0 Mn; 0,5-0,7 P; 0,15 S	Корпуса коробок передач и редукторов, станины станков, корпуса турбин, направляющие планки
	0.6020	GG 20	1020	0,25	200–300 (115–205 НВ)	3,0-3,5 C; 1,5-2,5 Si; 0,5-1,0 Mn; 0,5-0,7 P; 0,15 S	Корпуса коробок передач и редукторов, станины станков, корпуса турбин, направляющие планки
15.1	Чугун от 180 НВ (СЧ)						
	0.6025	GG 25	1160	0,26	250–350 (155–250 НВ)	3,0-3,5 C; 1,5-2,5 Si; 0,5-1,0 Mn; 0,5-0,7 P; 0,15 S	Корпуса коробок передач и редукторов, станины станков, корпуса турбин, направляющие планки
	0.6030	GG 30	1470	0,26	300–400 (195–270 НВ)	3,0-3,5 C; 1,5-2,5 Si; 0,5-1,0 Mn; 0,5-0,7 P; 0,15 S	Корпуса коробок передач и редукторов, станины станков, корпуса турбин, направляющие планки
	0.6035	GG 35	1470	0,26	350–450 (275–285 НВ)	3,0-3,5 C; 1,5-2,5 Si; 0,5-1,0 Mn; 0,5-0,7 P; 0,15	Корпуса коробок передач и редукторов, станины станков, корпуса турбин, направляющие планки
	0.6040	GG 40	1470	0,26	400–500 (290–350 НВ)	3,0-3,5 C; 1,5-2,5 Si; 0,5-1,0 Mn; 0,5-0,7 P; 0,15	Корпуса коробок передач и редукторов, станины станков, корпуса турбин, направляющие планки
15.2	Чугун (с шаровидным графитом, ковкий чугун) от 180 НВ (ВЧ, КЧ)						
	0.7040	ВЧ-40	1005	0,25	400 (135–185 НВ)	Хим. состав определяется изготовителем.	Коленчатые валы, валки, шестерни, детали для машиностроения, подвергающиеся ударным нагрузкам

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 15.2 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
15.2	Чугун (с шаровидным графитом, ковкий чугун) от 180 НВ (ВЧ, КЧ)						
	0.7060	ВЧ-60	1480	0,17	600 (200–250 НВ)	3,5-3,8 C; 2-3 Si; 0,4 Mn; 0,1 P; 0,01 S; 0,06-0,12 Mg	Коленчатые валы, валки, шестерни, детали для машиностроения, подвергающиеся ударным нагрузкам
	0.8040	GTW-40	2060	0,19	360–420 (220 НВ)	3,0-3,4 C; 0,4-0,8 Si; 0,4-0,6 Mn; 0,12-0,25 S	Корпуса коробок передач и редукторов, тормозные барабаны, коленчатые валы, шатуны, переключающие вилки, рычаги
15.3	Чугун (с шаровидным графитом, ковкий чугун) от 260 НВ (ВЧ, КЧ)						
	0.7080	ВЧ-80	1132	0,44	800 (270–335 НВ)	3,5-3,8 C; 2-3 Si; 0,4 Mn; 0,1 P; 0,01 S; 0,06-0,12 Mg	Коленчатые валы, валки, шестерни, детали для машиностроения, подвергающиеся ударным нагрузкам
	0.8165	GTS-65	1180	0,24	650 (210–260 НВ)	2,3-2,6 C; 1,2-1,5 Si; 0,4-0,5 Mn; 0,1 P; 0,1-0,15 S	Детали ходовой части (распредвалы, ступицы колес, головки шарниров, поворотные опоры, замочные клинья)
16.0	Титан, титановые сплавы до 850 Н/мм^2						
	3.7025	Ti 1	1370	0,21	290–410	0,15 Fe; 0,12 O; 0,05 N; 0,06 C; 0,013 H	Хим. приборостроение, гальванотехника, самолеты и космические корабли
	3.7114	Ti Al 5 Sn 2,5	1370	0,21	790–830	4,5-5,5 Al, 2,0-3,0 Sn, 0,5 Fe, 0,2 O, 0,08 C, 0,05 N, 0,015 H, 90,3 Ti min	Материал для авиастроения
	3.7124	Ti Cu 2	1370	0,21	540–650	2,0-3,0 Cu, 0,2 Fe; 0,2 O; 0,1 C; 0,05 N, 0,01 H, 96,4 Ti min	Материал для авиастроения, сложные конструктивные элементы, детали корпусов двигателей

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
16.1	Титан, титановые сплавы 850–1200 Н/мм^2						
	3.7115	Ti Al 5 Sn 2.5	1370	0,21	>=830	4,5.. 55 Al; 2..3 Sn; остаток Ti	Самолеты и космические корабли, оборудование, машиностроение
	3.7164	Ti Al 6 V 4	1370	0,21	>=900	5,5-6,75 Al; 3,5-4,5 V; остаток Ti	Самолеты и космические корабли, оборудование, машиностроение
17.0	Алюминий длинностружечный, деформируемые алюминиевые сплавы до 350 Н/мм^2, магний						
	3.3206	Al Mg Si 0,5	830	0,23	200–250	98 Al min; 0,35-0,6 Mg; 0,3-0,6 Si; 0,1-0,3 Fe; 0,1 Cu max; 0,1 Mn max; 0,15 Zn max; (добавление: 0,05 по отдельности max. 0,15 вместе max)	Прессованные методом горячего прессования формы поперечного сечения для автомобилестроения, общего машиностроения или строительства
	3.3527	AlMg 2 Mn 0,8	780	0,23	190–290	1,6-2,5 Mg; 0,5-1,1 Mn	Для повышенных температур, автомобилестроение, судостроение, приборостроение
	3.3535	AlMg 3	780	0,23	190–290	2,6-3,6 Mg; (Mn+Cr 0,1-0,6)	Пищевая промышленность, приборостроение, автомобилестроение, судостроение
	3.3547	AlMg 4,5 Mn	780	0,23	275–345	4,0-4,9 Mg; 0,4-1,0 Mn; 0,05-0,25 Cr	Автомобилестроение, судостроение, автоклавы
	3.3561	G-AlMg 5	780	0,23	160–220	4,5-5,5 Mg; 0,001-0,4 Mn; 0,001-0,2 Ti	Отливки в химической и пищевой промышленности
	3.5200	MgMn 2	390	0,19	200–220	1,2-2,0 Mn, 0,1 Si, 0,05 Cu, 0,05 Al, 0,03 Zn, 97,7 Mg min	Материал для авиастроения, топливные баки, облицовка, аноды
	3.5314	MgAl 3 Zn	390	0,19	240–280	2,5-3,5 Al, 0,7-1,3 Zn, 0,28-0,4 Mn, 0,05 Si, 0,15 Cu, 94,4 Mg min	Материал для авиастроения – для конструктивных элементов сложной формы
	3.5812	MgAl 8 Zn	390	0,19	270–310	7,8-9,2 Al, 0,2-0,8 Zn, 0,12-0,3 Mn, 0,1 Si, 0,05 Cu, 0,005 Fe, 89,2 Mg min, 89,2 Mg min	Конструктивные элементы, к которым предъявляются высокие требования по механическим свойствам
17.1	Алюминий короткостружечный						
	3.1324	AlCuMg 1	830	0,23	215–295	91,3 Al min; 0,2-0,8 Si; 3,5-4,5 Cu; 0,4-1,0 Mn; 0,4-1,0 Mg; 0,7 Fe max; 0,1 Cr max; 0,25 Zn max (0,25 Ti+Zr max) (добавление: 0,05 по отдельности max, 0,15 вместе max)	Конструктивные элементы, подвергающиеся повышенным статическим нагрузкам

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 17.1 GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
17.1	Алюминий короткостружечный						
	3.2151	G–AlSi 6 Cu 4	830	0,23	160–200	5,0-7,5 Si; 3,0-5,0 Cu; 0,1-0,6 Mn; 0,1-0,5 Mg	Широко применяется в машиностроении, головки блоков цилиндров
	3.2341	G–AlSi 5 Mg	830	0,23	140–180	91,8 Al [по DIN: Al остаток]; 5-6 Si; 0,001-0,4 Mn; 0,001-0,20 Ti; 0,4-0,8 Mg; 0,05 Cu; 0,5 Fe; 0,10 Zn	Детали для пищевой и химической промышленности, арматура
	3.2371.61	G – AlSi 7 Mg wa	830	0,23	230–310	6,5-7,5 Si; 0,25-0,45 Mg; 0,001-0,2 Ti, остаток Al	Отливки со стенками средней толщины, с высокой прочностью и вязкостью, самолетостроение
17.2	Литейные алюминиевые сплавы с содержанием кремния > 10 %						
	3.2381.01	G–AlSi 10 Mg	830	0,23	160–210	9-11 Si; 0,2-0,5 Mg; 0,001-0,4 Mn	Тонкостенные , прочные на сжатие и виброустойчивые отливки, корпуса двигателей
	3.2581.01	G – AlSi 12	830	0,23	150–200	10,5-13,5 Si; 0,001-0,4 Mn, остаток Al	Тонкостенные , прочные на сжатие и виброустойчивые отливки
	3.2583	G-AlSi 12 Cu	830	0,23	150–200	85,1 Asl min 10,5-13,5 Si, 0,001-0,4 Mn, 0,05 Cu, 0,5 Fe, 0,05 Mg, 0,15 Ti, 0,1 Zn	Тонкостенные, рассчитанные на ударные нагрузки отливки сложной формы для приборо-, машино-, автомобиле- и судостроения, корпуса, лопастные колёса
18.0	Медь, низколегированная до 400 Н/мм^2						
	2.0070	SE-Cu	780	0,23	200–250	99,9 Cu min, 0,003 P	Электротехника, исходные материалы любого рода
	2.1020	CuSn 6	880	0,23	350–410	91,7 Cu min, 5,5-7 Sn, 0,01-0,35 P, 0,1 Fe, 0,3 Ni, 0,05 Pb, 0,3 Zn	Судостроение и машиностроение, пружины всех типов, электропромышленность

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
18.1	Латунь, короткостружечная до 600 Н/мм^2						
	2.0380	CuZn 39 Pb 2	780	0,18	360–490	58,5-60 Cu, 1,5-2,5 Pb, 0,1 Al, 0,4 Fe, 0,3 Ni, 0,2 Sn, 36,3 Zn min	Детали оборудования для точной механики, машиностроения и приборостроения
	2.0401	CuZn 39 Pb 3	980	0,25	360–500	57-59 Cu, 2,5-3,5 Pb, 0,1 Al, 0,5 Fe, 0,5 Ni, 35,8 Zn min	Профильные токарные детали для фасонно-отрезных токарных автоматов
18.2	Латунь, длинностружечная до 600 Н/мм^2						
	2.0250	CuZn 20	980	0,25	270–320	18,5 Zn min, 79-81 Cu, 0,02 Al, 0,05 Fe, 0,2 Ni, 0,05 Pb, 0,05 Sn	Электрооборудование автомобилей, манометры
	2.0280	CuZn 33	980	0,25	280–360	31 Zn min, 66-68,5 Cu, 0,02 Al, 0,05 Fe, 0,2 Ni, 0,05 Pb, 0,05 Sn	Детали, изготовленные глубокой вытяжкой, метизы, детали часовых механизмов
	2.0332	CuZn 37 Pb 0,5	980	0,25	290–370	62-64 Cu, 0,1-0,7 Pb, 34,6 Zn min, 0,5 Al, 0,2 Fe, 0,3 Ni, 0,1 Sn	Прессованные профили высокой точности, часовая промышленность
18.3	Бронза, короткостружечная до 600 Н/мм^2						
	2.1090	G-Cu n 7 Zn	640	0,25	120–130	81-85 Cu, 3-5 Zn, 5-7 Pb, 6-8 Sn, 2 Ni, 0,3 Sb, 0,25 Fe, 0,05 P	Вкладыши подшипников скольжения в общем машиностроении
	2.1170	G-CuPb 5 Sn	780	0,23	> 240	84-87 Cu, 4-6 Pb, 9-11 Sn, 1,5 Ni, 0,35 Sb, 2,0 Zn, 0,25 Fe, 0,05 P	Подшипники, изготовленные горячей прокаткой, направляющие для инструмента и столов
18.4	Бронза, короткостружечная 600–850 Н/мм^2						
	2.0790	CuNi18 Zn19 Pb1	880	0,23	430–530	59-63 Cu, 17-19 Ni, 15,1 Zn min, 0,3 Fe, 0,3-1,5 Pb, 0,7 Mn	Точная механика и приборостроение, судостроение, строительство

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Номер материала	Обозначение DIN	Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки kc1.1 [Н/мм^2]	Тангенс угла наклона α (см. рис. 2.24 и уравн. 2.14) m	Предел прочности [Н/мм^2]	Химический состав [%]	Применение
18.5	Бронза, длинностружечная до 850 Н/мм^2						
	2.0916	CuAl 5	780	0,23	420–580	95 Cu, 5 Al	Приборостроение и судостроение, химическая промышленность
	2.0960	CuAl 9 Mn 2	780	0,23	440–570	83,9 Cu min, 8-10 Al, 1,5 Fe, 1,5-3 Mn, 0,8 Ni, 0,05 Pb, 0,5 Zn	Детали подшипников, испытывающие большие нагрузки, шестерни коробок передач и червячные колеса, седла клапанов, гребные валы
18.6	Бронза, длинностружечная 850–1200 Н/мм^2						
	2.1247	CuBe 2	780	0,23	410–540	96,8 Cu min, 1,8-2,1 Be	Гнёзда подшипников, мембраны, износостойкие червячные колёса и шестерни коробок передач, монолитные детали, от которых требуется высокая прочность
19.0	Графит						

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN	Предел прочности [Н/мм²] DIN	Модуль упругости [Н/мм²] DIN	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к B ... стойкий, BB ... умеренно стойкий, U ... нестойкий: Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи	Особые свойства	Применение
20.0	Термопласты															
	PA	Полиамиды	Нейлон, Дюрэтан, Вестамид							B	B	B	BB	BB		Технические пластмассы Шестерни, ременные шкивы, подшипники скольжения, корпуса
	PA 6		Эрталон 6SA	1,14	78[1)]	3100	25[++]	105	-40...70						Универсальный материал для изготовления конструкций и ремонта	
	PA 66		Эрталон 66SA	1,14	90[1)]	3300	15[++]	95	-30...80						Хорошо подходит для обработки на токарных автоматах	
	PC	Поликарбонат	Макролон, Лексан, Пластокарбон	1,2	60[2)]	2200	30	65	... 115	BB	U	U	B	U	Исключительная ударопрочность, высокая твёрдость, высокая термостойкость	Техническая пластмасса Детали машин, защитное остекление

1) Предел текучести
2) Предел прочности при растяжении
++ По сравнению с образцами, выдержанными до состояния насыщения при нормальных климатических условиях (23 °C / отн. влажн. 55 %)

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.0 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к B ... стойкий, BB ... умеренно стойкий, U ... нестойкий					Особые свойства	Применение
										Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи		
20.0	Термопласты															
	PE	Полиэтилен	Хостален, Луполен, Вестолен							BB	B	B	B	B	Низкая плотность, физиологически безопасный, водостойкий	
	PE-HD			0,95	24 1)	800	10	2*10²	-50...80						Способный к глубокой вытяжке, ударопрочный	Хим. приборостроение, гальванотехника, холодильные установки...
	PE-HMW			0,95	28 1)	900	50	2*10²	-100...80						Очень большой молекулярный вес, очень высокая ударная вязкость	Футеровка силосных башен и бункеров, бумажная промышленность, рефрижераторные установки, расфасовочное оборудование, пищевая промышленность
	PE-UHMW			0,94	22 1)	790	4)	2*10²	-260...80						Очень большой молекулярный вес, высочайшая ударная вязкость, исключительная износостойкость	
	PEEK	Полиэфирэфиркетон		1,32	97 1)	3600	8,2	47	-65...250	B	B	BB	B	B	Прочный, жёсткий, химически стойкий, трудновоспламеняемый	Подшипники, регулировочные шайбы, шестерни, уплотнения

1) Предел текучести
4) Образец не разрушился

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.0 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к B ... стойкий, BB ... умеренно стойкий, U ... нестойкий: Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи	Особые свойства	Применение
20.0	Термопласты															
	PP	Полипропилен	Хастален PP, Новолен, Вестолен P							BB	BB	BB	B	B		Стандартная пластмасса
	PP-H	Гомополимер		0,903	33[1]	1450	[4]	100...200	0...100							Корпуса, вентиляторы
	PP-C	Сополимер		0,91	27[1]	1350	[4]	100...200	-30...90							
	PS	Полистирол	Хости-рен N., Полистирол, Вестирон	1,05	55[2]	3200		80	... 70	BB	U	U	B	B	Твёрдый, формостойкий, хрупкий, очень хорошие диэлектрические свойства	Стандартная пластмасса; Товары широкого потребления, хозтовары, упаковка
	ABS	Акрилонитрил-бутадиен-стирол		1,05	50[1], 37[2]	2400	23	80...110	-30...80 (тепловое старение)	B	B	U	B	B	Очень высокая ударная вязкость, высокая жёсткость, химическая стойкость	См. полистирол, техническое применение (полуфабрикаты в виде пластин), детали корпусов
	PMMA	Полиметилметакрилат	Дегулан, Деглас, Плексиглас, Резарит	1,19	72[2]	3300	2	70	... 70	BB	U	U	B	B	Очень жесткий, атмосферостойкий, чувствительный к ударным нагрузкам	Прозрачная пластмасса; смотровые стекла, оптические линзы

1) Предел текучести
2) Предел прочности при растяжении
4) Образец не разрушился

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.0 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к B ... стойкий, BB ... умеренно стойкий, U ... нестойкий					Особые свойства	Применение
										Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи		
20.0	Термопласты															
	POM - C	Сополимер полиметиленоксида	Хостаформ, Ультраформ	1,39	65[1)]	2700	210	110	-50...90 тепловое старение	B	B	U	B	B	Низкий коэффициент трения, износостойкий, хорошие упругие свойства	Техническая пластмасса; шестерни, распределительные кулачки, гильзы цилиндров
	PTFE	Политетрафторэтилен	Хостафлон TF, Тефлон	2,17	28,5[3)]	400...800 (растяжение)	16	136	-200 ... 260	B	B	B	B	B	Нераспыляемый термопласт, высокая термостойкость, светостойкость и атмосферостойкость	Техническая пластмасса, футеровка химического оборудования, защитные покрытия, изоляция, уплотнения...
	PI	Полиимид													Высокая мех. прочность Очень высокая рабочая темпер. Очень устойчив к ползучести Хорошие антифрикционные свойства	Пластмасса с высокими эксплуатационными свойствами, вкладыши подшипников, уплотнения, поршни, седла и шарики клапанов, тепловые и электр. изоляторы

1) Предел текучести
3) Предел прочности при разрыве

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.0 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к B ... стойкий, BB ... умеренно стойкий, U ... нестойкий					Особые свойства	Применение
										Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи		
20.0	Термопласты															
	PI	Полиимид	Веспел SP-1	1,43	41[2]	3100		55	-273 ... 245						Ненаполненный, оптимальные физ. свойства Электро- и тепло изоляция	Автомобили, электрооборудование, полупроводники, авиационная и космическая промышленность, а также военное оборудование
			Веспел SP-211	1,55	24[2]	3100		55	....480 (кратковременно)						Примесь графита 15 %, тефлона 10 %; минимальный коэфф. трения; оптимальный коэфф. износа	
			Веспел SP-3	1,6		3300		50	....480 (кратковременно)						Добавка дисульфида молибдена 15 %	
	PEI	Полиэфиримид		1,27	105[1]	3000	[4]	45	-50...170	B	B	BB	B	B	Неусиленные аморфные термопласты Высокая мех. прочность; очень высокий верхний предел рабочей темп. превосходная гидролитическая устойчивость	Пластмасса с высокими эксплуатационными свойствами. Электротехника, пищевая промышленность Медицинское оборудование (для инструментов, подвергающихся многократной стерилизации)

1) Предел текучести
2) Предел прочности при растяжении
4) Образец не разрушился

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.0 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к B ... стойкий, BB ... умеренно стойкий, U ... нестойкий					Особые свойства	Применение
										Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи		
20.0	Термопласты															
	PVC - H	Поливинилхлорид твердый	Хосталит, Винофлекс, Вестолит	1,41	60[1]	3200	4	0,8*10²	0...60	B	B	U	B	B	трудновоспламеняемый, обладает ударной вязкостью, способен к глубокой вытяжке, свето- и атмосферостойкий	Хим. приборостроение, лабораторное оборудование, электрооборудование, реклама
	PVC - W	мягкий		1,22	450[3]					BB	BB		BB	B	Высокая мех. и хим. стойкость. Негорючий	Энергопоглощающие элементы отсеков пескоструйных аппаратов, опоры для станков
20.1	Реактопласты															
	MP 183	Мел-амин/фенол-формальдегидная смола		1,65	60[2]	10000	1,5	40	135-160	B	B	BB	B	B	Высокая жёсткость и прочность; высокая поверхностная твёрдость; высокая прочность на истирание; большой ресурс	Корпуса выключателей, клеммы, переключатели
	PF 31	Фенол-формальдегидная смола		1,38	60[2]	9000	1,55	35	140-180	B	B	BB	B	U	Высокая жёсткость и твёрдость, малая ползучесть, высокая теплостойкость, трудновоспламеняемый	Корпуса для электроприборов, цокольные пластины, цоколи ламп
	PUR 5220	Полиуретан, термостабилизированный		1,14	47[1]	1800	30	120	-40-180	B	BB	U	B	B	Высокая ударная вязкость и формостойкость, повышенная теплостойкость	Для рабочих моделей

1) Предел текучести
2) Предел прочности при растяжении
3) Предел прочности при разрыве

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.2 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к В ... стойкий, ВВ ... умеренно стойкий, U ... нестойкий: Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи	Особые свойства	Применение
20.2	Стеклопластики															
	PA 66-GF30	Полиамид +30 % стекловолокна	Эрталон 66 – GF 30	1,29	110[2]	5200		55	-20...110	B	B	B	BB	BB	Очень высокая износостойкость Использование при повышенных верхних предельных значениях рабочей температуры	Техническая пластмасса Шестерни, направляющие и соединительные детали, детали корпусов
	POM GF 25	Полиметиленоксид +25 % стекловолокна	Ультраформ N2200 G53	1,58	130[2]	8800	55	30	-50...100	B	B	U	B	B	Низкий коэффициент трения, износостойкость, хорошие упругие свойства, прочный на пробой	Распределительные кулачки и уплотнительные кольца, допускающие большие нагрузки, детали автомобилей, шестерни, подшипники, корпуса
	PP GF 20	Полипропилен + 20 % стекловолокна		1,04	33[1]	2900	50	65...105	0...100	B	B	BB	B	B	Низкая плотность, очень высокая химическая стойкость	Рабочие колеса вентиляторов, детали насосов
	PP GF 30	Полипропилен + 30 % стекловолокна		1,14	83[1]	6700	45	70	-30...100	B	B	BB	B	B	Низкая плотность, очень высокая химическая стойкость	Рабочие колеса вентиляторов, детали насосов

1) Предел текучести
2) Предел прочности при растяжении

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.2 GARANT

Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к В ... стойкий, ВВ ... умеренно стойкий, U ... нестойкий					Особые свойства	Применение
										Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи		
20.2	Стеклопластики															
	PVDF GF 20	Поливинилиденфторид +20 % стекловолокна		1,92	90[2)]	10000		72	-40...150	B	B	B	B	B	Прочный, устойчивый к ползучести, допускает постоянные нагрузки	Рабочие колеса вентиляторов и корпуса для насосов
	PEEK - GF30	Полиэфирэфиркетон +30 % стекловолокна	Виктрекс	1,50	130[2)]	8100	30	25	-20...250	B	B	BB	B	B	Высокая мех. прочность, жёсткость Очень высокий верхний предел рабочей температуры. Устойчив к ползучести при высоких температурах	Пластмасса с высокими эксплуатационными свойствами Шестерни, насосы, детали компрессоров, уплотнения, скребки, седла клапанов, подшипники скольжения (в медицинской технике, атомной, фармацевтической, автомобильной промышленности и пр.)

2) Предел прочности при растяжении

Таблица 1.2 Продолжение – Классификация материалов по группам GARANT – Продолжение группы 20.2 GARANT

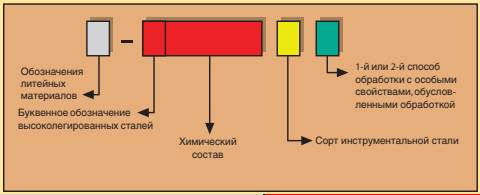
Группа материалов	Обозначение	Название	Некоторые торговые наименования	Плотность [г/см³] DIN 53479	Предел прочности [Н/мм²] DIN 53455	Модуль упругости [Н/мм²] DIN 53457	Ударная вязкость [кДж/м²] DIN 53453	Коэффициент линейного расширения [10⁻⁶/K] DIN 52328	Рабочая температура [°C]	Химическая стойкость к В ... стойкий, ВВ ... умеренно стойкий, U ... нестойкий					Особые свойства	Применение
										Нефть	Бензин	Трихлорэтилен	Разбавленные кислоты	Разбавленные щелочи		
20.2	Стеклопластики															
	PEEK - CF30	Полиэфирэфиркетон +30 % углеволокна	Виктрекс	1,44	224[2]	13000		4...38	-65...250	B	B	BB	B	B	Высокая мех. прочность, жёсткость, очень высокий верхний предел рабочей температуры. Устойчив к ползучести при высоких температурах.	Пластмасса с высокими эксплуатационными свойствами Шестерни, насосы, детали компрессоров, уплотнения, скребки, седла клапанов, подшипники скольжения (в медицинской технике
	PTFE +25 % стекловолокна	Политетрафторэтилен		2,23	11[3]			92	-200 ... 230	B	B	B	B	B	Прочный на сжатие, хорошая хим. стойкость, хорошие фрикционные свойства и износостойкость	Прочные на сжатие уплотнения, подшипники, седла клапанов, поршневые кольца, уплотнительные кольца, набивка поршневых штоков
	PTFE +25 % углеволокна	Политетрафторэтилен		2,09	11[3]			95	-200 ... 260	B	B	B	B	B	Стойкий на сжатие и износостойкий, химически стойкий, хорошая теплопроводность, антистатик	Поршневые кольца, направляющие поршневые кольца, подшипники, набивка, вставные седла клапанов

2) Предел прочности при растяжении
3) Предел прочности при разрыве

1.2 Маркировка материалов

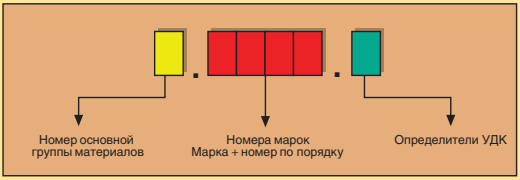
Маркировка различных материалов согласно стандарту DIN может быть произведена следующим образом (*таблица 1.3*):

Маркировка материалов по химическому составу DIN 17006



Обозначения литейных материалов		Химический состав	
G-	Литейный материал	C	Для нелегированных сталей
GG-	Чугун с пластинчатым графитом (также GGL-)	Cf	Сталь для закалки с газопламенным и индукционным нагревом
GGG	Чугун с шаровидным графитом (ВЧ)	Ck	Нелегированная высококачественная сталь с низким содержанием фосфора и серы
GH-	Отбелённый чугун		
GS-	Литейная сталь	Cm	Нелегированная высококачественная сталь с верхним и нижним пределом содержания серы
КЧ	Ковкий чугун (общее обозначение)		
GTS-	Чёрный ковкий чугун	Cq	Сталь, пригодная для холодной обработки давлением
GTW-	Отбелённый ковкий чугун	Буквенное обозначение высоколегированных сталей	
Термическая обработка (в сокращённом виде)		X	Массовая доля характерных легирующих компонентов > 5 %
A	Отожжённая	Сорта инструментальной стали	
B	Лучшая обрабатываемость		
E	Цементированная	W1	1-й сорт
F	Минимальный предел прочности на растяжение	W2	2-й сорт
G	Отожжённая на зернистый перлит	W3	3-й сорт
H	Закалённая	WS	Специальная
HJ (HI)	Поверхностная индукционная закалка		
N	Нормализованная		
S	Отпуск для снятия напряжений		
U	Необработанная		
V	Улучшенная		

Маркировка по номерам материалов DIN 17 007



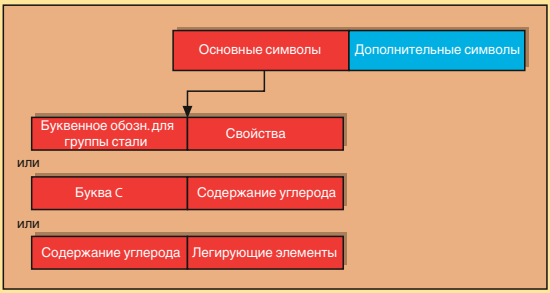
Основные группы материалов		Номера марок
0	Доменный чугун и ферросплавы	Марки указаны в помещённых далее таблицах для соответствующих материалов
1	Сталь	
2	Тяжёлые металлы (цветные металлы)	
3	Лёгкие металлы (цветные металлы)	

Таблица 1.3 Маркировка материалов и их номера

1.2.1 Маркировка сталей и чугунов

Способы маркировки сталей и чугунов могут быть построены на сокращённом наименовании или системе нумерации. В помещённых ниже *таблицах 1.4–1.8* представлен обзор данных способов.

Способ маркировки сталей – сокращённое наименование | **DIN EN 10027-1 DIN 17006-100**



Область применения	Букв. обозн.	Свойства	Доп. обозначение для сталей
Сталь для металло-конструкций	S	Величина минимального предела текучести R_e в Н/мм^2	Работа при испытании на ударную вязкость при различных температурах (прим.: J2: 27Дж при –20°C)
	Прим.: S 355 J2 (ранее St 52)		
Сталь для машино-строения	E	Величина минимального предела текучести R_e в Н/мм^2	G Другие марки (возможно с цифрой)
	Прим.: E 355		

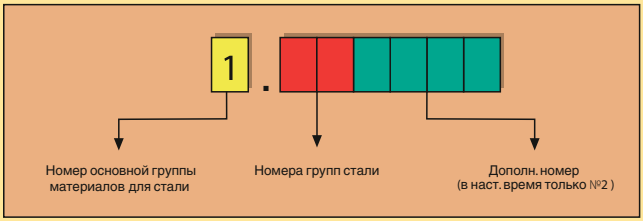
Область применения	Букв. обозн.	Содержание углерода	Доп. обозначение для сталей	
Нелегированная сталь содержание марганца <1 %	C	100 x среднее содержание углерода	E	Установленное макс. содержание серы
	Кроме автоматных сталей		R	Установленные пределы содержания серы
	Прим.: C 35 E (ранее Ck 35)		D	Для волочения проволоки
			C	Для холодной обработки давлением
			S	Для пружин
			U	Для инструмента

Область применения	Букв. обозн.	Содержание углерода	Легирующие элементы
Нелегированная сталь содержание марганца < 1 % **Легированная сталь** содержание отдельных лег. элементов < 5 %	**Нет**	100 x среднее содержание углерода	Буквы для обозначения характерных легирующих элементов, расположены по убыванию содержания, Цифры разделены чёрточками, соответствуют среднему процентному содержанию элементов x коэффициент, расположены в последовательности легирующих элементов
	Прим.: 28 Mn 6 (нелег. сталь) 42 CrMo 4 (лег. сталь)		
	G..	= стальное литьё	
	Прим.: G 20Mo 5		Cr, Co, Mn, Ni, Si, W коэфф. 4 Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr коэфф. 10 C, Ce, N, P, S коэфф. 100 B коэфф. 1000
Легированная сталь содержание по меньшей мере одного лег. элемента ≥5 %	X	100 x среднее содержание углерода	
	Прим.: X 22 CrMoV 12-1		
	GX	= стальное литьё	
	Прим.: GX 7 CrNi Mo 12-1		

Область применения	Букв. обозн.	Легирующие элементы
Быстрорежущие стали	HS	Цифры, разделённые чёрточками, показывают процентное содержание легирующих элементов в следующей последовательности: W – Mo – V - Co
	Прим.: HS 7-4-2-5	

Таблица 1.4 Маркировка сталей по сокращённым наименованиям

Способ маркировки сталей - система нумерации	DIN EN 10027-2



Номера групп стали

Нелегированные стали		**Легированные стали**	
00, 90	**Основные стали**		**Качественные стали**
	Качественные стали	08, 98	Стали с особыми физ. свойствами
01, 91	Констр. стали общего назн., Rm < 500 Н/мм^2	09, 99	Стали для различных сфер применения
02, 92	Прочие конструкционные стали, не предназначенные для термообработки, Rm < 500 Н/мм^2		**Высококачественные стали**
		20...28	Инструментал. стали
03, 93	Стали с C < 0,12 %, Rm < 400 Н/мм^2	29	не присвоен
04, 94	Стали с 0,12 % ≤ C < 0,25 % или 400 Н/мм^2 ≤ Rm < 500 Н/мм^2	30, 31	не присвоен
		32	Быстрорежущие стали с кобальтом
05, 95	Стали с 0,25 % ≤ C < 0,55 % или 500 Н/мм^2 ≤ Rm < 700 Н/мм^2	33	Быстрорежущие стали без кобальта
06, 96	Стали с C ≥ 0,55 %, Rm ≥ 700 Н/мм^2	34	не присвоен
07, 97	Стали с повышенным содержанием фосфора или серы	35	Стали для подшипников качения
	Высококачественные стали	36, 37	Стали с особыми магнитными свойствами
10	Стали с особыми физическими свойствами	38, 39	Стали с особыми физическими свойствами
11	Строительные, конструкционные стали, стали для контейнеров с содержанием углерода < 0,5 %	40...45	Нержавеющие стали
12	Конструкционные стали с C ≥ 0,5 %	46	Хим. стойкие и высокожаропрочные никелевые сплавы
13	Строительные, конструкционные стали, стали для контейнеров с особыми требованиями	47, 48	Жаропрочные стали
14	не присвоен	49	Высокожаропрочные материалы
15...18	Инструментал. стали	50...84	Строительные, конструкционные стали, стали для контейнеров Расположены по составу сплавов
19	не присвоен	85	Азотируемые стали
		86	не присвоен
		87...89	Стали, не предназначенные для термообработки, высокопрочные стали, пригодные для сварки

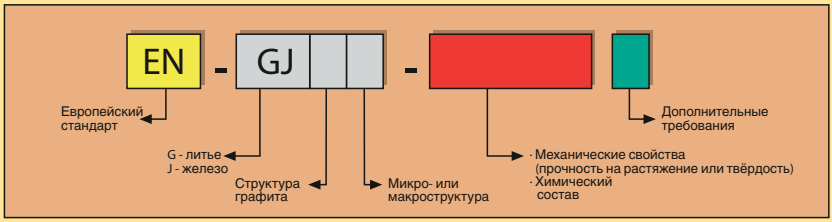
Таблица 1.5 Маркировка сталей по номерам

Примеры маркировки стали:

		Группа материалов GARANT	(см. главу «Материалы», раздел 1.1)
1.0422	C 22	Улучшенная сталь	3.0
1.3505	100 Cr 5	Конструкционная сталь-сталь для подшипников качения	8.0
1.8515	31 CrMo 12	Азотируемая сталь	7.1

Маркировка чугуна по стандарту DIN 17006 показана в *таблице 1.3*. В помещённых ниже *таблицах 1.6* и *1.7* представлены способы маркировки по сокращённым наименованиям и номерам в соответствии со стандартом EU. *Таблица 1.8* содержит систему нумерации для чугуна по стандарту DIN 17007.

Способ маркировки чугуна - сокращённое наименование в соответствии со стандартом EU | **DIN EN 1560**



Структура графита		Микро- или макроструктура	
L	Пластинчатый	A	Аустенит
S	Шаровидный	F	Феррит
M	Хлопьевидный	P	Перлит
V	Разветвлённый (червеобразный)	M	Мартенсит
N	Без графита (отбелённый чугун)	L	Ледебурит
Y	Особая структура	Q	Закалённый
		T	Улучшенная
		B	Обработан необезуглероживающим отжигом *)
		W	Обработан обезуглероживающим отжигом
		*)	только для ковкого чугуна

Механические свойства

– Предел прочности при растяжении и буквенное обозначение для характеристики образцов
S образец отлит отдельно
U прилитой образец
C образец взят из готовой отливки
Дополнительно, при необходимости
– величина растяжения в %
– температура испытания на ударную прочность
– **твёрдость**

Прим.: **EN-GJS-400-18S-RT**

Дополнительные требования	
D	Необработанная отливка
H	Термообработанная отливка
W	Пригоден для сварки
Z	Дополнительно установленные требования

Чугун с шаровидным графитом, минимальный предел прочности на растяжение Rm=400 Н/мм^2, величина растяжения A=18 %, ударная вязкость при комнатной температуре, измеренная для отдельно отлитого образца

Прим.: **EN-GJS-HB 150**

Чугун с шаровидным графитом с числом твёрдости 150 HB

Химический состав

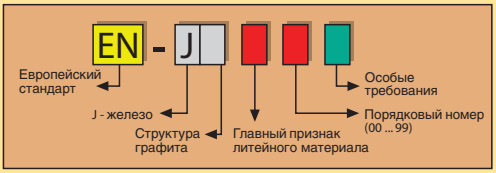
Буквенное обозначение X и основные легирующие элементы, а также их содержание в последовательности убывания

Прим.: **EN-GJL-XNiMn 13-7**

Легированный чугун с пластинчатым графитом, 13 % никеля и 7 % марганца

Таблица 1.6 Маркировка чугуна по сокращённым наименованиям

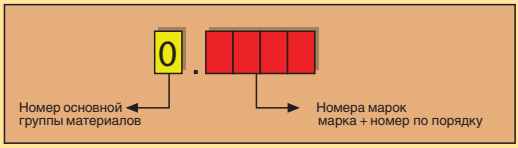
Способ маркировки чугуна – система нумерации в соответствии со стандартом EU	DIN EN 1560



Главный признак		Особые требования			
0	Резервный	0	Нет	5	Ударная вязкость при низкой температуре
1	Предел прочности при растяжении	1	Образец отлит отдельно	6	Пригоден для сварки
2	Твёрдость	2	Прилитой образец	7	Необработанная отливка
3	Химический состав	3	Образец взят из готовой отливки	8	Термообработанная отливка
4...9	Резервный	4	Ударная вязкость при комнатной температуре	9	Дополнительные требования
Прим.: EN-JL 2 03 0		Чугун с пластинчатым графитом, главный признак – твёрдость, без особых требований (сокращённое наименование материала EN-GJL-HB 195)			

Таблица 1.7 Маркировка чугуна по номерам

Способ маркировки чугуна – система нумерации	DIN 17007



Марка основной группы материалов 0			
00...09	Доменный чугун для производства стали	60...61	Чугун с пластинчатым графитом, нелегированный
10...19	Доменный чугун для получения отливок	62...69	Чугун с пластинчатым графитом, легированный
20...29	Специальный доменный чугун	70...71	Чугун с шаровидным графитом, нелегированный
30...49	Легирующие сплавы	72...79	Чугун с шаровидным графитом, легированный
50...59	Резервный	80...81	Ковкий чугун, нелегированный
		82	Ковкий чугун, легированный
		83...89	Ковкий чугун, резервный
		90...91	Специальный чугун, нелегированный
		92...99	Специальный чугун, легированный

Таблица 1.8 Маркировка чугуна по номерам в соответствии со стандартом DIN

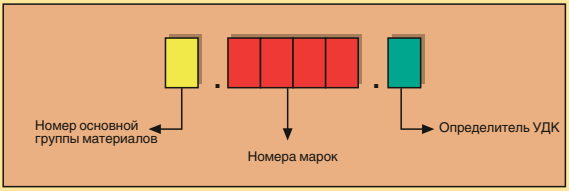
Примеры маркировки чугуна:

Европейский стандарт		Ранее		Группа материалов GARANT (см. главу 1, раздел 1.1)
Номер материала	Сокращённое наименование	Номер материала	Сокращённое наименование	
EN-JL 1020	EN-GJL-150	0.6015	GG 15	15.0
EN-JS 1030	EN-GJS- 400-15	0.7040	ВЧ-40	15.2
EN-JM 1180	EN-GJMB-650	0.8165	GTS-65	15.2
EN-JM 1030	EN-GJMW-400	0.8040	GTW-40	15.2

1.2.2 Маркировка цветных металлов

Способы маркировки цветных металлов аналогичны способам маркировки чёрных металлов. В *таблицах 1.9* и *1.10* представлены способы маркировки по номерам.

Способ маркировки цветных металлов – система нумерации | **DIN 17007**



Основная группа материалов		Номера марок		Определитель УДК	
2	Тяжёлые металлы	2.0000 ... 2.1799	Cu	0	Необработанный
		2.1800 ... 2.1999	Резервный	1	Мягкий
		2.2000 ... 2.2499	Zn, Cd	2	Упрочнён холодным способом (промежуточное упрочнение)
		2.2500 ... 2.2999	Резервный	3	Упрочнён холодным способом (класс «твердый» и выше)
		2.3000 ... 2.3499	Pb	4	Обработан диффузионным отжигом, без доп. механической обработки
		2.3500 ... 2.3999	Sn	5	Обработан диффузионным отжигом, дополнительно обработан холодным способом
		2.4000 ... 2.4999	Ni, Co	6	Отверждённый при повышенной температуре, дополнительно обработан холодным способом
		2.5000 ... 2.5999	Благородные металлы	7	Отверждённый при повышенной температуре, без доп. механической обработки
		2.6000 ... 2.6999	Тугоплавкие металлы	8	Со снятыми напряжениями, без предварительного холодного упрочнения
		2.7000 ... 2.9999	Резервный	9	Специальная обработка
3	Лёгкие металлы	3.0000 ... 3.4999	Al		
		3.5000 ... 3.5999	Mg		
		3.6000 ... 3.6999	Резервный		
		3.7000 ... 3.7999	Ti		
		3.8000 ... 3.9999	Резервный		

Таблица 1.9 Маркировка цветных металлов по номерам в соответствии со стандартом DIN

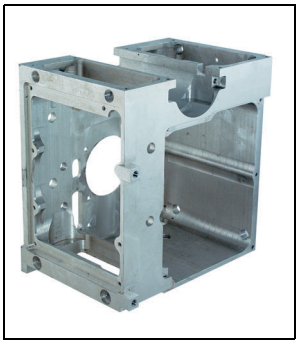
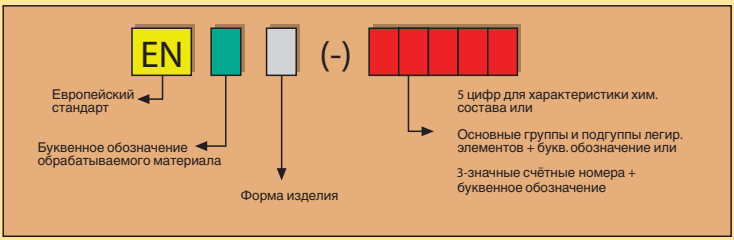


Рис. 1.1 Корпус тепловизионной камеры из лёгкого металла

Способ маркировки цветных металлов – система нумерации в соответствии со стандартом EU	DIN EN 573, DIN EN 1412, DIN EN 1754



Буквенное обозначение материала (выборочно)		Форма изделия	
A	Алюминий	A	Аноды
M	Магний	B	Массив
Cu	Медь	C	Чугун
		F	Присадочные материалы и твердые припои
		M	Легирующие сплавы
		R	Особо чистая медь
		S	Материал в форме лома
		W	Деформируемый материал
		X	Нестандартные материалы

Таблица 1.10 Маркировка цветных металлов по номерам в соответствии со стандартом EU

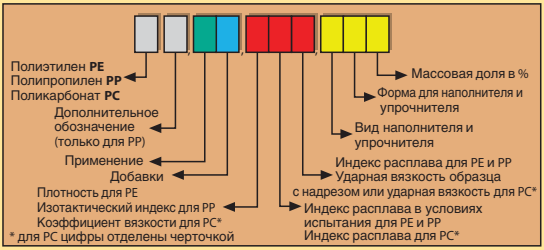
Примеры маркировки цветных металлов:

Европейский стандарт		Ранее		Группа материалов GARANT (см. главу 1, раздел 1.1)
Номер материала	Сокращённое наименование	Номер материала	Сокращённое наименование	
Алюминий и алюминиевые сплавы				
EN AW–5754	EN AW-5754 [AlMg3]	3.3535	Al Mg 3	17.1
EN AC-43000	EN AC-43000 [AlSi10Mg]	3.2381.01	G-Al Si 10 Mg	17.2
EN AC-44200	EN AC-44200 [AlSi12]	3.2581	Al Si 12	17.2
Магний и магниевые сплавы				
EN MC 21110	EN-MC Mg Al 8 Zn 1	3.5812.01	G-Mg Al 8 Zn 1	17.0
Медь и медные сплавы				
CC 491 K	CuSu5ZnPb5-C	2.1020	G-CuSu5ZnPb	18.0
CC 750 S	CuZn33Pb2-C	2.0290.1	G-CuZn33Pb	18.2
CC 495 K	CuSn10Pb10-C	2.1176.01	G-CuPb10Sn	18.3

1.2.3 Маркировка термопластов

Маркировка термопластов

Полиэтилен (PE) **DIN 16 776-1: 1984-12**
Полипропилен (PP) **DIN 16 774-1: 1984-12**
Поликарбонат (PC) **DIN 7744-1: 1986-07**



Применение

B	Фурмы
C	Каландрирование
D	Грампластинки
E	Экструзия (трубы)
F	Экструзия (пленка)
G	Общ. назначения
H	Покрытие
K	Изолирование кабелей, проводов
L	Экструзия мононити
M	Литьё под давлением
Q	Прессование
R	Центробежное формование
S	Напыление расплавленных частиц порошкового полимера на поверхность нагретого изделия
T	Отливка ленты
X	Нет данных
Y	Изготовление волокна

Добавки

A	Стабилизатор для обработки
B	Средство против слёживания
C	Краситель
D	Порошок
E	Газообразующее средство
F	Средство для уменьшения горючести
G	Гранулят
H	Добавка для уменьшения теплового старения.
K	Дезактиватор металлов
L	Светостабилизатор
N	Природные красители
P	Ударопрочный, модиф.
R	Смазка для отделения от пресс-формы
S	Смазочные средства
T	Повышенная прозрачность
W	Гидролизный стабилизатор
X	Структурируемый
Y	Повышенная электр. проводимость
Z	Антистатик

Плотность в г/см³ для PE

Показатель	более	до
15		0,917
20	0,917	0,922
25	0,922	0,927
30	0,927	0,932
35	0,932	0,937
40	0,937	0,942
45	0,942	0,947
50	0,947	0,952
55	0,952	0,957
60	0,957	0,962
65	0,962	

Наполнители и упрочнители для PE и PP

Вид		Форма	
A	Асбест	B	Шарики
B	Бор	D	Порошок
C	Углерод	F	Волокно
G	Стекло	G	Измельчённый материал
K	Мел ($CaCO_3$)	H	«Усы» (нитевидные монокристаллы)
L	Целлюлоза		
M	Минералы, Металл	S	Пластины
S	Синт. орган. мат.	X	Без спецификации
T	Тальк	Z	Прочие
W	Стружки		
X	Без спецификации		
Z	Прочие		

Дополнительное обозначение для PP

H	Гомополимеры полипропилена
B	Термопластичные блоксополимеры
R	Термопл. статические сополимеры
Q	Комбинация групп H, B, R

Коэффициент вязкости для PC в см³/г

Показатель	более	до
46		46
49	46	52
50	52	58
61	58	64
67	64	70
70	70	

Наполнители для PC

Массовая доля в %

Показатель	более	до
5		7,5
10	7,5	12,5
15	12,5	17,5
20	17,5	22,5
25	22,5	27,5
30	27,5	32,5
35	32,5	37,5
40	37,5	42,5
45	42,5	47,5
50	47,5	52,5
55	52,5	57,5
60	57,5	62,5
65	62,5	67,5
70	67,5	72,5
75	72,5	77,5
80	77,5	82,5
85	82,5	87,5
90	87,5	

Изотактический индекс для PP

Показатель	Массовая доля в %
95	>90 ... 100
85	>80 ... 90
75	>70 ... 80
65	>60 ... 70
55	>50 ... 60

Ударная вязкость a_n в кДж/м²

Символ	a_n более	a_n до
A0		10
A1	10	30
A3	30	50
A5	50	70
A7	70	90
A9	90	

Ударная вязкость образца с надрезом a_k в кДж/м²

Символ	a_k более	a_k до
B0		8
B1	8	16
B3	16	24
B5	24	32
B7	32	40
B9	40	

Обозначение формовочной смеси PE для экструзии пленок со смазкой плотностью 0,981 г / см³ с индексом расплава MFI при 190 °C / 2,16кг 4,2г / 10мин:
Формовочная смесь DIN 16776 - PE, FS, 20 D 045

Индекс расплава в г/10 мин

Для PE, PP

Показатель	более	до
000		0,1
001	0,1	0,2
003	0,2	0,4
006	0,4	0,8
012	0,8	1,5
022	1,5	3,0
045	3,0	6,0
090	6,0	12
200	12	25
400	25	50
700	50	

Для PC

Показатель	более	до
03		3
05	3	6
09	6	12
18	12	24
24	24	

Индекс расплава - условия испытания

Индекс расплава MFI показывает массу, которая при определённых условиях выдавливается через фильеру.

D	190 °C / 2,16 кг
T	190 °C / 5 кг
G	190 °C / 21,6 кг
M	230 °C / 2,16 кг
-	300 °C / 1,2 кг

Таблица 1.11 Маркировка термопластов

2 Чёрные металлы

Сплавы железа с углеродом с содержанием последнего **до 2 %** называются **сталями**; с содержанием углерода **> 2 %** – **чугуном**.

Чугун, за исключением некоторых литейных сплавов и чугуна с шаровидным графитом, обладает лишь средней прочностью на растяжение. Сталь же, напротив, является вязкой, легко поддаётся термической, а при низком содержании углерода – и холодной формовке. Прочность стали можно значительно повысить посредством её термообработки (закалка и улучшение); однако при этом существенно снижается её деформируемость.

2.1 Стали

2.1.1 Классификация сталей

Стали делятся на группы по содержанию легирующих элементов, структуре сплава и механическим свойствам.

В зависимости от **содержания легирующих элементов** различают:

- нелегированные стали
- низколегированные стали (с содержанием каждого легирующего элемента < 5 %);
- высоколегированные стали (с содержанием одного из легирующих элементов не менее 5 %).

Нелегированные стали делятся на предназначенные и не предназначенные для термообработки.

Низколегированные стали имеют свойства, во многом схожие со свойствами нелегированных сталей. Технически важным отличием является их улучшенная закаливаемость, а также повышенная жаропрочность и устойчивость против отпуска.

Высоколегированные стали имеют особые свойства.

Стойкость к образованию окалины или специальные физические свойства реализуются только у высоколегированных сталей.

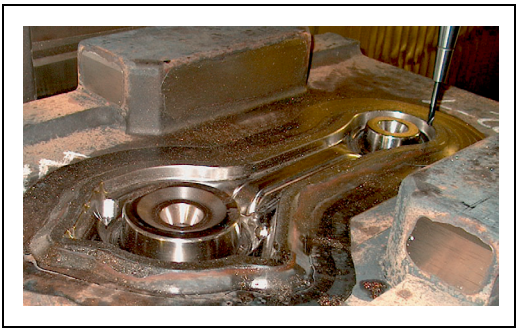


Рис. 1.2 Ковочно-штамповочный инструмент

Для потребителя часто представляет интерес обозначение, по которому можно определить прочие важные свойства сталей. Поэтому для практических целей, в зависимости от **сферы применения** и варианта применения, различают:

- автоматные стали;
- цементируемые стали;
- улучшенные стали;
- азотируемые стали;
- инструментальные стали;
- нержавеющие и кислотостойкие стали.

Распределение сталей по группам материалов с указанием их свойств и областей применения см. в таблицах в разделе 1 этой главы.

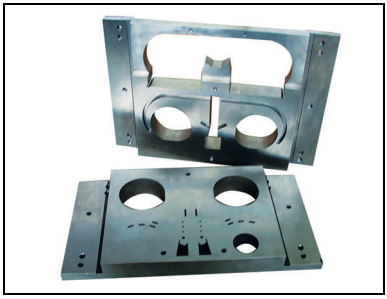


Рис. 1.3 Штамп

2.1.2 *Факторы, влияющие на обрабатываемость сталей резанием*

Обрабатываемость какой-либо детали резанием всегда следует оценивать с учётом применяемых способов обработки, материала режущего инструмента и режима резания. Характер резания зависит и от самой детали, в данном случае от структуры и механических свойств (твёрдость, прочность).

2.1.2.1 Обрабатываемость резанием в зависимости от содержания углерода

Углеродистые стали (нелегированные качественные стали) с содержанием **C < 0,8 %** называются доэвтектическими (по диаграмме состояния железо-углерод – см. также *рис. 1.5*). Их основными структурными составляющими являются **перлит** (смесь феррита и цементита, высокая твёрдость) и **феррит** (низкая твёрдость, высокая пластичность).

При обработке резанием **феррит** создает значительные трудности:

- высокая склонность к налипанию материала на инструмент, образование наростов на режущей кромке;
- образование нежелательной ленточной и запутанной стружки (высокая пластичность);
- низкая чистота обработки поверхности и образование заусенцев на деталях.

Перлит, в свою очередь, осложняет процесс резания следующими факторами:

- сильный абразивный износ;
- повышенные силы резания.

Обрабатываемость резанием сталей с содержанием **C < 0,25** % в значительной мере обусловлена вышеназванными свойствами **феррита**. При низких скоростях резания на режущей кромке образуются наросты. С повышением скорости резания износ инструмента постепенно увеличивается, при этом возрастает и температура резания. Учитывая эти факторы, следует выбирать инструмент по возможности с положительным передним углом. Поверхности низкого качества и с множеством заусенцев образуются прежде всего при низких скоростях резания, обусловленных технологией обработки.

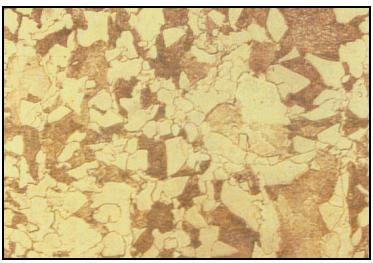


Рис. 1.4
Ферритно-перлитная структура

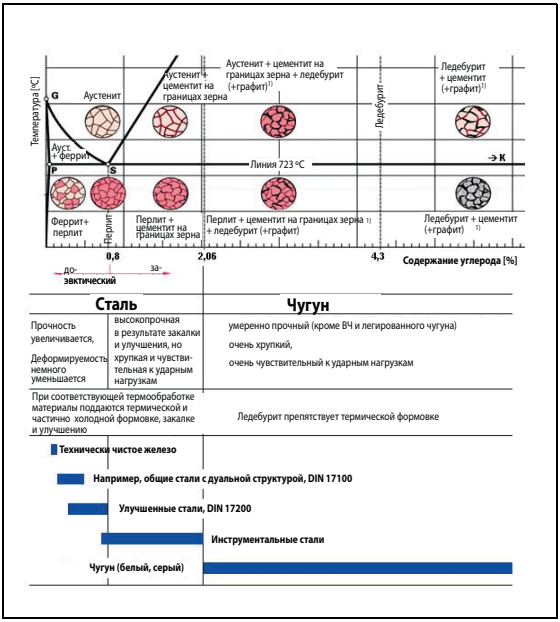


Рис. 1.5 Схематическая классификация железоуглеродистых сплавов

Для углеродистых сталей с содержанием **С от 0,25 до 0,4 %** свойства **перлита** влияют на обрабатываемость резанием следующим образом:

- снижаются склонность к налипанию и образование наростов на режущей кромке;
- вследствие повышенной нагрузки на зону контакта возрастает температура резания и увеличивается износ инструмента;
- структура материала положительно влияет на чистоту обработки поверхности, на количество и форму стружки.

Хорошо обрабатываются резанием углеродистые стали с содержанием **С около 0,25 %.**

При дальнейшем повышении содержания углерода (**0,4 % < С < 0,8 %**) **доля перлита увеличивается**, а при 0,8 % С перлит остается единственной структурной составляющей. В целом стали считаются материалом, хорошо поддающимся резанию, только с точки зрения образования стружки и чистоты обработки поверхности. Вследствие повышенной твёрдости и прочности надлежит считаться с интенсивным износом. Для уменьшения износа следует работать с пониженной скоростью или с использованием СОЖ.

В заэвтектических углеродистых сталях (**С > 0,8 %**) при медленном охлаждении на воздухе также образуются феррит и цементит. В отличие от доэвтектических углеродистых сталей ферритовая решетка не образуется, феррит присутствует только в качестве раствора в перлите. Образование перлита начинается непосредственно от границ зерна аустенита. При содержании углерода значительно выше 0,8 % на границах зерна происходит осаждение цементита, т.е. даже свободный цементит образует оболочку вокруг зерен аустенита или перлита. Подобные стали при обработке резанием вызывают очень сильный износ. Наряду с интенсивным абразивным воздействием твёрдых и хрупких структурных составляющих, возникающие высокие давления и температуры даже при сравнительно низких скоростях резания вызывают сильный износ по передней и задней поверхностям (см. также главу «Теоретические основы», раздел 1.2). В связи с этим надлежит работать с низкими скоростями резания и большими поперечными сечениями стружки, а также с прочными режущими кромками.

2.1.2.2 Обрабатываемость резанием в зависимости от легирующих элементов

Легирующие элементы вводятся специально с целью изменения механических и термических свойств. Ниже описывается влияние некоторых важных легирующих элементов на обрабатываемость сталей резанием.

- **Хром и молибден** повышают закаливаемость стали и при этом в случае цементируемых и улучшенных сталей влияют на обрабатываемость резанием за счёт структуры и прочности. В случае сталей с повышенным содержанием углерода или легирующих компонентов эти металлы образуют твёрдые специальные и смешанные карбиды, способные осложнить процесс резания. Аналогичное влияние оказывает и **вольфрам**.
- **Никель** таким же образом влияет на прочность стали и способствует повышению вязкости. Это ухудшает обрабатываемость резанием, особенно в случае аустенитных никелевых сталей (при повышенном содержании Ni).
- **Кремний** повышает прочность феррита и образует, например, при соединении с алюминием, твёрдые включения оксида кремния (силиката). Из-за этого возможен повышенный износ инструмента.
- За счёт добавления в сплав **фосфора** получают сыпучую стружку. При содержании до 0,1 % фосфор оказывает положительное влияние на обрабатываемость резанием. При более высоком содержании фосфора качество поверхности повышается, однако усиливается износ инструмента.
- Добавление **титана** и **ванадия** даже в малых количествах может способствовать значительному повышению прочности. Вследствие значительного уменьшения размера зерен следует ожидать плохих результатов в отношении сил резания и характера стружкообразования.
- **Сера** растворяется в железе лишь в небольших количествах, но в зависимости от легирующих компонентов, содержащихся в стали, образует стабильные сульфиды. Сульфиды марганца MnS являются предпочтительными, т. к. они положительно воздействуют на обработку резанием (быстроломкая стружка, слабое образование наростов на режущей кромке, улучшенное качество поверхности детали). Изменяя уровень содержания серы в стали, можно оказывать значительное влияние на ломкость стружки и образование заусенцев при обработке резанием.
- **Марганец** повышает закаливаемость и прочность сталей. Вследствие высокого сродства серы и марганца при их взаимодействии образуются сульфиды. Содержание марганца до 1,5 % у сталей с низким содержанием углерода благоприятно сказывается на их обрабатываемости резанием благодаря оптимальному характеру стружкообразования. Увеличение содержания углерода имеет негативные последствия для обрабатываемости резанием вследствие увеличения износа инструмента.
- **Свинец** имеет относительно низкую точку плавления и содержится в железе в форме субмикроскопических включений. При обработке резанием между инструментом и обрабатываемым материалом образуется защитная свинцовая пленка, благодаря которой снижаются силы резания и износ инструмента. Стружка становится хрупкой.

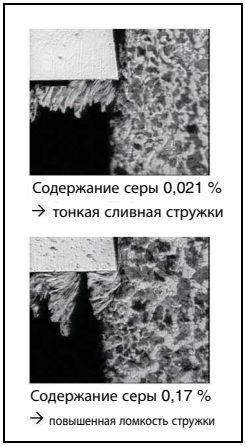


Рис. 1.6 Влияние содержания серы на образование стружки при обработке стали C45

2.1.2.3 Обрабатываемость резанием в зависимости от термообработки

Путем целенаправленной термообработки можно изменить структуру стали таким образом, что наряду с изменением механических свойств станет возможным приведение обрабатываемости резанием в соответствие с требованиями.
В *таблице 1.12* представлен обзор влияния различных способов термообработки на износ режущего инструмента и характер стружкообразования при обработке сталей резанием.

Способ термо-обработки	Воздействие на структуру	Обрабатываемость резанием
Нормализация	Аустенизация и охлаждение на воздухе. Равномерная и тонкозернистая структура благодаря перекристаллизации	В зависимости от содержания углерода в стали (ср. раздел 2.1.2.1): Феррит: плохое стружкообразование, незначительный износ Перлит: оптимальное стружкообразование, высокая степень износа
Высокий отжиг (отжиг на крупное зерно)	Крупнозернистая структура с замкнутой ферритовой решеткой и включениями перлита и бейнита, ограничения вследствие снижения прочностных свойств	Относительно малый износ инструмента Хорошее стружкообразование Высокое качество обработки поверхности
Низкий отжиг	Уменьшение твёрдости материала, перлит с высоким содержанием феррита, с шаровидным цементитом (мягкий, пластичный)	Оптимальный износ инструмента Ухудшение стружкообразования с увеличением доли феррита в структуре
Закалка	Аустенизация и быстрое охлаждение ➔ Преобразование аустенита в мартенсит, повышение твёрдости материала и прочности	Высокий абразивный износ инструмента при использовании обычных инструментальных материалов, оптимальный характер стружкообразования
Улучшение	Закалка и отпуск ➔ За счет повторного нагрева производится целенаправленное разрушение мартенсита	Улучшение обрабатываемости резанием по мере разрушения мартенсита

Таблица 1.12 Обрабатываемость резанием в зависимости от термообработки

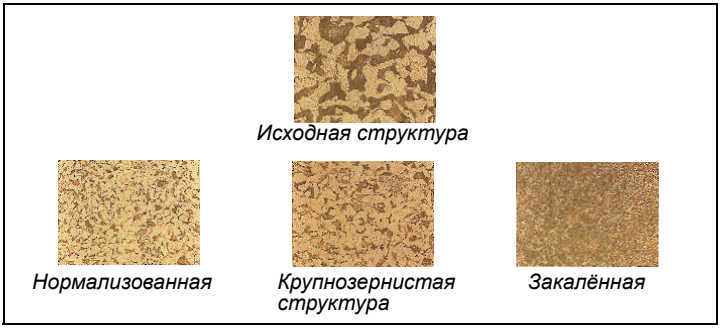


Рис. 1.7 Структура стали марки C60, различные стадии термообработки

2.1.3 Обрабатываемость резанием различных сталей

Сталь	Особенности	Обрабатываемость резанием	Эффекты
Автоматная сталь например: 9 S Mn 28 9 S MnPb 28 35 S 20 45 S 20	Основные легирующие элементы: Pb, P, S, Mn в соединении с серой образуют сульфид марганца MnS	При добавлении Pb (50–70 %) [2] в зависимости от скорости резания возможно повышение стойкости Возможно снижение сил резания на 50 %	Быстроломкая стружка Чистые поверхности обрабатываемого материала Слабая склонность к образованию наростов на режущей кромке Незначительный износ инструмента
Цементируемая сталь например: Ck 15 16 MnCr 5 20 MoCr 4 18 CrNi 8	Нелег. конструкционные стали, высококачественные и нержавеющие стали, а также легированные нержавеющие стали с содержанием углерода (C) < 0,2 %	Высокая скорость резания для снижения образования наростов на режущей кромке предпочтительнее резанию твердосплавным инструментом Уменьшение подачи Сбалансированная геометрия инструмента (положительный передний угол)	Хорошее качество поверхности
	Твёрдость цементированного слоя: насыщение углеродом граничной зоны до 0,6–0,9 % C (твёрдость до 60 по шкале Роквелла)	Обработка инструментами из мелкозернистых твёрдых сплавов, керамики, инструментальных материалов из кубического нитрида бора	Хорошая ломкость стружки Очень хорошее качество поверхности
Улучшенная сталь например: Ck 45 42 CrMo 4 30 CrMoV 9 36 CrNiMo 4	Содержание углерода 0,2 % < C < 0,6 % Основные легирующие элементы: Хром Cr Никель Ni Ванадий V Молибден Mo Кремний Si Марганец Mn	Обрабатываемость резанием сильно зависит от состава сплава и термообработки Улучшение в большинстве случаев после черновой и перед чистовой/финишной обработкой Требуется снижение скорости резания с увеличением содержания углерода (доля перлита)	
		Черновую обработку можно производить с повышенными режимами резания при условии нормализации материала заготовки	Очень хорошая обрабатываемость резанием Незначительный износ режущего инструмента
		Окончательная обработка с пониженной скоростью резания преимущественно твердосплавными инструментами группы P (HSS – только для сверления и нарезания резьбы) Использование минерало-керамических режущих инструментов и режущих инструментов из КНБ только при твёрдости свыше 45 по шкале Роквелла (ср. обработка цементируемой стали)	Незначительный износ инструмента

Таблица 1.13 Обрабатываемость резанием различных сталей

Таблица 1.13 Обрабатываемость резанием различных сталей (продолжение)

Сталь	Особенности	Обрабатываемость резанием	Эффекты
Азотируемая сталь например: 34 CrAlNi 7 31 CrMo 12 34 CrAlS	Содержание углерода 0,2 % < C < 0,45 % Основные легирующие элементы: Cr, Mo, Al, V Высокая поверхностная твёрдость материала за счёт присутствия нитридов металла	Вследствие очень высокой поверхностной твёрдости обработка резанием выполняется перед азотированием	
		Улучшенный исходный материал: низкая скорость резания	Допустимый износ инструмента
		Неулучшенный исходный материал	Плохое удаление стружки Образование заусенцев
		Содержание азота > 1 %	Плохо поддаётся обработке резанием
		Добавление серы (S)	Хорошо поддаётся обработке резанием
Инструментальная сталь например: C 45 C 60	Содержание C < 0,9 % у нелегированных сортов инструментальной стали	Использование твердосплавных режущих инструментов с содержанием титана и карбида титана (P 20)	Повышенная склонность к налипанию Образование наростов на режущей кромке Относительно плохая обрабатываемость резанием Некачественные и шероховатые поверхности
		Улучшение инструментальной стали	Улучшение обрабатываемости резанием
Нержавеющие и высокожаропрочные стали, например: X5CrNiNb18-10	Содержание хрома > 12 %	Преимущественно ферритные стали	Хорошо поддаются обработке резанием
	Дополнительное содержание никеля 10–13 %	Аустенитные стали: Низкая скорость резания Относительно высокая подача для уменьшения количества резов	Плохо поддаётся обработке резанием Высокая склонность к налипанию Образование наростов на режущей кромке Склонность к наклёпу

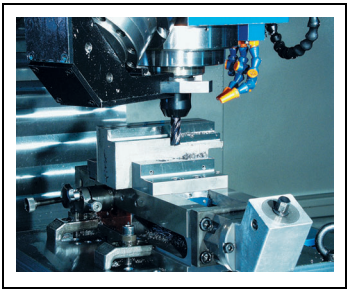


Рис. 1.8 Фрезерование улучшенной стали

Для оценки обрабатываемости резанием нержавеющих сталей (группы материалов GARANT 13 и 14, *таблицы 1.1 и 1.2*) можно использовать нижеприведенный коэффициент PRE (**P**itting **R**estistence **E**quivalent), описывающий стойкость нержавеющих сталей к так называемой сквозной коррозии (англ. Pitting).

Коэффициент PRE = % Cr + 3,3 · % Mo + 30 · % N

Cr ... Хром
Mo ... Молибден (уравн. 1.1)
N ... Азот
%... Процентная доля элементов

Для оценки обрабатываемости резанием, в частности при точении нержавеющих сталей, действительными являются следующие диапазоны:

Диапазон коэффициента PRE	**Оценка обрабатываемости резанием**	**Примеры материалов**	
		Обозначение материала	**Группа материалов GARANT**
PRE < 16	хорошо	X6Cr13 (1.4000) X10Cr13 (1.4006) X30Cr13 (1.4028)	13.1 13.2 13.3
16 < PRE < 22	средне	X5CrNi 18 10 (1.4301)	13.1
22 < PRE < 34	тяжело	X6CrNiMoTi 17 12 2 (1.4571)	13.1
PRE > 35	очень тяжело	X8CrNiMo 27 5 (1.4460)	13.3

Таблица 1.14 Коэффициент PRE для оценки обрабатываемости резанием нержавеющих сталей

Пример расчёта коэффициента PRE

Материал: X 8 Cr Ni Mo 27 5 (1.4460, группа материалов GARANT 13.3)

Анализ:						
	Cr:	25,0	...	28,0	% разность = 3,0 %	Δ Cr = 1,5 %
	Mo:	1,3	...	2,0	% разность = 0,7 %	Δ Mo = 0,35 %
	N:	0,05	...	0,2	% разность = 0,15 %	Δ N = 0,075 %

31 **41**

Коэффициент PRE	= (25,0+Δ Cr)%	+ 3,3 · (1,3+ΔMo)%	+ 30 · (0,05+ΔN)%
	= 26,5 %	+ 3,3 · 1,65 %	+ 30 · 0,125 %
Коэффициент PRE	**= 35,7**		

В *таблице 1.15* приводится примерный обзор реализуемых параметров точения стали.

Скорость резания[1] / Материалы	240 м/мин до 400 м/мин	180 м/мин до 320 м/мин	130 м/мин до 250 м/мин	120 м/мин до 220 м/мин	110 м/мин до 190 м/мин
Конструкционные стали общего назначения	–	до 0,2 % C напр. St52-3[2]	> 0,2 % C напр. St52-1[2]		
Автоматная сталь, необработанная	Не предназначенные для термообработки и опред. сорта стали напр. 9 S Mn 28	–	–	–	–
Улучшенная автоматная сталь	–	до 0,45 % C напр. 35 S 20 V	свыше 0,45 % C напр. 60 S 20 V	–	–
Нелегированная цементируемая сталь	Обработанная до ферритно-перлитной структуры (BG), например, Ck15 BG	–	–	–	–
Легированная цементируемая сталь	–	Обработанная до ферритно-перлитной структуры (BG) напр. 16MnCr5 BG	Обработанная до опред. прочности (BF) напр. 16CrNiMo6 BF	–	–
	–	–	Необр.[3] напр. 16MnCr5 U	Необр.[3] напр. 17CrNiMo6 U	–
Улучшенная сталь, нелегированная, с низким отжигом (G)	–	до 0,4 % C напр. Cf 35 G	> 0,4 % C напр. Cf 53 G, Ck60 G	> 0,6 % C напр. Cf 70 G	–
Улучшенная сталь, нелегированная нормализованная (N)	–	до 0,45 % C напр. Ck 45 N	> 0,45 % до 0,55 % C напр. Cf 53 N, Ck55 N	> 0,55 % C напр. Ck 60 N	–
Улучшенная сталь нелегированная улучшенная (V)	–	–	до 0,45 % C или до 800 Н/мм^2 например Ck 35 V, Cf 45 V	> 0,45 % до 0,6 % C или > 800 Н/мм^2 напр. Ck 55 V	–
Улучшенная сталь легированная с низким отжигом (G) или обработанная до лучшей степени обрабатываемости (B)	–	до 0,3 % C или до 200 HB напр. 25 CrMo4 B	до 0,4 % C или > 200 до 230 HB напр. 24 CrMo5 B	свыше 0,4 % C или свыше 230 HB напр. 24CrNiMo6 B, 50 CrMo4 G	–
Улучшенная сталь легированная улучшенная (V)	–	–	до 0,4 % C или > 700–800 Н/мм^2 напр. 34 Cr4 V	до 0,5 % C или > 800–1000 Н/мм^2 напр. 42 CrMo4 V	> 1000 Н/мм^2 напр. 50 CrV4 V, 30 CrNiMo8 V

1) Значения скорости резания с использованием твердосплавных инструментов без покрытия
2) Из-за сильного разброса возможны различия в обрабатываемости резанием
3) Различная обрабатываемость резанием в зависимости от структурных составляющих
[Н/мм^2] Предел прочности на растяжение
[HB] Твердость по Бриннелю

Таблица 1.15 Рекомендуемые скорости резания сталей

2.1.4 Обрабатываемость стали Toolox резанием

Инструментальная сталь Toolox – материал нового поколения, предназначенный прежде всего для применения в инструментальном производстве. Существует Toolox двух сортов: Toolox 33 с твердостью 300 HB и Toolox 44 с твердостью 45 HRC. Оба сорта благодаря направленной кристаллизации обладают такими свойствами, как высокая чистота и безупречная структура.

Toolox 33 – улучшенная инструментальная сталь с низкой остаточной деформацией и обладающая благодаря этому высокой стабильностью размеров при механической обработке. Она является современной альтернативой улучшенным сталям, традиционно применяемым в инструментальном производстве, например 1.2311 и 1.2312 (см. группу материалов 8.1, раздел 1.1), и при твердости 300 HB исключительно хорошо обрабатывается (см. рис. 1.9). Благодаря своим механическим свойствам в комбинации с высокой стабильностью размеров при механической обработке Toolox 33 является также полноценной альтернативой цементируемым и азотируемым сталям или широко используемой улучшенной стали 42CrMo4. Сталь Toolox 33 не требует дополнительной термообработки. Азотирование или нанесение покрытия возможны при температурах ниже 590 °C. Область применения Toolox 33 предназначена для изготовления пресс-форм, штампов, конструкционных деталей и деталей, требующих высокой износостойкости.

Toolox 44 – инструментальная сталь, прошедшая термическую обработку и готовая к употреблению, что позволяет, например, предприятиям инструментального производства отказаться от закалки форм на других предприятиях. Материал имеет необычный химический состав. Отличие от других сплавов состоит в значительном снижении содержания углерода и серы и в повышенном содержании кремния. За счет низкого содержания углерода образование карбидов уменьшилось на 30 %, чем, в частности, объясняется хорошая обрабатываемость материала. По причине твёрдости материала предъявляются такие требования к обработке резанием, как острый инструмент и отсутствие вибраций, с целью обеспечения низкого уровня износа инструмента. Toolox 44 применяется для изготовления пресс-форм, кромкогибочных прессов, быстроизнашивающихся прижимных планок, вращающегося инструмента, а также деталей станков, рассчитанных на большие нагрузки.

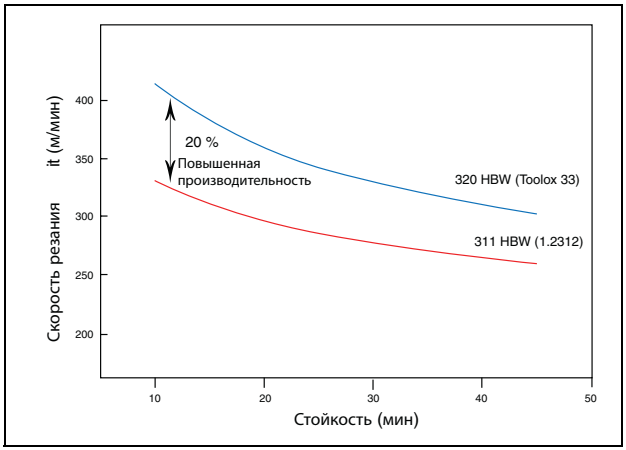


Рис. 1.9 Стойкость режущего инструмента при фрезеровании плоскостей

2.2 Чугун

2.2.1 Классификация чугуна

Под **чугуном** понимаются сплавы железа с углеродом с содержанием углерода **(C) > 2 %** (в большинстве случаев до 4 % – ср. *рис. 1.5*). В качестве легирующих элементов используются, в основном, кремний, марганец, фосфор и сера. Коррозионная стойкость и жаропрочность достигаются путём добавления никеля, хрома, молибдена и меди. Легирующие элементы, добавляемые в чугун, оказывают воздействие на обрабатываемость резанием в той мере, в какой они могут оказать её в качестве карбидообразующих элементов и/или в той мере, в какой они воздействуют на их прочность и/или закалку. На *рис. 1.10* представлена общая классификация чугуна.

Обозначения чугуна согласно стандарту ЕС представлены в *таблице 1.6* (раздел 1.2).

Литейная сталь представляет собой сталь, отлитую в формах, последующая обработка резанием которой происходит только путём формовки. Благодаря своей хорошей вязкости литейная сталь применяется там, где наряду с динамическими нагрузками имеют место импульсные и ударные нагрузки.

Отбелённый чугун имеет хрупкую структуру и не обладает столь высокой прочностью на разрыв, как литейная сталь. В машиностроении отливки из сплошь отбелённого чугуна (литьё, застывшее добела по всему поперечному сечению) применяется сравнительно мало и почти всегда только в необработанном состоянии. Значительно большое значение имеет чугун с отбеленным поверхностным слоем (целенаправленное охлаждение, при котором набело застывает только верхний слой) с твёрдой и износостойкой поверхностью с оптимизированной вязкостью внутри. Примеры использования: валки, распределительные валы, штампы и т. п.

Рис. 1.10 Классификация чугуна

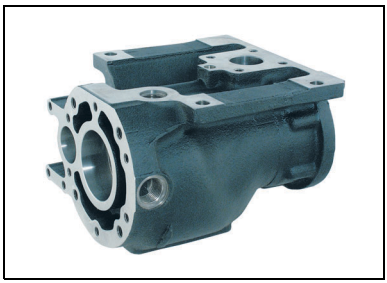


Рис. 1.11 Винтовой компрессор

Свои специфические свойства **ковкий чугун** приобретает только после термообработки (отжиг). В зависимости от способа термообработки образуется **чёрный или белый** ковкий чугун. По своей прочности ковкий чугун занимает промежуточное положение между серым чугуном и литейной сталью.
Обрабатываемость резанием толстостенных деталей из белого ковкого чугуна хуже вследствие повышенной доли перлита, чем у тонкостенных деталей (обезуглероженный слой достигает толщины 7 мм). Поэтому белый ковкий чугун преимущественно используется для изготовления тонкостенных деталей. Чёрный ковкий чугун в отличие от белого имеет по всему поперечному сечению отливки однородную структуру из феррита с включениями углерода отжига. Таким образом чёрный ковкий чугун лучше поддаётся обработке резанием, чем отбелённый. Этот чугун используется преимущественно для толстостенных деталей, которые затем проходят обработку резанием.

Различные **типы серого чугуна** отличаются друг от друга в основном геометрической формой графита. Чугун с **пластинчатым графитом EN-GJL** (другое его название **серый чугун** или сокр. **СЧ**) обладает уникальными демпфирующими свойствами, однако он не так прочен, как белый чугун. Даже небольшие изменения структуры приводят к значительным изменениям стойкости режущих инструментов. Чугун с шаровидным графитом **EN-GJS** (ВЧ) обладает более низкой демпфирующей способностью (прим. в 2 раза), однако относительно хорошо поддаётся обработке резанием. **Чугуны ADI** (Austempered Ductile Iron – ковкий чугун, обработанный изотермическим отпуском) – относительно новая группа обрабатываемых материалов на базе чугуна с шаровидным графитом. В результате многоступенчатой термообработки данного материала удается добиться качества, которое характеризуется такими свойствами, как значительная продольная деформация при высокой прочности на растяжение и исключительная износостойкость, что позволяет использовать материал при экстремальных нагрузках. За счет термообработки создаётся особая микроструктура. Подобная структура состоит из игольчатого феррита в перенасыщенной углеродом аустенитной матрице (углерод присутствует преимущественно в форме сферических частиц). В качестве названия данной структуры используется термин «**аусферрит**». По сравнению с традиционными чугунами (GJS и GJL) чугун ADI обладает значительно более высокой удельной прочностью. По этому показателю он соответствует высокопрочным сталям и лёгким металлам. Применяется чугун ADI главным образом для изготовления рассчитанных на высокие нагрузки конструктивных элементов автомобилей, гидравлического оборудования, а также приводных механизмов. Однако по причине высокой прочности и износостойкости обработка чугуна ADI резанием является низкорентабельной с точки зрения реальной стойкости инструмента. Чугун с компактным **червеобразным графитом EN-GJV** (GGV) – новейший материал, который объединяет в себе положительные свойства серого чугуна и чугуна с шаровидным графитом. Таким образом, этот тип чугуна находится между серым чугуном и чугуном с шаровидным графитом. GGV образуется в форме отростков и ответвлений, отходящих от жилы, и содержит не более 20 % графита. Этот материал должен быть востребован в особенности в производстве дизельных двигателей. Проблемы, которые существуют в настоящее время с этим видом чугуна, связаны с его обрабатываемостью резанием.

2.2.2 Обрабатываемость чугуна резанием

Обрабатываемость резанием чугуна сильно зависит от количества и формирования включений графита.

Включения графита в чугуном литье, с одной стороны, снижают трение между инструментом и материалом, а с другой, – нарушают металлическую структуру последнего. В сравнении со сталью это приводит к оптимальной обрабатываемости резанием, выгодно отличающейся образованием быстроломкой стружки, снижением сил резания и высокой стойкостью режущего инструмента.

В процессе резания **закалённого литья** (отбелённый чугун) режущая кромка инструмента подвергается высокой нагрузке вследствие высокой доли цементита в структуре материала. Для достижения экономически выгодной стойкости режущего инструмента с увеличением твёрдости материала следует уменьшать скорость резания. При уменьшении толщины срезаемого слоя снижается нагрузка на режущую кромку инструмента. Использование минералокерамических режущих инструментов в сравнении с твёрдыми сплавами позволяет увеличить скорость резания в 3–4 раза.

Вследствие хорошей деформируемости **сортов ковкого чугуна** в процессе резания образуется нежелательная сливная стружка. Тем не менее, углерод отжига и включения сульфида марганца в основе обеспечивают хорошую ломкость стружки и тем самым оптимизируют свойства резания. Вследствие своей неоднородной структуры чёрный ковкий чугун (GTS) при одинаковой твёрдости материала значительно лучше поддаётся обработке резанием, чем белый ковкий чугун (GTW). (См. также *таблицу 1.16*)

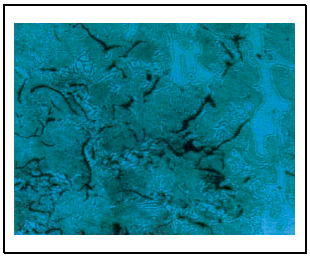


Рис. 1.12 Структура чугуна с пластинчатым графитом

У **чугуна с пластинчатым графитом** (см. *рис. 1.12)* нарушается сталеподобная основная структура пластинок графита, которые в процессе резания приводят к образованию стружки надлома или, по мере увеличения скорости резания, элементной стружки. Вследствие этого постоянно образуется быстроломкая стружка (в большинстве случаев крошка). Тем самым предотвращается слишком интенсивный износ задней поверхности режущей части. Кроме того, становится возможным снижение сил резания. В процессе резания на кромках заготовки возможно появление зазубрин. Чистота обработки поверхности зависит от способа изготовления, режима резания, от чистоты и однородности структуры серого чугуна.

При разрушении пластинчатой структуры (например, структура в форме розеток – «графит В») стойкость при высокой скорости резания при прочих равных условиях может варьироваться и доходить до коэффициента 10.

В **чугуне с шаровидным графитом** (ВЧ) графит присутствует в виде шаровидных включений (см. *рис. 1.13*). Основная структура марок с низкой прочностью и хорошей вязкостью (например, ВЧ-40 на рисунке) в основном состоит из нетвёрдого феррита.

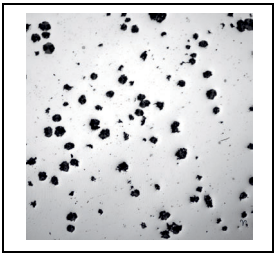


Рис. 1.13 Структура ВЧ 40

В отличие от чугуна с пластинчатым графитом стружка в данном случае образуется не в результате появления трещин на включениях графита. Происходит пластическая деформация основной структуры металла и содержащегося в ней шаровидного графита. При этом образуется спиралевидная стружка, которая, однако, вследствие включений графита в своей структуре довольно хрупка. Проблемой, возникающей при резании с высокой скоростью, является износ задней поверхности режущей части. При этом стружка обладает вязкой хрупкостью и – в особенности при сухом резании – имеет место «кажущееся» стружкообразование, т.е. пластификация материала между задней поверхностью инструмента и заготовкой.

Чугуны ADI с точки зрения обрабатываемости резанием можно отнести к чугунам с шаровидным графитом. Они поддаются обработке резанием как до термообработки, так и в улучшенном состоянии.

При этом марки чугуна ADI, содержащие в качестве легирующей примеси молибден, значительно хуже обрабатываются резанием по сравнению с марками, при изготовлении которых в качестве легирующей примеси используется медь или никель. Марганец оказывает воздействие, аналогичное молибдену. В качестве причины следует рассматривать присутствие нестабильных зон остаточного аустенита, которые в процессе обработки резанием перестраиваются в мартенсит и, тем самым, повышают интенсивность износа инструмента. В сравнении как с другими чугунами с шаровидным графитом, так и со сталью такой же прочности, при одинаковых скоростях резания в процессе обработки пластичных чугунов марки ADI достигаются значительно более низкие показатели стойкости режущего инструмента. В частности, при обработке резанием с использованием твердосплавных инструментальных материалов характерным является очень интенсивный износ по передней поверхности. Однако как при токарной обработке, так и при сверлении можно увеличить стойкость за счет нанесения высокопрочного покрытия на режущую кромку инструмента и использования охлаждающей эмульсии. Обрабатываемость резанием улучшается также при использовании токарных инструментов с положительным передним углом.

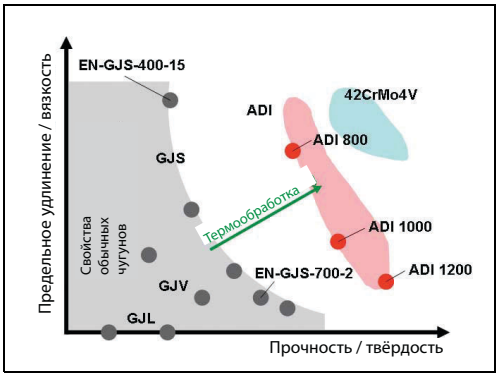


Рис. 1.14 Сравнение свойств различных материалов

У **чугуна с компактным червеобразным графитом** (GGV) включения графита напоминают вид кораллового дерева. Благодаря этому данный чугун так же хорошо поддаётся обработке резанием, как и пластинчатый графит. При низкой скорости резания GGV имеет значительные преимущества в сравнении с ВЧ и едва ли отличается по своей обрабатываемости резанием от СЧ аналогичной твёрдости. Таким образом обрабатываемость резанием перлитного GGV при скорости резания v_c = 300 м/мин схожа с GG-25. При скорости резания выше 300 м/мин имеет место высокий износ задней поверхности режущей кромки инструмента, который обусловлен абразивным воздействием включений графита.

Вследствие неметаллических включений, измененной структуры и/или окалины края отлитых заготовок (**литейная корка**) поддаются обработке резанием хуже, чем сердцевина. Поэтому в случае, если параметры резания остаются без изменений (не уменьшаются), имеет место интенсивный абразивный износ и образование насечек на режущей кромке инструмента. (См. главу «Теоретические основы», раздел 1.2)

В *таблице 1.16* в качестве примера представлены рекомендуемые режимы резания в зависимости от сорта обрабатываемого чугуна.

Материал	Вид обработки	Инструмент/ Инструментальный материал	Подача на режущую кромку f_z [мм/зуб]	Скорость резания v_c [м/мин]
GTS 55 GTS 70	Токарная обработка	Твёрдый сплав без покрытия	0,3 ... 0,6	50 ... 150
		Твёрдый сплав с покрытием	0,3 ... 0,6	75 ... 170
GTW45	Токарная обработка	Твёрдый сплав без покрытия	0,1 ... 0,6	45 ... 150
		Твёрдый сплав с покрытием	0,1 ... 0,6	80 ... 240
СЧ 25 - СЧ 40	Токарная обработка	Твёрдый сплав без покрытия	0,1 ... 0,4	50 ... 200
		Твёрдый сплав с покрытием	0,4	80 ... 200
	Фрезерование	Торцевая фреза/твёрдый сплав, без покрытия	0,2 ... 0,4	70 ... 130
		Торцевая фреза/твёрдый сплав с покрытием	0,2 ... 0,4	90 ... 190
		Торцевая фреза/КНБ	0,15	1500 ... 2000
	Сверление	D10 мм/<5xD/твёрдый сплав	0,1 ... 0,14	25 ... 40
		D10 мм/>5xD/твёрдый сплав	0,12	30 ... 90
ВЧ 40 - ВЧ 70 ВЧ(AD)	Токарная обработка	Твёрдый сплав без покрытия	0,1 ... 0,6	40 ... 230
		Твёрдый сплав с покрытием	0,15 ... 0,6	60 ... 240
	Сверление	D10 мм/до 2,5xD/ монолитный твёрдый сплав с покрытием	0,3 ... 0,4	40 ... 85
	Растачивание/ тонкое точение	Расточной инструмент/ твёрдый сплав	0,10 ... 0,15	200 ... 400
GGV	Большая гибкость в задании параметров режимов резания в сравнении с СЧ			

Таблица 1.16 Возможные ориентировочные значения скорости резания чугуна

Достоверно судить об обрабатываемости резанием чугуна на основании **данных твёрдости** по Бринеллю (НВ) нельзя. Эти данные ничего не говорят об абразивной твёрдости чугуна, которая из-за включений песка и свободных карбидов значительно ухудшает обрабатываемость резанием. Таким образом, чугун с твёрдостью по Бринеллю 180 и некоторым количеством свободных карбидов поддаётся обработке резанием значительно хуже, чем чугун с той же степенью твёрдостью, но со 100-процентной перлитной структурой и без свободных карбидов.

3 Цветные металлы

3.1 Алюминий и алюминиевые сплавы

3.1.1. Классификация алюминиевых сплавов

Алюминиевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные. В случае **деформируемых сплавов** имеет место пластичная деформируемость, в случае **литейных сплавов** на передний план выходят литейные качества (жидкотекучесть). Дальнейшая классификация алюминия и его сплавов производится по способности упрочнения сплавов. Различают **термически упрочняемые** (упрочнение происходит путём образования твёрдой кристаллической структуры) и **термически неупрочняемые** или обладающие природной твёрдостью (упрочнение происходит путём осаждения предварительно растворенных компонентов) алюминиевые сплавы.

На *рис. 1.15* представлен обзор различных алюминиевых сплавов. Важнейшими легирующими элементами для сплавов алюминия являются кремний, магний, цинк, медь и марганец.

Предпочтение термически упрочняемым **деформируемым алюминиевым сплавам** отдается в том случае, когда речь заходит об их оптимальном соотношении прочности и плотности или высокой коррозионной стойкости. Детали из таких сплавов применяются в машино-, автомобиле- и самолётостроении.

У **литейных алюминиевых сплавов** параметры прочности стоят на втором месте, уступая литейным свойствам. Вследствие этого литейные сплавы по своему составу могут подчас значительно отличаться от деформируемых сплавов.

Ценность с технической точки зрения представляют в частности сплавы на основе алюминия и кремния. Эвтектические сплавы на основе алюминия и кремния (содержание кремния ок. 12 %) обладают хорошей прочностью и превосходной способностью к литью. Такие сплавы используются, преимущественно, при изготовлении тонкостенных и герметичных литых деталей, применяемых в машино- и приборостроении. С уменьшением содержания кремния их литейные свойства становятся хуже.

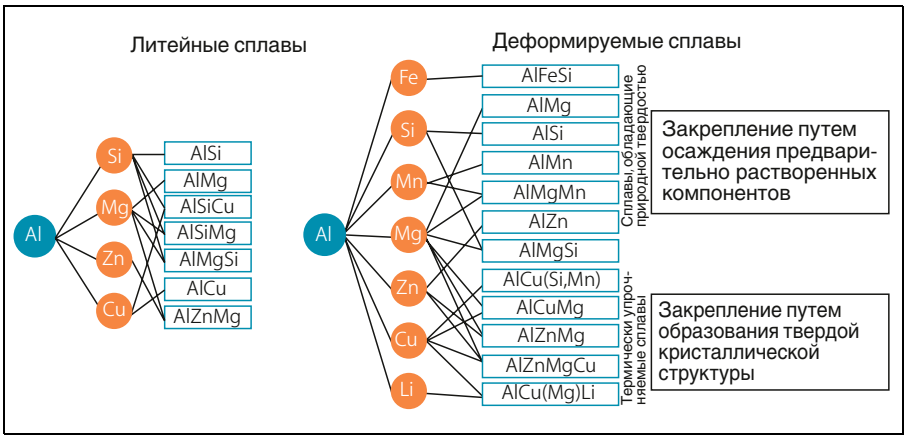


Рис. 1.15 Схематичное представление классификации алюминиевых литейных и деформируемых сплавов

Разработка поршневых сплавов на основе алюминия для ДВС в отдельных случаях приводит к образованию заэвтектических составов (Si > 12 %). С увеличением содержания кремния происходит одновременное снижение коэффициента расширения алюминиевого сплава.

3.1.2 Обрабатываемость алюминиевых сплавов резанием

Алюминий относится к металлам, легко поддающимся резанию. В сравнении со сталью той же прочности возникающие силы резания более оптимальны (прим. на 30 % меньше). Из-за относительно большого объёма стружки, образующейся при обработке алюминия, важным критерием является её форма. Она зависит от материала, режимов резания и частично от геометрии рабочего инструмента. При обработке алюминия резанием имеет место большое расхождение стойкости. Решающим параметром износа является износ задней поверхности режущей части. Износ по передней поверхности (лункообразный износ) при обработке алюминия не возникает.

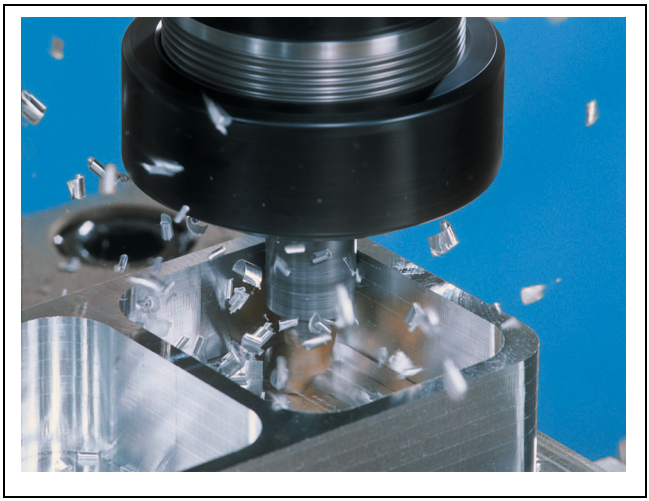


Рис. 1.16 Фрезерование полостей в алюминиевой заготовке

Режимы резания при обработке алюминия инструментами GARANT:

Фрезерование Al Mg 3g

Инструмент	Режущая пластина	Вспомогательный инструмент	Режимы резания
90° фрезерная головка HPC с СМП диаметр 50	BGHX	Короткая оправка для насадной фрезы Sk 40 D22	v_c = 1260 м/мин n = 8000 об/мин f_z = 0,25 мм/зуб v_f = 6000 мм/мин a_e = 50 мм a_p = 5,5 мм
Врезная фреза с внутренним охлаждением диаметр 42	VCTG 22	Короткая оправка для насадной фрезы Sk 40 D22	v_c = 790 м/мин n = 6000 об/мин f_z = 0,18 мм/зуб v_f = 3400 мм/мин a_e = 35 мм a_p = 3 мм
Обдирочная фреза Al-VHM диаметр 16		Патрон Weldon	v_c = 400 м/мин n = 8000 об/мин f_z = 0,298 мм/зуб v_f = 7000 мм/мин a_e = 16 мм a_p = 15 мм
Фреза для черновой и чистовой обработки VHM диаметр 16		Патрон Weldon	v_c = 390 м/мин n = 8000 об/мин f_z = 0,1 мм/зуб v_f = 3200 мм/мин a_e = 0,2 мм a_p = 20 мм
Фреза VHM-HSC диаметр 16		Высокоточный патрон	v_c = 400 м/мин n = 8000 об/мин f_z = 0,45 мм/зуб v_f = 7200 мм/мин a_e = 15 мм a_p = 1 мм

Примечание: Этот пример относится к стандартным станкам с ЧПУ с максимальной частотой вращения шпинделя до 8000 об/мин.

Режимы резания при обработке алюминия инструментами GARANT:

Сверление/нарезание резьбы Al Mg 3

Инструмент	Покрытие	Вспомогательный инструмент	Режимы резания
Спиральное сверло VHM диаметр 10,2	TiAlN	Гидропластовый патрон	v_c = 400 м/мин n = 12 000 об/мин f = 0,6 мм/об
Машинные метчики GL Синхро диаметр 12	TiCN	Гидропластовый патрон	v_c = 50 м/мин n = 1400 об/мин f_z = 1,75 мм/зуб v_f = 2450 мм/мин a_e = 12 мм
Резбовая фреза GARANT UNIversal с внутренним охлаждением диаметр 6,2		Высокоточный патрон (HG)	v_c = 120 м/мин n = 6000 об/мин f_z = 0,02 мм/зуб v_f = 400 мм/мин

Для **деформируемых алюминиевых материалов** износ инструмента не представляет никакой проблемы. Такие материалы хорошо обрабатываются с помощью инструментов из быстрорежущей стали HSS и твёрдых сплавов. Даже при относительно высоких нагрузках на инструмент его стойкости хватает на 1–2 рабочих смены. При обработке чистого алюминия и термически упрочняемых деформируемых материалов в мягком состоянии особенно при низкой скорости резания зачастую имеет место «кажущееся» стружкообразование или образование наростов на режущей кромке. Возникающее изменение геометрии режущей кромки и повышение температуры вследствие трения могут привести к ухудшению качества поверхности. Для предотвращения этого можно увеличить скорость резания и передний угол (до 40°) и использовать СОЖ.

Обрабатываемости резанием **алюминиевых литейных материалов** без кремния следует оценивать так же, как и обрабатываемость соответствующих деформируемых материалов. Увеличение доли содержания кремния в термически упрочняемых и доэвтектических сплавах на основе алюминия и кремния (содержание кремния до 12 %) ведёт к ухудшению обрабатываемости резанием. Твёрдые и хрупкие включения, например Si или Al_2O_3, хотя и повышают ломкость стружки, но одновременно повышают и износ инструмента. Твердосплавные материалы хорошо подходят в качестве материалов для режущих инструментов. Выбор осуществляется в зависимости от параметров резания и способа обработки (прерывистый или сплошной рез).

Заэвтектические литейные сплавы на основе алюминия и кремния (содержание кремния > 12 %) имеют хорошие параметры формы стружки и качества поверхности при обработке инструментами с твердосплавными (HM) и поликристаллическими алмазными (PKD) режущими кромками. Крупные частицы кремния в относительно твёрдой основной структуре вызывают значительное снижение стойкости инструментов в отличие от доэвтектических литейных сплавов.

Сердцевина и краевые зоны отлитых заготовок характеризуются подчас совершенно различной обрабатываемостью резанием. Различие не выявлено только в случае **эвтектических сплавов на основе алюминия и кремния**.

Далее приводятся некоторые ориентировочные режимы резания для обработки сплавов на основе алюминия и кремния, которые представляют интерес с технической точки зрения.

Материал	Вид обработки	Инструментальный материал	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на режущую кромку f_z [мм/зуб]	Глубина резания a_p [мм]
Доэвктические алюминиевые сплавы (содержание кремния < 12 %)	Токарная обработка	HSS	< 400	< 0,5 1)	< 6
		HM	< 1.200	< 0,6 1)	< 6
		PKD	< 1.500	< 0,3 1)	< 1
	Фрезерование	HSS	< 300	≈ 0,3	< 6
		HM	< 700	≈ 0,3	< 8
		PKD	< 2.500	≈ 0,15	< 2,5
	Сверление	HSS	80 ... 100	0,1 ... 0,4 1)	–
		HM	<500	0,15 1)	–
		PKD	Для сверления в сплошном материале подходит в меньшей степени из-за процессов защемления в зоне поперечной резки		
Заэвтектические алюминиевые сплавы (содержание кремния > 12 %)	Токарная обработка	HM	< 400	< 0,6 1)	< 4
		PKD	< 1.000	< 0,2 1)	< 0,8
	Фрезерование	HM	<500	≈ 0,25	< 8
		PKD	< 1.500	≈ 0,15	< 2
	Сверление	HM	200 ... 300	0,15 1)	–
		PKD	Для сверления в сплошном материале подходит в меньшей степени из-за процессов защемления в зоне поперечной резки		

1) Для точения и сверления вместо «подачи на зуб» используется «подача на оборот» f [мм/об]

Таблица 1.17 Ориентировочные значения режимов резания различных алюминиевых сплавов в зависимости от способа обработки

3.2 Магний и магниевые сплавы

Магний и его сплавы обладают наименьшей плотностью из всех металлов на фоне средних прочностных свойств.

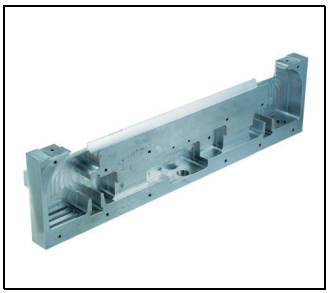


Рис. 1.17 Кронштейн из магния

Магний очень хорошо поддаётся обработке резанием. Высокая способность к химической реакции требует принятия исключительных мер по защите от самовозгорания. Высокая степень сродства с кислородом заставляет также принимать меры по защите от коррозии несмотря на защитный оксидный слой. Вследствие очень высокой степени сжатия при отверждении (прим. 4 %) имеет место микропористость этого материала. Устранить эти недостатки можно с помощью добавления таких легирующих элементов, как алюминий и цинк. Т. к. марганец повышает коррозионную стойкость, самые важные магниевые сплавы содержат все три вышеназванные добавки.

Магний и его сплавы отличаются от других металлов сравнительно малыми силами резания. Однако, в сравнении с обработкой низколегированных алюминиевых сплавов, при обработке магния имеют место активные адгезионные процессы между большинством инструментальных материалов и обрабатываемым материалом. В случае принятия мер по защите от возгорания возможна сухая обработка магния резанием с помощью инструментов с поликристаллическими алмазными режущими кромками при высокой скорости резания (v_c > 2000 м/мин). Опасность возгорания возникает в частности при обработке заготовок с небольшим поперечным сечением стружки от мелких, легковоспламенямых и контаминируемых в рабочей зоне станка крошек. Режущие инструменты из твёрдого сплава без покрытия/с покрытием TiN при скорости резания v_c > 600 м/мин следует применять только при условии использования СОЖ. Кроме того, следует выбирать инструменты с достаточно большим задним углом.

Далее приводятся некоторые ориентировочные режимы резания для обработки магниевых сплавов.

Материал	**Вид обработки**	**Инструмен-тальный материал**	**Скорость резания v_c [м/мин]**	**Подача на зуб f_z [мм/зуб] 1)**	**Глубина резания a_p [мм]**
Магн. сплавы	Чистовое точение	HSS	250 ... 300	0,01 ... 0,03	0,05 ... 0,3
		HM	300 ... 500	0,01 ... 0,04	0,05 ... 0,4
		PKD	< 900	0,03 ... 0,06	0,02 ... 0,1
	Фрезеро-вание концевой фрезой	HSS	200 ... 260	0,03 ... 0,01	–
		HM	400 ... 800	0,02 ... 0,1	–
		PKD	4.000	0,15	–
	Сверление	HSS	140	0,36 ... 0,8	–
		VHM	200 ... 600	0,03 ... 0,16	–

1) Для точения и сверления вместо «подачи на зуб» используется «подача на оборот» f [мм/об]

Таблица 1.18 Ориентировочные значения режимов резания различных магниевых сплавов в зависимости от способа обработки

3.3 Титан и титановые сплавы

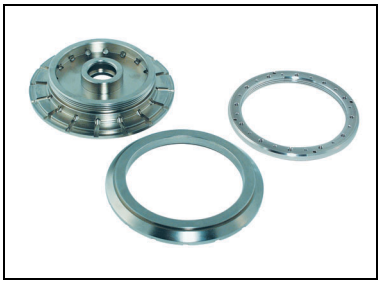


Рис. 1.18 Держатель режущей кромки PKD из титана для блистерной пилы

Титан объединяет в себе высокую прочность, малую плотность и исключительную коррозионную стойкость. Благодаря комбинации таких свойств титан и титановые сплавы, несмотря на свою высокую стоимость, находят обширное применение в специальных отраслях, например, в космической и авиационной промышленности, в производстве реактивных двигателей и двигателей большой мощности, а также в медицинской технике.

Такие легирующие добавки, как алюминий, цинк, цирконий или кислород оптимизируют гексагональную структуру (α-**сплав**: средняя деформируемость в холодном состоянии, для использования в условиях высоких температур, например, в производстве реактивных двигателей). Добавки ванадия, хрома, молибдена и железа улучшают кубическую объёмноцентрированную структуру (β-**сплав**: хорошая деформируемость в холодном состоянии, высокая прочность, тем не менее более высокая плотность). Компромисс обеих структур заключается в **2-фазовых** (α+β) **сплавах** (TiAl6V4), которые отличаются оптимальным соотношением прочности и плотности. Такие сплавы в отверждённом состоянии обладают наилучшими прочностными свойствами.

В отличие от других лёгких металлов титан занимает особое положение в плане **обрабатываемости резанием**, т. к. вследствие своих физико-механических свойств (например, незначительная теплопроводность, низкий модуль упругости), он относится к числу материалов, плохо поддающихся обработке резанием.

Возникающее тепло отводится через стружку лишь в незначительном объёме; стружка налипает на режущую кромку. Инструменты подвергаются периодической переменной нагрузке вследствие образования пластинчатой стружки и прерывистого характера стружкообразования. Вследствие этого при длительных циклах резания следует принять во внимание усталостность режущей кромки инструмента (выкрашивание, износ задней поверхности режущей части). Следует использовать СОЖ.

Способность титана вступать в химические реакции, например, с кислородом, может привести к дефлаграции или воспламенению титановой пыли.

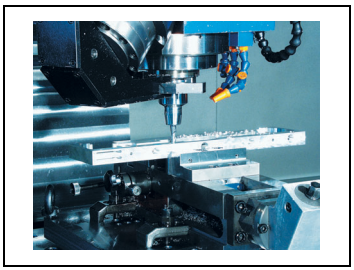


Рис. 1.19 Фрезерование титана

Чистый титан и α**-сплавы** поддаются обработке **лучше всего**, β-**сплавы обрабатываются хуже всего**. Развитие инструментальных материалов за последние годы привело к значительным изменениям применяемых значений скорости резания. Наряду с твёрдыми сплавами без покрытия марок K и P для дальнейшего увеличения диапазона скорости резания стали использоваться твёрдые сплавы марки K с покрытием (например, K10, с TiCTiN-покрытием). Стойкость инструментов в значительной степени зависит от скорости резания и главным образом от возникающего износа задней поверхности режущей части.

При **обработке титана резанием** следует принять во внимание следующее:

- острые режущие кромки с достаточно большим задним углом;
- положительный передний угол у инструментов из быстрорежущей стали (HSS), скорее отрицательный передний угол при использовании твердосплавных фрез;
- оптимизация подачи;
- снижение опасности вибрации, обеспечение стабильных условий и надёжного зажима заготовок;
- предпочтительно попутное фрезерование;
- использование СОЖ в соответствии со способом обработки;
- сдерживание повышения температуры обработки путём ограничения износа.

Далее приводятся некоторые ориентировочные значения режимов резания.

Материал	Вид обработки	Инструментальный материал	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на режущую кромку f_z [мм/зуб] 1)
Чистый титан (с отжигом), напр., Ti 99,8 Ti 99,2 Ti 99,0	Токарная обработка	HSS	30 ... 75	0,13 ... 0,4 1)
		HM	50 ... 170	0,13 ... 0,5 1)
	Торцовое фрезерование	HSS	15 ... 55	0,1 ... 0,3
		HM	70 ... 180	0,1 ... 0,4
	Сверление	HSS	12 ... 35	0,05 ... 0,45 1)
		HM	–	–
α-**сплавы** (с отжигом), напр., Ti Mn 8,Ti Al12 Sn11 Zr5 Mo1, Ti Al6 V4 (a+b)-сплавы (с отжигом), напр., i Al7 Mo4, Ti Al6 V6 Sn2 Cu1 Fe1	Токарная обработка	HSS	6 ... 24	0,13 ... 0,4 1)
		HM	15 ... 80	0,13 ... 0,4 1)
	Торцовое фрезерование	HSS	6 ... 21	0,08 ... 0,2
		HM	25 ... 90	0,1 ... 0,2
	Сверление	HSS	6 ... 14	0,05 ... 0,40 1)
		HM	20 ... 75	0,1 ... 0,3 1)
α-**сплавы** (с диффузионным отжигом и отверждённые), напр., Ti Al6 V4, Ti Al6 Sn2 Zr4 Mo2 (a+b)-сплавы (с диффузионным отжигом и отверждённые), напр., Ti Al 5 Sn2 Zr2 Mo4 Cr4, Ti Al8 Mo1 V1	Токарная обработка	HSS	9 ... 20	0,13 ... 0,4 1)
		HM	12 ... 60	0,13 ... 0,4 1)
	Торцовое фрезерование	HSS	6 ... 17	0,05 ... 0,15
		HM	20 ... 50	0,1 ... 0,2
	Сверление	HSS	6 ... 9	0,025 ... 0,25 1)
		HM	20 ... 75	0,1 ... 0,3 1)
β-**сплавы** (с отжигом или с диффузионным отжигом), напр., Ti V8 Cr6 Mo4 Zr4 Al3, Ti V8 Fe5 Al1	Токарная обработка	HSS	8 ... 12	0,13 ... 0,4 1)
		HM	15 ... 50	0,13 ... 0,4 1)
	Торцовое фрезерование	HSS	6 ... 12	0,08 ... 0,18
		HM	20 ... 40	0,1 ... 0,2
	Сверление	HSS	8	0,025 ... 0,20 1)
		HM	–	–
β-**сплавы** (с диффузионным отжигом и отверждённые), например,Ti Cr11 Mo7,5 Al3,5 Ti V8 Fe5 Al1	Токарная обработка	HSS	8 ... 10	0,13 ... 0,4 1)
		HM	12 ... 35	0,13 ... 0,4 1)
	Торцовое фрезерование	HSS	6 ... 9	0,05 ... 0,15
		HM	15 ... 30	0,1 ... 0,2
	Сверление	HSS	6	0,025 ... 0,15 1)
		HM	–	–

1) Для точения и сверления вместо «подачи на зуб» используется «подача на оборот» f [мм/об]

Таблица 1.19 Ориентировочные значения режимов резания различных титановых сплавов в зависимости от способа обработки

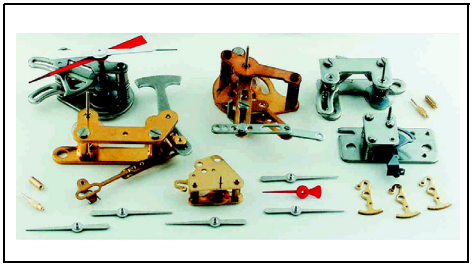


Рис. 1.20 Детали из латуни и мельхиора

3.4 Медь и медные сплавы

Прочность меди можно значительно повысить посредством добавления небольшого количества легирующих элементов. Это достигается благодаря образованию твёрдой кристаллической структуры (серебро, мышьяк) или отверждению (хром, цирконий, кадмий, железо или фосфор).

Содержание > 37 % цинка в составе медно-цинковых сплавов (**латунь**) вызывает снижение вязкости сплава на фоне возрастающей твёрдости. Это благоприятно сказывается на обрабатываемости медных сплавов резанием, т. к. в процессе резания образуется более короткая стружка.

Мельхиор представляет собой медно-цинковый сплав, в котором часть меди заменяется никелем. Добавление никеля вызывает окрашивание сплава в белый, похожий на серебряный цвет. Содержание никеля в технических мельхиоровых сплавах составляет 10–25 %. Свинецсодержащие мельхиоровые сплавы, отличающиеся улучшенными прочностными свойствами в сравнении со свинецсодержащими латунными сплавами, находят применение в точной механике и в изготовлении чертёжных инструментов.

Обычная **бронза** представляет собой медно-цинковый сплав с содержанием цинка макс. 8,5 %. Повысить прочность литейных сплавов можно путём добавления цинка в объёме до 14 %. Хрупкость структуры литых деталей, используемых в машиностроении, с такими её негативными следствиями, как нарушение вязкости материала, следует устранить путём термообработки.

Красной бронзой называют бронзу, в которой кроме олова дополнительно содержатся цинк и свинец. Этот сплав используется для деталей машинного оборудования и аппаратуры, подвергаемых коррозионному воздействию, или вкладышей подшипника.

Специальной бронзой называют сплавы на основе меди и алюминия, марганца или кремния или комбинации этих элементов. Сегодня такие сплавы называют медными.

Чистая медь вследствие своей высокой вязкости и деформируемости **плохо поддаётся обработке резанием**. Сплавы с Zn, Sn, Al и Si большей частью имеют хорошую форму стружки. Сплавы с Pb, Se, Te по своей обрабатываемости резанием сравнимы с автоматной сталью (ср. *таблица 1.13*). В *таблице 1.20* приведены ориентировочные режимы резания.

Рис. 1.21 Крепежные элементы

Вид обработки	Инструмен-тальный материал	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на режущую кромку f_z [мм/зуб] 1)	Глубина резания a_p [мм]
Токарная обработка	HSS	10 ... 220	0,1 ... 0,63 1)	0,6 ... 4
	HM	75 ... 1300	0,1 ... 0,8 1)	0,6 ... 4
Фрезеро-вание	HSS	10 ... 80	0,1 ... 0,35	0,6 ... 4
	HM	40 ... 560	0,1 ... 0,2	0,6 ... 4
Сверление	HSS	18 ... 80	0,1 ... 0,4 1)	–
	HM	50 ... 125	0,1 ... 0,4 1)	–

1) Для точения и сверления вместо «подачи на зуб» используется «подача на оборот» f [мм/об]

Таблица 1.20 Ориентировочные значения режимов резания медных сплавов в зависимости от способа обработки

3.5 Никелевые сплавы

Сплав **NiCr20** является **основой** для многочисленных **жаропрочных** сплавов. С добавлением хрома у таких сплавов возрастает температура плавления и оптимизируется стойкость к образованию окалины.

Жаропрочные сплавы на этой основе (см. также гл. «Материалы», раздел 1, Группа обрабатываемых материалов 13.3) содержат добавки титана и алюминия. При добавлении титана и алюминия происходит термическое упрочнение сплавов. Использование подобных сплавов в условиях высоких температур обуславливает их ограниченный срок годности вследствие старения материала (требуется особый контроль). Жаропрочность повышается путём добавления кобальта. Другими легирующими добавками являются молибден и вольфрам.

Антикоррозионные никелевые сплавы могут содержать такие элементы, как хром, молибден и медь. По своей коррозионной и химической стойкости эти сплавы превосходят аустенитные стали. Практически антикоррозионные никелевые сплавы используются только в приборостроении для химической промышленности.

В *таблице 1.21* представлена классификация никелевых сплавов, а также ориентировочные режимы резания при точении и фрезеровании.

☺ → Степень сложности обработки резанием → ☹	Деформируемые сплавы/литейные сплавы								Литейные сплавы	
	Сплав Ni-Cu		Сплав Ni-(Cr)-Mo Не термич. упрочн. сплав Ni-Fe-Cr или сплав Ni-Cr-Fe		Терм. упроч. сплав Ni-Fe-Cr или Ni-Cr-Fe или сплав Ni-Cr-Co				Спец. сплавы (жаропрочные литейные сплавы)	
	Примеры									
	Monell 400 Monell 401 Monell 404 Monell R 405		Hastelloy B Hastelloy X Incoloy 804 Incoloy 825 Inconel 600 Inconel 601		Incoloy 901 Incoloy 903 Inconel 718 Inconel X-750 Nimonic 80 Waspaloy		Nimonic 90 Nimonic 95 Rene 41 Udimet 500 Udimet 700 Astralloy		IN – 100 Inconell 713 C Mar – M 200 Nimocast 739	
	Термообработка									
	с отжигом		с отжигом		с отжигом		с диффузионным отжигом		отлит, отверждённый	
	Токарная обработка									
Инструментальный материал	HSS	HM [2]	HSS	HM [2]	HSS	HM [2]	HSS	HM [2]	HSS	HM [2]
v_c [м/мин]	30	105	6 ... 8	30 ... 35	6 ... 8	24 ... 30	3,6 ... 5	21 ... 24	3,5 ... 5	11 ... 18
f_z [мм/зуб] [1]	0,18	0,18	0,13 ... 0,18	0,13 ... 0,18	0,13 ... 0,18	0,13 ... 0,18	0,13 ... 0,18	0,13 ... 0,18	0,13	0,13
a_p [мм]	1	1	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5	0,8 ... 2,5
	Фрезерование концевой фрезой									
Инструментальный материал	HSS	HM	HSS	HM	HSS	HM	HM	HM	HSS	HM
v_c [м/мин]	15 ... 17	46 ... 50	5 ... 6	18 ... 20	3,6 ... 6	14 ... 15	3,6 ... 6	14 ... 15	2 ... 3,6	8 ... 15
f_z [мм/зуб]	0,03 ... 0,07 [3]	0,03 ... 0,07 [3]	0,03 ... 0,06 [3]	0,03 ... 0,04 [3]	0,03 ... 0,06 [3]	0,04 ... 0,05 [3]	0,03 ... 0,06 [3]	0,04 ... 0,05 [3]	0,01 ... 0,05 [3]	0,03 ... 0,04 [3]
	0,07 ... 0,10 [4]	0,07 ... 0,10 [4]	0,06 ... 0,07 [4]	0,03 ... 0,04 [4]	0,05 ... 0,07 [4]	0,05 ... 0,06 [4]	0,05 ... 0,07 [4]	0,05 ... 0,06 [4]	0,05 ... 0,07 [3]	0,03 ... 0,05 [4]
a_e [мм]	d/2 – d/4		d/2 – d/4		d/2 – d/4		d/2 – d/4		d/2 – d/4	
1) *2)* *3)* *4)*	*Для точения и сверления вместо «подачи на зуб» используется «подача на оборот» f [мм/об]* *Твёрдый сплав сорта K* *Действительно при диаметре фрезы 10–18 мм* *Действительно при диаметре фрезы 25–50 мм*									

Таблица 1.21 Классификация никелевых сплавов и ориентировочные значения режимов резания

Никелевые сплавы относятся к **трудным для обработки** материалам. Чистовая обработка **термически упрочняемых сплавов** должна выполняться только в отверждённом состоянии. Из-за своей крупнозернистой структуры и межкристаллитной прочности **литейные сплавы** считаются трудными для обработки. Вырываемые частицы материала и межкристаллитное разрушение зачастую затрудняют качественную обработку поверхности.

Вследствие высокой температуры резания обработку никелевых сплавов следует выполнять с применением оптимизированных, острозаточенных **инструментов** большей частью из твёрдого сплава или керамики. Из-за сильного загрязнения этих сплавов при обработке резанием и из-за образования наростов на режущей кромке вследствие относительно низкой скорости резания, режущие инструменты должны иметь относительно большой передний угол γ (прим. 5°–15°) и достаточный задний угол α (6°–10°).

3.6 Кобальтовые сплавы

Кобальтовые сплавы вследствие своей хорошей жаропрочности и стойкости к образованию окалины до 950 °C используются в качестве конструкционных материалов. Из-за ограниченных ресурсов кобальта наметилась тенденция к использованию бескобальтовых или кобальтсодержащих никелевых сплавов (например, Nimonic) в производстве, например, силовых агрегатов.

Кобальтовые сплавы используются сегодня для поверхностного нанесения на детали, которые подвергаются высоким нагрузкам (например, кузнечных штампов) во многих областях промышленности (**стеллиты**). Важнейшими легирующими элементами наряду с железом и углеродом (содержание до 1 %) являются другие тугоплавкие металлы: хром, никель, вольфрам, тантал и ниобий.

В настоящее время нет достаточных данных для сравнения **обрабатываемости резанием** кобальтовых сплавов. Общим является то, что обработка этих сплавов резанием должна проводиться по возможности в отверждённом состоянии или в случае термически не упрочняемых сплавов – в холоднотянутом состоянии.

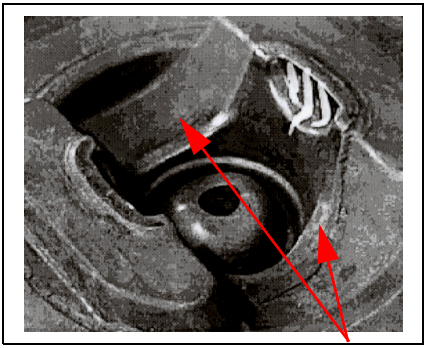


Рис. 1.22
Кузнечная форма с защитным слоем (стеллит) на кромках, подверженных большим напряжениям

В качестве инструментальных материалов чаще всего используются твёрдые сплавы сорта K. Для обработки стеллита важное значение приобретает применение кубического нитрида бора благодаря возможности высокой скорости резания. В этом случае обработка точением при одинаковой стойкости возможна при втрое большей скорости резания. При фрезеровании для стабилизации хода следует использовать косозубые инструменты. При сверлении ленточка сверла должна быть вполовину меньше, чем у обычных свёрл, из-за высокой нагрузки на инструмент в зоне поперечной резки. Следует обеспечить специальную заточку (например, крестообразную подточку). Применение масла для смазки и охлаждения режущего инструмента значительно облегчит процесс обработки этих сплавов. Следует избегать трения и связанного с ним наклепа.

Далее приводятся некоторые ориентировочные значения режимов резания кобальтовых сплавов в зависимости от способа обработки.

Вид обработки	Инструментальный материал	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на режущую кромку f_z [мм/зуб] [1]	Глубина резания a_p [мм]	СОЖ
Токарная обработка	HSS	3 ... 8	0,1 ... 0,3	0,2 ... 2,0	эмульсия или серосодержащее масло
	НМ[2]	8 ... 15	0,1 ... 0,3		
	КНБ	15 ... 30	0,1 ... 0,3		
Фрезерование	HSS	3 ... 7	0,1 ... 0,2		
	НМ[2]	7 ... 12	0,1 ... 0,2		
	КНБ	10 ... 20	0,1 ... 0,2		
Сверление	НМ[2]	3 ... 6	0,05 ... 0,12	–	серосодержащее масло

1) Для точения и сверления вместо «подачи на зуб» используется «подача на оборот» f [мм/об]
2) Твёрдый сплав сорта K

Таблица 1.22 Ориентировочные значения режимов резания кобальтовых сплавов в зависимости от способа обработки

4 Пластмассы

4.1 Классификация пластмасс

Пластмассы классифицируются по своей структуре, свойствам и изменениям при нагревании.

Выделяют три основные характеристики пластмасс:

- термопластические свойства (при высокой температуре пластмасса становится пластичной – термопласты или пластомеры),
- реактопластические свойства (при высокой температуре пластмасса разрушается, не приобретая пластичности – реактопласты) и
- эластомерные свойства (при комнатной температуре пластмасса обладает эластичностью резины – эластомеры)

.

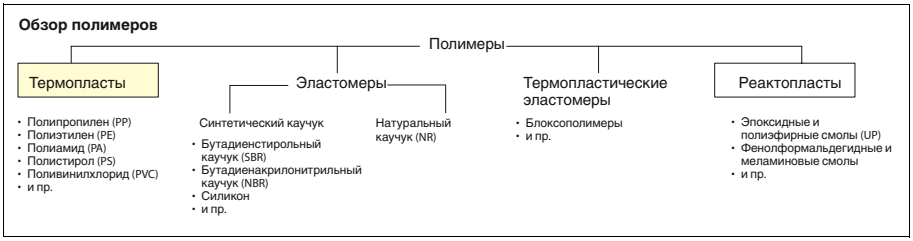


Рис. 1.23 Обзор полимерных материалов

4.2 Термопласты

Термопласты встречаются в виде аморфных или частично кристаллических полимеров. Они состоят из линейных или разветвлённых макромолекул, **повторно размягчаются при нагревании** до состояния расплава и упрочняются путём охлаждения. Термопласты поддаются сварке. В нагретом состоянии заготовки из твёрдых термопластов могут подвергаться значительной пластической деформации. В зависимости от области применения термопласты делятся на:

- так наз. синтетические материалы массового использования, например, полиэтилен (PE), полистирол (PS), твёрдый или мягкий поливинилхлорид (PVC-H, PVC-W) и полипропилен (PP), поликарбонат (PC);
- технические синтетические материалы, например полиамиды (PA), полиметиленоксид (POM) и
- высокопрочные синтетические материалы, например, полиарилэфиркетон (PAEK).

Среди других представляющих интерес термопластов можно назвать, например, полиметилметакрилат (PMMA – органическое стекло, плексиглас) и политетрафторэтилен (PTFE – тефлон).

Рис. 1.24 Деталь насосного агрегата

4.3 Реактопласты

При нагревании реактопластов изменение их механических свойств будет незначительным. Эти синтетические материалы перед обработкой являются несетчатыми (чаще всего в жидкотекучем состоянии) и отвердевают в своей окончательной форме только при нагреве или добавлении отвердителя. После этого они приобретают особую стойкость к воздействию тепла и химических веществ и больше не поддаются пластической деформации. Процесс является необратимым. В сравнении с термопластами реактопласты являются более твёрдыми и хрупкими.

Они не поддаются сварке, будучи отверждёнными в органических растворах являются нерастворимыми, некоторые из них склонны к набуханию. Заготовки из реактопластов, с одной стороны, поддаются обработке путём расплава в виде «формовочных масс» с последующим термическим упрочнением, с другой стороны, они могут находиться в виде жидкотекучего «реактопласта или литьевой смолы», который может обрабатываться при комнатной температуре и отверждаться каталитическим способом.

Примеры реактопластов:

- фенол-формальдегидные смолы (PF), аминосмолы;
- полиуретан (PUR);
- эпоксидные смолы (EP), после обработки с усилением стекловолокном становятся полимерами, армированными стекловолокном (см. раздел 4.6.1, гл. «Материалы»);
- ненасыщенные полиэфирные смолы (UP) – литейные смолы.

4.4 Эластомеры

Эластомеры представляют собой пластмассы, которые отличаются **высокой эластичностью** в пределах широкого температурного диапазона. В зависимости от вида они делятся на твёрдо- или мягкорезиновые. После растяжения эластомер почти полностью возвращается в свое исходное состояние и принимает первоначальную форму.

Обработка эластомеров выполняется перед образованием сетки в пластичном состоянии при добавлении вулканизующего агента или вещества-ускорителя. Примеры эластомеров:

- натуральный каучук (NR);
- хлоропреновый каучук (CR);
- акрилонитрил-бутадиеновый каучук (NBR);
- этилен-пропиленовый тройной сополимер (EPDM);
- бутадиен-стирольный каучук (SBR).

4.5 Термопластичные эластомеры (TPE)

Термопластичные эластомеры представляют собой полимеры со свойствами, подобными эластомерам. Химически они несетчатые. TPE – это в большинстве случаев сополимеры с «твёрдыми» и «мягкими» участками. В случае превышения определённой температуры, которая обусловлена химической структурой, эти полимеры становятся текучими.

4.6 Пластмассы, армированные волокном (FVK)

Композитными материалами называются материалы, состоящие из нескольких отдельных материалов, соединенных между собой. За счёт этого удается добиться нужных свойств отдельных материалов в одном материале.

Материал, который в комбинации обеспечивает повышение прочности или твёрдости, называется армирующей составляющей или армирующим материалом, другой материал, обеспечивающий сцепление композита, называется связкой или матрицей. Если армирующая составляющая состоит из волокон, говорят о композитных материалах, армированных волокном.

За счёт армирования достигается оптимизация композитных материалов по прочности, жёсткости и твёрдости. Кроме того, в зависимости от комбинации материалов можно повысить другие свойства, например, тепло- и электропроводность, термо- и износостойкость. Армирующее действие волокон, а также механические свойства композитного материала, с одной стороны, обусловлены длиной, диаметром и химической структурой волокон, с другой – их количеством и положением.

Для **использования** в качестве матрицы пригодны все легкотекучие термопласты и реактопласты, включая эластомеры и дисперсии. Из термопластов преимущественно, наряду с PC, PS, PE, используются полипропилены (PP) и полиамид (PA). Из реактопластов наиболее распространены полиэпоксиды (EP), а также полиэфирные смолы, силиконовые смолы или винилэфирные смолы вследствие их превосходных механических и электропроводных свойств, а также очень хорошей смачиваемости.

Большое **преимущество** волокнистых композитных материалов заключается в том, что можно создавать необходимый для конкретных случаев применения материал путём определённой укладки волокон в матрицу. Кроме стекла, традиционного волокнистого материала, к базовому полимеру прежде всего добавляются дорогостоящие **углеродные волокна**.

4.6.1 *Стеклопластики (GFK)*

Стеклопластики состоят в основном из реактопластов (полиэфирной и эпоксидной смолы и стекловолокна). Вследствие затруднённой обработки отдельных стекловолокон (малой толщины) они обрабатываются в виде жгутов (ровингов) или в виде ткани, матов или холстов. При изготовлении форматных деталей пластик находится в жидком состоянии, после отливки – отверждается.

Свойства стеклопластика определяются используемой смолой и видом стекловолокон, их долей в общем объёме, а также расположением. Прочность стеклопластика повышается с увеличением содержания волокон и при одностороннем направлении волокон.

Вид армирования	Содержание стекла [вес. доля в %]	Модуль упругости [Н/мм^2]
Стекломат	25	6000
	35	8000
	45	10000
Стеклоткань	45	12000
	55	16000
	65	20000
Стеклонить	75	40000

Таблица 1.23 Зависимость модуля упругости от содержания стекла и вида армирования у полиэфирных смол, армированных стекловолокном

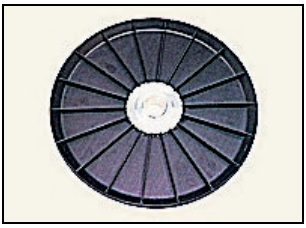


Рис. 1.25 Уплотняющая шайба из углепластика

4.6.2 *Пластики, армированные углеродным волокном (углепластик)*

Детали из пластиков, армированных углеродным волокном, состоят из определяющих их прочность высокотвёрдых и термостойких волокон (армирующая составляющая) на углеродной основе, которые укладываются в вязкую матрицу, обладающую низкой термостойкостью. При этом различные углеродные волокна могут соединяться с полимерными матрицами самым различным образом. Это приводит к многообразию комбинаций материалов с подчас значительно отличающимися друг от друга свойствами. Эти материалы обозначаются аббревиатурой CFK.

В целях эффективного использования превосходных **свойств** углеродные волокна применяют сегодня, как правило, в качестве элементарных волокон. При этом их доля составляет 50–65 %.

Пластики, армированные углеродным волокном, **применяются** в первую очередь в авиационной промышленности (например, для вертикального оперения, распорок, аэродинамических тормозных устройств) или в машиностроении, где выдвигаются такие требования, как пониженная инерция массы или оптимальная демпфирующая способность (динамические компоненты машинного оборудования). Другой областью применения этих материалов является спорт и сфера досуга (например, они используются при изготовлении теннисных ракеток, досок для сёрфинга, велосипедных рам).

4.7 Распознавание, свойства и обозначения пластмасс

Распознать пластмассы по внешним признакам значительно сложнее чем металлы. Металлы отличаются своими характерными цветами, а пластики таким признаком не обладают вследствие окрашиваемости в различные цвета.

Ниже представлен обзор некоторых **отличительных признаков** пластмасс.

Обозначение	Название	Некоторые торг. и фирм. наим.	Внешний вид	Механические свойства	Характер горения		Запах дыма
					Воспламеняемость	Вид и цвет пламени	
Термопласты							
PA PA 6 PA 66	Полиамид	Нейлон, грилон, гриламид, акулон, ультрамид, трогамид, вестамид	Молочно-белый	Твёрдый, прочный, вязкий	Трудновоспламеняем, хрустит, стекает каплями, тягучий, после воспламенения продолжает гореть	Голубоватое с желтой кромкой	Жжёный рог
PC	Поликарбонат	Макролон, Лексан, Пластокарбон			Коптит, горит в пламени, затухает вне огня	Светящееся	Фенол
PE	Полиэтилен	Эртален, хостален, люполен	Молочный, просвечивает	Эластичный и гибкий	При горении стекает каплями	Жёлтое, голубоватое в центре	Парафин

Таблица 1.24 Отличительные признаки пластмасс

Таблица 1.24 Продолжение – Отличительные признаки пластмасс

Обозначение	Название	Некоторые торг. и фирм. наим.	Внешний вид	Механические свойства	Характер горения		Запах дыма
					Воспламеняемость	Вид и цвет пламени	
Термопласты							
PMMA	Полиметилметакрилат	Плексиглас, перспекс, диакон, люцит	Бесцветный, прозрачный	Твёрдый, неразрушающийся	Хрустит, после воспламенения продолжает гореть	Светящееся	С ароматом свежих фруктов, сладковатый
POM	Полиметиленоксид	Дельрин, эртацетал, полифиды			Горит, стекает каплями, после воспламенения продолжает гореть	Голубоватое	Формальдегид, едкий
PTFE	Политетрафторэтилен	Тефлон, хостафлон, флуон	Молочно-белый, непрозрачный	Твёрдый и вязкий	Обугливается		Едкий
PP	Полипропилен	Хостален PP, вестолен, люпарен			При горении стекает каплями, после воспламенения продолжает гореть	Жёлтое, голубоватое в центре	Парафин
PS	Полистирол	Тролитул, стирон, стиропор	Бесцветный, прозрачный	Твёрдый и хрупкий	Интенсивно коптит (всполохи)	Светится жёлтым и мерцает	Стирол, сладковатый
PVC	Поливинилхлорид	Вестолит мягкий, миполам, софлекс, хосталит, виннол, винофлекс	Мутный, просвечивающий, бесцветный	Твёрдый и прочный	Коптит	Светится жёлтым	Едкий после взаимодействия с соляной кислотой
Реактопласты							
EP	Эпоксидные смолы	Аральдит, грилонит, эпикотовые смолы, тролон	Бесцветный, просвечивающий до желтоватого оттенка	Твёрдый и вязкий	Коптит, после воспламенения продолжает гореть	Жёлтое	неопределим, в зависимости от отвердителя
MF	Меламиноформальдегид	Мадурит, мелан, супраплас			Обугливается, белые кромки, плохо воспламеняемый/горит в пламени, затухает вне огня	Гаснет	Запах, схожий с рыбным, подгоревшее молоко
PF	Фенолформальдегидные смолы, смолы в аминокислотной форме	Бакелит, дурофен, новолаки	От желтоватого до коричневого	Твёрдый, хрупкий	Коптит, плохо воспламеняемый/горит в пламени, затухает вне огня	Гаснет	Фенол
PUR	Смачиваемые полиуретаны	Вулколан, контилан, молтоп	Бесцветный, просвечивающий до желтоватого оттенка	От вязкотекучего до эластичности резины	Пенится, после воспламенения продолжает гореть	Светится жёлтым	Едкий
UP	Ненасыщенные полиэстеры	Легуваль, вестопал, артрит, акрест	От желтоватого до коричневого	Твёрдый, хрупкий	Коптит, после воспламенения продолжает гореть	Светится жёлтым	Стирол, едкий

Реактопласты и термопласты отличаются по своим свойствам при нагревании. **При нагреве реактопласты свои свойства не меняют. Термопласты, напротив, изменяют свои механические свойства,** они размягчаются и становятся текучими, в большинстве случаев задолго до своего разрушения.

Ниже на графике представлено изменение прочности пластмасс при нагревании.

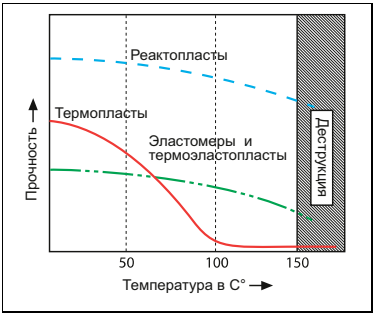


Рис. 1.26 Изменение прочности пластмасс при нагревании

На рис. 1.27 представлен обзор прочности и жёсткости различных металлических материалов и пластмасс. При рассмотрении числовых значений модуля упругости наглядно видно, что пластмассы поддаются обработке резанием еще хуже, чем в твёрдом состоянии. Их модуль упругости, например, значительно меньше модуля упругости алюминия. Поэтому следует принять во внимание значительно большие деформации, чем у металлов, в особенности там, где имеют место напряжения при изгибе.

Но во многих случаях отсутствие жёсткости и, как следствие этого, деформируемость не являются столь критичными. Пластмассы подвергаются значительной деформации и тем самым показывают хорошие амортизационные свойства (показатели амортизации у пластмасс в 9–10 раз превышают показатели амортизации у металлов). Это имеет решающее значение для снижения шума при работе подвижных деталей (например, шестерён).

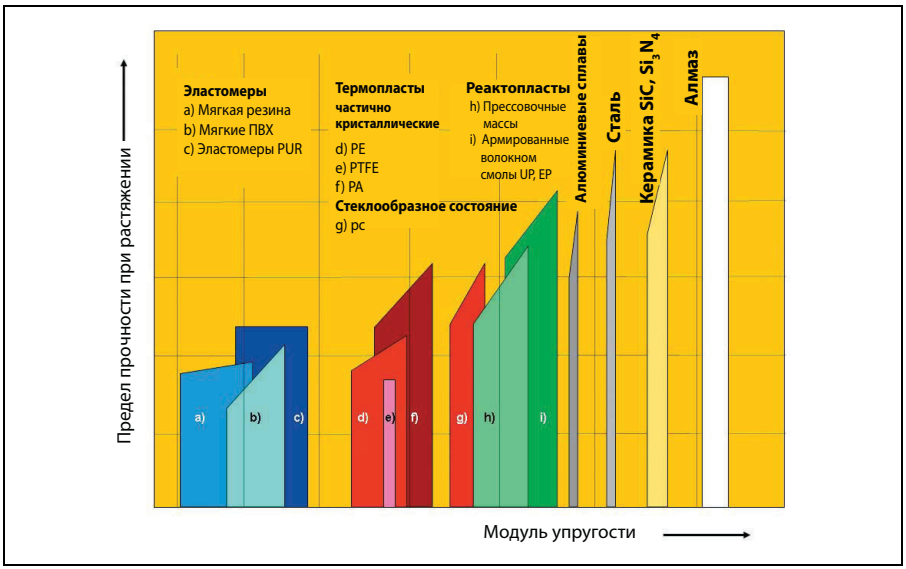


Рис. 1.27 Прочность и жёсткость различных материалов

На основе имеющейся ориентации волокон в прессованных деталях механические показатели можно сравнивать между собой только условно. В нижеприведенном обзоре (*рис. 1.28*) представлена удельная прочность относительно потенциала облегчения конструкции, который складывается из частного модуля упругости и плотности в третьей степени. При сравнимой удельной прочности возможно значительное повышение потенциала облегчения конструкции путём вариаций с используемыми волокнами.

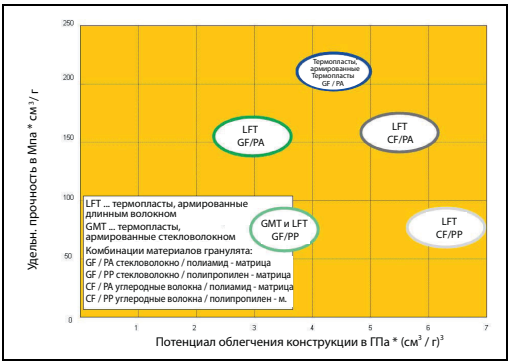


Рис. 1.28 Классификация различных прессовочных масс по удельной прочности и потенциалу облегчения конструкции

4.8 Обрабатываемость пластмасс резанием

4.8.1 Обрабатываемость термопластов и реактопластов резанием

В отличие от металлических материалов пластмассы очень хорошо поддаются резанию. Но при этом следует принять во внимание некоторые особенности обработки пластмасс, обусловленные их свойствами. Описание этих особенностей приводится ниже.

Вследствие плохой теплопроводности и относительно низкой температуры плавления большинства пластмасс нужно следить за тем, чтобы при их обработке образовывалось минимальное количество теплоты, передаваемой на обрабатываемую деталь. Во избежание последствий термической нагрузки на пластмассу (изменение цвета, расплавление поверхности, сморщивание) следует обеспечить выполнение следующих **условий**:

- режущие кромки инструмента должны быть всегда в безупречном, остро заточенном состоянии;
- задний угол должен быть достаточно большим, чтобы во избежание трения к заготовке всегда прилегала только режущая кромка (ср. также *таблицу 1.24*);
- следует обеспечить хороший отвод стружки во избежание аккумуляции тепла;
- хотя, как правило, в использовании СОЖ нет необходимости, тем не менее её нужно использовать при большом выделении тепла и для отвода стружки (например, при сверлении и нарезании резьбы); в качестве СОЖ могут использоваться обычные смазочно-охлаждающие жидкости или эмульсии; для охлаждения пластмасс, склонных к растрескиванию при внутренних напряжениях, например, PC, следует использовать воду или сжатый воздух.

Относительно используемых станков: раскрой, изготовление планок и длинных профилей/черновую обработку лучше всего выполнять на деревообрабатывающих станках. Для изготовления фрезерованных и точёных деталей оптимально подходят станки для обработки лёгких металлов.

В качестве **режущих инструментов** хорошо подходят стандартные твердосплавные сменные многогранные пластины и инструменты из быстрорежущей стали (HSS). Относительно низкая твёрдость обрабатываемого материала не вызывает необходимости в использовании режущего инструмента специального качества. Для обработки используется режущая кромка с той же геометрией, что и у режущей кромки, применяемой для обработки металла и древесины. Износ режущих кромок при таких условиях практически не наблюдается, и стойкость инструмента становится практически неограниченной.

Возникающие силы резания значительно меньше, чем при обработке металла. Как следствие, нет необходимости в значительных усилиях зажима. Слишком большие затяжные усилия зачастую приводят к деформациям заготовок (особенно в случае тонкостенных деталей).

Диапазон допусков по обработке заготовок из термопластов значительно шире, чем у металлических деталей. Причины этого заключаются в значительно больших коэффициентах теплового расширения пластмасс, изменениях объёма вследствие влагопоглощения и высвобождения остаточных напряжений во время обработки.

	Токарная обработка	**Фрезерование**	**Сверление**	**Пиление**			
				Пиление ленточными пилами		**Пиление дисковыми пилами**	
Инструментальный материал	SS	SS	SS	SS	HM	SS	HM
Задний угол α [°]	5 ... 15	5 ... 15	3 ... 10	30 ... 40	10 ... 15	30...40	10...15
Передний угол γ [°]	0 ... 10	10 ... 15	3 ... 5	0 ... 8		5 ... 8	0 ... 5
Угол в плане токарного резца k_r [°]	45 ... 60	–	–	–		–	
Угол при вершине сверла σ [°]	–	–	60...90 (110)	–		–	
Шаг зуба T [мм]	–	–	–	2 ... 8			
Скорость резания v_c [м/мин]	200 ... 500	400 ... 800	50 ... 100	50 ... 500		1000 ... 3000	
Подача f [мм/об]	0,1 ... 0,5[1)]	0,05[2)]	0,1 ... 0,5	–		–	

1) Глубина резания a_p до 6 мм
2) Подача на режущую кромку [мм/зуб]

Таблица 1.25 Геометрия инструмента, скорость резания и подача при обработке пластмасс резанием

Нарезание резьбы возможно с помощью обычных инструментов. Запрещается превышать передний угол 0°. Нарушение витков резьбы возможно при слишком частом выкручивании винтов. Самонарезающие винты (не винты для листового металла) хорошо зарекомендовали себя для редко развинчиваемых соединений.

4.8.2 Обрабатываемость резанием пластмасс, армированных волокном (FVK)

В качестве частых заказов по обработке волокнистых композитов следует назвать дополнительную обработку и изготовление функциональных поверхностей. Из-за множества возможных комбинаций волокон и матрицы, а также специфических факторов отдельные аспекты, имеющие значение для обработки резанием, можно учитывать зачастую только применительно к какому-либо одному варианту композитного материала.

Реактопласты, напротив, остаются в твёрдом состоянии до достижения температуры разрушения; смягчение термопластов происходит, начиная с 200 °C. Вследствие этого происходит снижение и без того низкой предельной допустимой температурной нагрузки на матрицу. Кроме того, расплавленная матрица может стать причиной налипаний материала на режущую кромку инструмента, что повышает его износ.

В сравнении с волокнистыми тканями обработка ламинатов, армированных волокнистыми матами, заметно проще. В то время как у армированных матов следует преодолевать только прочность при изгибе и растяжении волокон, в случае тканей в качестве армирующего элемента добавляется тканевая структура. Поэтому для резания пластмасс, армированных волокном, следует использовать **инструментальные материалы**, обладающие высокой устойчивостью к абразивному износу. К таким материалам наряду с твёрдыми сплавами (сорт K) относятся кубический нитрид бора (КНБ) и поликристаллические алмазы (PKD) – см. также главу «Теоретические основы».

Хотя твёрдые сплавы обладают высокой гибкостью геометрии режущей кромки инструмента и их изготовление намного экономичнее, но их стойкость при обработке пластмасс, армированных волокном, намного ниже, чем у инструментов с режущими кромками из поликристаллических алмазов. За счёт более высокой твёрдости и теплопроводности поликристаллический алмаз в сравнении с твёрдым сплавом и кубическим нитридом бора более предпочтителен для обработки пластмасс, армированных волокном. Альтернативу инструментам с режущими кромками из поликристаллических алмазов с их сравнительно высокой стоимостью представляют твердосплавные инструменты с алмазным напылением.

Характер износа представляет собой, в частности, износ задней поверхности режущей части, скругления режущей кромки, а также незначительный износ по передней поверхности при использовании твёрдого сплава без покрытия (см. также главу «Теоретические основы»). Износ твердосплавного инструмента без покрытия происходит из-за высокой абразивной нагрузки особенно на задней поверхности, вследствие чего увеличивается поверхность трения между заготовкой и режущим инструментом. Это приводит к повышению температуры при обработке резанием и к разрушению матрицы пластмассы. Алмазные инструменты или инструменты с алмазным напылением изнашиваются вследствие скруглений режущих кромок и микротрещин вплоть до полного износа режущей кромки из-за обширного растрескивания.

Для сохранения **точной геометрии режущей кромки** необходимо обеспечить наличие небольшой зазубренности кромки и соблюдение её малого радиуса. Из-за ярко выраженной склонности к хрупкому излому стеклянных и углеродных волокон геометрия режущих кромок рабочих инструментов должна соответствовать

геометрии кромок инструментов, используемых для обработки металла (ср. также *таблицу 1.25*).

Для фрезерной обработки деталей из выпрямленных продольных волокон следует использовать фрезы с двумя очень острыми режущими кромками, потому что выполнение чистого реза волокон возможно только таким инструментом. Оптимальными углами наклона рабочего инструмента являются угол заострения β 75° при переднем угле γ 0°. Уменьшение переднего угла и тем самым большее заострение режущей кромки дает лишь кратковременное преимущество, в противовес которому выступает увеличивающийся износ.

В сравнении с металлическими материалами силы резания являются здесь очень низкими. Имеет место большая зависимость от ориентации волокон. Следует упомянуть о тяжёлой обработке резанием углепластиков, что обусловлено неоднородностью структуры материала и высокой абразивностью углеродных волокон. Это приводит к значительным различиям между обработкой резанием пластмасс и металлов. Высокая твёрдость и хрупкость углеродных волокон оказывает влияние на обрабатываемость резанием.

	Токарная обработка	**Фрезерование**	**Сверление**	**Пиление**	
				Пиление ленточными пилами	**Пиление дисковыми пилами**
Инструментальный материал	HM/PKD	HM/PKD	HM/PKD	HM/PKD	HM/PKD
Задний угол α [°]	5 ... 10	5 ... 10	6 ... 8	25 ... 40	10 ... 15
Передний угол γ [°]	10 ... 15	5 ... 15	6 ... 10	0 ... 8	0 ... 15
Угол в плане токарного резца κ_r [°]	45 ... 60	–	–	–	–
Угол при вершине сверла σ [°]	–	–	90 ... 120	–	–
Шаг зуба T [мм]	–	–	–	4 ... 6	8 ... 25
Скорость резания v_c [м/мин]	... 400	1000 ... 1500	100 ... 120	300	1000 ... 3000
Подача f [мм/об]	0,05 ... 0,5[1)]	0,05[2)]	0,1 ... 0,3	–	–

Примечание – Все значения являются примерными. Имеет место большая зависимость параметров резания от вида и ориентации волокон.

1) Глубина резания a_p до 10 мм

2) Подача на режущую кромку [мм/зуб]

Таблица 1.26 Геометрия инструмента, скорость резания и подача для пластмасс, армированных волокном

5 Измерение твердости различных материалов

Значения твёрдости указываются при всех способах обработки в виде числовых значений без указания единиц измерения. Вместо единицы измерения за числом находится условное обозначение метода испытаний. Иногда значения твёрдости сопровождаются единицей измерения [Н/мм^2]. Такое представление значений не соответствует обычным методам испытания твёрдости по DIN.

5.1 Измерение твёрдости металлов

5.1.1 Статические методы измерения твёрдости

При статических методах к образцу в течение определённого времени прикладывается плавно увеличивающееся усилие. После разгрузки выполняется измерение остаточного давления.

Наименование	Стандарт	Обозначение	Описание	Применение
Измерение лунки				
Метод Бринелля	DIN EN ISO 6506-1	HB	Определение диаметра лунки после прижима шарика из твёрдого сплава	Только для мягких материалов, значения твёрдости максимум 450 HB
Метод Виккерса	DIN ISO 4516, DIN EN ISO 6507-1	HV	Определение размера квадратной лунки после прижима алмазной пирамиды	Универсальное применение Для мягких, очень твёрдых материалов, тонкостенных и тонкослойных деталей Значения твёрдости между 3 HV (например, свинец), 1800 HV (твёрдый сплав) и 3599 HV (КНБ)
Измерение глубины проникновения				
Метод B по Роквеллу	DIN EN ISO 6508-1	HRB	Определение глубины проникновения шарика из твёрдого сплава	Для материалов средней твёрдости, например сталей с низким содержанием углерода или латуни Значения твёрдости между 35HRB и 100HRB
Метод C по Роквеллу		HRC	Определение глубины проникновения алмазного конуса	Диапазон допустимых значений для преимущественно закалённых и отпущенных сталей для проверки равномерности термообработки составляет 20HRC–70HRC

Таблица 1.27 Методы измерения твёрдости металлов по DIN

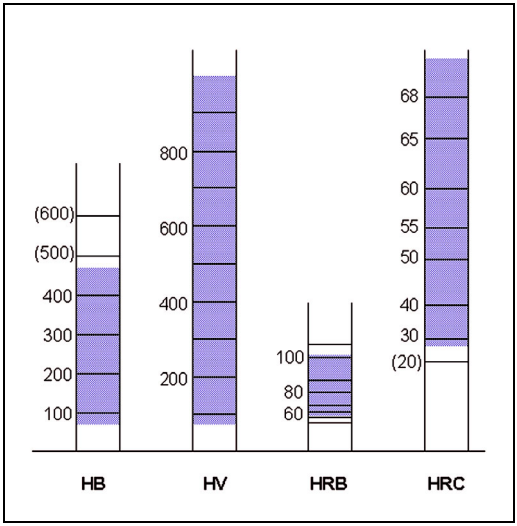


Рис. 1.29 Сравнение значений твёрдости по DIN 50 150

5.1.2 Сравнение показателей твёрдости

Точно сравнимыми являются только значения твёрдости, которые были установлены одним и тем же методом при равных условиях. Сравнение значений твёрдости, полученных в результате различных методов, допускается для схожих материалов. На *рис. 1.29* приводится сопоставление значений 4 самых распространённых методов. Это представление значений относится к сталям и соответствует таблицам сравнения твёрдости по DIN.

DIN 50 150 предусматривает оценку стали относительно её предела прочности при растяжении на основе испытания на твёрдость по Виккерсу. Для материалов со значениями твёрдости в диапазоне между 80 и 650 HV предел прочности на растяжение R_m (в Н/мм^2) в среднем составляет:

$$R_m = c \cdot HV \text{ (или HB)} \qquad \text{(уравн. 1.2)}$$

Коэффициент c для оценки прочности на растяжение R_m в большинстве случаев является следующим:

$c \approx 3{,}5$	для стали
$c \approx 5{,}5$	для меди и медных сплавов, с отжигом
$c \approx 4{,}0$	для меди и медных сплавов, с холодной деформацией
$c \approx 3{,}7$	для алюминия и алюминиевых сплавов.

5.2 Измерение твёрдости пластмасс

В случае с пластмассами, как и с металлами, основные измерения твердости сводятся к определению твёрдости вдавливания. При этом в основе используемых методов испытания лежат методы, первоначально разработанные для металлов.

5.2.1 Метод вдавливания шарика

В отличие от металлов пластмассы состоят из выраженной вязкоупругой составляющей. После отжима индентора происходит мгновенное восстановление эластичной составляющей деформируемого участка, а затем и постепенное

восстановление вязкоупругой составляющей. В связи с этим измеренная глубина вдавливания (или рассчитанное на этой основе значение твёрдости) зависела бы не только от продолжительности нагрузки, но и от времени, прошедшего после разгрузки.

Поэтому в случае с пластмассами лучше прижимать индентор в течение определённого времени, а затем измерять глубину вдавливания под нагрузкой (эластичной, вязкоупругой и вязкой составляющей). По этому принципу определяется как твёрдость по модифицированному методу определения α-твёрдости по Роквеллу, так и твёрдость по обычному методу вдавливания шарика (DIN 53456).

Следует учесть, что результаты методов испытаний, при которых выполняется общее измерение (твёрдость α **по Роквеллу, вдавливание шарика**) нельзя сравнивать с результатами, в основу которых положено остаточное давление (твёрдость по ***РОКВЕЛЛУ, БРИНЕЛЛЮ, ВИККЕРСУ***). В этом случае речь идёт о двух совершенно различных методах испытания.

В нижеприведённой таблице представлена **твёрдость, определённая при вдавливании шарика**, для различных термо- и реактопластов. Для сравнения приведены значения твёрдости, определённой при вдавливании шарика, для некоторых металлов.

Группа материалов GARANT	**Признак**	**Пластмасса**	**Определение твёрдости по отпечатку шарика [Н/мм^2]**
Термопласты			
20.0	PA 6/6	Полиамид	60–80
	PE, низкая плотность	Полиэтилен	14–20
	PE, высокая плотность	Полиэтилен	18–30
	PP	Полипропилен	65–80
	PS	Полистирол	110
	PVC, твёрдый	Поливинилхлорид	120
Реактопласты			
20.1	EP	Эпоксидная смола	150–180
	PF (прессованные детали)	Фенол-формальдегидная смола	130
	UP	Полиэфирная смола	130–200
Металлы			
17.0–17.2	Алюминиевые сплавы		900–1100
18.1 и 18.2	Латунь		700–1400
18.3–18.6	Бронза		600–1800
15.0–15.3	Чугун		1400–2400
10.0–10.2	Закалённая сталь		1300–2500

Таблица 1.28 Показатели твёрдости различных пластмасс и металлов

5.2.2 Определение твердости по методу Шора

Твёрдость мягких или аналогичных резине пластмасс определяется простым, но не гарантирующим абсолютную точность, методом определения твёрдости по Шору (DIN 53505), при проведении которого в качестве индентора используется стальной стержень (форма A, C или D). Глубина проникновения считывается на индикаторе часового типа (единицы измерения твёрдости по Шору: 0 = сопротивление отсутствует, т.е. максимальное давление до 100 = очень высокое сопротивление – без вдавливания).

Точный пересчёт и распределение значений измерений и шкал твёрдости, полученных при проведении испытаний различными методами, не представляются возможными. В нижеприведенной таблице для сравнения приводятся значения твёрдости.

Твёрдость по Шору, форма A (усеченный конус) DIN 53505	**Твёрдость по Шору, форма C (усеченный конус) DIN 53505**	**Твёрдость по Шору, форма D (вершина конуса) DIN 53505**	**α-твёрдость по РОКВЕЛЛУ Форма B ASTM D 785**	**Определение твёрдости по отпечатку шарика [Н/мм²] DIN 53456**
Преимущественно для мягких пластмасс	Для мягких, но относительно жёстких пластмасс, в частности для дальнейшего дифференцирования по твёрдости		Преимущественно для твёрдых пластмасс	
40	–	–	–	–
45	–	–	–	–
50	–	–	–	–
55	–	–	–	–
60	–	–	–	–
65	–	17	–	–
70	36	22	–	–
75	43	28	–	–
80	50	30	–	4,8
85	57	34	–	6
90	65	38	–	8,5
–	70	43	–	11
93	75	48	–	13
–	80	51	–	15
–	85	53	–	18,5
–	90	55	–	20
–	–	57	–	25
–	–	59	46	30
–	–	61	–	35

Таблица 1.29 Сравнение значений твёрдости

Таблица 1.29 Продолжение – Сравнение значений твёрдости

Твёрдость по Шору, форма A (усеченный конус) DIN 53505	**Твёрдость по Шору, форма C (усеченный конус) DIN 53505**	**Твёрдость по Шору, форма D (вершина конуса) DIN 53505**	**α-твёрдость по РОКВЕЛЛУ Форма B ASTM D 785**	**Определение твёрдости по отпечатку шарика [Н/мм^2] DIN 53456**
Преимущественно для мягких пластмасс	Для мягких, но относительно жёстких пластмасс, в частности для дальнейшего дифференцирования по твёрдости		Преимущественно для твёрдых пластмасс	
–	95	64	–	40
–	–	67	–	45
–	–	71	85	50
–	–	74	88	60
–	–	77	90	70
–	–	80	93	80
–	–	83	96	90
–	–	86	97	100
–	–	90	100	120
–	–	–	103	140
–	–	–	106	160
–	–	–	109	180
–	–	–	113	200
–	–	–	117	220
–	–	–	122	240

Оглавление

1 Обрабатываемость резанием 90

1.1 Процессы, связанные с образованием стружки 90
1.1.1 Модель образования стружки 90
1.1.2 Усадка стружки 91
1.1.3 Виды стружки 92
1.1.4 Формы стружки 93
1.1.5 Параметры сечения среза и режимы резания (на примере продольного точения) 95
1.1.6 Образование наростов на режущей кромке 96
1.2 Износ инструмента 97
1.2.1 Причины износа 97
1.2.2 Характер износа 98
1.2.2.1 Износ задней поверхности режущей части 99
1.2.2.2 Износ по передней поверхности (лункообразный износ) 99
1.2.2.3 Пластическая деформация 100
1.2.2.4 Образование проточин на задней поверхности 101
1.2.2.5 Образование термотрещин 101
1.2.2.6 Выкрашивания режущей кромки 102
1.3 Параметр долговечности – стойкость 103
1.3.1 Диаграмма стойкости и уравнение стойкости 103
1.3.2 Факторы, влияющие на стойкость 105
1.4 Сила резания и критерии мощности 108
1.4.1 Сила резания 108
1.4.1.1 Составляющие силы резания 108
1.4.1.2 Касательная составляющая силы резания и удельная сила резания 110
1.4.1.3 Факторы, влияющие на касательную составляющую силы резания и удельную силу резания 115
1.4.1.4 Сила подачи и реакция 116
1.4.2 Мощность и вращающий момент 118
1.4.3 Объёмная производительность резания и удельная объёмная производительность резания 119
1.4.4 Определение потребляемой мощности резания 119
1.5 Качество поверхности 120

2 Современные технологии производства 122

2.1 Высокоскоростная обработка резанием (HSC) 123
2.2 Высокопроизводительная обработка резанием (HPC) 125
2.3 Многоцелевая обработка резанием (MTC) 127
2.4 Сухая обработка и обработка с минимальным расходом смазки 128
2.4.1 Обоснованность, результаты и особенности 129
2.4.2 Инструменты, подходящие для сухой обработки 130
2.4.3 Минимальный расход СОЖ 131

2.5 Твёрдая обработка 133
2.5.1 Особенности, требования и потенциальные возможности 134
2.5.2 Твёрдая обработка на примере фрезерования 135

3 Инструментальные материалы и покрытия 137

3.1 Классификация инструментальных материалов 137
3.1.1 Высококачественные быстрорежущие стали (HSS), порошковые стали 139
3.1.2 Твёрдые сплавы (HM или VHM) 141
3.1.3 Керметы 142
3.1.4 Поликристаллический кубический нитрид бора (PKB или КНБ) 143
3.1.5 Поликристаллический алмаз (PKD) 145
3.2 Покрытия 146
3.2.1 Методы нанесения покрытий 146
3.2.2 Состав покрытий 147
3.3 Обзор инструментальных материалов 148
3.3.1 Инструментальные материалы GARANT для фрезерования 149
3.3.2 Инструментальные материалы KOMET для сверления и точения 150
3.3.3 Инструментальные материалы GARANT для точения 151

4 Перечень формул 152

Скорость, подача 152
Объёмная производительность резания 152
Параметры поверхности 152
Сила, мощность и момент при резании 153
Основное машинное время 157

1 Обработка резанием

Результат обработки резанием в значительной степени зависит от ряда факторов, которые определяются взаимодействием элементов системы станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД), а также собственно процессом стружкообразования. Некоторые из возможных факторов влияния представлены на *рис. 2.1*.

Рис. 2.1 Факторы, влияющие на процесс обработки резанием

1.1 Процессы, связанные с образованием стружки

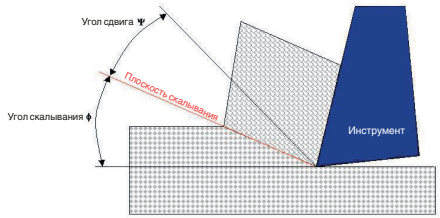
1.1.1 Модель образования стружки

В **процессе стружкообразования** режущая часть инструмента проникает в материал заготовки, который в результате данного воздействия подвергается упругой и пластической деформации. В момент превышения предела текучести и предела прочности при растяжении в зоне сдвига начинается процесс стружкообразования (сдвиг или течение материала). Угол между плоскостью скалывания и направлением движения резания инструмента называется углом скалывания Φ (см. *рис. 2.2*, слева). В процессе резания происходит пластическая деформация внутри металла стружки, что приводит к образованию характерной текстуры стружки, которую хорошо видно на снимке корня стружки (см. *рис. 2.2*, слева). Данные линии текстуры образуют с плоскостью скалывания угол сдвига Ψ.

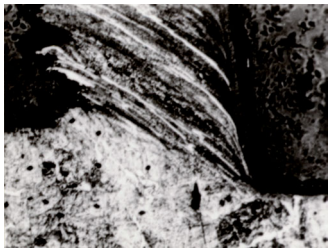
Моделирование по Merchant (ср. *рис. 2.2* и *2.3*) даёт также следующее соотношение для определения угла скалывания Φ.

$$\tan \Phi = \frac{\cos \gamma}{\lambda_h - \sin \gamma} \qquad \text{(уравн. 2.1)}$$

Φ Угол скалывания
γ Передний угол
λ_h Усадка стружки по толщине



Моделирование по Merchant



Линии микроструктуры на снимке основания стружки

Рис. 2.2 Схематическое изображение образования стружки

1.1.2 Усадка стружки

Величина усадки стружки зависит от способности материала к деформации и от геометрии режущей части. Вследствие процессов, связанных с усадкой при обработке резанием, из толщины срезаемого слоя h вытекает толщина стружки h_1, которая по причине усадки всегда превышает толщину срезаемого слоя *h*. **Усадка стружки по толщине** характеризуется соотношением толщины стружки h_1 и толщины срезаемого слоя h. Усадка стружки по толщине λ_η всегда > 1, её расчёт производится следующим образом:

$$\lambda_h = \frac{h_1}{h} > 1$$

λ_h Усадка стружки по толщине (уравн. 2.2)
h Толщина срезаемого слоя [мм]
h_1 Толщина стружки [мм]

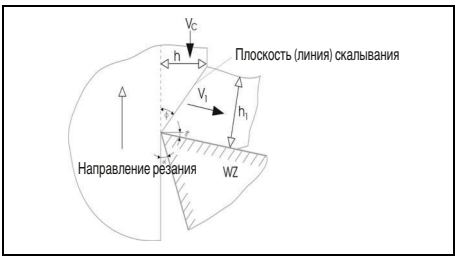


Рис. 2.3
Схематическое изображение усадки стружки (по Merchant)

К физическим параметрам резания относятся также:

Увеличение ширины стружки:

$$\lambda_b = \frac{b_1}{b} \gg 1$$

λ_b Увеличение ширины стружки (уравн. 2.3)
b Ширина срезаемого слоя [мм]
b_1 Ширина стружки [мм]

Уменьшение длины стружки:

$$\lambda_l = \frac{l_1}{l} < 1$$

λ_l Уменьшение длины стружки (уравн. 2.4)
l Длина реза [мм]
l_1 Длина стружки [мм]

Усадка стружки очень хорошо подходит для оценки и сравнения процессов обработки металлов резанием, так как она связана со всеми другими параметрами процесса стружкообразования (например, с силами резания, качеством поверхности) и определяется как свойствами материала, так и параметрами резания. Помещённая ниже схема отражает зависимость усадки стружки по толщине λ_h от подачи f и скорости резания v_c.

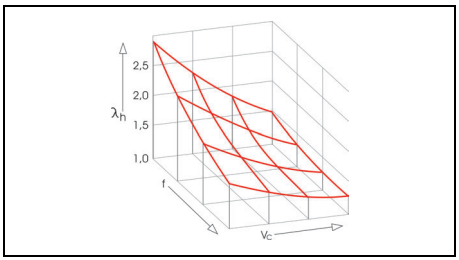
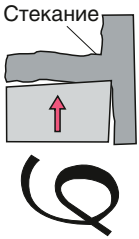


Рис. 2.4
Влияние подачи и скорости резания на усадку стружки по толщине

1.1.3 Виды стружки

В зависимости от параметров процесса стружкообразования различают три **вида стружки**. Классификация стружки по видам в значительной степени определяется свойствами материала и параметрами резания. Между видами стружки (не путать с формами стружки – раздел 1.1.4) зачастую не наблюдается четких границ.

Сливная стружка

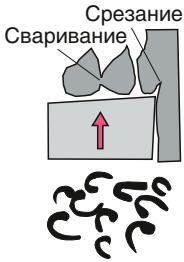


Признаки:
- в виде длинной ленты
- разное качество поверхности
- внутренняя (прирезцовая) сторона всегда гладкая

Образование стружки:
- непрерывное снятие материала
- элементы стружки в зоне сдвига не разделяются, а непрерывно деформируются

Условия:
- вязкий материал при благоприятных условиях резания (высокая скорость резания, положительный передний угол)

Элементная стружка

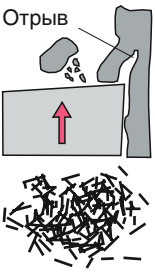


Признаки:
- имеются отдельные, несвязанные элементы стружки
- сильно изрезанная поверхность

Образование стружки:
- элементы стружки в плоскости скалывания слабо деформируются, разделяются между собой, однако затем снова свариваются

Условия:
- нарушенная форма сливной стружки
- Причины образования: неровности на обрабатываемом материале, вибрация, слишком малый передний угол, большая глубина резания, малая скорость резания

Стружка надлома (крошка)



Признаки:
- отдельные, несвязанные элементы стружки
- шероховатая поверхность из-за структуры излома (опережающий разрыв)

Образование стружки:
- надлом хрупких материалов происходит уже после небольшой деформации в зоне сдвига (например, чугун, закалённое литьё, литейная бронза, латунь)
- при обработке очень хрупких материалов разделение всех элементов стружки на мелкие кусочки

Условия:
- материалы, обладающие малой пластичностью (низкая скорость резания, отрицательный передний угол)

1.1.4 *Формы стружки*

На форму образующейся стружки оказывают влияние все факторы, проявляющиеся в процессе обработки металлов резанием. По форме стружку можно разделить на следующие основные классы:

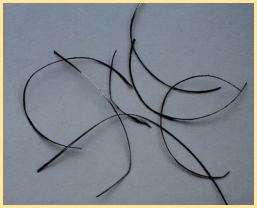
Класс	Форма стружки и показатель плотности заполнения пространства стружкой R		Оценка
1	Ленточная стружка R > 100		неудовлетво-рительно ☹
2	Запутанная стружка R > 100		
3	Винтовая стружка R ≈ 60		удовлетвори-тельно 😐
4	Винтовая ломаная стружка R ≈ 25		хорошо ☺

Таблица 2.1 Классификация стружки по форме – продолжение на следующей странице

Таблица 2.1 Продолжение – Классификация стружки по форме

Класс	Форма стружки и показатель плотности заполнения пространства стружкой R		Оценка
5	Спиральная стружка R ≈ 10		хорошо ☺
6	Элементы спиральной стружки R ≈ 5		
7 8	Крошка или обломки стружки R ≈ 3 частично сваренные		пригодна 😐

В **практике промышленного производства** предпочтительна мелкая стружка, так как длинная ленточная стружка является травмоопасной, запутанная стружка может привести в негодность инструмент и заготовку, и только мелкая стружка за счёт того, что она занимает мало места, обеспечивает возможность её беспрепятственного удаления с рабочего места. Общая характеристика влияния параметров резания на форму стружки представлена в *таблице 2.2* и на *рис. 2.5*.
Для классификации стружки по форме в зависимости от занимаемого ею пространства был введён показатель плотности заполнения пространства стружкой R.

$$R = \frac{Q_{Sp}}{Q_W}$$

(уравн. 2.5)

R Показатель плотности заполнения пространства стружкой
Q_{Sp} Объём, необходимый для размещения неуплотненной стружки [мм^3/мин]
Q_W Срезанный объём материала [мм^3/мин]

Показатель плотности заполнения пространства для ленточной и запутанной стружки R>100, для коротких обломков стружки данный показатель R<3. Хорошо оценивается спиральная стружка, имеющая показатель R = 5 ... 10.

Параметры резания	Влияние на форму стружки
Скорость резания	По мере увеличения скорости резания происходит ухудшение формы стружки в зависимости от качества материала
Подача	По мере увеличения подачи происходит улучшение стружколомных характеристик; в то же время высокая подача приводит к снижению чистоты обработки поверхности
Глубина резания	Чем больше глубина резания, тем хуже стружколомные характеристики
Передний угол	Отрицательный передний угол даёт хорошие стружколомные характеристики, однако приводит к снижению качества обрабатываемой поверхности
Угол в плане	Чем больше угол в плане, тем лучше стружколомные характеристики
Наличие стружколома	Стружколомы специально предназначены для улучшения стружколомных характеристик (подбирается в зависимости от конкретного процесса обработки)

Таблица 2.2 Влияние параметров резания и геометрии режущей кромки на форму стружки

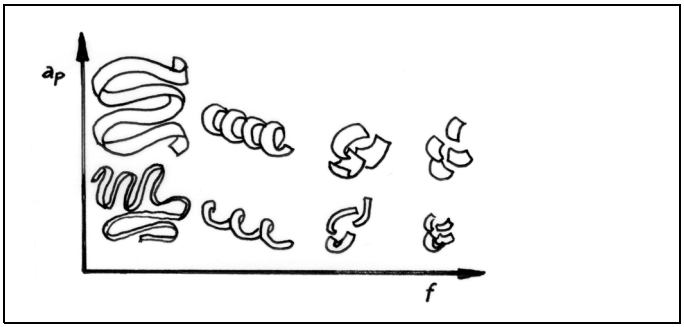


Рис. 2.5 Форма стружки в зависимости от глубины резания (a_p) и подачи (f)

1.1.5 Параметры сечения среза и режимы резания (на примере продольного точения)

Параметры сечения среза имеют важное значение для оценки усилия резания. Они зависят от режимов резания (глубина резания a_p и подача f) и определяют поперечное сечение стружки A, перпендикулярное направлению резания/скорости резания vc (см. *рис. 2.6*). Имеют место следующие соотношения:

Толщина срезаемого слоя h:

$$h = \frac{a_p}{\sin \kappa}$$

h Толщина срезаемого слоя [мм] (уравн. 2.6)
a_p Глубина резания [мм]
k Главный угол в плане [°]

Ширина срезаемого слоя b (при прямой режущей кромке соответствует длине главной режущей кромки, контактирующей с материалом):

$$b = f \cdot \sin \kappa$$

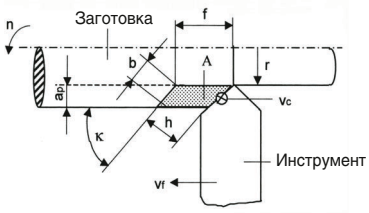
b Ширина срезаемого слоя [мм] (уравн. 2.7)
f Подача [мм/об]
k Главный угол в плане [°]

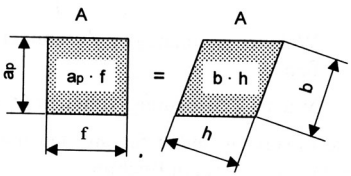
Поперечное сечение стружки A:

$$A = a_p \cdot f = b \cdot h$$

A	Поперечное сечение стружки [мм^2]	(уравн. 2.8)
a_p	Глубина резания [мм]	
f	Подача [мм/об]	
b	Ширина срезаемого слоя [мм]	
h	Толщина срезаемого слоя [мм]	

Режимы резания: глубина резания a_p и подача f задаются на станке. Физические параметры резания: ширина срезаемого слоя b и толщина срезаемого слоя h определяются через главный угол в плане κ по режимам резания a_p и f (см. также *рис. 2.6*).





v_c	Скорость резания
v_f	Скорость подачи
n	Частота вращения
r	Радиус заготовки

Рис. 2.6 Физические параметры резания на примере точения и поперечное сечение при обработке резанием

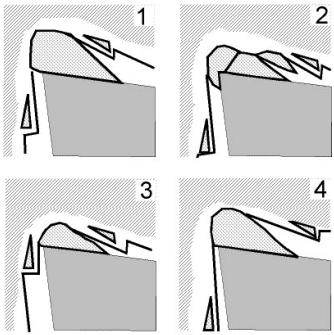
1.1.6 Образование наростов на режущей кромке

В процессе стружкообразования слои материала заготовки, образующие после отделения пограничный слой между передней поверхностью режущего инструмента и нижней стороной стружки, подвергаются значительной пластической деформации. В процессе обработки металлов резанием при неблагоприятных условиях возможна сварка давлением. Поэтому, в особенности при низких скоростях резания существует опасность интенсивного **образования наростов на режущей кромке**.

Нарост на режущей кромке появляется вследствие значительной деформации и затвердевания материала заготовки (наклёп), и выполняет функцию режущей кромки. В зависимости от режима резания, от нароста на режущей кромке по нижней стороне стружки периодически отделяются частицы материала. Это оказывает отрицательное влияние на качество режущей кромки инструмента (появление зазубрин) и заготовки (снижение чистоты обработки поверхности, точности соблюдения размеров). На *рис. 2.7* представлена схема образования наростов на режущей кромке.

Предотвращение нежелательного трения в области контактных поверхностей и, вследствие этого, их перегрева возможно за счёт применения соответствующей конкретному процессу обработки оптимальной геометрии режущей кромки, а также за счёт оптимизации параметров резания. В частности с целью предотвращения образования наростов на режущей кромке могут быть приняты следующие **меры**:

- повышение скорости резания;
- увеличение переднего угла;
- применение покрытий;
- применение эффективного метода охлаждения.



Нарост на режущей кромке инструмента

Рис. 2.7 Схема периодического образования наростов на режущей кромке

1.2 Износ инструмента

1.2.1 Причины износа

Износ инструмента происходит в результате одновременного механического и теплового воздействия на его режущую часть. При этом основными причинами износа являются:

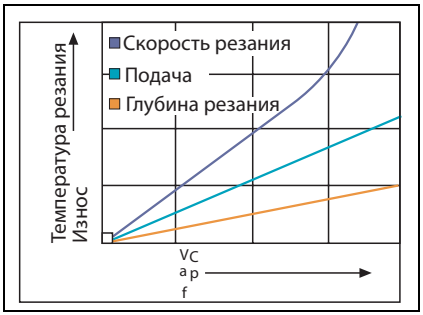
- механическое истирание;
- адгезия;
- процессы окисления;
- диффузия.

При низких скоростях резания и обработке материалов, легко поддающихся резанию, происходит преимущественно механический (абразивный) износ; при более высоких скоростях резания и обработке материалов, плохо поддающихся резанию, чаще всего отмечаются причины износа, обусловленные тепловыми воздействиями, – окисление и диффузия (*рис. 2.8*).

Отдельные причины износа, из которых складывается общий износ:

- Адгезионный износ (механически обусловленный сдвиг в местах сварки давлением)
- Абразивный износ (механическое истирание, пластическая деформация)
- Диффузионный износ (трибохемический износ, вызван высокими температурами)
- Окислительный износ (образование окалины, трибохемический износ, вызван высокими температурами)

Рис. 2.8 Причины износа при обработке резанием (по VIEREGGE)



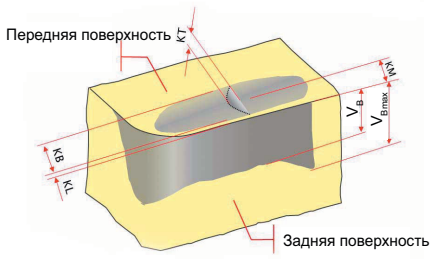
Как видно на *рис. 2.9*, достигаемая в процессе обработки температура резания и износ в значительной степени зависят от конкретных параметров резания. Повышение температуры резания и износ прямо пропорциональны скорости резания, глубине резания и подаче.

Рис. 2.9 Влияние параметров резания на температуру резания и износ

1.2.2 Характер износа

Характер износа инструмента в отдельных случаях служит для оценки его стойкости. По характеру износ подразделяется на следующие основные группы:

- износ задней поверхности режущей части;
- износ по передней поверхности (лункообразный износ);
- пластическая деформация;
- образование проточин на задней поверхности;
- выкрашивание;
- образование термотрещин;
- разрушение инструмента.



VB	Ширина фаски износа задней поверхности
VB_{max}	Макс. ширина фаски износа задней поверхности
KT	Глубина лунки
KM	Расстояние до центра лунки
KB	Ширина лунки
KL	Ширина скоса лунки

Рис. 2.10 Параметры износа на примере токарного резца

1.2.2.1 Износ задней поверхности режущей части

Износ задней поверхности режущей части в общем представляет собой равномерный съём инструментального материала на задней поверхности инструмента. Поверхность износа проходит приблизительно параллельно направлению резания и называется шириной фаски износа задней поверхности (VB или VB_{max}).

Износ задней поверхности режущей части вызывает:

- увеличение сил резания,
- увеличение интенсивности вибраций,
- повышение температур,
- снижение чистоты обработки поверхности,
- неточность соблюдения размеров заготовки.

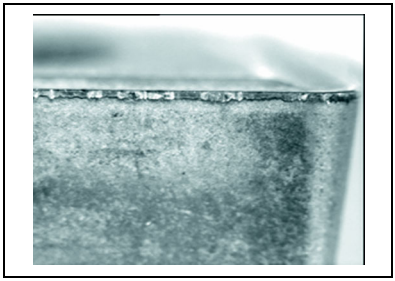


Рис. 2.11 Износ задней поверхности режущей части

Причина	Способы устранения
Слишком высокая скорость резания	Снизьте скорость резания
Недостаточно износостойкий инструментальный материал	Выбрать более износостойкий инструментальный материал, использовать материал с покрытием
Неправильно отрегулирована подача (недостаточная подача)	Отрегулировать подачу в соответствии со скоростью и глубиной резания (увеличить подачу)

Таблица 2.3 Решение проблемы – Слишком интенсивный износ задней поверхности режущей части

1.2.2.2 Износ по передней поверхности (лункообразный износ)

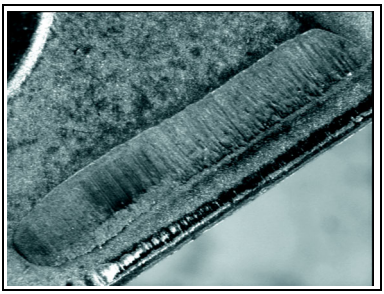


Рис. 2.12 Износ по передней поверхности (лункообразный износ)

Износ по передней поверхности (лункообразный износ) представляет собой съём инструментального материала в форме углубления на передней поверхности режущего инструмента (диффузионный и абразивный износ – см. *рис. 2.8*). Слишком интенсивный износ по передней поверхности (лункообразный износ) вызывает снижение прочности режущей кромки и более значительные деформации стружки, что приводит, в свою очередь, к увеличению сил резания. В результате этого повышается опасность образования трещин на режущей кромке.

Причина	Способы устранения
Слишком высокая скорость резания	Снизить скорость резания, использовать более износостойкий инструментальный материал
Неправильно отрегулирована подача	Правильно отрегулировать подачу, скорость резания, глубину резания (недостаточная)
Слишком малый главный передний угол	Использовать резцедержатель и сменные много-гранные пластины с положительным передним углом
Неправильный подвод смазочно-охлаждающей жидкости	Увеличить расход и/или повысить напор смазочно-охлаждающей жидкости, обеспечить оптимальный подвод к месту обработки
Недостаточно износостойкий инструментальный материал	Выбрать более износостойкий инструментальный материал, использовать покрытие

Таблица 2.4 Решение проблемы – Слишком интенсивный износ по передней поверхности (лункообразный износ)

1.2.2.3 Пластическая деформация

Пластическая деформация происходит главным образом вследствие избыточного теплового воздействия на режущую кромку. При этом решающим фактором при выборе инструментального материала является его твёрдость при повышенной температуре.

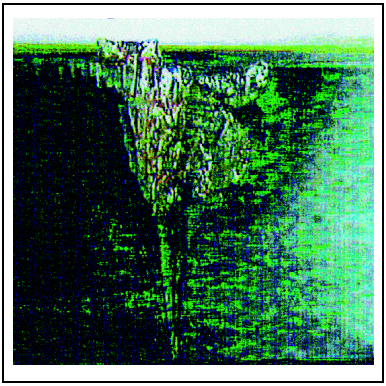


Рис. 2.13 Пластическая деформация

Причина	Способы устранения
Слишком высокая температура в зоне резания, вследствие высоких скоростей резания и подачи, а также большой твёрдости обрабатываемых материалов, приводит к снижению твёрдости материала инструмента	Снизить скорость резания, использовать более износостойкие сорта инструментального материала, уменьшить сечение стружки (прежде всего снизить подачу), использовать соответствующее скругление кромок, уменьшить задний угол резца, обеспечить охлаждение
Повреждение покрытия	Своевременно произвести замену пластин

Таблица 2.5 Решение проблемы – Слишком интенсивная пластическая деформация

1.2.2.4 Образование проточин на задней поверхности

Образование проточин на задней поверхности возможно как на главной, так и на вспомогательной режущей кромке. Это приводит к снижению качества поверхности и повышает опасность образования трещин на режущей кромке. Образование проточин на задней поверхности главной режущей кромки объясняется механическими причинами. Подобный износ на вспомогательной режущей кромке является типичным адгезионным износом (см. *рис. 2.8*), однако может быть также связан с износом в результате окисления. В данном случае образование проточин на задней поверхности происходит в основном в том месте режущей кромки, где возможно проникновение воздуха к зоне резания.

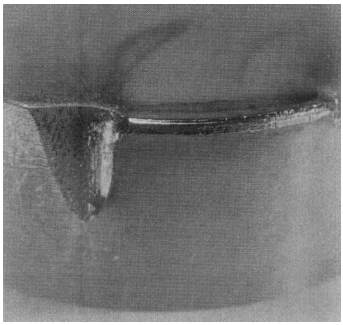


Рис. 2.14 Образование проточин на задней поверхности

Причина	Способы устранения
Окисление Истирание	Выбрать подходящее покрытие, Снизить скорость резания, однако если термостойкий материал обрабатывается керамическими инструментальными материалами –>увеличить скорость резания

Таблица 2.6 Решение проблемы – Образование проточин на задней поверхности

1.2.2.5 Образование термотрещин

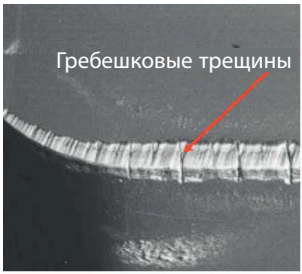


Рис. 2.15 Образование термотрещин

Термотрещины появляются как одна из форм усталостного износа в результате сильного теплового воздействия (часто при использовании хрупких инструментальных материалов или при колебаниях температуры). При этом образуются трещины, перпендикулярные режущей кромке, причём между трещинами наблюдается выкрашивание отдельных частиц инструментального материала, что может привести к нарушению целостности режущей кромки.

Причина	Способы устранения
Непостоянная толщина стружки	Обеспечить более равномерный контакт с материалом
Неравномерный режим подвода смазочно-охлаждающей жидкости	Обеспечить равномерный подвод и достаточное количество смазочно-охлаждающей жидкости, При использовании твёрдых сплавов и керамических инструментальных материалов избегать резкого охлаждения
Прерывистый рез	Выбрать инструментальный материал с более высокой вязкостью и большей устойчивостью к колебаниям температуры, Обеспечить подвод в достаточном количестве смазочно-охлаждающей жидкости или вообще отказаться от него при использовании твёрдых сплавов

Таблица 2.7 Решение проблемы – Образование термотрещин

1.2.2.6 Выкрашивания режущей кромки

В случае **выкрашивания режущей кромки** появляются концентраторы напряжений, нарушающие процесс равномерного изнашивания режущей кромки. Они вызывают снижение качества поверхности. Наличие насечек и отслаивание отдельных частиц – признаки возможного разрушения инструмента. При механическом усталостном разрушении трещины проходят преимущественно параллельно режущей кромке.

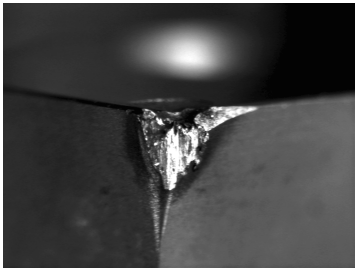


Рис. 2.16 Выкрашивания режущей кромки

Причина	Способы устранения
Слишком хрупкий (износостойкий) инструментальный материал	Использовать более вязкий инструментальный материал, снять фаску с режущей кромки
Вибрации	Использовать положительный передний угол и угол уклона, использовать меньший радиус при вершине, уменьшить длину вылета инструмента, увеличить угол в плане, избегать режимов обработки, благоприятных для образования наростов на режущей кромке (см. раздел 1.1.5)
Неправильная заточка режущей кромки	Произвести правильную заточку режущей кромки, увеличить фаску, в особенности в случае использования инструмента из керамики
Нарост на режущей кромке	Повысить скорость резания, выбрать положительную геометрию
Слишком интенсивная подача или слишком большая глубина резания	Уменьшить сечение стружки, прежде всего снизить подачу и/или уменьшить глубину резания, использовать более вязкий инструментальный материал, использовать отрицательную геометрию режущей кромки, снять фаску с режущей кромки
Чрезмерные колебания нагрузки на режущую кромку, прерывистый рез	Отрегулировать скорость резания и подачу, выбрать инструментальный материал с более высокой вязкостью, снять фаску с режущей кромки, обеспечить более высокую устойчивость, использовать отрицательную геометрию режущей кромки
Контакт со стружкой	Снять фаску с режущей кромки, использовать отрицательную геометрию режущей кромки, изменить режим отвода стружки (изменение подачи, скорости резания, положения стружкоотводной ступеньки...), использовать инструментальный материал с более высокой вязкостью

Таблица 2.8 Решение проблемы – Выкрашивание и разрушение инструмента

1.3 Параметр долговечности – стойкость

Параметры долговечности характеризуют возможности режущей кромки инструмента сохранять режущие свойства в процессе активного использования.

Стойкость, важнейший параметр для оценки обрабатываемости материала резанием, отражает отрезок времени, в течение которого инструмент до момента достижения выбранного критерия стойкости может эксплуатироваться, сохраняя при этом режущие свойства (без учета времени на вспомогательные операции). Если, например, требуемые допуски больше не соблюдаются или с помощью используемой режущей части больше не обеспечивается требуемое качество поверхности, то режущая кромка не может быть использована для дальнейшей обработки данной заготовки – её ресурс исчерпан.

Наряду со стойкостью в качестве параметров долговечности применяются также стойкость режущего инструмента, выраженная длиной резания, при рассмотрении таких видов обработки как сверление или фрезерование, а также стойкость режущего инструмента, выраженная количеством изготовленных изделий, которая применяется для характеристики автоматических поточных линий или многоцелевых обрабатывающих центров.

Рис. 2.17 Термины для характеристики стойкости (согласно стандарту DIN 6583)

Часто в качестве **критерия стойкости** применяется ширина фаски износа задней поверхности VB (см. раздел 1.2.2.1). При этом ширина фаски износа задней поверхности ограничивается максимально допустимым значением $VB_{доп}$ (см. *таблицу 2.9*). Стойкость инструмента – отрезок времени до момента достижения $VB_{доп}$.

Вид обработки	Чистовая обработка	Получистовая обработка	Черновое точение	Грубая обдирка
Ширина фаски износа задней поверхности $VB_{доп}$ [мм]	0,1 ... 0,2	0,2 ... 0,4	0,4 ... 0,6	0,8 ... 1,2

Таблица 2.9 Допустимая ширина фаски износа задней поверхности для твёрдых сплавов в зависимости от вида обработки

1.3.1 Диаграмма стойкости и уравнение стойкости

Достоверные и поддающиеся исчислению значения стойкости являются условием стабильности производства. Основой определения значений стойкости для практического применения служат результаты **долговременных испытаний**, которые однако требуют больших затрат времени и материалов.

Ускоренные испытания обеспечивают снижение указанных затрат, однако позволяют лишь условно оценивать стойкость инструмента. Они проводятся главным образом с целью контроля качества приобретаемых инструментальных материалов и предназначенных для обработки материалов или для оценки обрабатываемости резанием.

Испытание на стойкость часто проводится для её оценки. При этом определяющее значение имеет износ инструмента. В процессе сравнения показателей износа необходимо строго придерживаться единых, стандартных методов его оценки. Относительно надёжным и простым методом является оценка износа задней поверхности режущей части. По этой причине данный метод применяется довольно часто. На *рис. 2.18* для обработки точением представлен характер изнашивания задней поверхности режущей части (VB).

На основании отдельных кривых скорости резания (*рис. 2.18*, в центре), например, для постоянной ширины фаски износа задней поверхности VB_{max} (заданный критерий износа или стойкости) определяются соответствующие значения времени $t_1 - t_3$ (значения стойкости) и наносятся на диаграмму lg T – lg v_c (*рис. 2.18*, внизу). На основании кривых для конкретных скоростей резания можно определить соответствующие значения стойкости.

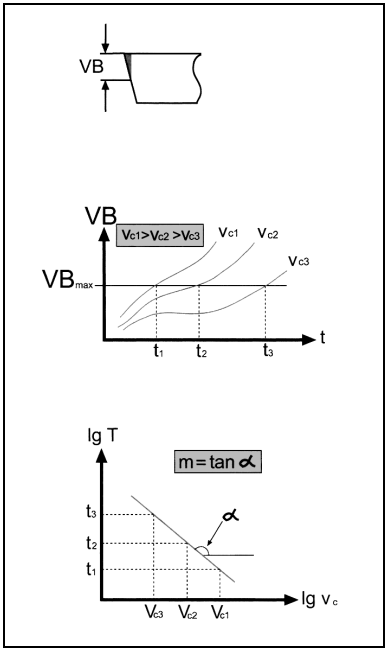
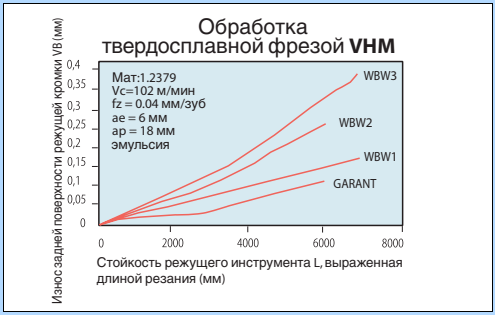
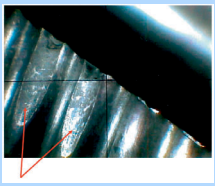


Рис. 2.18 Определение стойкости

В качестве примера для **чернового фрезерования** показан износ задней поверхности режущей кромки VB в зависимости от стойкости режущего инструмента L, выраженной длиной резания, при использовании различных цельных твердосплавных фрез.



Очень незначительный износ



Трещины на кромке

Рис. 2.19 Экспериментальная обработка резанием для определения стойкости режущего инструмента, выраженной длиной резания

Зависимость для большой области значений можно описать с помощью прямой, которая после логарифмирования приводит к так называемому уравнению Тейлора:

$$T = v_c^k \cdot C_v$$

T Стойкость (уравн. 2.9)
v_c Скорость резания
k Наклон прямой (k = m = tan α, см. *рис. 2.18*)
C_v Постоянная стойкости T при v_c = 1 м/мин

или

$$T = \frac{v_c^k}{C_T^k}$$

T Стойкость (уравн. 2.10)
v_c Скорость резания
k Наклон прямой (k = m = tan α, см. *рис. 2.18*)
C_T Постоянная скорости резания v_c при T = 1 мин

причём $C_T = C_v^{-(1/k)}$.

Преобразование уравнения по переменной скорости резания v_c даёт выражение, которое также применяется на практике:

$$v_C = T^{\frac{1}{k}} \cdot C_T$$

T Стойкость (уравн. 2.11)
v_c Скорость резания
k Наклон прямой (k = m = tan α, см. *рис. 2.18*)
C_T Постоянная скорости резания v_c при T = 1 мин

1.3.2 Факторы, влияющие на стойкость

Для практического применения необходимо также знать и учитывать в процессе оценки влияние других параметров процесса резания и физических параметров, например, подачи, глубины резания, качества материала, подлежащего обработке, и инструментального материала. В помещенной ниже *таблице 2.10* представлен обзор влияния данных параметров.

Скорость резания оказывает наиболее существенное влияние на стойкость. Следующим по важности фактором является подача, изменение которой на диаграмме стойкости показывают параллельные прямые при условии, что пара обрабатываемый материал-инструментальный материал остается постоянной. То же действительно для влияния глубины резания, геометрических условий (передний угол, задний угол и угол в плане) и приблизительно также для влияния вспомогательного материала. Если же обрабатываемый материал, инструментальный материал или критерий износа изменяются, то мы получаем другие углы наклона прямых стойкости.

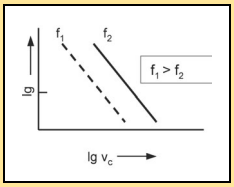
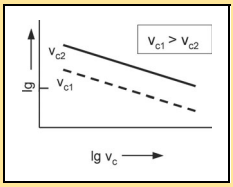
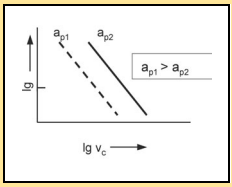
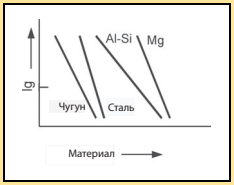
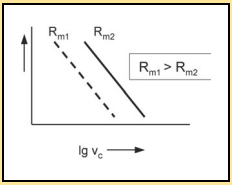
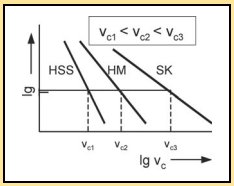
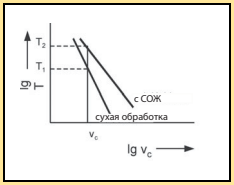
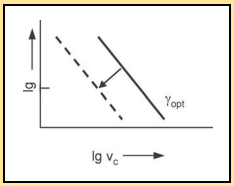
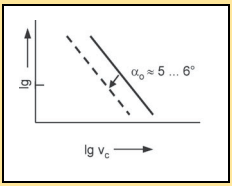
Параметры режима резания	Скорость резания	Подача	Глубина резания
			
	Наиболее распространенная форма диаграммы стойкости. Скорость резания оказывает наиболее существенное влияние на стойкость. Стойкость сильно снижается по мере увеличения скорости резания.	По мере увеличения подачи при прочих постоянных условиях происходит снижение стойкости. Подача оказывает более значительное влияние на стойкость, чем глубина резания.	По мере увеличения глубины резания при прочих постоянных условиях происходит снижение стойкости.
	Постоянные величины: обрабатываемый материал, инструментальный материал, глубина резания, передний угол, задний угол, угол в плане	Постоянные величины: обрабатываемый материал, инструментальный материал, глубина резания, передний угол, задний угол, угол в плане	Постоянные величины: обрабатываемый материал, инструментальный материал, подача, передний угол, задний угол, угол в плане
Обрабатываемый материалл			Структура, закалка, прочность на растяжение и легирующие элементы оказывают значительное влияние на стойкость. При прочих постоянных условиях стойкость снижается по мере увеличения доли перлита в структуре материала и по мере увеличения степени закалки или прочности материала на растяжение.
	У различных групп обрабатываемых материалов изменяются углы наклона прямых стойкости.	Постоянные величины: инструментальный материал, подача, глубина резания, передний угол, задний угол, угол в плане	
Инструментальный материал		Качество инструментального материала оказывает очень существенное влияние на стойкость. На помещенной рядом диаграмме показано, что при постоянной стойкости за счёт повышения качества инструментального материала возможно применение более высоких скоростей резания. С другой стороны, если в определённых областях скорость резания остается постоянной, то при повышении качества инструментального материала повышается стойкость. Постоянные величины: обрабатываемый материал, подача, глубина резания, передний угол, задний угол, угол в плане	

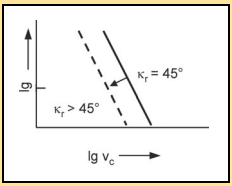
Таблица 2.10 Факторы, влияющие на стойкость режущего инструмента –
Продолжение на следующей странице

Таблица 2.10 Продолжение – Факторы, влияющие на стойкость режущего инструмента

<table>
<tr><td>СОЖ</td><td colspan="3"> 

Смазочно-охлаждающие жидкости в зависимости от их состава оказывают в большей степени смазывающее или охлаждающее действие.
При низких скоростях резания стойкость можно повысить за счёт преобладания смазывающего действия, при более высоких скоростях за счёт преобладания охлаждения. При прочих постоянных условиях охлаждение и смазка прежде всего повышают стойкость инструментов из быстрорежущей стали.
Постоянные величины:
обрабатываемый материал, подача, глубина резания, передний угол, задний угол, угол в плане
Инструментальный материал: быстрорежущая сталь</td></tr>
<tr><td>Геометрия режущей кромки</td><td>Передний угол
 

Стойкость при прочих постоянных условиях снижается, если используются передние углы, сильно отличающиеся от обычных ориентировочных значений.
Слишком положительный передний угол: слабая режущая часть
Слишком отрицательный передний угол: слишком интенсивный износ в результате образования лунки
Постоянные величины:
обрабатываемый материал, инструментальный материал, подача, глубина резания, задний угол, угол в плане</td><td>Задний угол
 

Если задний угол меньше 5°–6°, то при прочих постоянных условиях происходит снижение стойкости по причине более значительного трения на задней поверхности режущей части.
Увеличение заднего угла до 10°–15° приводит к ослаблению режущей части.
Постоянные величины:
обрабатываемый материал, инструментальный материал, подача, глубина резания, передний угол, угол в плане</td><td>Угол в плане
 

Чем меньше угол в плане, тем больше при прочих постоянных условиях рабочая длина режущей кромки, и тем больше стойкость, и наоборот.
Постоянные величины:
обрабатываемый материал, инструментальный материал, подача, глубина резания, передний угол, задний угол</td></tr>
</table>

1.4 Сила резания и критерии мощности

1.4.1 Сила резания

Силы, действующие при обработке металлов резанием, рассматриваются и классифицируются в зависимости от направления их действия на заготовку. Терминология, относящаяся к методам обработки металлов резанием, содержится в DIN 6584.

1.4.1.1 Составляющие силы резания

Сила резания F – равнодействующая всех сил, действующих на заготовку. Она разлагается на различные составляющие, причём наиболее важное значение имеют силы, действующие на рабочую поверхность, а также в направлении резания и подачи. На *рис. 2.20* показана общая схема разложения силы резания на составляющие, а *на рис. 2.21* и *2.22* схема распределения сил резания при точении и фрезеровании поверхности. При этом рассматриваются силы, приложенные в одной точке режущей кромки. Для многолезвийных инструментов надлежит рассматривать силы, действующие на отдельные режущие части, контактирующие с обрабатываемой поверхностью. Путем геометрического сложения они могут быть приведены к равнодействующей силе резания.

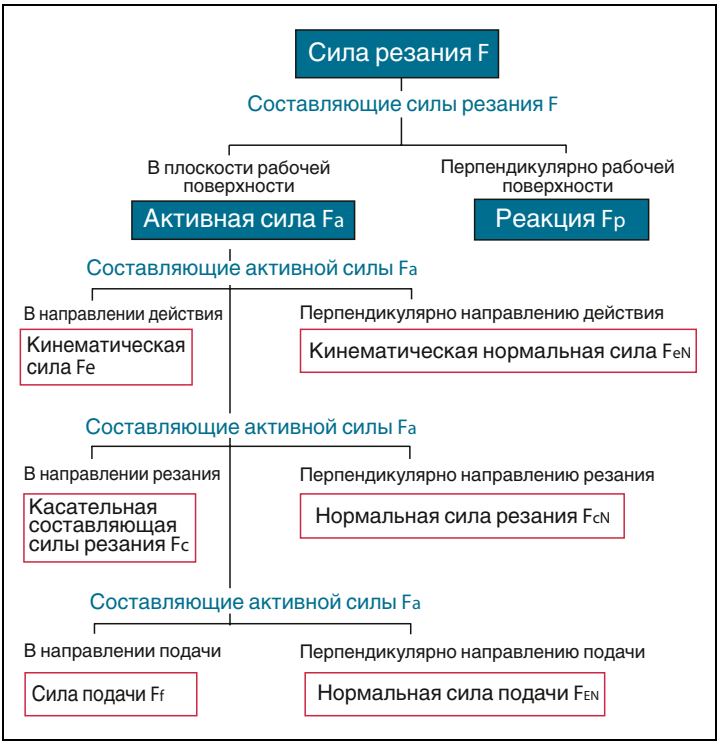


Рис. 2.20 Разложение силы резания на составляющие согласно DIN 6584

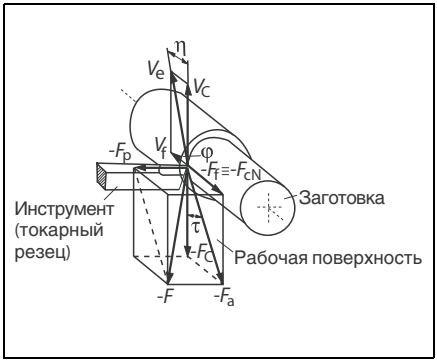


Рис. 2.21 Составляющие силы резания при точении (угол подачи j = 90°)

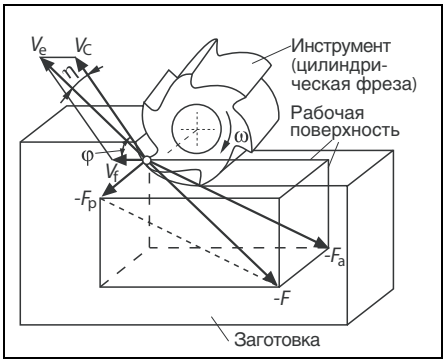


Рис. 2.22 Составляющие силы резания при встречном фрезеровании поверхности (угол подачи j < 90°)

Из вариантов разложения сил согласно *рис. 2.21* следуют различные математические взаимосвязи.

Для **силы резания** действительно следующее:

$$F = \sqrt{F_a^2 + F_p^2}$$ (уравн. 2.12)

Составляющими **активной силы F_a** создается мощность при обработке металлов резанием. Наиболее важной составляющей является касательная составляющая **силы резания F_c** (для её обозначения ранее применялся также термин – главная составляющая силы резания), которая имеет большое значение для фактического результата съема стружки и в особенности для определения расхода мощности на резание, а также для расчёта станков на прочность.

Другими важными составляющими силы резания являются **сила подачи F_f** и **пассивная реакция F_p** (ранее называлась также радиальной силой). Знание величины и направления силы подачи необходимо для определения мощности подачи, а также, с учетом реакции, для расчёта инструментов и приспособлений и их крепления.

По характеру износа инструмента можно определить степень его влияния на силу резания. Износ по передней поверхности (лункообразный износ), при котором происходит увеличение положительного переднего угла, приводит, как правило, к снижению силы резания. При преобладающем износе задней поверхности режущей части действие сил, напротив, возрастает, так как увеличивается поверхность трения между заготовкой и задней поверхностью резца. Количественные показатели увеличения силы резания по мере износа инструмента являются лишь приблизительными по причине наличия множества факторов влияния.

В качестве ориентировочных данных для оценки **возрастания силы резания** можно использовать следующие:

	Увеличение силы резания на 0,1 мм ширины фаски износа задней поверхности VB	Увеличение силы резания при изменении на один градус переднего угла (передний угол меньше/больше)
Касательная составляющая силы резания F_c	2 ... 5 %	около 1,5 %
Сила подачи F_f	около 10 %	около 5 %
Реакция F_p	около 12 %	около 4 %

Эти данные действительны для токарной обработки и могут применяться в отношении других методов обработки металлов резанием с учетом кинематических характеристик конкретного метода и геометрии режущей кромки. Они недействительны для обработки в области изогнутой режущей кромки (чистовая обработка).

1.4.1.2 Касательная составляющая силы резания и удельная сила резания

Касательная составляющая силы резания F_c в качестве главной силы и скорость резания имеют наиболее важное значение для расчёта мощности, расходуемой на резание и мощности привода станка. Величина касательной составляющей силы резания в первую очередь зависит от свойств подлежащего обработке материала и от фактических параметров резания (например, геометрии режущей части, толщины срезаемого слоя h). Поэтому она определяется с учетом используемой технологии (поперечное сечение стружки A для конкретного вида технологии обработки).

Основное уравнение для касательной составляющей силы резания (для каждой режущей кромки) – уравн. 2.13, выведенное в своей исходной форме для токарной обработки.

Для **касательной составляющей силы резания F_c** при точении по KIENZLE действительно следующее:

$$F_c = A \cdot k_c = b \cdot h \cdot k_c$$

F_c Касательная составляющая силы резания [Н] (уравн. 2.13)
A Поперечное сечение стружки [мм^2] в соответствии с *рис. 2.23* и главой «Теоретические основы», раздел 1.1.5
b Ширина срезаемого слоя [мм]
h Толщина срезаемого слоя [мм]
k_c Удельная сила резания [Н/мм^2]

При этом поперечное сечение стружки A определяется, как показано на *рис. 2.23* для токарной обработки, на основании ширины срезаемого слоя b и толщины срезаемого слоя h. Во время обработки резанием толщина срезаемого слоя может изменяться (например, при фрезеровании). В этом случае при определении величины касательной составляющей силы резания надлежит исходить из среднего значения толщины срезаемого слоя h_m (см. также главу «Фрезерование» и раздел 4 данной главы).

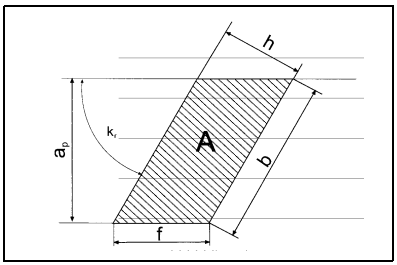


Рис. 2.23 Размеры поперечного сечения стружки при точении

Несмотря на то, что на **удельную силу резания k_c** решающее влияние оказывают свойства обрабатываемого материала, она, являясь теоретическим расчётным значением, не рассматривается в качестве числовой характеристики материала. На *рис. 2.24* представлена зависимость удельной силы резания k_c от толщины срезаемого слоя h (см. уравн. 2.14, а также *таблицу 2.11* для отдельных обрабатываемых материалов и значений толщины срезаемого слоя).

Важными факторами, влияющими на k_c являются:

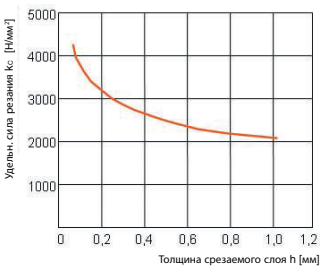
- предел прочности подлежащего обработке материала и наличие в его составе легирующих компонентов;
- геометрия режущей кромки инструмента.

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^m}$$

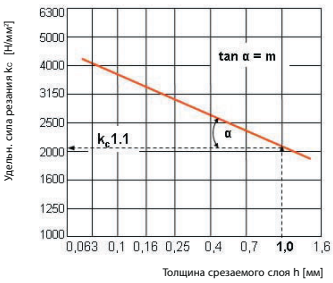
(уравн. 2.14)

$k_{c\ 1.1}$ Удельная сила резания при поперечном сечении стружки A = 1 мм^2 (b = 1 мм, h = 1 мм)

m Тангенс угла наклона a (см. *рис. 2.24)*



Арифметическая зависимость



Двойная логарифмическая зависимость

Рис. 2.24 Зависимость удельной силы резания k_c от толщины срезаемого слоя h

Удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки $k_{c1.1}$ и тангенс угла наклона a зависят от свойств обрабатываемого материала, и были определены для различных материалов экспериментальным путём. Данные значения представлены для отдельных групп материалов в главе «Материалы», раздел 1. Ориентировочные значения удельной силы резания k_c содержатся в помещённой ниже *таблице 2.11*.

Группа обрабатываемых материалов		Предел прочности [Н/мм²]	Материал				Удельная сила резания kc [Н/мм²] в зависимости от толщины срезаемого слоя h [мм]									
			№ материала	Обознач. материала по DIN	$kc_{1.1}$ [Н/мм²]	M	0,05	0,06	0,1	0,16	0,3	0,4	0,5	0,8	1,6	2,5
1.0	Констр. сталь	до 500	1.0037	St 37-2	1.780	0,17	2.962	2.872	2.633	2.431	2.253	2.080	2.003	1.849	1.643	1.523
1.1	Констр. сталь	500–850	1.0050	St 50-2	1.990	0,26	4.336	4.136	3.621	3.205	2.854	2.525	2.383	2.109	1.761	1.568
			1.0060	St 60-2	2.110	0,17	3.511	3.404	3.121	2.881	2.671	2.466	2.374	2.192	1.948	1.806
			1.0070	St 70-2	2.260	0,30	5.552	5.256	4.509	3.916	3.426	2.975	2.782	2.416	1.963	1.717
2.0	Автоматная сталь	до 500	1.0718	9SMnPb28	1200	0,18	1997	1.844	1.775	1.639	1.473	1.402	1.350	1.246	1.108	1.027
3.0	Нелег. Улучшенная сталь	до 700	1.0402	C 22	1.800	0,16	2.907	2.823	2.602	2.413	2.247	2.084	2.011	1.865	1.670	1.555
			1.0501	C 35	1.516	0,27	3.404	3.240	2.823	2.486	2.204	1.942	1.828	1.610	1.335	1.184
3.1	Нелег. Улучшенная сталь	700–850	1.0503	C 45	1.680	0,26	3.661	3.491	3.057	2.705	2.409	2.132	2.012	1.780	1.487	1.324
			1.1191	Ck 45	2.220	0,14	3.377	3.292	3.064	2.869	2.696	2.524	2.446	2.290	2.079	1.953
3.2	Нелег. Улучшенная сталь	850–1000	1.1221	Ck 60	2.130	0,18	3.652	3.534	3.224	2.962	2.734	2.512	2.413	2.217	1.957	1.806
4.1	Лег. Улучшенная сталь	1000–1200	1.7218	25CrMo4	2.070	0,25	4.378	4.182	3.681	3.273	2.927	2.603	2.462	2.189	1.841	1.646
			1.7225	42CrMo4	2.500	0,26	5448	5195	4549	4026	3585	3173	2994	2649	2212	1970
5.0	Нелег. Цементируемая сталь	до 750	1.0401	C 15	1.820	0,22	3.518	3.380	3.020	2.724	2.469	2.226	2.120	1.912	1.641	1.488
6.0	Лег. Цементируемая сталь	до 1000	1.5919	15CrNi6	1.380	0,30	3390	2.944	2.753	2.391	1.980	1.817	1.699	1.476	1.199	1.048
			1.7131	16MnCr5	2.100	0,26	4.576	4.364	3.821	3.382	3.011	2.665	2.515	2.225	1.858	1.655
6.1	Лег. Цементируемая сталь	более 1000	1.7147	20MnCr5	2.140	0,25	4.526	4.324	3.806	3.384	3.026	2.691	2.545	2.263	1.903	1.702
			1.7262	15CrMo5	2.290	0,17	3.811	3.694	3.387	3.127	2.899	2.676	2.576	2.379	2.114	1.960
7.0	Азотируемая сталь	до 1000	1.8507	34CrAlMo5	1.740	0,26	3.792	3.616	3.166	2.802	2.495	2.208	2.084	1.844	1.540	1.371
8.0	Инструментальная сталь	до 850	1.1730	C45W	1.680	0,26	3.661	3.491	3.057	2.705	2.409	2.132	2.012	1.780	1.487	1.324
			1.2067	100Cr6	1.410	0,39	4.535	3.776	3.461	2.881	2.255	2.016	1.848	1.538	1.174	986
8.1	Инструментальная сталь	850–1100	1.2312	40CrMnMoS 8-6	1.800	0,27	4.042	3.847	3.352	2.952	2.617	2.305	2.170	1.912	1.585	1.405
			1.2842	90MnCrV	2.300	0.21	4.315	4.153	3.730	3.380	3.077	2.788	2.660	2.410	2.084	1.897
8.2	Инструментальная сталь	1100–1400	1.2080	X210Cr12	1.820	0.26	3.966	3.782	3.312	2.931	2.610	2.310	2.179	1.929	1.611	1.434

Таблица 2.11 Ориентировочные значения удельной силы резания k_c

Таблица 2.11 Продолжение – Ориентировочные значения удельной силы резания k_c

Группа обрабатываемых материалов		Предел прочности [Н/мм^2]	Материал				Удельная сила резания kc [Н/мм^2] в зависимости от толщины срезаемого слоя h [мм]									
			№ материала	Обознач. материала по DIN	$kc_{1.1}$	M	0,05	0,06	0,1	0,16	0,3	0,4	0,5	0,8	1,6	2,5
12.0	Пружинная сталь	до 1200	1.5023	38Si7	1.800	0,27	4.042	3.847	3.352	2.952	2.617	2.305	2.170	1.912	1.585	1.405
			1.8159	50CrV4	2.220	0,26	4.925	4.697	4.113	3.639	3.241	2.868	2.706	2.395	2.000	1.781
13.0	Нерж. сернистая сталь	до 700	1.4104	X14CrMpS17	1.820	0,26	3.966	3.782	3.312	2.931	2.610	2.310	2.179	1.929	1.611	1.434
13.1	Нерж. аустенитная сталь	до 700	1.4301	X5CrNi18 10	2.350	0,21	4.408	4.243	3.811	3.453	3.144	2.849	2.718	2.463	2.129	1.939
			1.4401	X5CrNiMo17122	2.600	0,19	4.594	4.437	4.027	3.683	3.383	3.094	2.966	2.713	2.378	2.185
13.2	Нерж. аустенитная сталь	до 850	1.4034	X46Cr13	1.820	0,26	3.966	3.782	3.312	2.931	2.610	2.310	2.179	1.929	1.611	1.434
13.3	Нерж. сталь мартенситная/ферритная	до 1100	1.4028	X30Cr13	1.820	0,26	3.966	3.782	3.312	2.931	2.610	2.310	2.179	1.929	1.611	1.434
			2.4631	NiCr20TiAl	2.088	0,29	4.978	4.721	4.071	3.553	3.121	2.724	2.553	2.228	1.822	1.601
15.0	Чугун (СЧ)	до 180 HB	0.6020	GG 20	1.020	0,25	2.157	2.061	1.814	1.613	1.442	1.283	1.213	1.079	907	811
15.1	Чугун (СЧ)	более 180 HB	0.6040	GG 40	1.470	0,26	3.203	3.055	2.675	2.367	2.108	1.865	1.760	1.558	1.301	1.158
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	от 180 HB	0.7040	ВЧ-40	1.005	0,25	2.125	2.031	1.787	1.589	1.421	1.264	1.195	1.063	894	799
			0.8040	GTW-40	2.060	0,19	3.640	3.516	3.191	2.918	2.681	2.452	2.350	2.149	1.884	1.731
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	до 260 HB	0.7080	ВЧ-80	1.132	0,44	4.230	3.904	3.118	2.535	2.083	1.694	1.536	1.249	921	756
			0.8165	GTS-65	1.180	0,24	2.422	2.318	2.051	1.832	1.646	1.470	1.394	1.245	1.054	947
16.1	Титан, титановые сплавы	850–1200	3.7164	TiAl6V4	1.370	0,21	2.570	2.378	2.222	2.013	1.764	1.661	1.585	1.436	1.241	1.130
17.0	Алюминий длинностружечный, деформируемые сплавы на основе алюминия, магний	до 350	3.1324	AlCuMg1	830	0,23	1.653	1.585	1.410	552	1.095	1.025	973	874	745	672
			3.5812	MgAl8Zn	390	0,19	689	666	604	1.189	490	464	445	407	357	328
17.1	Алюминий, короткоструж ечный		3.3535	AlMg3	780	0,23	1.554	1.490	1.325	1.265	1.073	963	915	821	700	632
17.2	Алюминиевые сплавы с содержанием серы>10 %		3.2581	G-AlSi12	830	0,23	1.653	1.585	1.410	1.265	1.142	1.025	973	874	745	672
18.1	Латунь, короткоструж.	до 600	2.0380	CuZn39Pb2	780	0,18	1.337	1.294	1.181	1.085	1.001	920	884	812	717	661
18.3	Бронза, короткоструж.	до 600	2.1090	CuSn7ZnPb	640	0,25	1.353	1.293	1.138	1.012	905	805	761	677	569	509

Значения удельной силы резания, представленные в *таблице 2.11*, действительны при следующих условиях:

- инструментальный материал: твёрдый сплав
- скорость резания 100 м/мин
- передний угол γ = 6° для стали и γ = 2° для чугуна
- главный угол в плане k = 45°
- острая режущая кромка

В случае отклонений от заданных параметров резания необходимо вводить **поправочные коэффициенты** для расчёта касательной составляющей силы резания F_c.

В первую очередь это касается следующих значений:

- поправочный коэффициент для переднего угла K_γ
- поправочный коэффициент для скорости резания K_v
- поправочный коэффициент для инструментального материала K_{Sch}
- поправочный коэффициент для износа K_{Ver}

$$F_c = b \cdot h \cdot k_c \cdot K_\gamma \cdot K_n \cdot K_{Sch} \cdot K_{Ver}$$ (уравн. 2.15)

Поправочные коэффициенты для расчёта касательной составляющей силы резания содержатся в *таблице 2.12*.

	Формула / диапазон величин	Примечание
K_γ	$K_\gamma = 1 - \frac{\gamma - \gamma_\kappa}{66,7°}$	γ фактический передний угол γ_k для обработки стали: 6° γ_k для обработки чугуна: 2°
K_v	при v_c > 80 м/мин можно пренебречь	инструментальный материал твёрдый сплав
	1,15	инструментальный материал быстрорежущая сталь HSS
K_{Sch}	1	твёрдый сплав
	0,9 ... 0,95	минералокерамика
K_{Ver}	1	острый инструмент
	1,3 ... 1,5	изношенный инструмент

Таблица 2.12 Определение поправок для расчёта касательной составляющей силы резания

1.4.1.3 Факторы, влияющие на касательную составляющую силы резания и удельную силу резания

Величина силы резания служит для оценки обрабатываемости резанием, так как, в общем случае, чем сложнее обрабатываемый материал поддаётся обработке резанием, тем выше сила резания. В *таблице 2.13* представлен общий обзор факторов.

Данные факторы равным образом оказывают влияние на удельную силу резания. Однако для влияния подачи и толщины срезаемого слоя, а также глубины резания и ширины срезаемого слоя на удельную силу резания действительны другие основные зависимости. В **рамках действия закона силы резания (*h* = 0,05...2,5 мм)** удельная сила резания снижается по мере увеличения подачи и толщины срезаемого слоя (см. *рис. 2.24*). Влияние глубины резания и ширины срезаемого слоя можно считать приблизительно постоянным.

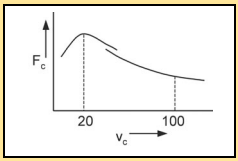
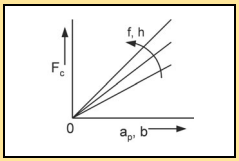
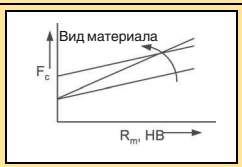
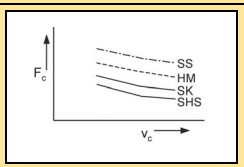
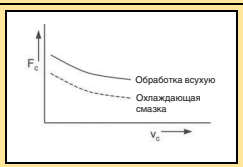
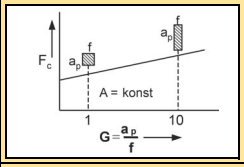
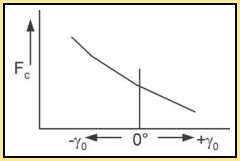
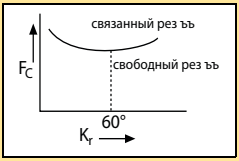
Условия резания	Скорость резания	Подача	Глубина резания
			
	В диапазоне от 100 м/мин касательная составляющая силы резания лишь незначительно снижается по мере увеличения скорости резания. В диапазоне ниже 100 м/мин увеличение силы F_c зависит от свойств подлежащего обработке материала.	Подача f и толщина срезаемого слоя h оказывают существенное влияние на касательную составляющую силы резания.	По мере увеличения глубины резания происходит пропорциональное возрастание касательной составляющей силы резания. В зависимости от выбранной подачи угол наклона прямых увеличивается или уменьшается.
	Материал	**Инструментальный материал**	**СОЖ**
			
	При обработке различных материалов при одинаковых прочих параметрах резания величина силы резания оказывается разной, поскольку данные материалы обладают разными свойствами. В первом приближении можно считать, что по мере увеличения прочности на растяжение и закалки касательная составляющая силы резания возрастает.	SS быстрорежущая сталь HM твёрдый сплав SK минералокерамический режущий материал SHS сверхтвёрдые инструментальные материалы (КНБ) Представленные зависимости справедливы для резания чёрных металлов.	За счёт применения соответствующих смазочно-охлаждающих жидкостей возможно незначительное снижение сил резания по сравнению с сухой обработкой. Однако решающее значение с точки зрения влияния на касательную составляющую силы резания имеет выбор инструментальных материалов (см. главу «Теоретические основы», раздел 3).

Таблица 2.13 Факторы, влияющие на касательную составляющую силы резания –
Продолжение на следующей странице

Таблица 2.13 Продолжение – Факторы, влияющие на касательную составляющую силы резания

<table>
<tr><td>Отношение параметров резания
G = a_p / f</td><td colspan="2"> 

Принято для черновой обработки G = 2...10, для чистовой обработки G = 10...20.
Влияние отношения параметров резания не так велико по сравнению с влиянием подачи или глубины резания.
Малая величина отношения параметров резания предпочтительна с точки зрения прилагаемых сил. Большая величина отношения, напротив, лучше для достижения высокой стойкости.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Геометрия режущей кромки</td><td>Передний угол</td><td>Угол в плане</td></tr>
<tr><td> 

Изменение касательной составляющей силы резания при изменении переднего угла на один градус:
ок. 1 ... 2 % (для g = –20° ... +30°)</td><td> 

Угол в плане оказывает относительно небольшое влияние на касательную составляющую силы резания.</td></tr>
</table>

1.4.1.4 Сила подачи и реакция

Для **силы подачи F_f** и **реакции F_p** в литературе приводится сравнительно мало результатов исследований по сравнению с касательной составляющей силы резания. Расчёт данных сил производится аналогично расчёту касательной составляющей, в частности имеют место следующие соотношения:

$$F_f = b \cdot k_{f1.1} \cdot h^{1-m_f}$$

(уравн. 2.16)

F_f Сила подачи [Н]
b Ширина срезаемого слоя [мм]
h Толщина срезаемого слоя [мм]
$k_{f\,1.1}$ Основной показатель удельного давления подачи [Н/мм^2]
$1\text{-}m_f$ Показатель степени

$$F_p = b \cdot k_{p1.1} \cdot h^{1-m_p}$$

(уравн. 2.17)

F_p Реакция [Н]
b Ширина срезаемого слоя [мм]
h Толщина срезаемого слоя [мм]
$k_{p\,1.1}$ Основной показатель удельного давления подачи [Н/мм^2]
$1\text{-}m_p$ Показатель степени

На *рис. 2.25* представлено влияние угла в плане на силу подачи и реакцию при обработке точением. Из рисунка видно, что по мере увеличения угла в плане происходит уменьшение реакции и увеличение силы подачи.

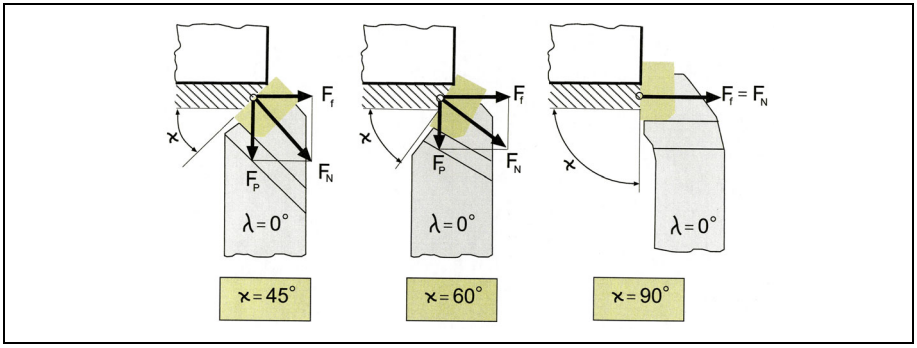


Рис. 2.25 Влияние угла в плане k на силу подачи и реакцию при обработке точением

Основные показатели удельных сил резания, подачи и реакции, включая их показатели степени, следуют из основополагающих исследований KIENZLE и VICTOR, дополненных результатами, полученными KÖNIG, ESSEL, а также DEGNER и LUTZE, и представлены для некоторых обрабатываемых материалов в *таблице 2.14*.

GARANT Группа материалов	Материал		$kc_{1.1}$ [Н/мм^2]	Показатель степени m	$kf_{1.1}$ [Н/мм^2]	Показатель степени m_f	$Kp_{1.1}$ [Н/мм^2]	Показатель степени m_p
1.1	1.0050	St50-2	1990	0,26	351	0,70	274	0,49
	1.0070	St70-2	2260	0,30	364	0,62	311	0,49
3.0	1.0401	C15	1820	0,22	333	0,80	260	0,80
	1.0501	C35	1516	0,27	321	0,8	259	0,54
3.1	1.0503	Ck45	2220	0,14	343	0,68	263	0,48
3.2	1.1221	Ck60	2130	0,18	347	0,71	250	0,41
4.1	1.7225	42CrMo4	2500	0,26	334	0,67	271	0,48
6.0	1.7131	16MnCr5	2100	0,26	391	0,7	324	0,46
6.1	1.7147	20MnCr5	2140	0,25	337	0,68	246	0,52
8.0	1.2067	100Cr6	1410	0,39	318	0,86	362	0,53
8.2	1.2713	55NiCrMoV6	1595	0,21	269	0,79	198	0,66
12.0	1.8159	50CrV4	2220	0,26	317	0,77	315	0,39
13.2	1.4580	X10CrNiMoNb18 10	2550	0,18	181	0,74	173	0,59
15.0	0.6020	GG20	1020	0,25	240	0,70	178	0,46
15.1	0.6030	GG30	1470	0,26	170	0,91	164	0,7
15.2	0.7060	ВЧ-60	1480	0,17	290	0,76	240	0,43
Условия измерения:		*v_c = 100 м/мин, твёрдый сплав P10, a = 5°, g = 6° (сталь) и g = 2° (чугун), k = 70°, r_e = 90°, l= 0°, r_n = 0,8 мм*						

Таблица 2.14 Основные составляющие удельной силы резания и их показатели степени

1.4.2 Мощность и вращающий момент

Мощность резания можно определить, зная составляющие скорости и действующие в их направлении составляющие силы резания. Таким образом, в общем действительно следующее:

$$P = \frac{F \cdot v}{60000}$$

P Мощность [кВт]
F Сила [Н] (уравн. 2.18)
v Скорость [м/мин]

Если исходными параметрами для определения мощности являются вращающий момент и частота вращения шпинделя, то в этом случае получаем:

$$P = \frac{M_d \cdot n}{9554}$$

P Мощность [кВт]
M_d Вращающий момент [Н/м] (уравн. 2.19)
n Частота вращения [об/мин]

Мощность резания P_c является основным параметром при расчёте производительности станка. Она передается непосредственно через инструмент. Расчёт мощности резания производится следующим образом:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60000}$$

P_c Расходуемая мощность на резание [кВт]
F_c Касательная составляющая силы резания [Н] (уравн. 2.20)
v_c Скорость резания [м/мин]

Расчёт мощности подачи P_f производится следующим образом:

$$P_f = F_f \cdot n_f$$

P_f Мощность подачи [кВт]
F_f Сила подачи [Н] (уравн. 2.21)
v_f Скорость подачи [мм/мин]

Эффективная мощность P_e – сумма соответствующих составляющих резания и подачи.

$$P_e = P_c + P_f$$

P_e Эффективная мощность [кВт]
P_c Мощность резания [кВт] (уравн. 2.22)
P_f Мощность подачи [кВт]

Так как скорость подачи относительно мала по сравнению со скоростями резания, эффективную мощность в большинстве случаев можно считать приблизительно равной мощности резания ($P_e \sim P_c$).

Для расчёта приводных двигателей основное значение имеет **мощность привода P_a**, которая учитывает кпд h.

$$P_a = \frac{P_c}{h}$$

P_a Мощность привода [кВт]
P_c Мощность резания [кВт] (уравн. 2.23)
h кпд

или:

$$P_a = P_c + P_{a\,leer}$$

$P_{a\,leer}$ Мощность двигателя на холостом ходу [кВт] (уравн. 2.24)

1.4.3 Объёмная производительность резания и удельная объёмная производительность резания

Мерой производительности металлорежущего станка является объёмная производительность резания и удельная объёмная производительность резания. При этом действует правило, согласно которому по мере увеличения выхода стружки или удельной объёмной производительности резания сокращается основное машинное время.

Объёмная **производительность резания Q** – количество стружки, произведённое за единицу времени. Действительно следующее уравнение:

$$Q = A \cdot v_c$$

Q Объёмная производительность резания [см^3/мин]
A Поперечное сечение стружки [мм^2]
v_c Скорость резания [м/мин]

(уравн. 2.25)

Удельная объёмная производительность резания Q_c выражает количество стружки, произведённое за единицу времени и на один киловатт потребляемой мощности. Действительно:

$$Q_c = \frac{Q}{P_c} = \frac{A \cdot v_c}{F_c \cdot v_c} = \frac{1}{k_c}$$

Q_c Удельн. объёмн. производительность резания и [см^3/кВт * мин]
P_c Мощность резания [кВт]
A Поперечное сечение стружки [мм^2]
F_c Касательная составляющая силы резания [Н]
v_c Скорость резания [м/мин]

(уравн. 2.26)

Таким образом, величину удельной **объёмной производительности резания Q_c** можно рассчитать через удельную силу резания k_c и наоборот. Следовательно, удельная объёмная производительность резания Q_c зависит не от характеристик станка, а от удельной силы резания k_c, заданной для конкретного процесса обработки с учётом свойств обрабатываемого материала.

1.4.4 Определение потребляемой мощности резания

Для задания рабочих параметров может быть произведен контроль потребляемой мощности. При этом безразлично, определяется ли потребляемая мощность через удельную силу резания k_c или через удельную объёмную производительность резания Q_c. Определяется мощность, которая должна иметься на переднем конце шпинделя.

Для предварительного расчёта рабочих параметров можно заранее провести приблизительный анализ потребляемой мощности. При этом действительны следующие эмпирические формулы для обработки различных материалов:

Обработка стали:

$$P_c = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{20}$$

Обработка чугуна:

$$P_c = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{30}$$

Обработка алюминия:

$$P_c = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{54,5}$$

a_p Глубина резания [мм]
f Подача [мм/об]
v_c Скорость резания [м/мин]

(уравн. 2.27)

(уравн. 2.28)

(уравн. 2.29)

Пример:

Искомая величина: P_c (обработка стали, например, сталь 45)

Заданные величины: a_p = 2 мм, f = 0,1 мм, v_c = 180 м/мин

Решение:

$$P_c = \frac{2 \cdot 0{,}1 \cdot 180}{20} = \underline{\underline{1{,}8 \text{ кВт}}}$$

Примечание: по сравнению с точным расчётом (см. уравн. 2.20) отклонение очень незначительно (1,85 кВт при точном расчёте). Для материалов с более высокими значениями удельной силы резания, например, инструментальных сталей или нержавеющих и кислотостойких сталей, величина потребляемой мощности, полученная в результате расчёта, оказалась слишком низкой.

1.5 Качество поверхности

Для процесса чистовой обработки качество полученной поверхности может рассматриваться как критерий для определения технологических параметров процесса. **Теоретическая высота микронеровностей** определяется формой режущей кромки и относительным движением между инструментом и заготовкой. Для точения зависимости представлены на *рис. 2.26.*

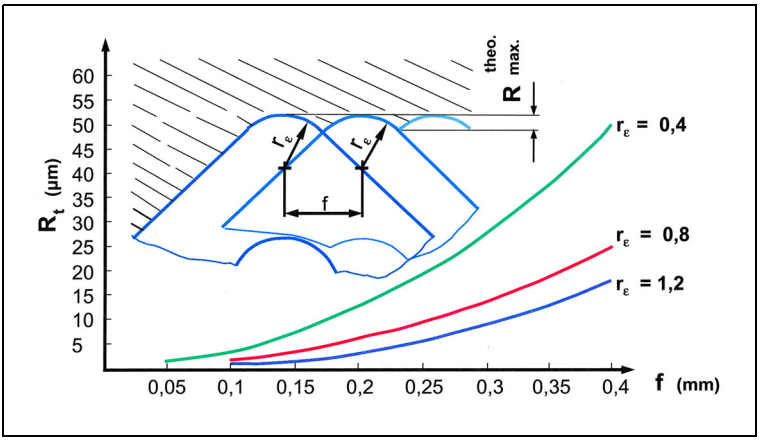


Рис. 2.26 Схема контакта режущей кромки резца с заготовкой при точении

$$R_t = \frac{f^2}{8 \cdot r_\varepsilon}$$

R_t (Теоретическая) высота микронеровностей [мм]
r_e Радиус при вершине режущей кромки [мм] (уравн. 2.30)
f Подача [мм/об]

Таким образом, происходит квадратичное увеличение высоты микронеровностей по мере увеличения подачи и её линейное уменьшение по мере увеличения радиуса при вершине режущей кромки. *Уравнение 2.30* справедливо для значений подачи до $f \geq 0{,}08$ мм. Увеличение радиуса закругления режущей кромки также приводит к повышению качества поверхности, однако применение данного метода требует соблюдения некоторой осторожности, так как плоские режущие кромки (значение r_e большое) становятся причиной вибрации уже на начальной стадии износа.

Если происходит дальнейшее уменьшение подачи при неизменном радиусе при вершине (например, f < 0,05 мм при точении), то увеличивается шероховатость поверхности детали. Вследствие эластичности материала и износа режущих кромок в районе вспомогательной режущей кромки происходит вытеснение материала, который затем частично испытывает упругую отдачу. В результате этого образуются так называемые зубчики. Вследствие образования зубчиков фактическая высота микронеровностей больше теоретической. При обработке резанием с небольшой подачей и большим радиусом при вершине нельзя допускать уменьшения глубины резания ниже определённого значения a_{pmin}.

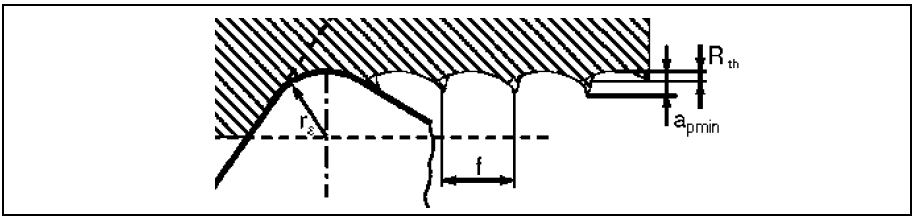
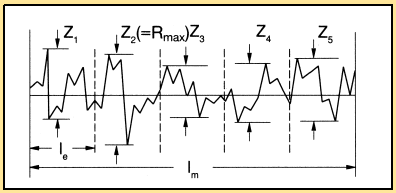


Рис. 2.27 «Теория зубчиков» при обработке с небольшой подачей

В помещенной ниже таблице представлены зависимости общепринятых показателей шероховатости.

Высота микронеровностей R_t (R_{max}), R_z

Максимальная высота микронеровностей R_t (R_{max}) – наибольшая высота отдельных неровностей в пределах всего участка измерений l_m.
Средняя высота микронеровностей R_z – среднее значение высоты отдельных неровностей Z_i следующих друг за другом отдельных участков измерений l_e.
Данное значение часто применяется на практике.



$$R_z = R_{zDIN} = \frac{1}{n} \cdot (Z_1 + Z_2 + \ldots + Z_n)$$

(уравн. 2.31)

Средние значения отклонения профиля R_a, R_q

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – среднее арифметическое составляющих всех значений профиля шероховатости. Данное значение часто применяется на практике.
Среднее квадратическое отклонение профиля R_q – среднее квадратическое всех значений профиля шероховатости.
y (x) = значения профиля шероховатости.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

(уравн. 2.32)

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx}$$

(уравн. 2.33)

Таблица 2.15 Определение общепринятых показателей шероховатости согласно DIN

2 Современные технологии производства

В условиях обострения конкуренции предприятия вынуждены более интенсивно внедрять инновационные технологии. В области обработки металлов резанием главные усилия направлены на сокращение основного и вспомогательного времени (61 % производственных расходов) и экономию средств производства (смазочно-охлаждающие жидкости и т. д.). Доля издержек на инструмент составляет лишь 3,5 %. Поэтому в данной области нельзя добиться значительной экономии в масштабах производственного процесса в целом. (См. *рис. 2.31*)
Пути реализации потенциальных возможностей:

- Высокоскоростная обработка резанием (High Speed Cutting – HSC)
  ⇨ высокая частота вращения шпинделя, низкая мощность шпинделя, высокая динамика станка, малые силы резания,
- Высокопроизводительная обработка резанием – (HPC)
  ⇨ пониженная частота вращения шпинделя, высокая мощность шпинделя, слабая динамика станка, большие силы резания,
- Многоцелевая обработка резанием (MTC)
  ⇨ пониженная частота вращения шпинделя, низкая мощность шпинделя или высокая мощность шпинделя и нестабильный режим резания, слабая динамика станка, малые силы резания
- Сухой обработки резанием или обработка резанием с минимальным расходом смазки (MMS), а также
- твёрдая обработка.

Рис. 2.28 Преимущества современных технологий производства при неизменном количестве материала, снимаемого при резании

2.1 Высокоскоростная обработка резанием (HSC)

2.1.1 Определения и потенциальные возможности

High Speed Cutting (высокоскоростная обработка резанием) – обработка со значительно более высокой скоростью резания v_c при относительно небольшой глубине резания. Применять данное понятие в отношении определённых скоростей резания всегда следует с учетом не только способа обработки, но и свойств обрабатываемого материала (*рис. 2.29*).

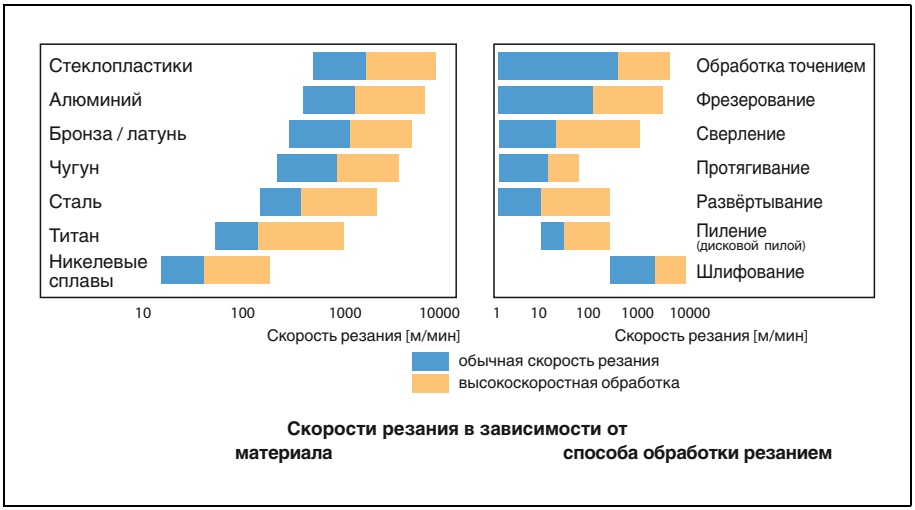


Рис. 2.29 Диапазоны скорости резания при высокоскоростной обработке (HSC)

Увеличение скорости резания даёт следующие **преимущества**:

- значительное сокращение основного машинного времени
- возможность повышения удельной объёмной производительности резания прим. на 30 %
- увеличение скорости подачи в 5–10 раз
- возможность уменьшения силы резания более чем на 30 %
- возможность обработки в условиях отсутствия вибраций геометрически сложных деталей
- возможность чистовой обработки резанием (качество поверхности почти соответствует качеству шлифования, непрерывная обработка за счёт отвода технологического тепла преимущественно через стружку)

Для оптимального применения этой технологии необходимо выполнение следующих условий:

Станок:

- работа без люфтов и вибраций;
- высокая жёсткость;
- облегченная конструкция подвижных деталей;
- высокая частота и точность вращения шпинделя;
- высокая скорость подачи (линейные приводы).

Инструмент:

- высокая точность вращения;
- точная балансировка (геометрия, форма хвостовика);
- высокая стойкость (особая геометрия режущих кромок и специальные покрытия);
- большая жёсткость;

Патрон:

- высокая точность вращения;
- гидропластовый, высокоточный или термозажимной патрон.

Заготовка:

- надежное крепление без вибрации.

– специальное покрытие ZOX
– специальная геометрия режущих кромок
– высочайшая точность вращения

Рис. 2.30 Концевая твердосплавная фреза GARANT для HSC-обработки (v_c до 1000 м/мин)

Увеличенная стойкость инструмента и повышенная чистота обработки поверхности достигается с использованием соответствующих режущих материалов только в том случае, если обеспечивается высокая точность вращения шпинделя, патрона и инструмента. В частности, для высокоскоростной обработки это является безусловным требованием. Разумеется, для этого требуется не только повышенная точность изготовления хвостовика режущего инструмента, но использование патронов с оптимальным способом крепления, минимизирующим передачу погрешностей закрепления на режущую кромку (см. главу «Вспомогательный инструмент»).

Известен целый ряд традиционных способов крепления (например, различные варианты цанговых патронов или патронов для инструментов с хвостовиком Weldon/Whistle-Notch), который успешно дополнился различными типами патронов, использующих принцип гидропластового зажима. Благодаря высокой точности вращения и простоте обслуживания они успешно используются сегодня в самых разных условиях вплоть до высокоскоростной обработки.

Другой прогрессивный способ крепления инструмента основан на принципе термического расширения - усадки. Крепление инструмента таким способом отличается высочайшей точностью, прочностью закрепления и высокой жёсткостью. Благодаря симметричной относительно оси вращения конструкции зажимного патрона этот способ наилучшим образом подходит для высокоскоростной обработки резанием. Он обеспечивает погрешность вращения менее 0,003 мм при рабочей части инструмента 3 x D. При использовании инструмента без радиальных биений данная точность вращения может быть в значительной степени передана на режущую кромку. В результате существенно повышается стойкость инструмента и качество поверхности (см. главу «Вспомогательный инструмент»).

При высокоскоростной обработке центробежные силы имеют особое значение. Они нагружают подшипники шпинделя (возможность разрушения), вызывают вибрацию, негативно влияющую на качество поверхности, снижают точность обработки и сокращают ресурс инструмента. Точная или сверхточная балансировка обязательна, если необходимо создать оптимальные рабочие условия (чистовая обработка).

Дополнительные сведения о балансировке и её точности см. в главе «Вспомогательный инструмент».

2.2 Высокопроизводительная обработка резанием (HPC)

При высокопроизводительном резании в отличие от высокоскоростного резания (HSC) на переднем плане стоит **оптимизация объёмной производительности резания** (см. также раздел 1.4.3) с целью сокращения основного машинного времени. Такое резание предусматривает также диапазон низких скоростей резания при существенно увеличенной подаче, так как и в этом случае можно достичь очень высоких показателей объёмной производительности резания. Для этого требуются **высокие мощности шпинделя**.

Кроме того, HPC-обработка предполагает сокращение вспомогательного времени за счёт **повышения скорости позиционирования и быстрого перемещения, а также сокращение времени на смену инструмента**.

Высокопроизводительный инструмент должен быть рассчитан как на возникающие силы резания, в особенности при HPC-обработке, так и, например, на неблагоприятные условия крепления при максимальной мощности. При использовании в комбинации со специально разработанными станками инструменты для HPC-/MTC-обработки создают базовые условия для значительного повышения производительности обработки резанием при оптимальном выходе стружки. В то время как возможная величина подачи во многом определяется количеством режущих кромок, скорость резания зависит от применяемого инструментального материала. В разделе 3 (см. ниже) описываются важные разработки и возможности материалов для инструментов.

Рис. 2.31 Задачи, решаемые при помощи инструмента HPC/MTC

Высокопроизводительная обработка на примере фрезерования

При твёрдой обработке в наибольшей степени проявляется многоплановость понятия «высокопроизводительная обработка». Главным условием обеспечения предельно высоких величин подачи и, соответственно, максимальной объёмной производительности резания Q_c, а также сокращения времени обработки является использование твердосплавных фрез HPC. За счёт исключительной жёсткости, которая делает возможной высокую подачу на оборот, данный инструмент соответствует нагрузкам, имеющим место при высокопроизводительном резании.

Пример обработки:	**фрезерование в сплошном материале (1.0037)**
Обрабатываемый материал:	X2CrMnNiN17-7-5 (1.4371)
Инструмент:	цельная твердосплавная концевая фреза GARANT HPC (203000)
	диаметр 20 мм
Режимы резания:	v_f = 1200 мм/мин
	n = 2500 об/мин
	a_e = 20 мм
	a_p = 15 мм

Результат:

Повышение эффективности на 200 %

– сокращение основного машинного времени со 140 мин до 40 мин
– повышение стойкости со 120 мин до 240 мин
– короткая, равномерно снимаемая стружка
– прецизионное и ускоренное фрезерование
– плавный и ровный ход

2.3 Многоцелевая обработка резанием (МТС)

При обработке на многоцелевых станках (МТМ), например, токарно-фрезерных, которые отражают стремительно развивающееся главное направление в машиностроении, основную нагрузку станки испытывают при токарной обработке. Фрезерование выполняется при помощи вспомогательных шпинделей со значительно меньшей мощностью (см. *рис. 2.32*).

Для использования преимуществ многоцелевых станков в полной мере режущая кромка инструментов должна быть усовершенствована таким образом, чтобы максимальное количество материала, снимаемого при резании, достигалось при минимальных силах резания. Инструменты МТС нуждаются в сравнении с высокопроизводительным инструментом **в значительно меньшей мощности для снятия такого же количества материала**.

Они используются в тех случаях, когда требуются пониженные силы резания, например, при обработке филигранных деталей, которые не обладают необходимой для использования высокопроизводительного инструмента механической жёсткостью. Кроме того, они применяются при нестабильных условиях крепления, например, при обработке деталей сложной геометрии. Возможности высокопроизводительных инструментов в подобных случаях ограничены. При их использовании требуется коррекция режимов резания.

2.32 Использование инструмента МТС на многоцелевых станках

Во избежание этого и, следовательно, с целью предотвращения увеличения затрат, используются инструменты МТС. Благодаря особой геометрии они также превосходно подходят для инструмента с приводом и шпинделей, мощность которых составляет менее 10 кВт.

Для **регулирования производительности резания** при работе с инструментом МТС используется **коэффициент влияния геометрии (K_γ)**, а также **коэффициент влияния износа (K_{ver})**. При этом за счёт изменения геометрии инструменты обеспечивают снятие общего количества материала, которое при вдвое меньшей касательной составляющей силы резания (F_c) приблизительно соответствует количеству материала, снимаемого сопоставимым инструментом для высокопроизводительной обработки. Для пояснения данных зависимостей можно воспользоваться следующей формулой:

$$P_a = \frac{F_c \cdot v_c}{60000 \cdot \eta} = \frac{a_p \cdot f_z \cdot v_c \cdot K_\gamma \cdot K_{ver} \cdot k_c \cdot K_{Sch}}{60000 \cdot \eta}$$

(уравн. 2.34)

P_a Мощность привода [кВт]
F_c Касательная составляющая силы резания [Н]
v_c Скорость резания [м/мин]
η кпд
a_p Глубина резания [мм]
f_z Подача на зуб [мм/зуб]
k_c Удельная сила резания [Н/мм^2]
K_g Коэффициент влияния геометрии
K_{ver} Коэффициент влияния износа
K_{Sch} Коэффициент влияния инструментального материала

Снижение силы резания достигается за счёт двух изменений геометрии. Во-первых, угол подъёма спирали больше, чем у обычного высокопроизводительного инструмента. Кроме того, используется переменный передний угол, который обеспечивает асимметрию и, тем самым, плавность хода. Специальные покрытия дополнительно обеспечивают повышение стойкости инструмента и снижение сил резания.

2.4 Сухая обработка и обработка с минимальным расходом смазки

Наиболее эффективным способом обработки резанием с использованием режущей кромки определённой геометрии при одновременном обеспечении экономической выгоды и соответствия экологическим требованиям является сухая обработка. Это одна из наиболее активно обсуждаемых тем в связи с разработками в области производственных технологий.

Рис. 2.33 Необходимая производительность станков при использовании инструмента MTC и HPC

Отправной точкой дискуссий является понимание того, что с использованием и хранением, а также утилизацией СОЖ связаны огромные расходы.

Как правило, в фирмах учитываются только расходы на приобретение и утилизацию СОЖ. При этом расходы, необходимые в связи с использованием СОЖ, довольно значительны (см. рис. 2.34). Точная доля расходов на СОЖ в значительной степени зависит от используемой технологии обработки, станков и других основных условий. Затраты, связанные с использованием СОЖ, как правило, колеблются в пределах 2–8 % от производственных расходов. Таким образом, их порядок соответствует затратам на инструмент, следовательно, имеет смысл подумать об оптимизации концепций, направленных на снижение расходов, связанных с использованием СОЖ.

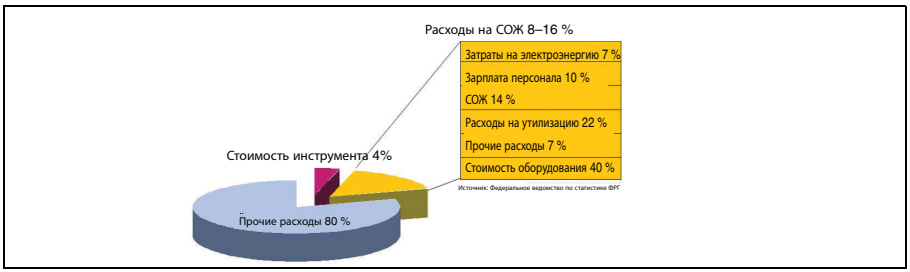


Рис. 2.34 Расходы на СОЖ при обработке металлов

2.4.1 Обоснованность, результаты и особенности

В последние годы сухой обработке (полный отказ от использования каких-либо смазочно-охлаждающих жидкостей), к которой в самом широком смысле относится также обработка с минимальным расходом смазки (см. также раздел 2.4.3), уделяется повышенное внимание. Проведены обширные исследовательские и опытно-конструкторские работы, в результате которых удалось, в частности, добиться того, что сегодня обработку большинства материалов, в зависимости от технологии производства, можно осуществлять сухим способом или с минимальным расходом смазки.

Альтернативная технологическая концепция, основанная на отказе от СОЖ, должна обеспечить также равноценное решение таких важных задач, как смазка, перенос тепла и удаление стружки. Основные требования в связи с реализацией концепции сухой обработки:

- пониженное выделение тепла при обработке резанием;
- обеспечение отвода тепла (большая доля через стружку);
- гарантированное удаление стружки (от места обработки и из станка);
- инструмент и станки должны соответствовать требованиям сухой обработки.

Таблица 2.16 отражает возможность сухой обработки при выполнении отдельных операций. Рассмотрение конкретных видов работ требует дифференцированного подхода, поскольку в каждом отдельном случае исследования находятся на разных стадиях развития. Частично представленное в таблице решение базируется лишь на основополагающих данных (протягивание). Частично сухая обработка уже применяется в серийном производстве (например, фрезерование деформируемых сплавов на основе алюминия).

Материал / Вид обработки	Алюминий		Сталь		Серый чугун
	Литейный сплав	Дефор-мируе-мый сплав	Высоколегир. стали, сталь для подшип-ников качения	Автоматная сталь Улучшенная сталь	СЧ-20 ВЧ-70
Сверление	MMS	MMS	MMS	MMS/сухая обр.	MMS сухая обр.
Развёртывание	MMS	MMS	MMS	MMS	MMS
Нарезание резьбы	MMS	MMS	MMS	MMS	MMS
Формирование резьбы	MMS	MMS	MMS	MMS	MMS
Глубокое сверление	MMS	MMS	—	MMS	MMS
Фрезерование	MMS/сухая обр.	MMS	сухая обр.	сухая обр.	сухая обр.
Токарная обработка	MMS/сухая обр.	MMS/сухая обр.	сухая обр.	сухая обр.	сухая обр.
Зубофрезеро-вание	—	—	сухая обр.	сухая обр.	сухая обр.
Пиление	MMS	MMS	MMS	MMS	MMS
Протягивание	—	—	MMS	сухая обр.	сухая обр.

— неизвестны случаи применения технологии или отсутствуют результаты исследований

Таблица 2.16 Возможности применения сухой обработки при использовании соответствующего инструмента (MMS = минимальный расход смазки, см. также раздел 2.4.3)

На данный момент решены ещё не все проблемы, связанные с использованием сухой обработки. Кроме того, современный уровень развития техники таков, что не при всех технологиях можно полностью отказаться от СОЖ (в настоящее время доля сухой обработки на рынке составляет ок. 12 %). Однако при использовании данных технологических процессов больших результатов в решении существующих проблем можно добиться за счёт значительного снижения количества СОЖ.

Однако доля сухой обработки будет увеличиваться, поскольку при создании новых технологических линий, в особенности в крупном серийном производстве, оценивается возможность сухой обработки или обработки с минимальным расходом смазки. Наиболее существенные преимущества сухой обработки/MMS могут быть достигнуты при серийном производстве, если в результате этого удастся упростить производственные процессы. За счёт отказа от использования СОЖ во многих случаях могут быть значительно усовершенствованы или полностью исключены последующие этапы производственного процесса – в простейшем случае только этап очистки. Реально достижимая в подобных случаях экономия затрат намного превышает расходы на испытания и введение сухой обработки. На основании вышеизложенного можно говорить о перспективах увеличения доли сухой обработки в серийном производстве до 27 %.
Переход на сухую обработку или минимальный расход смазки может оказаться целесообразным также и для небольших фирм. Однако это зависит от условий обработки в каждом конкретном случае. В первую очередь всегда рассматривается комплексное взаимодействие детали, обрабатываемого материала, способа обработки, инструмента, условий обработки, а также станков и их влияние на процесс обработки резанием. В любом случае переход на сухую обработку – это вопрос не самой близкой перспективы. Ни на одном предприятии он не может быть решён в два счёта. Во многих случаях сухая обработка возможна только в связи с переходом на новое оборудование, поскольку имеющиеся станки не могут быть переоборудованы на сухую обработку.

2.4.2 Инструменты, подходящие для сухой обработки

Сфера применения сухой обработки за последние годы значительно расширилась в первую очередь благодаря разработкам в области инструментального производства (инструментальные материалы, покрытия, оптимизация геометрии).
Наиболее подходящими для сухой обработки являются твёрдые сплавы с покрытием, отличающиеся высокой твёрдостью и износостойкостью при повышенной температуре, инструменты из минералокерамики, кубического нитрида бора и алмазные инструменты.
При условии использования соответствующих покрытий может быть обеспечена также рентабельность сухой обработки с помощью инструмента из быстрорежущей стали HSS. При этом речь идет об обработке на низких скоростях и в условиях высоких требований к вязкости основного металла как, например, при нарезании внутренней резьбы.
При обработке с прерывистым резом, например, при фрезеровании, сухая обработка может дать значительное повышение стойкости, так как режущая кромка инструмента не испытывает нагрузок вследствие тепловых ударов под действием СОЖ.
Ввиду существования высоких требований к точности соблюдения технологии большое значение придается разработке и применению инструмента с оптимальной геометрией. В частности, много проблем возникает при сухом сверлении. Главной из них является непрерывное удаление стружки из отверстия. Удачным решением наряду с применением покрытий является использование инструмента с увеличенной стружечной канавкой.

Очень хорошие результаты достигаются при сверлении стали с использованием многослойных покрытий TiAlN-TiN. За счёт «смазывающего» действия мягких антифрикционных слоев уменьшается трение между стружкой и инструментом.

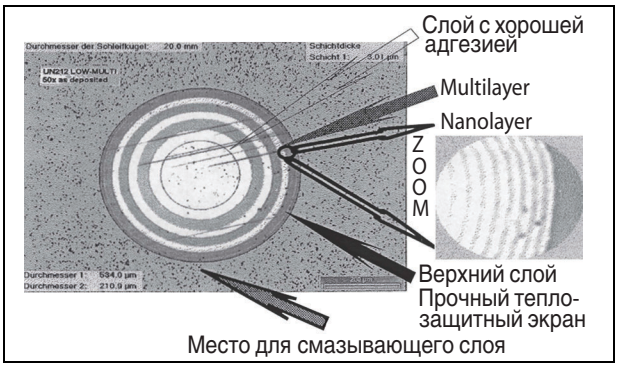


Рис. 2.35 Структура покрытия TiAlN-TiN-Multilayer

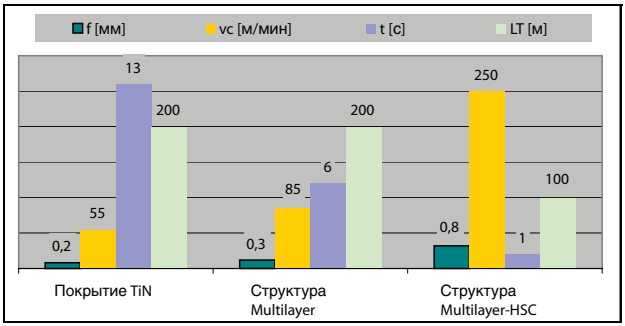


Рис. 2.36 Повышение производительности при сухом сверлении чугуна марки GG26Cr, (L_T = стойкость режущего инструмента, выраженная длиной резания)

2.4.3 Минимальный расход СОЖ

Так как сухая обработка по причине получения неудовлетворительных результатов зачастую не может быть выполнена, в качестве компромисса на практике обеспечивается минимальный расход СОЖ (квазисухая обработка). Подвод смазочно-охлаждающей жидкости в малых количествах положительно влияет на результат работы и обеспечивает возможность сокращения расхода СОЖ.
Для характеристики предельно малого расхода СОЖ в настоящее время применяются следующие понятия:

- минимальный расход смазочно-(охлаждающей) жидкости MMKS (расход смазки в общем **менее 50 мл/ч**) и
- пониженный расход смазочно-(охлаждающей) жидкости MKS (расход смазки в общем менее 120 л/ч).

Необходимо отметить, что охлаждающий эффект при использовании данных смазочно-охлаждающих систем является спорным вопросом, поэтому многие авторы предпочитают понятие **минимальный расход смазки MMS**.

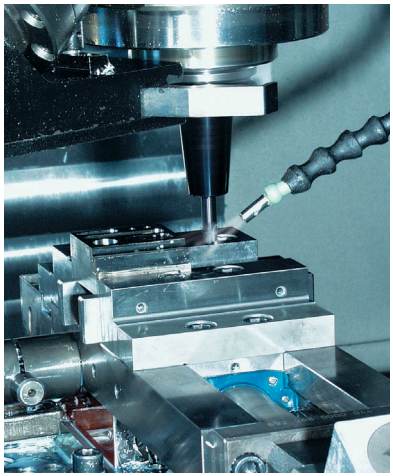


Рис. 2.37 Обеспечение минимального расхода смазки с внешним подводом

При использовании технологии минимального расхода смазки необходимо принимать во внимание принципиальное различие между способом подвода и способом приготовления эмульсии, поскольку это важно для конечного результата. Имеется множество способов подвода смазки, которые для обработки сверлением представлены на *рис. 2.38*.

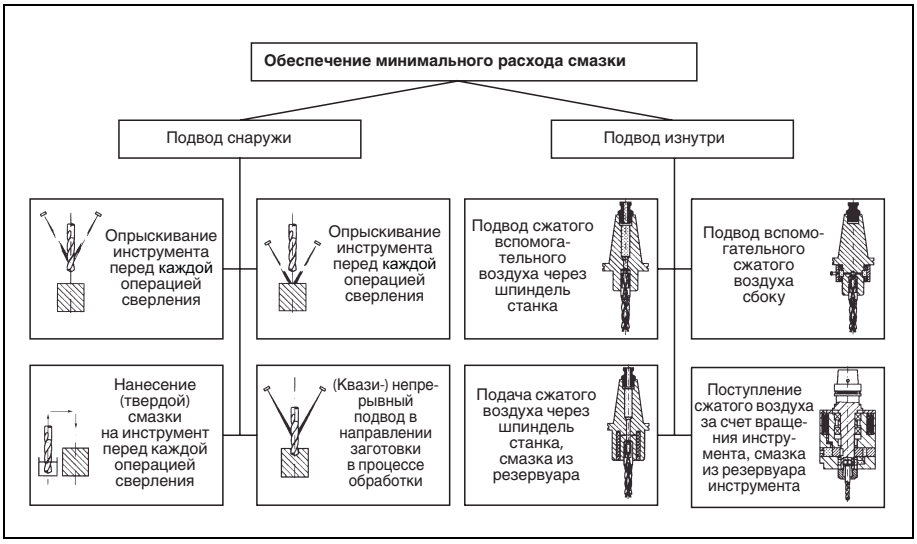


Рис. 2.38 Обеспечение минимального расхода смазки при обработке сверлением

2.5 Твёрдая обработка

Рис. 2.39 Фрезерование закалённой стали

Обработка закалённых сталей представляет собой обработку резанием материалов, твёрдость которых составляет от 45 до 64 (…70) HRC. При этом могут применяться методы с использованием режущей кромки как определённой, так и неопределённой геометрии, а также методы физико-химической обработки. Однако в основном понятие «обработка закалённых сталей» применяется только к методам с использованием режущей кромки определённой геометрии, например, к фрезерованию, точению твёрдых материалов и т. д.

Методом фрезерования твёрдых материалов при благоприятных условиях возможна полная обработка детали с одной операцией крепления, что позволяет, например, полностью отказаться от электроэрозионной обработки, требующей больших затрат времени. Другими преимуществами данного метода являются, в частности, сокращение затрат времени на обработку, а также наладку и установку (комплексная обработка методом фрезерования твёрдых материалов). Первые успешные результаты удалось получить, например, в начале 90-х годов при обработке кузнечных штампов, что привело к активному вытеснению метода электроэрозионной обработки в этой области. В результате интенсивного развития технологий в последние годы в инструментальном производстве и в области изготовления профилей открылись новые возможности производства пресс-форм.

Однако по причине большой сложности форм для литья под давлением в данной области проявились технологические ограничения в использовании метода фрезерования твёрдых материалов из-за наличия большого числа рёбер жёсткости, а также из-за малых радиусов скругления при большой длине вылета. При таких неблагоприятных условиях фрезерная обработка может вызвать проблемы даже при твёрдости 50 HRC. Формы менее сложной геометрии, напротив, поддаются фрезерованию даже при твёрдости материала до 64 HRC при условии наличия соответствующих технологических расчётов. Таким образом, учёт только твёрдости материала не может служить достаточным основанием для выбора между фрезерованием и электроэрозионной обработкой. Поэтому особое внимание именно при обработке твёрдых материалов должно быть уделено технологическим расчётам. При учёте данных граничных условий открываются серьезные перспективы развития представленной технологии.

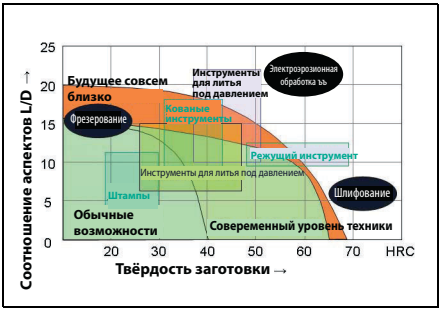


Рис. 2.40 Перспективы развития метода фрезерования твёрдых материалов в инструментальном производстве и в области изготовления профилей

2.5.1 Особенности, требования и потенциальные возможности

Твёрдая обработка характеризуется особыми механизмами стружкообразования.

Твёрдые материалы, например, закалённые стали с их мартенситной структурой (см. главу «Материалы», раздел 2.1.2.3), при нормальной температуре и давлении не способны к пластической деформации. Таким образом, в процессе образования стружки не может образоваться плоскость скалывания или зона сдвига (см. раздел 1.1). На начальной стадии отделения материала перед передней поверхностью режущего инструмента образуется трещина на поверхности заготовки, которая развивается. Образуются сегменты стружки, которые преимущественно «спекаются» в изогнутый элемент. При твёрдой обработке действуют механизмы образования стружки, которые в сравнении с мягкой обработкой вызывают очень большие силы резания и температуры резания.

Рис. 2.41 Основание стружки закалённого базового ферросплава

Возникающие при твёрдой обработке нагрузки определяют требования к используемым при этом инструментальным материалам:

Нагрузки при обработке твёрдых материалов	Требования к инструментальным материалам
высокие температуры применения	устойчивость к диффузии и твёрдость при повышенной температуре
высокое давление вблизи режущей кромки	прочность при изгибе и прочность при сжатии
высокая ударная нагрузка при прерывистом резе	вязкость, прочность кромок

Таблица 2.17 Требования к инструментальным материалам при твёрдой обработке

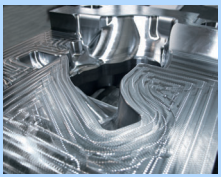
В то время как в прошлом при обработке материалов с числом твёрдости более 60HRC, как правило, приходилось применять метод электроискровой эрозии или в качестве способа чистовой обработки шлифование, сегодня, благодаря активному использованию инструментальных материалов с высокой износостойкостью и более глубоким знаниям технологии, существует возможность реализации способов производства, основанных на определённой геометрии режущей кромки. GARANT предлагает широкий ассортимент инструмента для твёрдой обработки (точение, фрезерование концевой фрезой и с использованием сменных многогранных пластин, сверление, нарезание резьбы, зенкерование и развёртывание).

Для обеспечения максимальной эффективности реализации потенциальных возможностей твёрдой обработки с использованием определённой геометрии режущей кромки (например, точение закалённых сталей) в качестве альтернативы шлифованию, наряду с усовершенствованием инструментальных материалов, ведутся разработки, направленные на создание соответствующих зажимных устройств и станков.

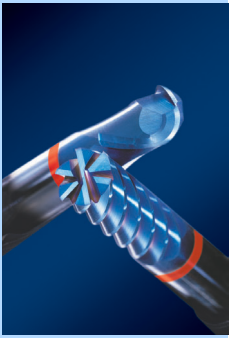
2.5.2 Твёрдая обработка на примере фрезерования

Точение и фрезерование таким способом уже производятся в промышленных масштабах, причём существует возможность использования инструментальных материалов с высокой износостойкостью, например, поликристаллического нитрида бора (PKB или КНБ) или минералокерамических материалов на основе Al_2O_3 (см. также раздел 3 «Инструментальные материалы»). Ниже приводятся примеры практического применения метода твёрдого фрезерования.

Фрезерование закалённой стали Toolox 44



Обрабатываемый материал: **Toolox 44** – закалённая инструментальная сталь совершенно нового типа с твёрдостью 45 HRC. Существенно снижено содержание углерода и серы. При этом значительно повышено содержание кремния. Разработанный шведской фирмой SSAB Oxelsund материал подвергается окончательной термообработке.
Дополнительная закалка после обработки детали не требуется, поэтому отсутствует риск возникновения деформаций или трещин.



Преимущества для изготовителей инструментов и профилей:

- превосходная формостойкость и износостойкость
- очень хорошая обрабатываемость резанием, несмотря на твёрдость 45 HRC
- идеально подходит для изготовления профилей, гибочного инструмента, а также изнашивающихся деталей и деталей конструкций
- снижение затрат времени и расходов

Инструмент: Наиболее важным является качество заточки инструмента, кроме того при обработке необходимо избегать вибраций.

цилиндрическая фреза D = 6 мм

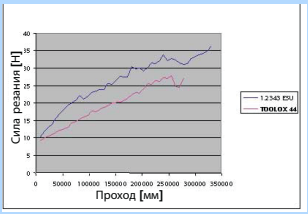
Режимы резания: v_c = 150 м/мин n = 22 208 об/мин

f_z = 0,08 мм/зуб v_f = 3.553 мм/мин

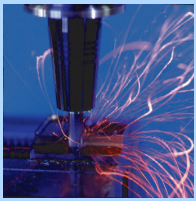
a_p = 0,2 мм a_e = 0,3 мм

Результат: Износ: **VB = 0,1 мм**

после прохода 277 м



Фрезерование закалённой инструментальной стали



Инструмент: Концевая фреза GARANT из мелкозернистого твёрдого сплава VHM диаметром 10 мм, 6 режущих кромок
Однослойное покрытие TiAlN-Monolayer
Допуск на радиальное биение < 10 µм

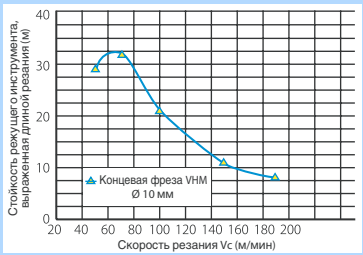
Обрабатываемый материал: X155CrMoV12 1
(1.2379, закалённая инструментальная сталь, твёрдость 62 HRC)

Режимы резания: f_z = 0,07 мм/зуб v_c непостоянная

a_p = 10 мм a_e = 0,2 мм

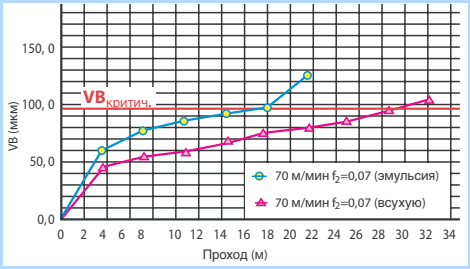
1. Определение оптим. скорости резания при сухой обработке

Результат:
v_c оптимальный при 70 м/мин
(см. диаграмму справа)



2. Сравнение обработки без использования и с использованием СОЖ

Результат:
оптимальна сухая обработка
(см. диаграмму справа)



При условии использования устойчивых станков с приводом достаточной мощности можно добиться высокого уровня чистоты обработки поверхности.

3 Инструментальные материалы и покрытия

3.1 Классификация инструментальных материалов

В целом к инструментальным материалам (рабочая часть инструмента) предъявляются следующие требования:

- высокая твёрдость и прочность на сжатие
- высокая прочность при изгибе и вязкость
- высокая износостойкость
- высокая термостойкость

Какие из этих требований являются наиболее важными, зависит от характера конкретных работ. Инструментальные материалы для обработки резанием можно классифицировать следующим образом:

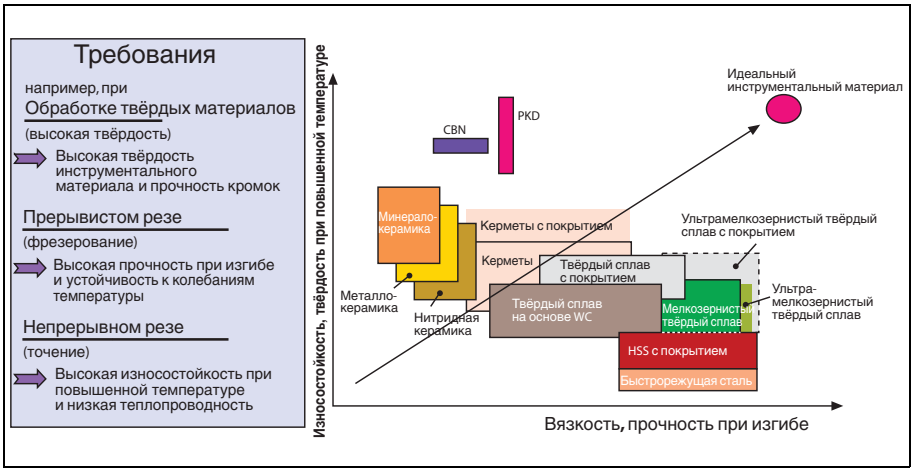


Рис. 2.42 Свойства наиболее распространенных инструментальных материалов

В *таблице 2.18* представлены некоторые важные характеристики свойств различных инструментальных материалов. Например, сравнение показывает, что быстрорежущие стали и твёрдые сплавы по сравнению с минералокерамическими и сверхтвёрдыми (КНБ, PKD) инструментальными материалами обладают значительно более высокой прочностью при изгибе при более низкой твёрдости и прочности при сжатии.

Свойства	Инструментальные материалы					
	Быстро-режущая сталь	Твёрдый сплав			Минера-локера-мика	Сверх-твёрдые инструмен-тальные материалы (КНБ, PKD)
		P02–P40	M10–M40	K03–K40		
Плотность [г/см^3]	8,0–9,0	6,0–15,0			3,2–4,5	3,12–3,5
Твёрдость по Виккерсу HV30	700–900	1.350–1.650	1.350–1.700	1.300–1.800	1350–2100	3.500 2)
Прочность при изгибе [МПа]	2500–4000	800–1900	1350–2100	1.200–2.200	400–950	500–1100
Прочность на сжатие [МПа]	2800–3800	4600–5100	4400–6000	4500–6200	3500–5500 1)	7600 3)
Модуль упругости [ГПа]	260–300	440–560	540–580	580–630	300–450	680–840
Тепловое расширение [$10^{-6}K^{-1}$]	9–12	5,5–7,5	5,5	5,0–5,5	3,0–8,0	–

1) для окисной керамики
2) для КНБ
3) для PKD

Таблица 2.18 Свойства различных инструментальных материалов при комнатной температуре

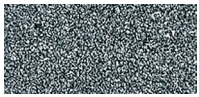
Ниже приводится описание основных инструментальных материалов и их покрытий. Более подробные сведения об ориентировочных значениях и вариантах применения содержатся в главах «Сверление» – «Точение», в которых рассмотрены конкретные технологии производства. Теоретические вопросы, связанные с силами резания, износом, стойкостью и т. д., рассмотрены в разделе 1 данной главы.

3.1.1 Высококачественные быстрорежущие стали (HSS), порошковые стали

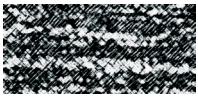
Высококачественные быстрорежущие стали широко применяются для изготовления спиральных сверл, зенкеров, развёрток, фрез и ножовочных полотен. Быстрорежущая сталь часто используется также для изготовления фасонных токарных резцов и прорезных резцов. Условия эксплуатации:

- низкие скорости резания;
- как правило, требуется охлаждение режущей кромки;
- более низкая износостойкость по сравнению с твёрдыми сплавами;
- высокая жаропрочность и прочность при изгибе;
- невысокая стоимость.

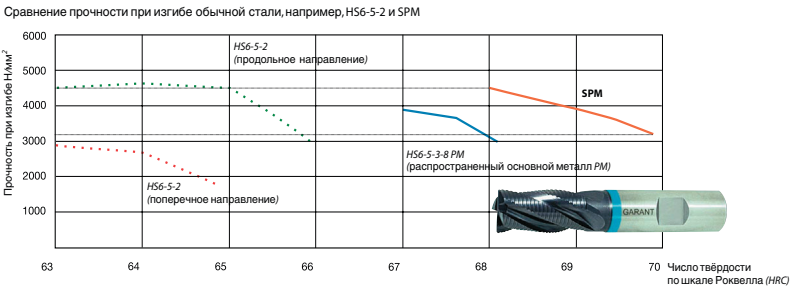
Некоторые основные марки сталей представлены в *таблице 2.19*. Обычно сокращение **HSS** применяется для обозначения быстрорежущей стали HS 6-5-2 (1.3343). Сокращением **HSCO** или **HSS/Co** обозначается материал HS 6-5-2-5 (1.3243). Высоколегированные быстрорежущие стали, как правило, имеют обозначение **HSS-E**. Улучшения качества можно добиться методом порошковой металлургии (**порошковые стали**). При этом производится распыление жидкой стали через форсунки, после чего мелкие капли расплавленного металла быстро затвёрдевают (порошок). При этом не образуются крупные первичные карбиды (см. *рис. 2.40*, слева). Для изготовления отливок порошок плотно спрессовывается под действием высокого давления и высокой температуры (горячий изостатический метод). В результате получается мелкозернистая структура с очень хорошими механическими свойствами, существенно повышающая износостойкость. Кроме того, новая порошковая сталь **SPM** содержит значительно больше легирующих добавок. Благодаря этому SPM характеризуется превосходными показателями по **твёрдости** и **вязкости** (см. *рис. 2.43*).



Структура стали, полученной методом порошковой металлургии: *мелкие карбиды, образующие однородную структуру*



Структура стали обыкновенного качества: *крупные карбиды, образующие строчечную структуру*



Сравнение прочности различных высококачественных сталей при изгибе

Рис. 2.43 Структура высококачественных быстрорежущих сталей и прочность при изгибе

В помещенной ниже таблице представлены легирующие элементы и свойства некоторых марок высококачественных быстрорежущих сталей.

Инструментальный материал	Применение	Содержание легирующих добавок [%]					
		C	W	Mo	V	Co	Cr
HSS	Широкий спектр применения	0,9	6,5	5,0	2,0	–	4,2
HSS с прим. 5 % Co (HSS/Co5)	Высокая жаропрочность для более высоких скоростей резания, для сверления: обработка высокопрочных материалов	0,9	6,5	5,0	2,0	4,8	4,2
HSS с Co или V (HSS/E)	Общее обозначение для HSS/Co5 и HSS/V3, в первую очередь для нарезания внутренней резьбы	0,9 1,2	6,5 6,5	5,0 5,0	2,0 3,0	4,8 –	4,2 4,2
HSS с 8 % Co (HSS/Co8)	Прежде всего для прерывистого реза, например, при фрезеровании	0,9	6,5	5,0	2,0	8,0	4,2
HSS с 10 % Co или 12,5 % Co (HSS/Co10) (HSS/Co12,5)	Исключительно высокая жаропрочность для обработки нержавеющих и кислотостойких материалов при фрезеровании	1,2	9,3	3,6	3,2	10,0 12,5	4,2
Быстрорежущая сталь HSS, полученная методом порошковой металлургии (PM)	Прежде всего для сухой обработки и для максимальных нагрузок при фрезеровании и нарезании внутренней резьбы	1,3	6,5	5,0	3,1	8,5	4,2

Таблица 2.19 Классификация высококачественных быстрорежущих сталей GARANT по содержанию легирующих добавок и свойствам

Соответствующее характеру выполняемых работ покрытие инструмента из быстрорежущей стали HSS обеспечивает дополнительное улучшение его качества, определяющего высокую стойкость. На *рис. 2.44* приведен конкретный пример.

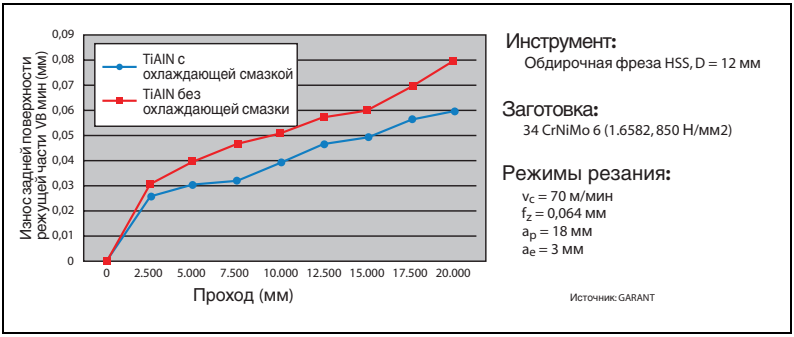


Рис. 2.44 Использование покрытия из алюмонитрида титана при черновом фрезеровании HSS

3.1.2 Твёрдые сплавы (HM или VHM)

При обработке резанием особенно широко применяются твёрдые сплавы, которые изготавливаются из различных карбидов и одного связующего металла. По классификации ISO **твёрдые сплавы** (сокращение HM) обычно подразделяются на три основные группы в зависимости от назначения:

- P для обработки длинностружечных материалов, например, стали, стального литья, нержавеющей стали и ковкого чугуна,
- M для обработки длинно- и короткостружечных материалов, например, аустенитной нержавеющей стали, жаростойких материалов, марганцевой стали, модифицированного чугуна и т. д.,
- K для обработки короткостружечных материалов, например, серого чугуна, закалённой стали, а также цветных металлов (алюминий, бронза), пластмасс и т. д.

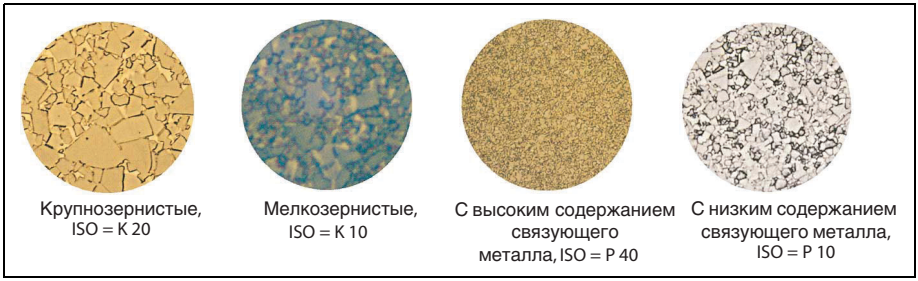


Рис. 2.45 Микроструктура твёрдых сплавов различных марок

Условия эксплуатации:

- значительно более высокая стойкость по сравнению с HSS
- более высокая износостойкость
- возможность работы на более высоких скоростях резания и при более высокой подаче (больше объёмная производительность резания)

Размер содержащихся в традиционных твёрдых сплавах зёрен колеблется в зависимости от фирмы-изготовителя в пределах 1–5 мкм. Если для выполнения конкретных работ требуются острая режущая кромка, отвечающая самым высоким требованиям в отношении вязкости, прочности кромок и износостойкости инструментального материала, в этом случае применяются значительно усовершенствованные за последние годы мелкозернистые твёрдые сплавы. Мелкозернистый твёрдый сплав GARANT (универсальный VHM) состоит из мелкозернистых карбидов с размером зерна ок. 0,3 мкм. Эти мелкозернистые твёрдые сплавы по своему назначению соответствуют маркам от P до K (см. также *рис. 2.45*). Данные инструментальные материалы применяются для обработки резанием улучшенных и закалённых сталей, чугуна, волокнистых композитных материалов и цветных металлов.

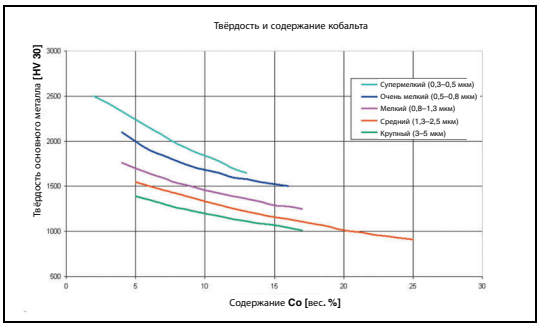


Рис. 2.46 Свойства различных размеров зерна твёрдых сплавов

3.1.3 Керметы

Керметы – твёрдые сплавы, содержащие карбид титана (TIC, TiCN). Они представляют собой соединение из частиц керамики в металлическом связующем (**КЕР**амика-**МЕТ**алл).

К основным свойствам керметов относятся:

- высокая устойчивость к износу задней поверхности режущей части и к износу по передней поверхности
- высокая химическая стабильность и высокая твёрдость при повышенной температуре
- устойчивость к образованию наростов на режущей кромке
- устойчивость к износу в результате окисления

Благодаря высокому сопротивлению износу они отличаются исключительной стойкостью и обеспечивают высокую точность размеров и превосходное качество с точки зрения чистоты обработки поверхности. Применяются керметы в условиях высоких скоростей резания, низких величин подачи и при равномерной глубине резания. В идеале условия обработки для оптимального использования свойств керметов должны быть относительно стабильными, т. е. наилучшим образом они подходят для чистовой обработки.

Более высокая вязкость марок керметов для фрезерования позволяет также обрабатывать нержавеющие и аустенитные стали. Однако по сравнению с областью применения твёрдых сплавов на основе вольфрама с покрытием сегмент, в котором широко применяются керметы, довольно ограничен. Тем не менее они являются хорошей альтернативой при выполнении определённых чистовых операций, в частности, при обработке «смазывающих» материалов.

Благодаря покрытию повышается твёрдость поверхности и, тем самым, сопротивляемость истиранию, а также снижается вероятность образования наростов на режущей кромке. На керметы покрытие наносится только методом PVD (см. также информацию о покрытиях).

Кермет GARANT состоит из мелкозернистых карбидов с размером зерна ок. 0,2–0,4 мкм. При этом доля связующего никеля в процентном отношении точно соответствует требованиям для изготовления цельнокерметных фрез или сменных многогранных пластин. В частности, это позволяет производить чистовую сухую обработку.

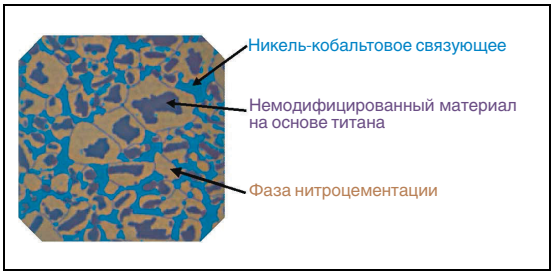


Рис. 2.47 Микроструктура одной из марок кермета

3.1.4 Поликристаллический кубический нитрид бора (PKB или КНБ)

Кубический нитрид бора (КНБ) в качестве поликристаллического режущего элемента применяется в трех различных конструктивных формах:

- в качестве цельной сменной многогранной пластины
- в качестве слоя, нанесенного напылением на твердосплавную основу
- в качестве режущего элемента, напаянного на твердосплавную основу.

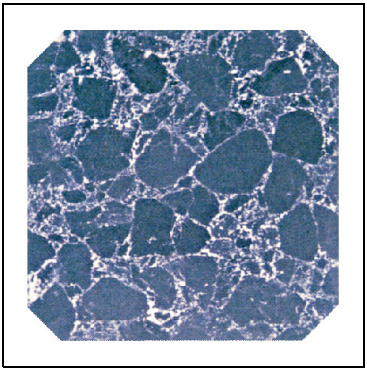


Рис. 2.48
Микроструктура кубического нитрида бора (КНБ)

Свойства:

- исключительная твёрдость
- высокая твёрдость при повышенной температуре (до 2000 °C)
- высокая устойчивость к абразивному износу
- относительно хрупкий, однако более вязкий и твёрдый по сравнению с минералокерамическими режущими материалами
- хорошие показатели химической стабильности при обработке резанием

Инструментальный материал КНБ может приобретать разные свойства за счёт изменения размера кристаллов, содержания и типа связки. Низкое содержание КНБ в комбинации с керамической связкой обеспечивает более высокую износостойкость и химическую стабильность. Данный инструментальный материал наилучшим образом подходит для чистовой обработки закалённой стали и чугуна.

Повышение содержания КНБ обеспечивает более высокую вязкость инструментальных материалов. Они применяются преимущественно в тех случаях, когда при черновой обработке приходится считаться с большими механическими нагрузками на режущую кромку и высокими термическими нагрузками. Прежде всего они пригодны для обработки твёрдых марок чугуна и жаропрочных сплавов (*рис. 2.49* и *таблица 2.20*).

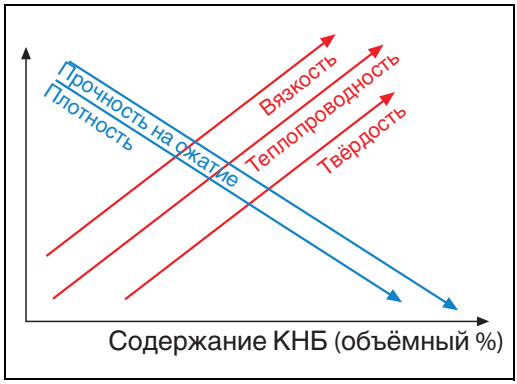


Рис. 2.49
Свойства инструментальных материалов на основе КНБ

	Низкое содержание КНБ	Высокое содержание КНБ
Характеристики Свойства	Содержание КНБ < 60 % Низкая прочность на сжатие Низкая теплопроводность	Содержание КНБ от 80 до 95 % Высокая вязкость разрушения Высокая теплопроводность
Основные области применения	Окончательная обработка: • закалённая сталь • чугун • твёрдые покрытия (на основе кобальта, никеля и железа)	Черновая обработка: • закалённая сталь • белый чугун • твёрдые покрытия (на основе кобальта, никеля и железа) Окончательная обработка: • белый чугун • перлитный серый чугун

Таблица 2.20 Области применения различных инструментальных материалов на основе кубического нитрида бора (КНБ)

КНБ применяется для обработки ковкой стали, закалённой стали и чугуна, жаропрочных сплавов, а также порошковых металлов на основе кобальта и железа.

Рекомендуется применять КНБ для обработки закалённых сталей с числом твёрдости 45–65 HRC. При резании слишком мягких материалов следует считаться с интенсивным износом. Использование режущих кромок из КНБ позволяет добиться очень высокой чистоты обработки поверхности.

GARANT предлагает инструментальные материалы на основе КНБ следующих марок:

- **CBN 710** Исключительно износостойкий материал, обладающий высокой вязкостью для непрерывного реза
- **CBN 720** Износостойкий материал, обладающий высокой вязкостью
- **CBN 725** Универсальное применение. Износостойкий материал, отличающийся очень высокой вязкостью, для прерывистого реза

3.1.5 *Поликристаллический алмаз (PKD)*

Поликристаллический алмаз (PKD) – наиболее твёрдый инструментальный материал. Это обеспечивает его высочайшую устойчивость к абразивному износу. Стойкость PKD при обработке примерно в 100 раз выше по сравнению с твёрдыми сплавами. Несмотря на исключительные свойства, PKD также имеет границы применения:

- температура зоны обработки не выше 600 °C
- по причине химического сродства непригоден для обработки чёрных металлов
- не годится для обработки вязких высокопрочных материалов заготовок

Области применения:

- цветные металлы и неметаллические материалы
- виды работ, требующие высокой точности размеров и высокой чистоты обработки поверхности

По причине хрупкости PKD для применения данного материала требуются стабильные условия обработки, прочные инструменты и станки, а также высокие скорости резания. Смазочно-охлаждающие жидкости могут применяться при использовании данного инструментального материала. Типичной областью применения PKD являются операции, связанные с чистовой обработкой.

На *рис. 2.50* представлено сравнение затрат на обработку графита с помощью различных инструментальных материалов. Применение инструментов из PKD обеспечивает стойкость, которая в 10 раз выше, чем у твердосплавного инструмента. Кроме того, в процессе обработки инструментом с алмазным покрытием не проявляется дисбаланс из-за впаянных режущих кромок, что гарантирует повышение точности вращения концевых фрез.

Необходимо отметить, что в любом случае оптимальный с точки зрения уровня издержек инструментальный материал можно выбрать только посредством тщательного анализа конкретных условий эксплуатации и граничных условий.

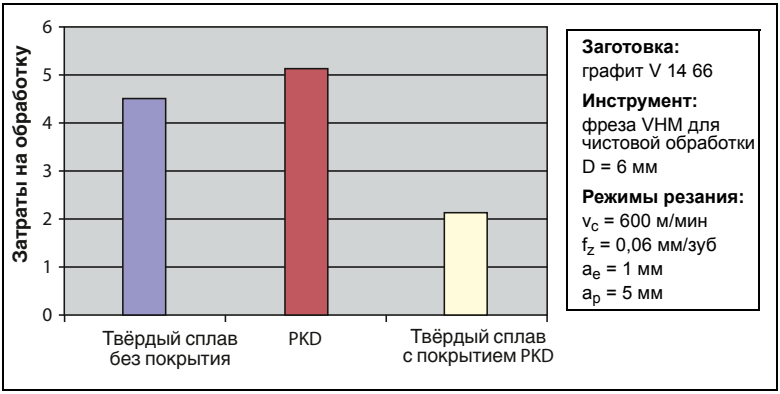


Рис. 2.50 Обработка графита резанием

3.2 Покрытия

Покрытия оказывают существенное влияние на процесс обработки. Правильный выбор покрытия режущей кромки инструмента с учетом характера работ позволяет добиться следующих преимуществ:

- повышение стойкости
- уменьшение сил резания
- повышение скоростей резания и подачи
- повышение качества поверхности
- оптимизация условий сухой обработки
- улучшение результатов обработки твёрдых материалов с числом твёрдости до 68 HRC

3.2.1 Методы нанесения покрытий

Существуют как химические, так и физические методы нанесения покрытий из высокопрочных соединений. К ним относятся

- CVD (**C**hemical **V**apor **D**eposition), а также
- PVD (**P**hysical **V**apor **D**eposition).

Метод CVD (химическое осаждение из газовой фазы) широко используется для нанесения покрытий, например, на твёрдые сплавы. Он с успехом используется для получения многослойных покрытий, так как в газовой фазе легко можно добиться их различного состава. Многослойные покрытия могут наноситься на поверхность в разных комбинациях, в различной последовательности и могут иметь разную толщину.

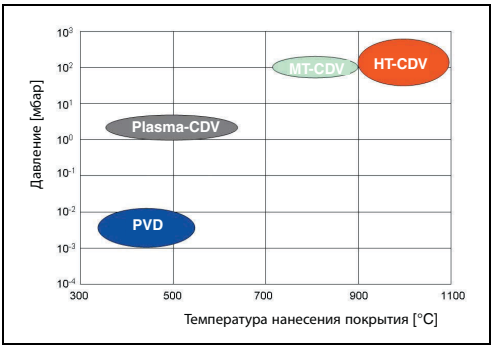


Рис. 2.51 Методы нанесения покрытий

Усовершенствованным методом высокотемпературного химического осаждения из газовой фазы (HT-CVD) в настоящее время наносится покрытие на большую часть твердосплавных инструментов. Высокотемпературные покрытия отличаются очень хорошей адгезией к основному металлу. Твёрдые сплавы с покрытием, нанесенным классическим методом HT-CVD, характеризуются высокой износостойкостью благодаря относительно большой толщине покрытия из высокопрочных соединений (до 12 мкм при токарной обработке и 6 мкм при фрезеровании). Однако недостаток состоит в том, что прочность твердосплавных изделий с покрытием снижается по сравнению с основными металлами без покрытия.

Тепловое воздействие на инструментальный материал при нанесении покрытия методом среднетемпературного химического осаждения из газовой фазы (MT-CVD) ниже по причине менее высокой температуры нанесения покрытия при одновременно более высокой интенсивности осаждения. Опасность обезуглероживания и, таким образом, возникновения хрупких фаз снижается при использовании в качестве основного металла твёрдых сплавов. Твёрдые сплавы с покрытием MT-CVD благодаря превосходным свойствам вязкости используются преимущественно при фрезеровании.

При нанесении покрытия методом плазменного осаждения из газовой фазы (P-CVD) осаждение мелкозернистого покрытия происходит при более низких температурах по сравнению с методами HT-CVD и MT-CVD. Поскольку одних этих температур недостаточно для образования высокопрочных соединений, дополнительное питание процесса энергией осуществляется за счёт находящейся в пульсирующем режиме плазмы тлеющего разряда низкого давления. Благодаря этому химические реакции возможны также при пониженных температурах. За счёт снижения температуры свойства твёрдого сплава в процессе нанесения покрытия остаются почти неизменными. Свойства твёрдых сплавов с покрытием P-CVD особенно положительно отражаются на производительности при обработке резанием сталей повышенной прочности в режиме прерывистого реза.

Преимущество **метода PVD** (физическое осаждение в вакууме) по сравнению с методом CVD состоит в осаждении тугоплавких веществ при низких температурах и, следовательно, в щадящем режиме воздействия на основной металл (прочность основного металла при изгибе остаётся почти неизменной благодаря низким температурам нанесения покрытия). Другим преимуществом является небольшая толщина слоя. Это позволяет сохранять относительно острую режущую кромку (небольшой радиус закругления режущей кромки), что особенно важно для чистовой и прецизионной обработки.

3.2.2 Состав покрытий

Наряду с различными традиционными покрытиями, например, TiN или TiAlN, все более широко применяются сверхтвёрдые углеродистые покрытия, обладающие уникальными свойствами, обеспечивающими снижение интенсивности износа, уменьшение трения и ослабление коррозии. Преимущество покрытий DLC (Diamond Like Carbon) по сравнению с традиционными покрытиями на основе TiN заключается в том, что при его нанесении резко снижается вероятность термического схватывания с обрабатываемым материалом. Несмотря на то, что по своей структуре они ближе к графиту, данные покрытия обладают свойствами, характерными для алмаза. При высочайшей микротвёрдости от 1500 до 3000 Н/мм^2 покрытия DLC вполне упруги (предел упругости ок. 1,5 %). Они могут наноситься, образуя прочный слой, методом осаждения из газовой фазы с использованием углеродистой плазмы почти на все металлы и сплавы, лёгкие металлы, твёрдые сплавы, а также на неметаллические материалы (кремний, стекло, керамику, пластмассу и т. д.).

Покрытия позволяют добиться существенного повышения стойкости и, кроме того, заменить материалы более высокого качества менее твёрдыми, однако имеющими покрытие (например, покрытия DLC на вязкой инструментальной стали заменяют хрупкие твёрдые сплавы). В таблице 2.21 представлено сравнение различных свойств некоторых покрытий.

При этом при выборе покрытия в каждом конкретном случае необходимо учитывать характер выполняемых работ. **Подходящий инструмент с другими покрытиями** можно найти при помощи Cutting Pilot (см. также сведения на с. 1) и **в действующем каталоге**. Кроме того TechnologyCenter Hoffmann Group оказывает **услуги по нанесению покрытий**, благодаря чему вы можете нанести оригинальное покрытие на инструмент после переточки или за несколько дней нанести покрытие на новый инструмент без покрытия. При этом для обеспечения оптимальной производительности инструмента для обработки резанием производится индивидуальная пригонка нужного покрытия.

	Твёрдость [HV]	**Коэффициент теплопроводности** [кВт/мК]	**Максимальная рабочая температура** [°C]
TiN	2.200	0,07	600
TiCN	3.000	0,1	450
TiAlN	3.300	0,05	800
Алмаз	10.000	2,0	600

Таблица 2.21 Свойства специализированного инструмента с покрытием

Основные свойства различных покрытий представлены в помещенной ниже таблице. Ориентировочные режимы резания для различных видов обработки содержатся в главах «Сверление» – «Точение».

Тип покрытия	**Свойства**
TiN	Устойчивость к образованию лунки и к диффузии
TiCN	Твёрдость, вязкость
TiAlN	Твёрдость при повышенной температуре, устойчивость к окислению
DLC	Твёрдость, высокие антифрикционные качества, износостойкость, коррозионная стойкость
Алмаз	Твёрдость, износостойкость

Таблица 2.22 Основные свойства различных покрытий

Еще большего соответствия требованиям для конкретного вида работ можно добиться посредством использования многослойных покрытий.

3.3 Обзор инструментальных материалов

В качестве инструментальных материалов для токарной и фрезерной обработки под маркой GARANT предлагаются как высококачественные быстрорежущие стали (HSS и PM), так и различные твёрдые сплавы и керметы (с покрытием и без покрытия), а также материалы на основе нитрида бора (КНБ).

3.3.1 Инструментальные материалы GARANT для фрезерования

Фрезерование/Инструментальные материалы — **Информация**

	Описание марок	P (сталь)					M (нержавеющая сталь)			K СЧ(ВЧ)				N (алюминий)		S (Ti)		H (HRC)		
		P01	P10	P20	P30	P40	M10	M30	M40	K01	K10	K20	K30	(Al,)	(Al,)	(Ti)	(Ti)	< 55	< 60	< 67
Твёрдый сплав с многослойным покрытием	Марка для обработки закалённых сталей до 60 HRC Многослойное покрытие TiC/TiN-CVD.	HB 7505								HB 7505								HB 7505		
	Специальный сорт для алюминия, цветных металлов и пластмасс; мелкозернистый, TiAlN/TiN-PVD.													HB 7510						
	Износостойкая марка для сухой обработки при высочайшей скорости резания. (P10/20) (M10/20) Мелкозернистая с высокоизносостойким многослойным покрытием TiC/TiN-CVD.		HB 7520				HB 7520													
	Марка для обработки с СОЖ и сухой обработки при высокой скорости резания. Многослойное покрытие TiC/TiN-CVD.			HB 7525			HB 7525													
	Вязкая марка для обработки с СОЖ и уменьшенной скоростью резания, идеальна для тяжёлых, неустойчивых условий и нержавеющих ъъсталей. (P30/40)(M20/35) Мелкозернистая с покрытием TiAlN/TiN-PVD или ъъ TiAlN.			HB 7535	HB 7535			HB 7535	HB 7535							HB 7535	HB 7535			
	Высокоизносоустойчивый сорт для обработки закалённых сталей до 60 HRC. Многослойное покрытие TiC/TiN-CVD.	HB 7705								HB 7705								HB 7705		
	Высокоизносоустойчивая марка для обработки чугуна. (P10) (K10/20). Твёрдый сплав с покрытием TiAlN-CVD.		HB 7710								HB 7710									
	Износоустойчивая марка для обработки высоколегированных инструментальных сталей, чугуна и сплавов на основе никеля для обработки с СОЖ и сухой обработки.		HB 7720									HB 7720								
	Очень вязкая марка для обработки с СОЖ и специально сухой обработки для материалов с низкой твёрдостью. (P30/40) (M20) Твёрдый сплав с покрытием TiAlN-CVD.			HB 7735			HB 7735									HB 7735				
	Универсальная марка с многослойным покрытием, нанесённым по новейшей нанотехнологии. многослойное покрытие TiNAlN ъъ, очень гладкий и с высокой износостойкостью.			HB 7830				HB 7830												
Кермет	Без покрытия. Очень вязкий и высокоизносоустойчивый кермет для сухой обработки при небольшой глубине резания.	CU 7725					CU 7725													
Твёрдый сплав Без покрытия	Специально для обработки алюминия, цветных металлов и пластмасс, часто в полированном до зеркального блеска исполнении (K10/20).													HU 7710						
	Вязкая марка (P20/35) дли низкой скорости резания.			HU 7730				HU 7730				HU 7730								
HSS TiN	Быстрорежущая сталь с покрытием TiN, высоковязкая для решения проблем. ъъ				HSS-TiN				HSS-TiN							HSS-TiN				
КНБ	Износоустойчивая марка с КНБ. Универсальное применение с очень высокой вязкостью.																	CBN725		

3.3.2 *Инструментальные материалы KOMET для сверления и точения*

KOMET Сверление, точение/Инструментальные материалы — Информация

	Описание марки	P (сталь)					M (нержавеющая сталь)				K СЧ(ВЧ)				N (алюминий)		S (Ti)		H (HRC)		
		P01	P10	P20	P30	P40	M10	M20	M30	M40	K01	K10	K20	K30	(Al)	(Al)	(Ti)	(Ti)	< 55	< 60	< 67
Твёрдый сплав с покрытием	Многослойное покрытие TiC-/TiN на основном материале P25M. Высокая стойкость даже в верхнем диапазоне скорости резания. Лежит от вязкости в диапазоне между P10 и P20.		BK60				BK60														
	Многослойное покрытие TiC-/Al_2O_3 для высокой скорости резания всех марок серого чугуна.											BK61									
	Покрытие TiCN-/Al_2O_3-CVD для высокой скорости резания серого чугуна.										BK62										
	Многослойное покрытие TiC-/TiN на основном материале P40. Подходит для прерывистого резания, а также в качестве для сборных свёрл центральной пластины для предотвращения образование наростов на режущей кромке.			BK64																	
	Многослойное покрытие TiCN-/Al_2O_3-TiN на основном материале P25. Высокоизносоустойчивая марка для высокой скорости резания.		BK72																		
	Покрытие TiN-PVD на основном материале K10 для обработки алюминиевых сплавов и пластмасс со средней скоростью резания.														BK77						
	Покрытие TiAlN на основном материале P40 для очень прерывистого резания со средней скоростью резания.			BK79					BK79								BK79				
	Марка с покрытием TiCN-/TiN-PVD с балансированным соотношением вязкости и износостойкости; даже при прерывистом резании и в качестве внутренней СМП при сверлении.			BK8425				BK8425					BK8425								
				BK84				BK84					BK84								
	Специально для обработки чугуна.												BK2715								
	Мелкозернистый материал с покрытием TiAlN, обеспечивающий исключительную прочность режущих кромок и отличающийся очень высокой износостойкостью при обработке со средней и высокой скоростью.							BK2730									BK2730				
	Твёрдый сплав с покрытием CVD-Al_2O_3, обработка чугуна, Сталь и нержавеющая сталь, таже при высокой скорости резания.		BK6115					BK6115				BK6115									
	Покрытие TiB_2-PVD на износоустойчивом твёрдом сплаве с высокой твёрдостью. Для обработки алюминия с содержанием Si ок. 10 %.														BK7710						
	Покрытие TiAlN-PVD с высоким содержанием алюминия на износоустойчивом мелкозернистом твёрдом сплаве, высокая производительность при сверлении, специально для нержавеющих сталей.			BK7930				BK7930													
	Покрытие TiCN-/TiN-PVD на вязком основном материале. Высокая прочность режущих кромок, особенно хорошо подходит для средней скорости резания, даже при прерывистом резании.			BK8440				BK8440													
Кермет	Инструментальный материал CERMET для чистового точения и доводки. Низкий износ и высокая скорость резания для повышенной стойкости и высокого качества обрабатываемой поверхности	CK32																			
	Инструментальный материал CERMET с покрытием TiCN-/TiN имеет высокую вязкость и износостойкость. Универсальное применение для обработки стали, цветных металлов и чугуна	CK38					CK38				CK38										
Твёрдый сплав без покрытия	Для точения и сверления в цельном материале. Основное применение в качестве центральной пластины для сборных свёрл KOMETKUB.			P25M																	
	Подходит для очень прерывистого резания в нижнем и среднем диапазонах скорости резания				P40																
	Режущая кромка с фаской и нейтральной геометрии для всех марок серого чугуна. Режущая кромка острая и положительной геометрии для цветных металлов (алюминий).										K10				K10						
КНБ	Кубический нитрид бора для обработки закалённых сталей (свыше 45 HRC).																		CBN40		

3.3.3 *Инструментальные материалы GARANT для точения*

Точение/Инструментальные материалы — Информация

	Описание марки	P (сталь)					M (нержавеющая сталь)				K СЧ(ВЧ)				N (алюминий)		S (Ti)		H (HRC)		
		P01	P10	P20	P30	P40	M10	M20	M30	M40	K01	K10	K20	K30	(Al)u	(Al)u	(Ti)	(Ti)	< 55	< 60	< 67
Твёрдый сплав с покрытием	Лучший выбор для обработки различных сталей. Двухцветный сорт – золотистое покрытие TiN и чёрное Al_2O_3 гарантирует высочайшую износостойкость и быстрое удаление стружки (TiN / Al_2O_3 / TiCN, многослойное покрытие).	HB 7010																			
	Очень вязкий универсальный материал, специально для Garant «5 в 1» Лучший выбор для всех сталей и нержавеющих материалов.				HB 7130			HB 7130													
	Чрезвычайно износостойкий сорт для непрерывного резания. По стали и серому чугуну при высочайших скоростях резания (TiN / Al_2O_3 / TiCN, многослойное покрытие).	HB 7005									HB 7005										
	Общее применение для непрерывного / мало прерываемого резания (поперечное отверстие) по стали при повышенных скоростях резания (TiAlN / Al_2O_3 / TiCN, многослойное покрытие).		HB 7010									HB 7010										
	Общее применение резания для высокой производительности. (TiCN / Al_2O_3 / Ti, многослойное покрытие).			HB 7025			HB 7025														
	Применяются для получистовой и черновой обработки стали при средних скоростях резания, для прерывистого резания (TiN / Al_2O_3 / TiCN, многослойное покрытие).				HB 7035																
	Специальный сорт для нержавеющей стали (VA). Высочайшая износостойкость при непрерывном резании (TiN/ Al_2O_3 / TiCN , многослойноепокрытие).						HB 7120										HB 7120				
	Специальный сорт для нержавеющей стали (VA) и для нарезания резьбы резцом с небольшим скруглением режущей кромки, обладающий высокой вязкостью (многослойное покрытие PVD-TiN).								HB 7135								HB 7135				
	Специальный универсальный сорт для нарезания резьбы резцом (многослойное покрытие TiAlN методом PVD).			HB 7020			HB 7020														
	Лучший выбор для обработки чугуна. Для непрерывного и прерывистого резания. (TiCN, Al_2O_3) покрытие CVD.										HB 7405										
	С покрытием TiAlN для более высокой износостойкости. Идеально подходит для обработки материалов с повышенным содержанием кремния.														HB 70AL						
Кермет	с покрытием. Для получистовой и чистовой обработки стали при средней скорости резания. Также для мало прерываемого резания (поперечное отверстие).		CB 7035				CB 7035														
	без покрытия. Для чистовой и получистовой обработки стали и чугуна при высочайшей скорости резания.	CU 7033									CU 7033										
Твёрдый сплав без покрытия	Специально для обработки алюминия, исключительная износостойкость и высочайшая прочность режущих кромок.														HB 70AL						
	Универсальное применение для получистовой обработки стали. Выгодная альтернатива за счёт очень хорошего соотношения цены и качества.			HU 7020																	
КНБ/ Керамика	Чрезвычайно износостойкий сорт на основе КНБ для непрерывного резания.																			CBN710	
	Исносостойкий сорт на основе КНБ с высокой вязкостью.																			CBN720	
	Универсальное применение. Износостойкий сорт на основе КНБ с высокой вязкостью, также для прерывистого резания.																			CBN725	
	Al_2O_3 / TiCN комбинированная керамика для обработки закалённых сталей (> 45 HRC) при непрерывном резании.																			CE730	

4 Перечень формул

Скорость, подача		
Частота вращения	$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot p}$	D Диаметр f Подача f_z Подача на зуб n Частота вращения v_c Скорость резания v_f Скорость подачи z Число зубьев p 3, 14159...
Скорость резания	$v_c = \frac{D \cdot p \cdot n}{1000}$	
Подача на зуб	$f_z = \frac{f}{z} = \frac{v_f}{z \cdot n}$	
Подача на оборот	$f = f_z \cdot z$	
Скорость подачи	$v_f = f_z \cdot z \cdot n$	
Объёмная производительность резания		
Объёмная производительность резания	$Q = A \cdot v_c = a_e \cdot a_p \cdot v_f$	A Поперечное сечение стружки F_c Касательная составляющая силы резания Q Объёмная производительность резания Q_c Удельн. объёмная производительность резания a_e Ширина резания a_p Глубина резания v_c Скорость резания v_f Скорость подачи k_c Удельн. сила резания
Удельная объёмная производительность резания	$Q_c = \frac{Q}{P_c} = \frac{A \cdot v_c}{F_c \cdot v_c} = \frac{1}{k_c}$	
Параметры поверхности		
Средн. высота микронеровностей	$R_z = \frac{1}{n}(Z_1 + Z_2 + \ldots + Z_n)$	R_a Среднее отклонение профиля R_t Теоретич. высота микронеровностей R_z Средн. высота микронеровностей f Подача r_e Радиус закругления
Теоретич. высота микронеровностей	$R_t = \frac{f^2}{8 \cdot r_e}$	
Среднее отклонение профиля	$R_a = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l \lvert y(x) \rvert dx$	

Сила, мощность и момент при обработке резанием

Сверление, зенкерование, развёртывание

$$A = 2 \cdot b \cdot h = a_p \cdot f$$

$$b = \frac{a_p}{\sin\frac{s}{2}} \qquad h = \frac{f}{z} \cdot \sin\frac{s}{2}$$

$$F_c = A \cdot k_c = b \cdot h \cdot k_c$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^m}$$

Сверление в сплошном материале:

$$F_{cz} = \frac{D}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_B$$

Рассверливание:

$$F_{cz} = \frac{(D-d)}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_B$$

Зенкерование:

$$F_{cz} = \frac{(d_{1max}-d_2)}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_{Se}$$

$$P_a = \frac{P_c}{h} \qquad P_c = \frac{M_d \cdot n}{9554}$$

Сверление в сплошном материале:

$$P_c = \frac{F_{cz} \cdot v_c}{60\,000}$$

Рассверливание, зенкерование:

$$P_c = \frac{F_{cz} \cdot v_c \cdot \left(1 + \frac{d}{D}\right)}{60\,000}$$

Сверление в сплошном материале:

$$M_d = \frac{F_{cz} \cdot z \cdot \frac{D}{4}}{1000}$$

Рассверливание, зенкерование:

$$M_d = \frac{F_{cz} \cdot z \cdot (D+d)}{4000}$$

A	Поперечное сечение стружки
D	Диаметр, наружный
F_c	Касательная составляющая силы резания
F_{cz}	Касательная составляющая силы резания на зуб
M_d	Вращающий момент
P_a	Мощность привода
P_c	Расходуемая мощность на резание
a_p	Глубина резания
b	Ширина срезаемого слоя
d	Диаметр, внутренний
d_{1max}	макс. наружный диаметр
d_2	Внутренний диаметр
f	Подача
f_z	Подача на зуб
f_B	Технологический коэффициент для сверления (см. табл. 3.1)
f_{Se}	Технологический коэффициент для зенкования (см. уравн. 5.2)
h	Толщина срезаемого слоя
k_c	Удельн. сила резания
$k_{c1.1}$	Удельн. сила резания при A = 1 мм^2
m	Наклон касательной
v_c	Скорость резания
z	Число зубьев
σ	Угол при вершине
η	кпд

Сила, мощность и момент при обработке резанием

Нарезание резьбы метчиками

$$A = (0{,}4 \cdot P)$$

$$F_c = \frac{l}{z} \cdot A \cdot k_c \cdot f_{Gs} \cdot K_{Ver}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^m}$$

$$P_a = \frac{P_c}{h} \qquad P_c = \frac{M_c \cdot n}{9554}$$

$$M_c = F_c \cdot z \cdot \frac{D_2}{2}$$

A	Поперечное сечение стружки
D_2	Средний диаметр резьбы
F_c	Касательная составляющая силы резания
M_c	Момент резания
K_{Ver}	Поправочный коэффициент износа
P	Шаг
P_a	Мощность привода
P_c	Расходуемая мощность на резание
f_{Gs}	Технологич. коэффициент для нарезания резьбы (см. рис. 4.4)
h	Толщина срезаемого слоя
k_c	Удельн. сила резания
$k_{c1.1}$	Удельн. сила резания при A = 1 мм^2
m	Увеличение удельной силы резания
n	частота вращения
z	Число зубьев
η	кпд

Пиление

$$b = a_p \qquad h = f_z$$

Пиление дисковыми пилами:

$$f_z = \frac{A_s \cdot D \cdot \pi}{l \cdot v_c \cdot z \cdot 1000}$$

Пиление ленточными пилами:

$$f_z = \frac{A_s \cdot T}{l \cdot v_c \cdot 1000}$$

$$F_{cz} = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_{Sa} \cdot K_{Ver}$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^m}$$

$$P_a = \frac{P_c}{\eta} \qquad P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60\,000} \cdot z_{iE}$$

$$M_d = \frac{9554 \cdot P_c}{n}$$

A_s	Удельн. площадь резания
D	Диаметр пильного диска
F_c	Касательная составляющая силы резания
M_d	Вращающий момент
K_{Ver}	Поправочный коэффициент износа (см. табл. 2.12)
P_a	Мощность привода
P_c	Расходуемая мощность на резание
T	Шаг зубьев
a_p	Глубина резания
b	Ширина срезаемого слоя
f_{Sa}	Технологич. коэффициент для пиления (см. уравн. 7.6)
f_z	Подача на зуб
h	Толщина срезаемого слоя
k_c	Удельн. сила резания
$k_{c1.1}$	Удельн. сила резания при A = 1 мм^2
l	Длина реза
m	Увеличение удельной силы резания
n	Частота вращения
v_c	Скорость резания
z	Число зубьев
z_{iE}	Число зубьев в зацеплении
π	3,14159...
η	кпд

Сила, мощность и момент при обработке резанием

Фрезерование

$$A = b \cdot h_m = a_p \cdot f$$

Торцовое фрезерование:

$$b = \frac{a_p}{\sin k_r}$$

$$h_m = \frac{114{,}6^\circ}{j_s^\circ} \cdot f_z \cdot \sin k_r \cdot \frac{a_e}{D}$$

Периферийное фрезерование:

$$b = a_e$$

$$F_{cmz} = A \cdot k_c = b \cdot h_m \cdot k_c \cdot P_K$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h_m^m}$$

$$P_a = \frac{P_c}{h} \qquad P_c = \frac{F_{cmz} \cdot v_c \cdot z_{iE}}{60\,000}$$

$$M_d = \frac{9554 \cdot P_c}{n}$$

Цилиндрическая фреза
Эффективный диаметр фрезы

$$d_{eff} = 2 \cdot \sqrt{D \cdot a_p - a_p^2}$$

Эффективная скорость резания

$$v_{ceff} = \frac{2 \cdot p \cdot n}{1000} \cdot \sqrt{D \cdot a_p - a_p^2}$$

Строчечное фрезерование
Сдвиг строчек

$$b_r = 2 \cdot \sqrt{a_p \cdot (D - a_p)}$$

Врезание по спирали
Скорость подачи

$$v_f = \frac{n \cdot f_z \cdot z_{eff} \cdot (D_a - D)}{D_a}$$

A	Поперечное сечение стружки
D	Диаметр фрезы
D_a	Диаметр спиралей
F_{cmz}	Средняя сила резания на режущую кромку
M_d	Вращающий момент
P_a	Мощность привода
P_c	Расходуемая мощность на резание
a_e	Ширина резания
a_p	Глубина резания
b	Ширина срезаемого слоя
b_r	Сдвиг строчек
d_{eff}	Эффективный диаметр фрезы
f	Подача
f_z	Подача на зуб
h_m	Средняя толщина срезаемого слоя
k_c	Удельн. сила резания
$k_{c1.1}$	Удельн. сила резания при A = 1 мм^2
m	Увеличение удельной силы резания
n	Частота вращения
v_c	Скорость резания
v_{ceff}	Эффективная скорость резания
z_{eff}	Число рабочих зубьев
z_{iE}	Число зубьев в зацеплении
Π_K	Произведение поправочных коэффициентов (см. табл. 2.12)
k_r	Угол в плане
j_s	Величина угла контакта фрезы с заготовкой
π	3,14159...
η	кпд

Сила, мощность и момент при обработке резанием

Токарная обработка

$$A = b \cdot h = a_p \cdot f$$

$$b = \frac{a_p}{sink_r} \qquad h = f \cdot sink_r$$

$$F_c = A \cdot k_c = b \cdot h \cdot k_c$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^m}$$

$$P_a = \frac{P_c}{h} \qquad P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60\,000}$$

$$M_d = \frac{9554 \cdot P_c}{n}$$

A	Поперечное сечение стружки
F_c	Касательная составляющая силы резания
M_d	Вращающий момент
P_a	Мощность привода
P_c	Расходуемая мощность на резание
a_p	Глубина резания
b	Ширина срезаемого слоя
f	Подача
h	Толщина срезаемого слоя
k_c	Удельн. сила резания
$k_{c1.1.}$	Удельн. сила резания при A = 1 мм^2
m	Наклон касательной
n	Частота вращения
v_c	Скорость резания
k_r	Угол в плане
h	кпд

Шлифование

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h_m^m} \cdot K_{Sch}$$

Круглое шлифование

$$h_m = \frac{\lambda_{ke}}{q_s} \cdot \sqrt{a_e \cdot \left(\frac{1}{d_s} \pm \frac{1}{d_e}\right)}$$

Плоское шлифование:

$$h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}} = \frac{\lambda_{ke}}{q_s} \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}}$$

$$F_{cmz} = b \cdot h_m \cdot k_{cm}$$

$$\mu_c = \frac{F_n}{F_t}$$

$$P_c = \frac{F_{cm} \cdot v_c}{1000} = \frac{F_t \cdot v_c}{1000}$$

$$P_a = \frac{P_c}{\eta}$$

F_{cmz}	Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку
F_n	Нормальная сила
F_t	Касательное усилие
K_{Sch}	Поправочный коэффициент для учёта влияния размера зерна (см. с. табл. 11.9)
P_a	Мощность привода
P_c	Расходуемая мощность на резание
a_e	Рабочее врезание
b	Ширина срезаемого слоя = эффективная ширина шлифования
d_s	Диаметр шлиф. круга
d_W	Диаметр заготовки
f_z	Подача на зуб
h_m	Средняя толщина срезаемого слоя
k_{cm}	Сред. удельн. сила резания
$k_{c1.1}$	Основной показатель удельн. силы резания при A = 1 мм^2
m	Увеличение удельной силы резания
v_c	Скорость резания
q_s	Соотношение скоростей (см. с. уравн. 11.6)
λ_{ke}	Эффективный интервал зерна (см. с. табл. 11.8)
μ_c	Соотношение сил
η	кпд

Основное машинное время			
Сверление, зенкерование, развёртывание	$t_h = \frac{L}{f \cdot n}$ $L = l + l_a + l_u$ **Сквозное отверстие:** $L = l + 3 + \frac{D}{2 \cdot tan\left(\frac{s}{2}\right)}$ **Глухое отверстие:** $L = l + 1 + \frac{D}{2 \cdot tan\left(\frac{s}{2}\right)}$ **Зенкерование:** $L = l + 6$ **Развёртывание:** $L = l + D$	D L f l l_a l_u n t_h σ	Диаметр фрезы Общее перемещение Подача Толщина заготовки Врезание Длина перебега Частота вращения Основное машинное время Угол при вершине
Резьбофрезерование	$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$ $L = \frac{7}{6} \cdot d \cdot p$	L a_p d f g i n p t t_h π	Общее перемещение Глубина резания Диаметр резьбы Подача Число ниток резьбы Число режущих кромок Частота вращения Шаг резьбы Высота исходного профиля резьбы Основное машинное время 3,14159...
Нарезание резьбы резцом	$t_h = \frac{L \cdot i \cdot g}{p \cdot n}$ $i = \frac{t}{a_p}$		
Пиление	$t_h = \frac{A}{A_s}$	A A_s t_h	Подлежащее разрезанию сечение Удельн. поперечное сечение стружки Основное машинное время

Основное машинное время

Фрезерование

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$$

$$L = l + 2Z_l + l_a + l_u$$

Торцовое фрезерование

Черновая обработка:

Симметрично

$$l_a + l_u = 3 + \frac{D}{2} - 0{,}5 \cdot \sqrt{D^2 - a_e}$$

Несимметрично – ось фрезы в пределах заготовки

$$l_a + l_u = 3 + \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - a_e^2}$$

Несимметрично – ось фрезы за пределами заготовки

$$l_a + l_u = 3 + \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - y^2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (a_e - y)^2}$$

Получистовая обработка:

$$l_a + l_u = 3 + D$$

Периферийное фрезерование

Черновая обработка:

$$l_a + l_u = 3 + \sqrt{D \cdot a_e - a_e^2}$$

Получистовая обработка:

$$l_a + l_u = 3 + 2\sqrt{D \cdot a_e - a_e^2}$$

Токарная обработка

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$$

Продольное точение

$$L = l + l_a + l_u$$

$$L = l + 4$$

Торцевое точение

Полнотелый цилиндр

$$L = l_a + \frac{D}{2}$$

Полый цилиндр

$$L = l_a + \frac{D - d}{2} + l_u$$

D	Диаметр фрезы
L	Общее перемещение
Z_l	Припуск на обработку
a_e	Ширина резания
a_e'	Удельн. ширина резания
f	Подача
i	Число режущих кромок
l	Длина заготовки
l_a	Врезание
l_u	Длина перебега
n	Частота вращения
t_h	Основное машинное время
y	Расстояние до оси фрезы

D	Наружный диаметр заготовки
L	Общее перемещение
d	Внутренний диаметр заготовки
f	Подача
i	Число режущих кромок
l	Длина заготовки
l_a	Врезание
l_u	Длина перебега
n	Частота вращения
t_h	Основное машинное время

Основное машинное время

Шлифование

Круглое шлифование

Шлифование с продольн. подачей:

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n_W}$$

$$L = l - \frac{1}{3} \cdot B$$

$$i = \frac{\Delta d_w}{2 \cdot a_e} + 8$$

Врезное шлифование:

$$t_h = \frac{L}{v_f} = \frac{\Delta d_w}{2 \cdot a_e \cdot n_w}$$

Плоское и торцовое шлифование

Шлифование периферией круга:

$$d\left(t_h = \frac{B_b \cdot i}{f \cdot n}\right)$$

$$L = l_a + l + l_u$$

$$B_b = \frac{2}{3} \cdot B + b$$

$$n = \frac{v_w}{2 \cdot L}$$

$$i = \frac{z_h}{a_e} + 8$$

Шлифование торцом круга:

$$t_h = \frac{i}{n}$$

B	Ширина шлиф. круга
B_d	Перемещение шлиф. круга в попереч. направлении
L	Перемещение шлиф. круга в продольн. направлении
a_e	Подача на проход или на двойной ход
b	Ширина заготовки
Dd_W	Разность диаметров заготовки
f	Подача
i	Число проходов
l	Длина заготовки
l_a	Врезание
l_u	Длина перебега
n	Число двойных ходов в минуту
n_W	Частота вращения заготовки
t_h	Основное машинное время
v_f	Скорость подачи
v_W	Скорость заготовки
Z_h	Припуск на обработку

Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания, сверление **162**

Система цветовой маркировки GARANT: стандарт для всей отрасли **164**

Обзор инструментов **166**

Спиральные свёрла HSS 166
Спиральные свёрла VHM 168
Обзор сборных свёрл 170

1 **Классификация сверлильных операций** **171**

2 **Физические параметры резания при сверлении** **171**

2.1 Сверление в сплошном материале 172
2.2 Рассверливание 172

3 **Силы, вращающий момент, потребление мощности при сверлении** **173**

3.1 Главная составляющая силы резания 173
3.2 Вращающий момент и мощность 174
3.3 Прочие составляющие силы резания при сверлении 176

4 **Расчёт основного машинного времени при сверлении** **177**

5 **Глубина сверления и диаметр предварительного сверления** **178**

5.1 Глубина сверления 178
5.2 Диаметр предварительного сверления для рассверливания 179
5.3 Глубокое сверление 179

6 **Спиральные свёрла HSS** **180**

6.1 Типы спиральных сверл 180
6.2 Способы и ошибки заточки 182

7 **Цельные твердосплавные свёрла (VHM)** **184**

8 **Инструменты с СМП** **185**

8.1 Свёрла со сменной коронкой (корончатые свёрла) 185
8.2 Свёрла со сменными пластинами 186
8.2.1 Сборные свёрла с СМП 186
8.2.2 Инструмент с СМП для чернового растачивания 187
8.3 Расточные головки со сменными резцами 188
8.4 Расточные головки с микрометрической резцовой вставкой 189
8.5 Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» 190

9 Примеры применения свёрл GARANT 190

9.1 Применение HSS-свёрл GARANT с FS-профилем 190
9.2 Применение высокопроизводительных VHM-свёрл GARANT 192
9.3 Применение свёрл MTC 194
9.4 Применение сборных свёрл с СМП 195
9.4.1 Сверление свёрлами KUB Quatron 195
9.4.2 Сверление свёрлами KUB Centron 196

10 Факторы, влияющие на результат сверления, и устранение проблем 197

10.1 Факторы, влияющие на результат сверления 197
10.2 Инструкции по устранению проблем при сверлении 198

11 Ориентировочные режимы резания, сверление 199

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания, сверление

Сверло		Инструментальный материал / покрытие	№ табл.	С.
Центровочное сверло		HSS и HSS/E	3.9	200
Центровочное сверло для станков с ЧПУ		HSS/E	3.10	202
		HSS/E (с покрытием TiAlN)	3.11	204
Спиральное сверло		HSS и HSS/E	3.12	206
		Порошковая сталь PM (с покрытием TiAlN)	3.13	208
		HSS и HSS/E (с покрытием TiAlN или TiN)	3.14	210
Центровочное сверло		Твёрдый сплав	3.15	212
Центровочное сверло для станков с ЧПУ		Твёрдый сплав	3.16	214
		Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.17	216
Микросверло/ Спиральное сверло	короткое	Твёрдый сплав	3.18	218
		Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.19	220
		С твердосплавными зубьями	3.20	222
	длинное	Твёрдый сплав	3.21	224
		Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.22	226
Высокопроиз-водительное сверло	3xD HPC для закалённой стали 122305	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.23	228
	3/7/12xD HPC 4-ленточное сверло с ВО, для алюминия	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.24	230
	4/6xD HPC	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.25	232
	HOLEX 3/5xD с ВО 122340; 122630	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.26	234
	4/6xD с ВО 122380; 122650	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.27	236
	6xD, для сухого сверления, 122540	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.28	238
	6xD HPC 122670	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.29	240
	HSC 6xD HPC 122775	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.30	242
	6xD для отверстий по H7 122790	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.31	244
	8xD HPC с ВО, 123100	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.32	246
	10xD HPC с ВО, 123110	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.33	248
	12xD HPC с ВО 123300	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.34	250
	16/20/25/30xD HPC Сверло глубокого сверления по алюминию с ВО	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.35	252
	16/20/25/30xD HPC Универсальное сверло глубокого сверления с ВО	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	3.36	254

Перечень таблиц (продолжение) – Ориентировочные режимы резания, сверление

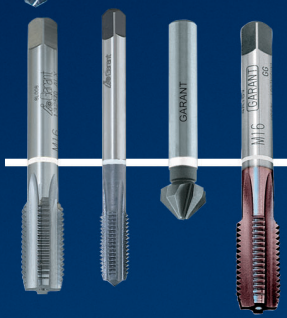
Сверло		Инструментальный материал / покрытие	№ табл.	С.
Центровочное сверло для станков с ЧПУ 90° и 142°		Сменные многогранные пластины	3.37	256
Корончатое сверло	3/5/7xD SECO CL	Твёрдый сплав (марки P, M, K) 2 эффективные режущие кромки	3.38	258
Сборное сверло с СМП	3xD MTC	СМП (твёрдый сплав) 1 эффективные режущие кромки	3.39	260
	2/3/4xD KOMET Quatron	СМП (твёрдый сплав) 2 эффективные режущие кромки	3.40	262
	3xD KOMET Trigon	СМП (твёрдый сплав) 1 эффективная режущая кромка	3.41	264
	6/8xD KOMET Centron	Коронка с центровочной вершиной СМП (твёрдый сплав) 1 эффективная режущая кромка	3.42	266
Расточной инструмент с СМП Черновая расточная головка	Расточной инструмент GARANT фиксированного диаметра	Сменные многогранные пластины (твёрдый сплав)	3.43	268
	KOMET G01	с осевой регулировкой СМП (твёрдый сплав) Геометрия WOEX, CCMT	3.44	270
		без осевой регулировки СМП (твёрдый сплав) Геометрия WOEX, SOEX	3.45	278
Растачивание/ Прецизионное растачивание	KOMET B301/M302	Расточная головка с микрометрической резцовой вставкой СМП	3.46	282
	KOMET M03 Speed	Система расточных головок с микрометрической регулировкой СМП	3.47	284
	KOMET M05 MicroKom *hi. flex*	Набор для прецизионной расточки СМП	3.48	286
	KOMET M020	Набор для прецизионного растачивания СМП	3.49	288
	GARANT «5 в 1»	Токарно-сверлильный инструмент СМП	3.50	290

Система цветовой маркировки GARANT – стандарт

Наши новые идеи в разработке серии GARANT продолжают задавать тон. Так, помимо цветовой маркировки для простого и быстрого распознавания режущих инструментов. компетентности и особом качестве режущих инструментов GARANT.

Зелёное кольцо = для универсального применения

- Хорошо поддающиеся резанию стали до 750 Н/мм^2
- Улучшенные стали до 1100 Н/мм^2
- Нержавеющие стали до 750 Н/мм^2
- Медь и твёрдые медные сплавы
- Латунь, длинноструж.
- Алюминиевые сплавы коротко- и длинностружечные
- Серый и ковкий чугун
- Цинковые и магниевые сплавы
- Конструкционные стали, мягкие, длинностружечные



Белое кольцо = для чугуна, латуни и бронзы

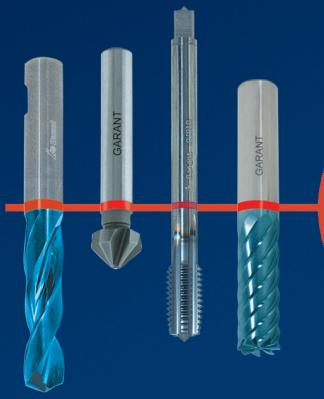
- Бронза, короткоструж.
- Магний и магниевые сплавы
- Пластмасса твёрдая
- Латунь, короткоструж.

Синее кольцо = для нержавеющих сталей

- Кислотостойкие стали (V4A) труднообрабатываемые
- Медь и мягкие медные сплавы
- Бронза, длинноструж.
- Литейные алюминиевые сплавы (например, AlSi9Mg)
- Автоматные и инструментальные стали до 750 Н/мм^2

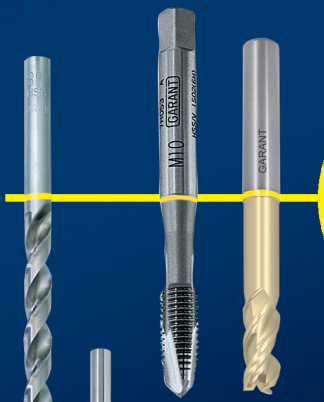
для всей отрасли

прочего, для своей главной марки мы разработали специальную систему
Эта цветовая маркировка уже стала стандартом. Это говорит о нашей высокой



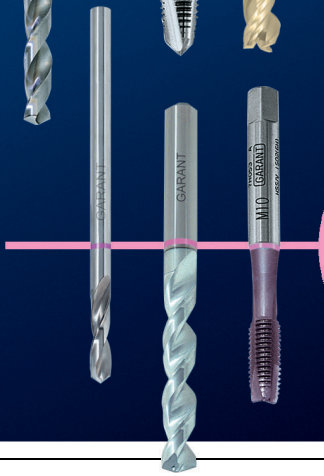
Красное кольцо =
для стали до 1100 Н/мм^2 или 1400 Н/мм^2

- Для высокопрочных и улучшенных сталей
- Мелкозернистая конструкционная сталь
- Короткостружечные инструментальные стали
- Медь и твёрдые медные сплавы
- Бронза, короткоструж.



Желтое кольцо =
для стали до 500 Н/мм^2, алюминия и магния

- Мягкие, длинностружечные стали
- Медь и медные сплавы
- Латунь, длинноструж.
- Алюминиевые сплавы длинностружечные
- Термопласты



Розовое кольцо =
для титана и экзотических сплавов

- Инструментальные стали
- Высокопрочные стали прочнее 1100 Н/мм^2
- Закалённые марганцевые стали
- Труднообрабатываемые стали (Hastelloy, Inconel)
- Реактопласты

Обзор инструментов
Спиральные свёрла HSS

DIN ▶		333	Центровочное сверло для станков с КЧПУ								1899	1897			
Цветное кольцо ▶															
Артикульный №		111000–111540	112000	112020	112100	112110	112120	112140	112160	112170	112300	113020	113140	113150	113230
Тип сверла		A/R/B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	FS	FS	N	N
Инструментальный материал		HSS/HSSE	HSS/E	HSS/E	HSS/E длинное	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E длинное	HSS/E длинное	HSS/E	HSS/E	HSS/Co8	HSS/E	HSS/E
Покрытие		TiAlN		TiAlN	TiAlN	TiAlN		TiAlN	TiAlN	TiAlN			TiAlN		TiN
Угол при вершине		60°/120°	90°	90°	90°	120°	142°	142°	120°	142°	118°	135°	130°	130°	130°
Подточка												специальная	специальная	C	C
Диапазон размеров (Ø мм)		5 – 10	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	6 – 12	6 – 12	0,15–1,45	1 – 20	1 – 12	1 – 13	1 – 20
Страница	ISO	9 – 11	12	12	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16
Алюм., длинностружк.	N	70	70	87	87	87	70	87	87	87	70	70	87		
Алюм., коротkостружк.	N	45	45	56	56	56	45	56	56	56	45	45	56	45	
Алюм. литьё > 10 %Si	N			50	50	50		50	50	50	40		50		
Сталь < 500 Н/мм²	P	40	40	50	50	50	40	50	50	50	40	40	50	40	50
Сталь < 750 Н/мм²	P	30	30	37	37	37	30	37	37	37	30	30	35	30	37
Сталь < 900 Н/мм	P	25	25	31	31	31	25	31	31	31	25		30	25	31
Сталь < 1100 Н/мм²	P	10	10	12	12	12	10	12	12	12	10		12	10	12
Сталь < 1400 Н/мм²	P	8	8	10	10	10	8	10	10	10	8			8	10
Сталь > 45HRC	H														
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	(12)	12	15	15	15	12	15	15	15	12		15	12	15
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	(8)	8	10	10	10	8	10	10	10	8		10	8	10
Ti > 850 Н/мм²	S	(5)		6	6	6		6	6	6	5		6	5	6
СЧ(ВЧ)	K	(25)		31	31	31		31	31	31	25	25		25	31
CuZn	N	80	80	100	100	100	80	100	100	100	80			80	100
Графит и G(C) FK, реактопл.	N	○		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○
UNI		○	•	•	•	•	•	•	•	•	○	○	○	•	

DIN ▶		338			340							1869	
Цветное кольцо ▶													
Артикульный №		114556	114600	114620	116000	116040	116060	116061	116065	116070	116080	116240	116280
Тип сверла			FS	FS	N	W	FS	FS	N	VA	FS	FS	FS
Инструментальный материал		HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS	HSS	HSS	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS	HSS/E
Покрытие		TiAlN	TiAlN	TiAlN			TiAlN				TiAlN		TiAlN
Угол при вершине		135°	130°	130°	118°	130°	130°	130°	118°	130°	130°	130°	130°
Подточка		специальная	специальная	специальная	A	A	C	C	A/C	C	C	C	C
Диапазон размеров (Ø мм)		3 – 13	1 – 13	2 – 13	1 – 16	2,5 – 10	1 – 13	1 – 14	1 – 12	1 – 12	1 – 12	3 – 102	3 – 102
Страница	ISO	26	27	27	30	30	30	31	32	32	31	33	33
Алюм., длинностружк.	N		87	80		70	70	70			87	70	87
Алюм., коротkостружк.	N	56	56	70		45		45				45	
Алюм. литьё > 10 %Si	N	50	50	60		40	50				50		50
Сталь < 500 Н/мм²	P	50	50		40		50	40	40	40	50	40	50
Сталь < 750 Н/мм²	P	37	37	60	30		37	30	30		37	30	37
Сталь < 900 Н/мм²	P	31	31	50	25		31	25	25		31		31
Сталь < 1100 Н/мм²	P	12	12	35					10				
Сталь < 1400 Н/мм²	P	10							8				
Сталь > 45HRC	H												
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	15		20						12			
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	10		15					12	8			
Ti > 850 Н/мм²	S	6	6	12					8				
СЧ(G)	K	31	31	60	25		31	25			31	25	
CuZn100 80	N	100							80				
Графит и G(C) FK, реактопл.	N		○	○									
UNI		•	○	•					○				

• /жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

	1897								338						
113260	113280	113310	114000	114020	114050	114150	114160	114200	114360	114400	114450	114470	114500	114550
			N	N	N	N	N	W	N	N	FS	H	TiVA	HVA	
HSS/E	HSS/PM	HSS/E	HSS-Rdl	Прецизионный Roll	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS-Co8	
TiAlN	TiAlN	TiAlN							TiN				TiAlN	TiAlN	
130°	130°	120°/130°	118°	118°	118°	118°	118°	130°	118°	130°	130°	135°	135°	135°	
C	A/C					C	A	A	C	C	специальный	C	C	C	
1 – 13	2 – 12	3 – 13	1 – 13	1 – 20	0,2 – 20	0,2 – 20	1 – 16	0,9 – 13	1 – 16	1 – 13	1 – 13	2 – 12	1 – 13	1 – 13	
17	17	18	20	20	21	22 – 23	22 – 23	24	24	25	25	25	26	26	
								70			70				
56	80		45	45	45	45	45	45	56		45				
	60	50						40	50						
50	60	50	40	40	40	40	40		50	40	40				
37	60	37	30	30	30	30	30		37	30	30		37		
31	50	31	25	25	25	25	25		31	25	25		31	31	
12	35	12				10	10		12	10		10		12	
	30					8	8		10	8		8		10	
15	20	15								12		12	15	15	
10	15	10								8		8	10	12	
6	12	6							6	5		5	6	6	
		31	25	25	25	25	25		31	25	25				
100		100			80	80	80		80	80					
○	○	○			○	○	○	○	○			○			
	○	○		○						○	○				

1869	1898	345							343	341	1870	
116285	116310	116320	116340	116350	116360	116380	116420	116540	116620	116700	116720	116760
N		N	N	NW	VA	H	FS	VA	N	N	FS	N
HSS/E	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS/E	HSS/Co8	HSS/E	HSS/E	HSS	HSS	HSS	HSS
TiAlN								TiAlN				
118°	118°	118°	118°	118°	130°	130°	130°	130°	120°	118°	130°	118°
C			A	A	C	C	C	C		A	A	A
3 – 10	2,5 – 12	13 – 40	5 – 70	12 – 305	10 – 35	8 – 30	10 – 22	12 – 30	7,8 – 40	10 – 50	10 – 30	8 – 30
33	33	34	34	34	35	35	36	36	37	38	38	39
							70					
			45	45			45		45			
38	24	40	40	40	40		40		40	40	40	40
28	20	30	30	30	30		30		30	30	30	30
22		25	25		25				25	25	25	25
7					10	10			10			
5						8			8			
10				12	12			15	12			
5								10				
					5	5		6				
		25	25		25		25		25	25		25
77					80							
					○		○		○			

●/жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

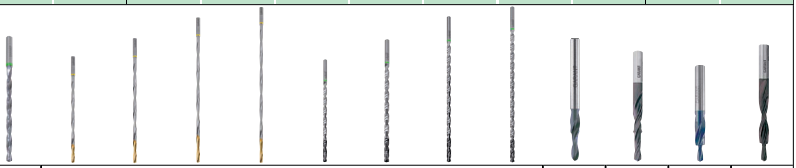
Обзор инструментов
Спиральные свёрла VHM

DIN ▶		333	заводской				заводской	6539	6539	8037
Цветное кольцо ▶										
Артикульный №		121000	121020	121040	121070	121110	121220	122100	122150	122200
Тип сверла		A	N	N	N	N	N	N	N	N
Длина										
Исполнение хвостовика										
Каналы для охлаждения										
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	HM
Покрытие				TiAlN		TiAlN			TiAlN	
Угол при вершине		60°	90°	90°	142°	142°	130°	118°	118°	118°
Подточка								C	C	
Диапазон размеров (Ø мм)		0,5 – 6,3	2 – 20	2 – 20	2 – 20	2 – 20	0,1 – 2,53	0,5 – 13	0,5 – 13	3 – 16
Страница	ISO	50	50	50	50	50	51	52	52	51
Алюм., длинноструж.	N	200	200	260	200	260	200	200	260	
Алюм., короткоструж.	N	180	180	240	180	240	140	140	180	
Алюм. литьё > 10% Si	N	160		200		200	140	140	180	140
Сталь < 500 Н/мм	P	80	80	90	80	90	70	70	90	70
Сталь < 750 Н/мм²	P	75	65	80	65	80	70	70	90	70
Сталь < 900 Н/мм²	P	65	60	65	60	65	70	70	90	60
Сталь< 1100 Н/мм²	P	50	50	55	50	55	55	40	60	40
Сталь< 1400 Н/мм²	P	35	35	55	35	55	35	25	35	25
Сталь > 45 HRC	H						25			
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	35	30	35	30	35	35	25	40	
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	30	25	30	25	30	30	20	30	
Ti > 850 Н/мм²	S	25	35	40	35	40	20	20	25	
СЧ (ВЧ)	K	70	70	90	70	90	90	90	110	90
CuCn	N	160	160	200	160	200	140	140	180	140
Графит и G(C)FK, реактопл.	N	•		•		•		○	○	
UNI		•	•	•	•	•	•	•	•	

DIN ▶		6537 длинное					≈338	заводской		
Цветное кольцо ▶										
Артикульный №		122650	122670	122760	122775	122790	122875	123100	123110	123180
Типсверла		VA	FS	NH	N	N	AL	N	N	AL
Длина		6×D	6×D	6×D	6×D	6×D	7×D	8×D	10×D	12×D
Исполнение хвостовика		HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
Каналы для охлаждения		BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Покрытие		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
Угол при вершине		135°	140°	140°	140°	140°	140°	140°	135°	140°
Подточка		специальное	специальное	специальное	специальное	специальное	специальное	специальное	специальное	специальное
Диапазон размеров (Ø мм)		0,9 – 25	2 – 20	1 – 20	3 – 20	3,98– 12 H7	4 – 20	3 – 20	1 – 20	4 – 20
Страница	ISO	62 – 63	64	65	66	67	67	68	69	70
Алюм., длинноструж.	N		260				350			300
Алюм., короткоструж.	N	245	240				320	180	200	270
Алюм. литьё > 10% Si	N		160				250	140	180	210
Сталь < 500 Н/мм²	P	110	110	120		120		110	110	
Сталь < 750 Н/мм²	P	90	90	100	160	100		90	80	
Сталь < 900 Н/мм²	P	85	85	85	150	85		80	70	
Сталь < 1100 Н/мм²	P	60	60	65	130	60		50		
Сталь < 1400 Н/мм²	P	35	30	35	80			35		
Сталь > 45 HRC	H			28						
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	55	40	30		35		40	70	
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	50	35			30		35	65	
Ti > 850 Н/мм²	S	30	35	35					25	
СЧ (ВЧ)	K			70				70		
CuCn	N									
Графит и G(C)FK, реактопл.	N		○					○	○	
UNI		•	○	•		•		•		

•/ жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/ стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

338		6537 короткое							6537 длинное	
122250	122300	122305	122308	122310	122340	122380	122440	122500	122540	122630
N	N	H	AL	N	N	VA	NH	NH	FS	N
		4×D	3×D	3×D	3×D	4×D	4×D	4×D	6×D	5×D
		HB	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
			BO		BO	BO		BO		BO
VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiN	TiN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiN
118°	118°	140°	140°	140°	140°	135°	140°	140°	140°	140°
C	C	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная
1 – 13	1 – 13	2,6 – 16	4 – 20	1 – 20	1 – 20	1 – 20	1 – 20	1 – 20	2 – 16	1 – 20
53	53	54	54	55	56	57	58	59	60	61
200	260		350						190	
140	180		320	140	240	245			170	240
140	180		250	120					140	
70	90			80	110	110	90	120	90	110
70	90			75	90	90	80	100	85	90
70	90			65	80	85	70	85	75	80
40	60			60	65	60	65	65	65	65
25	35	35		35	35	35	35	35	40	30
		10–28					28	28		
25	40				35	55		30	40	35
20	30				30	50			30	30
20	25			35	35	30	35	35	25	35
90	110	70		70			70	70	70	
140	180								160	
○	○			○			○	○		
•	•				•	•	•	•	•	•



заводской	заводской								8378	заводской	8376	заводской
123300	123588	123590	123593	123595	123688	123690	123693	123695	125050	125100	125120	125200
N	AL	AL	AL	AL	N	N	N	N	N	N	N	N
12×D	16×D	20×D	25×D	30×D	16×D	20×D	25×D	30×D	Отверстие под резьбу	Отверстие под резьбу	Сквозное отверстие	Сквозное отверстие
HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA	HA
BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO				
VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
TiAlN	ZOX	ZOX	ZOX	ZOX	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
140°	135°	135°	135°	135°	135°	135°	135°	135°	140°	140°	140°	140°
специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная	специальная				
3 – 17,5	3 – 12	2 – 12	3 – 10	2 – 12	3 – 12	2 – 12	3 – 10	2 – 12	M2 – M16	M3 – M12	M3 – M10	M3 – M10
71	72	72	72	72	73	73	73	73	74	74	75	75
	200	180	160	160					260	260	260	260
	240	220	200	200					180	180	180	180
	180	160	140	140					180	180	180	180
110					110	105	95	90	90	90	90	90
90					95	90	80	75	90	90	90	90
80					95	90	80	75	90	90	90	90
50					95	90	80	75	60	60	60	60
30					75	70	65	60	35	35	35	35
40					55	50	50	45	35	35	35	35
35					50	45	45	40	30	30	30	30
									25	25	25	25
70					100	95	85	80	110	110	110	110
									180	180	180	180
○											○	○
•					•	•	•	•	•	•	•	•

•/жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Обзор сборных свёрл

Тип ▶		Центровочное сверло для станков с ЧПУ	Сборное сверло						
Обозначение ▶			CrownLoc	MTC	KUBQuatron®	KUBQuatron®	KUBTrigon®	KUBCentron®	TwinKom™G01
Марка ▶		Garant	SECO	Garant	KOMET	KOMET	KOMET	KOMET	KOMET
Артикульный №		231500 – 231502	232094	232302	235503	235507	236635	236654	236688
Хвостовик		HA/ HB	HB (ISO9766)	Kombi	Kombi	ABS	Kombi/ ABS	ABS	ABS
Исполнение/Длина		90°/ 142°	3 / 5 /7×D	3×D	2 / 3 /4×D	3 /4×D	3×D	6 / 8×D	короткое/длинное
Число режущих кромок		1	2	2	2	2	2(1 рабочая)	2(1 рабочая)	2
Каналы для охлаждения			BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO
Подходящая СМП									
Тип пластин/ISO		SOGT	Коронка	WOEX	SOEX	SOEX	WOEX	WOEX	SOEX/WOEX/CCMT
Артикульный №		231515 – 231520	232080 – 232082	232400 – 232780	236520 – 236575	236520 – 236575	236740 – 237050	236740 – 237050	Раздел каталога 23 / 26 / 28
Страница	ISO	343	344– 345	346– 348	349	350	352	354	355
Алюм., длиннострук.	N	300	160	350	600	600	350	300	250
Алюм., короткострук.	N	300	160	200	300	300	200	250	250
Алюм. литьё > 10 % Si	N	200	125	200	250	250	200	160	200
Сталь < 500 Н/мм²	P	150	85	275	300	300	275	250	200
Сталь < 750 Н/мм²	P	120	70	275	220	220	275	200	200
Сталь < 900 Н/мм²	P	70	65	215	200	200	215	180	200
Сталь < 1100 Н/мм²	P	50	60	215	160	160	125	140	140
Сталь 1400 Н/мм²	P	50	40	125	130	130	125	100	120
Сталь > 45HRC	H				60	60			
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	50	55	165	150	150	165	160	90
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	50	50	165	160	160	165	120	80
Ti > 850 Н/мм²	S	50		125	60	60	125		50
СЧ(ВЧ)	K	180		175	200	200	175	160	180
CuZn	N	150							
Графит и G(C)FK, реактопл.	N	150		150	•	•			
UNI				•	•	•			•

Тип ▶		Инструмент для прециз. расточки				Крепления	Инструмент		
Обозначение ▶		B301/ M302	M03 Speed	M05-hi.flex	Набор для прециз. расточки	Крепления, удлинения, уменьшения	Держатель отрезка расточные державки,	UNI Turn®	расточные державки токарные резцы копир. державки
Марка ▶		KOMET	KOMET	KOMET	KOMET	KOMET	KOMET	KOMET	KOMET
Артикульный №		23 8301 – 23 8310	23 8350 – 23 8374	23 8390	23 8400	23 9000 – 23 9102	24 0010 – 24 0088	24 0099 – 24 0100	24 3200 – 24 4622
Хвостовик		ABS	ABS	ABS	SK40	SK.. / HSK.. / ABS..	цилиндр. / 4-kant	ABS/цилиндр.	цилиндр./4-гранник
Исполнение/Длина								левый, правый	левый, правый
Число режущих кромок		1	1	1	1	–	1	1	1
Каналы для охлаждения		BO	BO	BO	BO	BO		BO	BO
Подходящая СМП									
Тип пластины/ ISO		TO..X	TOHX	TOGX/WOHX				Расточная державка	
Артикульный №		24 3530 – 24 3925	24 3530 – 24 6770	Каталож. деталь 24	24 3530 – 24 6770			24 0110 – 24 0200	
Страница	ISO	359	360	361	361	362 – 363	364 – 366	367	370 – 378
Алюм., длиннострук.	N	380	380					160	
Алюм., короткострук.	N	300	300					160	
Алюм. литьё > 10% Si	N	250	250					145	
Сталь< 500 Н/мм²	P	300	300					90	
Сталь < 750Н/мм²	P	250	250					80	
Сталь < 900 Н/мм²	P	240	240					75	
Сталь < 1100 Н/мм²	P	200	200					65	
Сталь < 1400 Н/мм²	P	200	200					65	
Сталь > 45 HRC	H	90	90						
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	180	180					45	
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M	120	120					45	
Ti > 850 Н/мм²	S	30	30					25	
СЧ (ВЧ)	K	200	200					50	
CuZn	N								
Графит и G(C)FK, Реактопласт	N								
UNI		•	•					•	

• / жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○ / стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

1 Классификация сверлильных операций

По стандарту DIN 8589, часть 2, различают следующие операции обработки отверстий:

- Сверление в сплошном материале
- Рассверливание
- Нарезание резьбы метчиками
- Зенкерование и зенкование
- Развёртывание
- и пр.

2 Физические параметры резания при сверлении

Сила резания в значительной мере зависит от **поперечного сечения стружки A** (см. также раздел 3). На *рис. 3.1* показана зависимость между долей подачи для каждой режущей кромки f_z и глубиной резания a_p, а также возможный расчёт по толщине h и ширина b срезаемого слоя. Действительны следующие соотношения:

$$f_z = \frac{f}{Z}$$

f Подача [мм/об]
Z Число режущих кромок
(уравн. 3.1)

$$k_r = \frac{\sigma}{2}$$

k_r Главный угол в плане [°]
σ Угол при вершине сверла [°]
(уравн. 3.2)

$$b = \frac{a_p}{\sin k_r}$$

b Ширина срезаемого слоя [мм]
a_p Глубина резания [мм]
(уравн. 3.3)

$$h = f_z \cdot \sin k_r$$

h Толщина срезаемого слоя [мм]
f_z Подача на режущую кромку [мм]
(уравн. 3.4)

$$A = f_z \cdot a_p = b \cdot h$$

A Поперечное сечение стружки [мм^2]
(уравн. 3.5)

2.1 Сверление в сплошном материале

Для спирального сверла с 2 режущими кромками (z = 2) действительно:

$$a_p = \frac{d}{2} \qquad f_z = \frac{f}{2}$$

Поперечное сечение стружки A для **сверления в сплошном материале** с учетом вышеназванных соотношений и *уравнения 3.5* рассчитывается следующим образом:

$$A = \frac{d \cdot f}{4} \qquad \text{(уравн. 3.6)}$$

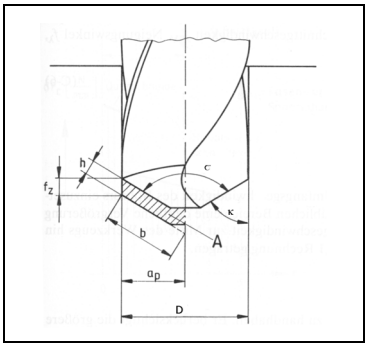


Рис. 3.1
Поперечное сечение стружки при сверлении спиральным сверлом в сплошном материале

Для свёрл с СМП принимают z = 1, поскольку на несколько сменных многогранных пластин распределяется только ширина срезаемого слоя, а подача остаётся неизменной.

Действительно:

$$b = b_i + b_a$$

b_i Ширина слоя, срезаемого внутренней СМП
b_a Ширина слоя, срезаемого внешней СМП

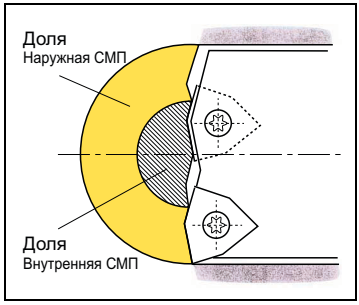


Рис. 3.2
Распределение срезаемого слоя на сверле с СМП

На инструментах со сменными пластинами главный угол в плане k для каждой режущей пластины может быть разным, что влияет на толщину срезаемого слоя h.

2.2 Рассверливание

На *рис. 3.3* показано поперечное сечение стружки A при рассверливании. При этом действительны следующие соотношения:

Из глубины резания $a_p = \frac{(D-d)}{2}$

для поперечного сечения стружки A в случае **рассверливания** следует:

$$A = \frac{(D-d) \cdot f_z}{2} \qquad \text{(уравн. 3.7)}$$

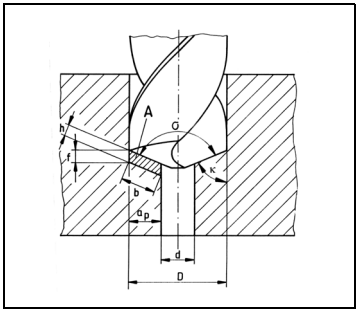


Рис. 3.3
Поперечное сечение стружки при рассверливании спиральным сверлом

3 Силы, вращающий момент, потребление мощности при сверлении

3.1 Главная составляющая силы резания

Для расчёта главной составляющей силы резания при сверлении можно с достаточным приближением использовать уравнение для точения по Kienzle (см. *уравнение 2.5*, глава «Теоретические основы», раздел 1.4). В случае сверления следует ввести поправочный коэффициент f_B, учитывающий изменение факторов влияния на главную составляющую силы резания по сравнению с точением (например, форма режущей кромки, скорость резания и т.п.). Таким образом, действительны следующие соотношения (*таблица 3.1*):

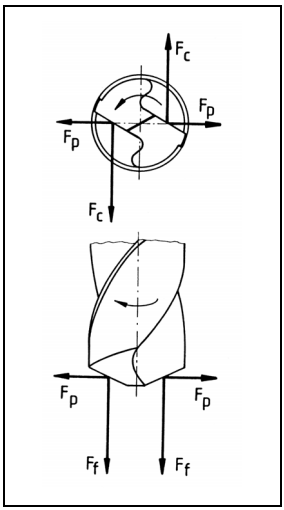


Рис. 3.4
Составляющие силы резания при сверлении спиральным сверлом

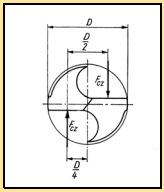
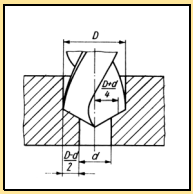
	Сверление в сплошном материале	**Рассверливание**
Поправочный коэффициент f_B	$f_B = 1$	$f_B = 0{,}95$
Касательная составляющая силы резания на каждую кромку F_{cz}	(уравн. 3.8) $F_{cz} = \frac{D}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_B$	(уравн. 3.9) $F_{cz} = \frac{(D-d)}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_B$

F_{cz}	Главная составляющая силы резания на каждую кромку [Н]
D	Диаметр отверстия [мм]
d	Диаметр предварительного отверстия [мм]
f_z	Подача на зуб [мм/зуб]
k_c	Удельная сила резания [Н/мм^2] (зависит от свойств обрабатываемого материала, *см. главу 1*)
f_B	Поправочный коэффициент для сверления

Таблица 3.1 Расчёт главной составляющей силы резания для сверления

3.2 Вращающий момент и мощность

В случае сверления мощность рассчитывается, как правило, через вращающий момент (*таблица 3.2*).

	Сверление в сплошном материале	**Рассверливание**
Приложение силы	H = D / 4	H = (D + d) / 4
		
Вращающий момент	$M_d = \frac{F_{cz} \cdot Z \cdot \frac{D}{4}}{1000}$ (уравн. 3.10)	$M_d = \frac{F_{cz} \cdot Z \cdot (D+d)}{4000}$ (уравн. 3.12)
	Для Z = 2 действительно:	Для Z = 2 действительно:
	$M_d = \frac{F_{cz} \cdot D}{2000}$ (уравн. 3.11)	$M_d = \frac{F_{cz} \cdot (D+d)}{2000}$ (уравн. 3.13)
	$M_d = \frac{9554 \cdot P_c}{n}$ (уравн. 3.14)	
Мощность	$P_a = \frac{P_c}{h}$ (уравн. 2.15)	$P_c = \frac{M_d \cdot n}{9554}$ (уравн. 3.15)
	$P_c = \frac{F_{cz} \cdot v_c}{60000}$ (уравн. 3.16)	$P_c = \frac{F_{cz} \cdot v_c \cdot \left(1 + \frac{d}{D}\right)}{60000}$ (уравн. 3.17)

F_c	Касательная составляющая силы резания [Н] ($F_c = F_{cz} * Z$)	M_d	Вращающий момент [Н•м]
F_{cz}	Главная составляющая силы резания на каждую кромку [Н]	P_c	Мощность резания [кВт]
H	Плечо силы [мм]	P_a	Мощность привода [кВт]
Z	Число режущих кромок	n	Частота вращения [об/мин]
D	Диаметр отверстия [мм]	v_c	Скорость резания [м/мин]
d	Диаметр предварительного отверстия [мм]	η	КПД

Таблица 3.2 Расчёт вращающего момента и мощности при сверлении

Практический пример:

Высокопроизводительное цельное твердосплавное сверло GARANT

Задание:
В сплошном материале St37 (сталь 35) необходимо выполнить отверстия диаметром 20 мм, используя цельное твердосплавное сверло. Следует определить потребляемую мощность резания и необходимый вращающий момент.

Порядок действий:

1. Выбор параметров, зависящих от инструмента и свойств обрабатываемого материала:

Инструмент	Основной каталог	Угол при вершине	σ = 140°
		Число режущих кромок	Z = 2
Материал St 37	Глава «Материалы», раздел 1	Группа обрабатываемых материалов 1.0	$k_{c1,1}$ = 1780 Н/мм^2 m = 0,17

2. Выбор рабочих параметров:

Таблица 3.27		Группа обрабатываемых материалов 1.0	D = 19...20 мм v_c = 110 м/мин n = 1796 об/мин f = 0,30 мм/об

3. Расчёт главной составляющей силы резания, момента и мощности

$$F_{CZ} = \frac{D}{2} \cdot f_z \cdot \left[\frac{k_{c1.1}}{h^m}\right] \cdot f_B$$ (уравн. 3.8) где f_B = 1 и h = f_z * sin (σ/2) (раздел 3.1)

$$F_{CZ} = 10 \cdot 0,15 \cdot \left[\frac{1780}{(0,15 \cdot \sin 70°)^{0,17}}\right] \cdot 1 = \mathbf{3725,36\ N}$$

$$M_d = \frac{F_{cz} \cdot D}{2000}$$ (уравн. 3.11) $$M_d = \frac{3725,36\ \mathrm{N} \cdot 20}{2000} = \mathbf{37,25\ Н{\bullet}м}$$

$$P_c = \frac{F_{cz} \cdot v_c}{60000}$$ (уравн. 3.16) $$P_C = \frac{3725,36 \cdot 110}{60000} = \mathbf{6,83\ кВт}$$ или

$$P_c = \frac{M_d \cdot n}{9554}$$ (уравн. 3.15) $$P_C = \frac{37,25 \cdot 1796}{9554} = \mathbf{7,0\ кВт}^{1)}$$

1) Незначительные отклонения получаются вследствие того, что в таблице 3.27 диаметры для конкретных частот вращения указаны в виде диапазонов.

3.3 Прочие составляющие силы резания при сверлении

Пассивная составляющая силы резания F_p направлена радиально наружу (*см. рис 3.4*). Она зависит от перемычки, главной режущей кромки, уголка режущих кромок и направляющей ленточки. В нормальном случае, когда используется симметрично режущее сверло с несколькими режущими кромками, все пассивные составляющие силы резания взаимно уничтожаются и не оказывают влияния ни на инструмент, ни на заготовку.

Исключением являются сверлильные инструменты с СМП. Их режущая кромка разделена на несколько асимметрично расположенных сменных многогранных пластин, которые зачастую имеют и разный главный угол в плане. Теоретические расчётные методы еще очень ненадёжны. Пассивную составляющую силы резания в данном случае следует определять путём измерений.

Другие исключения возможны при несимметричной заточке спиральных свёрл и при засверливании на неровных поверхностях. Возникающие при этом проблемы описаны в данной главе ниже.

Силы подачи F_f в направлении оси сверла (*см. рис. 3.4*) возникают на главной и вспомогательной режущих кромках и зависят от свойств материала, поперечного сечения стружки, переднего угла и заточки режущих кромок. Теоретические расчёты силы подачи относительно неточны. Измерения показали следующие соотношения:

Свёрла с СМП: $F_f \approx 0,6 \cdot F_C$ (обработка стали),
$F_f \approx 0,8 \cdot F_C$ (обработка чугуна)

Спиральные свёрла: $F_f \approx F_C$

Основная доля силы подачи (до 60 %) приходится на перемычку сверла. Эту долю можно существенно сократить за счёт специальной заточки. Путем предварительного сверления до диаметра сердцевины сверла можно полностью устранить неблагоприятное влияние перемычки и тем самым уменьшить силу подачи F_f приблизительно на 50 %.

4 Расчёт основного машинного времени при сверлении

Основные параметры для определения основного машинного времени t_h при сверлении в сплошном материале и рассверливании показаны на *рис. 3.5*. Основное технологическое время рассчитывается по формуле:

$$t_h = \frac{L}{f \cdot n}$$

t_h Основное машинное время [мин]
L Общий ход сверла [мм] (уравн. 3.18)
f Подача [мм/об]
n Частота вращения [об/мин]

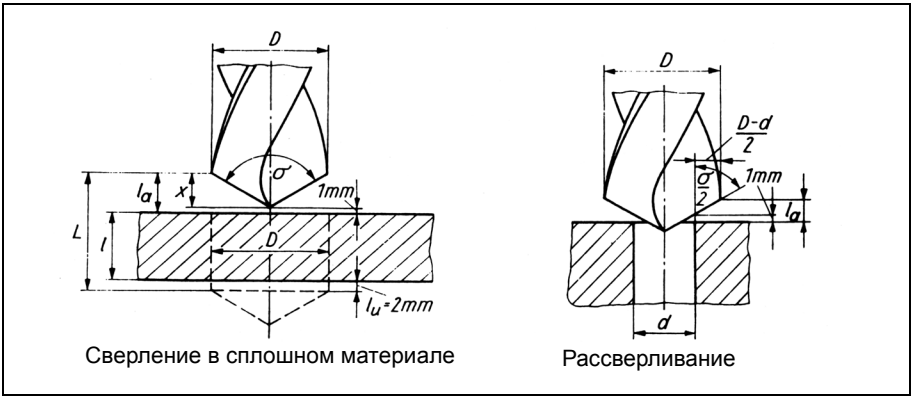


Рис. 3.5 Длина подвода и перебега при сверлении

В этом случае для общего хода сверла L действительно:

$$L = l + l_a + l_u$$

l Толщина заготовки [мм]
l_a Длина подвода и врезания [мм] (уравн. 3.19)
l_u Длина перебега [мм]

Для длины перебега l_u при сверлении, как правило, принимается:

Сквозное отверстие: $l_u = 2$ мм
Глухое отверстие: $l_u = 0$ мм

При сверлении длина подвода и врезания l_a рассчитывается по формуле:

$$l_a = 1 + \frac{D}{2 \cdot \tan\left(\frac{\sigma}{2}\right)}$$

(уравн. 3.20)

С учетом уже названных условий общий ход сверла L можно рассчитать следующим образом:

Сквозное отверстие:

$$L = 1 + 3 + \frac{D}{2 \cdot \tan\left(\frac{\sigma}{2}\right)}$$ (уравн. 3.21)

Глухое отверстие:

$$L = 1 + 1 + \frac{D}{2 \cdot \tan\left(\frac{\sigma}{2}\right)}$$ (уравн. 3.22)

5 Глубина сверления и диаметр предварительного сверления

5.1 Глубина сверления

Для сверления решающее значение имеют форма образуемой стружки и ее удаление из отверстия. Форма стружки существенно зависит от обрабатываемого материала. Например, при обработке чугуна образуется винтовая или спиральная ломаная стружка. В отличие от этого при сверлении в стали стружка может получаться длинной винтовой или ленточной (см. главу «Теоретические основы», раздел 1.1.3). Из-за трудностей удаления стружки из отверстия возможная глубина последнего ограничена. При сверлении в легко обрабатываемых материалах с малым скоплением стружки глубину сверления можно увеличить примерно на 40 % в сравнении с материалами, которые трудно поддаются резанию. Максимальную глубину сверления можно приблизительно рассчитать по следующей формуле:

$$BT_{max} = l_3 - [D_{wz} \cdot (1{,}0 \ldots 1{,}4)]$$ (уравн. 3.23)

BT_{max} Макс. глубина сверления [мм]
l_3 Длина канавок сверла
D_{WZ} Диаметр сверла [мм]

При этом действительно:

Обрабатываемость резанием	Группы обрабатываемых материалов (согласно главе «Материалы», раздел 1)	Макс. глубина сверления BT_{max}
Хорошая	1.0/ 1.1/ 2.0/ 3.0/ 13.0/ 13.1/ 15.1/ 15.2/ 15.9/ 17.0/ 20.0/20.1	$l_3 - 1{,}0 \cdot D_{wz}$
Нормальная	2.1/ 3.1/ 3.2/ 4.0/ 4.1/ 5.0/ 6.0/ 6.1/ 8.0/ 8.1/ 8.2/ 9.0/ 13.0/ 15.3/ 17.1/ 17.2/ 18.0/ 18.1/ 18.2/ 18.3/ 18.4/ 18.5/ 18.6/ 19.0	$l_3 - 1{,}2 \cdot D_{wz}$
Плохая	7.0/ 7.1/ 10.0/ 10.1/ 10.2/ 11.0/ 11.1/ 12.0/ 13.1/ 13.2/ 13.3/ 14.0/ 16.0/ 16.1/20.2	$l_3 - 1{,}4 \cdot D_{wz}$

Таблица 3.3 Максимальная глубина сверления

5.2 Диаметр предварительного сверления для рассверливания

Для рассверливания спиральными свёрлами или зенкерами размер минимального диаметра предварительного сверления можно приблизительно рассчитать по *таблице 3.4* следующим образом:

Инструмент для рассверливания	Минимальный диаметр предварительного сверления
Спиральные свёрла	$0,3 \cdot D$
Зенкер	$0,7 \cdot D$
Зенкер с твердосплавными режущими кромками	$0,8 \cdot D$

Таблица 3.4 Минимальный диаметр предварительного сверления

5.3 Глубокое сверление

Для изготовления отверстий при соотношении длины и диаметра инструмента 20xD...30xD подходят новые высокопроизводительные свёрла глубокого сверления. Они снабжены спиральными канавками и имеют 4 ленточки, а также внутренние каналы для охлаждения. Коническая заточка таких сверл обеспечивает, с одной стороны, хорошее ведение инструмента направляющими ленточками, а с другой стороны, улучшает удаление стружки (без контакта со стенками отверстия) даже при большой глубине сверления. В сравнении с однокромочными свёрлами эти сверла обеспечивают почти 10-кратное увеличение подачи при обработке, способствуя значительной экономии времени. Благодаря спиральным канавкам для удаления стружки такие свёрла позволяют выполнять отверстия с **вертикальной подачей**.

На *рис. 3.6* показан цикл глубокого сверления высокопроизводительным цельным твердосплавным сверлом.

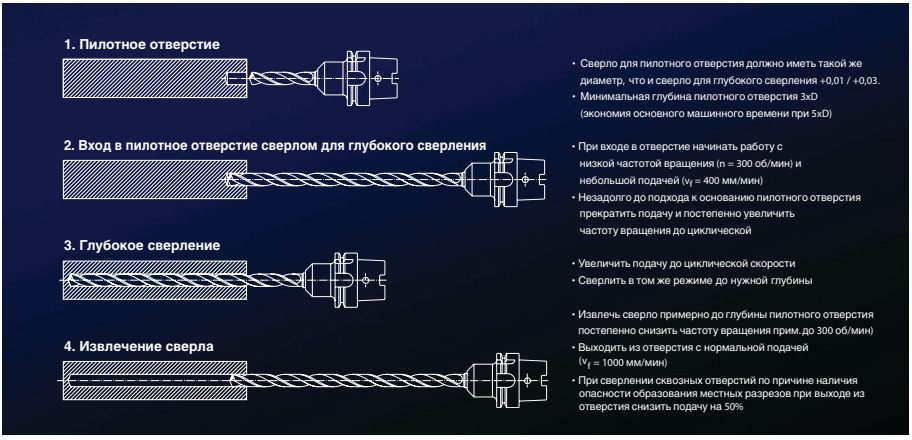


Рис. 3.6 Цикл глубокого сверления высокопроизводительным цельным твердосплавным сверлом

6 Спиральные свёрла из быстрорежущей стали (HSS)

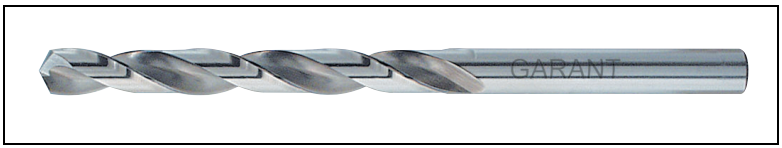
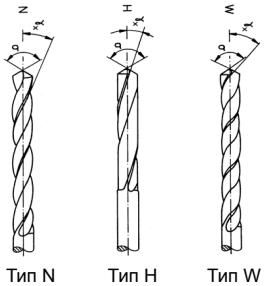


Рис. 3.7 Спиральное сверло GARANT

6.1 Типы спиральных сверл

В качестве отличительного признака спиральных свёрл используется передний угол γ_f, который с достаточной точностью соответствует углу наклона винтовой канавки δ. Последний варьируется в зависимости от стружколомных свойств материала и распределяется по основным группам сверл N (нормальные материалы), H (твёрдые материалы) и W (мягкие материалы) (*см. таблицу 3.5*). Кроме того, можно определить и различные подгруппы (подробнее см. в разделе 9 данной главы). Например, тип FS (плоские спиральные канавки), тип UNI (универсальное применение), тип FW (широкие спиральные канавки, мягкие материалы) и тип VA (применение по нержавеющим сталям).



Тип	Передний угол (угол наклона винтовой канавки) γ_x	Угол при вершине σ	Канавки	Применение
N	19°...40°	118°	вмести-тельные	конструкционная и улучшенная сталь до 800 Н/мм^2, литье, латунь
N	18°...30°	130°...140°	вмести-тельные	легированная сталь до 1400 Н/мм^2, высоколеги-рованные стали, алюминий
H	10°...19°	118°	очень широкие	латунь, магниевые сплавы, прессованные материалы
W	27°... 45°	130°	широкие	алюминий и его сплавы, медь, медное литье, бронза; глубокие отверстия в прессованных материалах

Таблица 3.5 Основные типы спиральных свёрл для различных материалов

Для повышения стабильности без чрезмерного увеличения перемычки у вершины сверла типа N, как правило, изготавливаются с утолщением сердцевины к хвостовику, т.е. сердцевина у вершины сверла имеет заданный размер, а в направлении хвостовика становится толще (*рис. 3.8*).

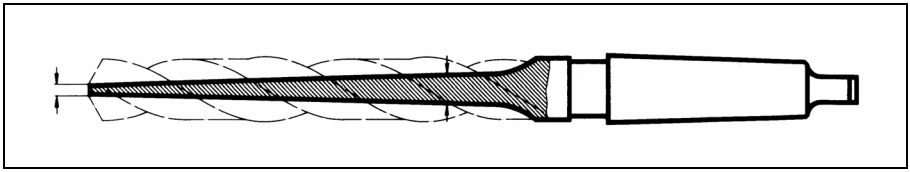


Рис. 3.8 Утолщение сердцевины к хвостовику на спиральных сверлах

Спиральные свёрла имеют обратную конусность от вершины к хвостовику, чтобы трение ленточек о стенки отверстия было как можно меньше. Величина этого сокращения диаметра по стандарту DIN 1414 составляет 0,02...0,08 мм на 100 мм длины канавок.

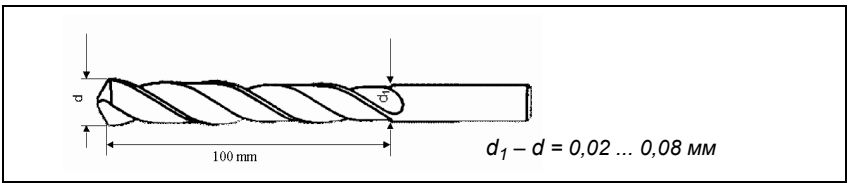


Рис. 3.9 Обратная конусность на спиральных сверлах

6.2 Способы и ошибки заточки

Характер заточки имеет большое значение для точности соблюдения размеров отверстия и прежде всего для стойкости сверлильного инструмента (по времени или длине резания).

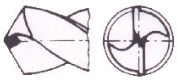
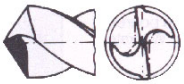
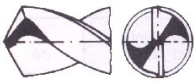
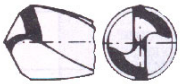
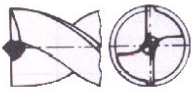
Форма заточки	Применение	Эскиз
Форма A Подточенная перемычка	Применение: • Свёрла с толстой сердцевиной, сверла большого диаметра для сверления в сплошном материале • Для чугуна и стали до 1000 Н/мм^2 Преимущества: • Хорошее центрирование при засверливании • Уменьшение силы подачи	
Форма B Подточенная перемычка с подправленной главной режущей кромкой	Применение: • Для сверления сталей высокой прочности, твёрдых пружинных и марганцевых сталей (более 10 % Mn) • Угол при вершине 118° для вязких материалов (дробление стружки) • Угол при вершине 130° для высокопрочных материалов более 1000 Н/мм^2 Преимущества: • Невосприимчивость к ударам • Отсутствие застревания в тонких заготовках	
Форма C Крестообразная заточка	Применение: • Свёрла с очень толстой сердцевиной и сверла для глубокого сверления • Для очень вязких и твёрдых материалов, а также для поковок Преимущества: • Хорошее центрирование • Малая сила подачи	
Форма D Заточка для обработки чугуна	Применение: • Для сверления чугуна, ковкого чугуна и поковок • Для заготовок с неплоской поверхностью (трубы, валы) Преимущества: • Снижение нагрузки на уголки режущих кромок за счёт удлинения главных режущих кромок • Невосприимчивость к ударам • Хороший теплоотвод	

Таблица 3.6 Способы заточки

Таблица 3.6 Способы заточки (продолжение)

Форма заточки	Применение	Эскиз
Форма E Центровая заточка	Применение: • Сверление в мягких материалах (медь и т.п.) и в тонком листовом металле • Глухие отверстия с плоским дном Преимущества: • Хорошее центрирование, отсутствие застревания • Мало заусенцев при сквозном сверлении тонкого листового металла и труб	

Наряду с требованием соблюдения соответствующих углов и низкой шероховатости режущих кромок очень важное значение для равномерной нагрузки отдельных режущих кромок имеет их симметричная заточка. *Таблица 3.7* содержит обзор возможных погрешностей симметрии и их последствия.

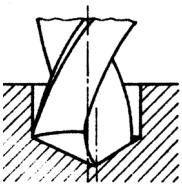
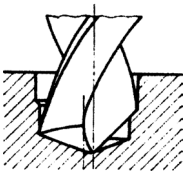
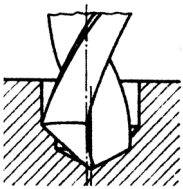
Погрешность симметрии	Признак	Последствия
	Несимметричный угол при вершине Главные режущие кромки разной длины Середина перемычки – на оси сверла	Завышение размера отверстия Ступенчатое дно отверстия Неравномерная нагрузка на главные режущие кромки (износ)
	Симметричный угол при вершине Главные режущие кромки разной длины Середина перемычки смещена от оси сверла	Завышение размера отверстия Неравномерная нагрузка на главные режущие кромки
	Несимметричный угол при вершине Главные режущие кромки разной длины Середина перемычки смещена от оси сверла	Завышение размера отверстия Ступенчатое дно отверстия Неравномерная нагрузка на главные режущие кромки (износ)

Таблица 3.7 Ошибки заточки и их последствия

7 Цельные твердосплавные свёрла (VHM)

Цельные твердосплавные спиральные свёрла (VHM) являются логичным ответом промышленности, требующей инструменты более высокой производительности и износостойкости. Поэтому применение этих инструментов на обрабатывающих центрах с ЧПУ получает всё большее распространение.

Преимуществами VHM-сверл перед спиральными HSS-свёрлами являются меньшее время обработки и увеличенная стойкость. Это становится очевидным при обработке материалов с сильными абразивными свойствами, таких как чугун, алюминиевые сплавы с высоким содержанием кремния, пластмассы с наполнителем, графит и материалы, армированные стекловолокном. То же самое относится и ко всем более-менее труднообрабатываемым сортами стали.

Конструктивные размеры взяты от спиральных свёрл из быстрорежущей стали. Поэтому в отношении формы сверл и геометрии режущих кромок возможны аналогичные варианты. Ограничения накладываются вязкостью инструментального материала, особенно с учетом соотношения диаметра и длины инструмента.

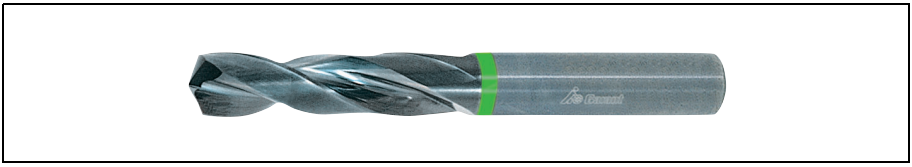


Рис. 3.10 GARANT – Высокопроизводительные свёрла (цельн. твердосплавн.)

Сверхвысокопроизводительное сверло GARANT является новинкой среди цельных твердосплавных инструментов для сверления в сплошном материале. Стандартные свёрла диаметром от 4 до 20 мм одинаково подходят для сверления в длинно- и короткостружечных черных металлах. Их превосходство особенно очевидно при обработке мягких и вязких сортов стали, трудно обрабатываемых.

Преимущества:

- высокая жёсткость;
- высокая точность позиционирования;
- хорошие характеристики центрирования и ведения;
- почти 10-кратное преимущество в скорости подачи перед спиральными свёрлами из быстрорежущей стали (см. таблицы ориентировочных режимов резания в разделе 11 данной главы);
- короткая стружка и хороший отвод стружки даже при обработке мягких и вязких сортов стали;
- низкие затраты на восстановление путём переточки и обновления покрытия.

8 Инструменты с СМП

8.1 Свёрла со сменной коронкой (корончатые свёрла)

Сверло со сменной коронкой (Seco CrownLoc) состоит из корпуса и сменной твердосплавной головки и используется для изготовления отверстий диаметром до 25 мм и глубиной до 7xD.

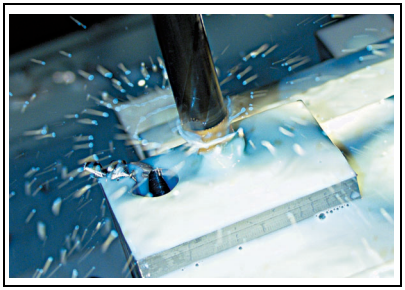


Рис. 3.11 Применение корончатого сверла

Как альтернатива цельным твердосплавным свёрлам и свёрлам с напайными пластинами данное сверло отличается следующими преимуществами:

- Внушительная экономия денег и времени за счёт стабильной точности, высокой стойкости, быстрой замены (снижение расходов на переналадку), отсутствие затрат на переточку
- Самоцентрирующаяся заточка
- Рассчитанное с большим запасом внутреннее охлаждение для надёжного отвода стружки
- Точное позиционирование и стабильное крепление головки благодаря патентованному зацеплению. Для оптимального позиционирования рекомендуется угол входа не более 8°. Если сверло вводится в материал под наклоном, обязательно уменьшайте подачу на 30...50 %. То же самое относится и к углу выхода сверла больше 8°. При этом угол выхода не должен превышать 30°.

Такое сверло можно применять и для пакетного сверления. При этом лишь следует учитывать, что крепление сверла должно быть очень стабильным, а между заготовками не должно быть зазоров, так как они мешают удалению стружки и могут привести к поломке сверла.

8.2 Свёрла со сменными пластинами

8.2.1 Сборные свёрла с СМП

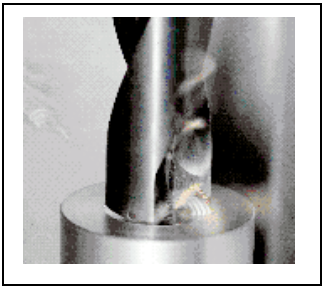


Рис. 3.12 Применение сборного сверла с СМП

Для получения оптимального результата при использовании сверл со сменными многогранными пластинами (СМП) важно знать применяемую геометрию пластин и их рабочие характеристики.

Так, для черновой обработки потребуются более прочные СМП (формы S по стандарту ISO), чем для изготовления отверстий высокого качества (СМП формы W по стандарту ISO). За счёт особой установки сменных пластин, как например на сборном сверле серии KUB с СМП (см. основной каталог), обеспечивается чистая центровка и отсутствие царапин при отводе сверла. Размеры отверстия соблюдаются, как правило, с точностью ± 0,1 мм (серия KUB Trigon) или ± 0,2 мм (серия KUB Quatron).

Концепция серии сверл KUB Duon реализует принцип сменной режущей части для двухлезвийных инструментов (2 эффективные режущие кромки). Глубина сверления достигает 5xD, а использование одного сверла с соответствующими режущими пластинами обеспечивает изготовление отверстий разного диаметра.

Важными преимуществами сверл со сменными пластинами являются стабильная геометрия вершины сверла, постоянная длина инструмента, а также простота и экономичность достижения соответствия режущего и обрабатываемого материалов. Кроме того, можно исключить такие технологические операции как переточка и обновление покрытия режущих кромок.

Основное отличие большинства сборных свёрл с СМП (например, свёрл серии KUB Quatron) от спиральных свёрл состоит в подходе к оценке поперечного сечения стружки, поскольку свёрла со сменными пластинами иногда можно рассматривать как однолезвийные (z = 1, см. раздел 2.1). Поэтому возможная величина подачи f несколько меньше, чем у аналогичных двухлезвийных спиральных сверл. Однако отсутствие перемычки обеспечивает более высокую скорость резания, так что реализуемые скорости подачи для сверл с СМП находятся практически на уровне спиральных сверл.

Несимметричное расположение сменных пластин на сверле обуславливает большое различие параметров резания на внутренней и внешней режущих кромках. Так, внешняя режущая кромка имеет более высокую среднюю скорость и срезает значительно больше материала. Поэтому различие в нагрузке на отдельные режущие кромки необходимо компенсировать подбором соответствующих сменных пластин.

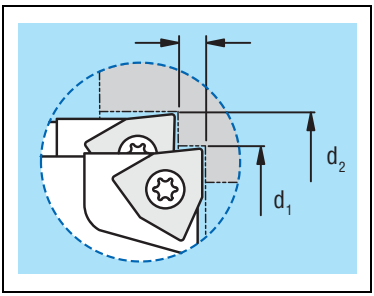
8.2.2 *Инструмент с СМП для чернового растачивания*

Наряду с однолезвийными расточными инструментами (см. главу «Точение») для рассверливания можно использовать и двухлезвийные расточные инструменты (*рис. 3.13*).

Рис. 3.13 Черновая расточная головка G01

Двухлезвийный инструмент G01 имеет компактную конструкцию, состоящую из корпуса и двух одинаковых держателей. При глубоком рассверливании стружка отводится по спиральным канавкам.

Радиальная регулировка положения держателей (абсолютная двухлезвийная конструкция) позволяет использовать данный расточной инструмент как ступенчатый для увеличения глубины резания. На один и тот же корпус инструмента можно установить держатели, регулируемые в осевом направлении, которые обеспечивают равномерное распределение срезаемого слоя между обеими режущими пластинами. За счёт радиально-осевой регулировки (комбинированная черновая/чистовая обработка) с радиальным и осевым смещением режущих пластин достигается оптимальное распределение всей ширины срезаемого слоя. Это позволяет лучше распределить возникающие силы резания и обеспечить сбалансированный режим обработки (см. *рис. 3.14*).



При черновой обработке достигается удвоение ширины резания (в расчётах используется только однократная подача на зуб $f = f_z$). При чистовой обработке ширина резания распределяется, поэтому иногда можно отказаться от промежуточной обработки.

Рис. 3.14
Распределение срезаемого слоя за счёт осевого и радиального смещения режущих пластин

Точная настройка реализуется с погрешностью диаметра ±0,02 мм с помощью эксцентрикового регулирующего устройства ABS. При обработке отверстий большого диаметра подналадка осуществляется с помощью прецизионного регулятора, встроенного в корпус инструмента.

8.3 Расточные головки со сменными резцами

Отверстия высокой точности получают, как правило, развёртыванием и растачиванием. В своих областях применения эти методы взаимно дополняются и пересекаются. **Растачивание** является эффективной альтернативой развертыванию при изготовлении отдельных отверстий, тогда как развертывание позволяет обработать подряд большое количество отверстий с жесткими допусками в пределах имеющегося поля допуска.

На следующем рисунке показана программа инструмента для прецизионного растачивания.

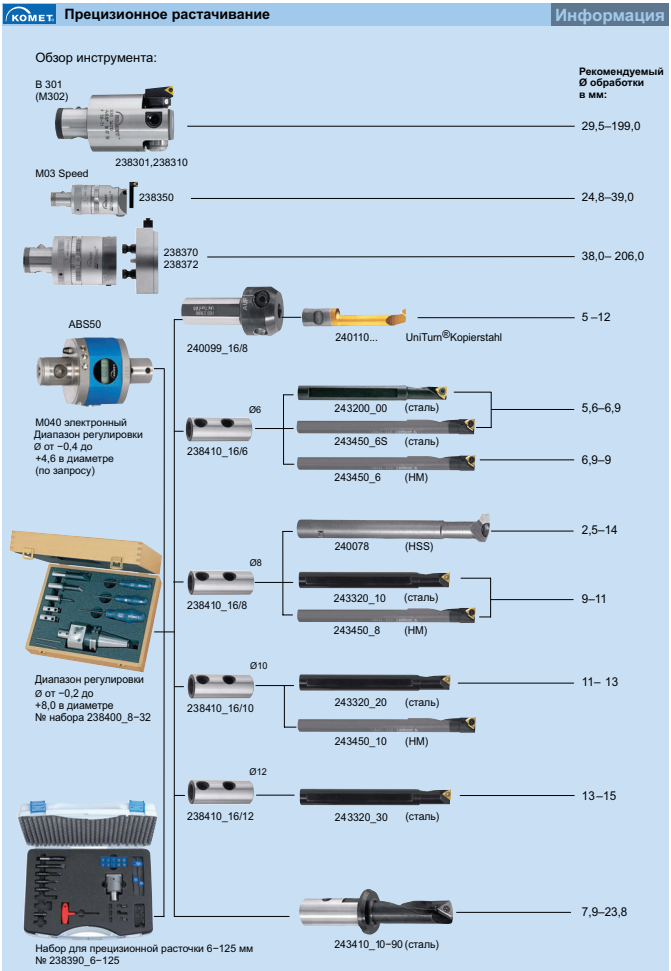


Рис. 3.15 Обзор инструмента KOMET для прецизионного растачивания

8.4 Расточные головки с микрометрической резцовой вставкой

В сфере обработки резанием прослеживаются постоянно растущие требования к чистоте получаемой поверхности и к все более жестким допускам при одновременном стремлении к сокращению времени обработки.

В дополнение к разделу 8.2.2 «Инструмент с СМП для чернового растачивания» в следующей таблице приводится сравнительный обзор различных микрометрических головок для изготовления прецизионных отверстий.

Расточные головки	Диапазон диаметров [мм]	Квалитет точности	Точность подачи [мкм в ∅]	Удобство подачи	Высокоскоростной режим
KFK	5,6 - 32	до IT 7	20 по нониусу	+	–
B 301	29,5 - 200	до IT 7	20 по нониусу	+	–
M 03 Speed	24,5 - 103	выше IT 7	2	++	✓
Пояснение	+ низкое ++ среднее +++ высокое – не подходит ✓ подходит				

Таблица 3.8 Расточные головки KOMET

Однако сокращение времени обработки зачастую требует использования высоких скоростей резания, свойственных высокоскоростной обработке (HSC) (см. главу «Теоретические основы»).

При этом из-за более высокой частоты вращения и увеличения центробежных сил к качеству балансировки инструмента предъявляются максимальные требования. На универсальных режущих инструментах, где изменение положения режущих частей приводит к смещению масс, возникает дисбаланс, который необходимо компенсировать, особенно при повышенной частоте вращения. (См. главу «Вспомогательный инструмент»)

Например, на микрометрической головке M03-Speed такая компенсация автоматически обеспечивается радиально перемещающимся балансировочным грузиком. При этом особое преимущество заключается в том, что дисбаланс устраняется в одной плоскости, т. е. обеспечивается не только статическая, но и динамическая балансировка. Таким образом, эта микрометрическая головка оптимально подходит для высокоскоростной обработки HSC.

8.5 Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1»

Токарно-сверлильный инструмент GARANT заменяет 5 инструментов стандарта ISO. Ориентировочные режимы точения см. в табл. 3.50. Этот инструмент подробно описан в главе «Точение».

9 Примеры применения свёрл GARANT

9.1 Применение HSS-свёрл GARANT с FS-профилем

FS-сверла имеют специальный профиль сечения, большие канавки (удаление стружки требуется только при глубине более 15 x D) и массивную сердцевину (см. *рис. 3.16*).

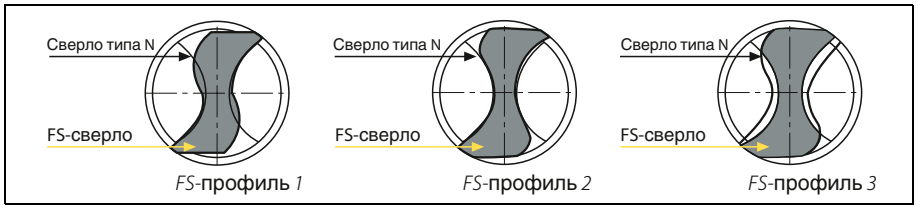


Рис. 3.16 FS-профили сверл GARANT

Пример применения:

Спиральные свёрла с FS-профилем 1:

Применяются для обработки мягких длинностружечных материалов до 500 Н/мм^2 при очень большой глубине отверстий.

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал:	Алюминий длинностружечный (группа материалов 17.0, глава «Материалы», раздел 1)	
	Диаметр отверстия:	5,0 мм
	Глубина отверстия:	130 мм (26 x D)
Инструмент:	FS-сверло	
Режимы резания:	Скорость резания:	v_c = 80 м/мин
	Частота вращения:	n = 5000 об/мин
	Подача:	f = 0,1 мм/об

Удаление стружки при глубине более 60/100/130 мм

Пример применения:

Спиральные свёрла с FS-профилем 2:

Применяются для обработки автоматной стали и цветных металлов.

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал: 9SMnPb28 K (группа материалов 2.0, глава «Материалы», раздел 1)

	Диаметр отверстия:	6,2 мм
	Глубина отверстия:	13 мм
Инструмент:	FS-сверло	
Режимы резания:	Скорость резания:	v_c = 47 м/мин
	Частота вращения:	n = 2400 об/мин
	Подача:	f = 0,2 мм/об

Удаление стружки при глубине более 13 мм

Пример применения:

Спиральные свёрла с FS-профилем 3:

Для обработки чугуна и стали до 1000 Н/мм^2.

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал: C 45 (группа материалов 3.1, глава «Материалы», раздел 1)

	Диаметр отверстия:	12,5 мм
	Глубина отверстия:	210 мм
Инструмент:	FS-сверло	
Режимы резания:	Скорость резания:	v_c = 20 м/мин
	Частота вращения:	n = 500 об/мин
	Подача:	f = 0,1 мм/об

Удаление стружки при глубине более 100/170/210 мм

9.2 Применение высокопроизводительных VHM-сверл GARANT

Применение высокопроизводительных VHM-сверл (см. *рис. 3.17)* требует высокой точности вращения шпинделя станка и зажимного приспособления, а также мощного привода для реализации эффективной подачи.

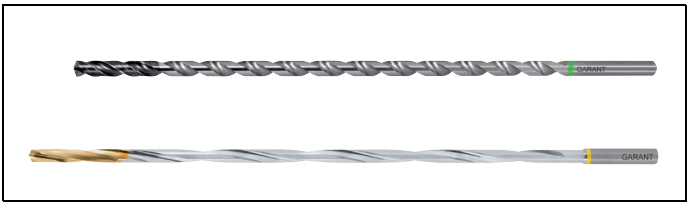


Рис. 3.17
Высокопроизводительное цельное твердосплавное сверло GARANT

Пример применения: глубокое сверление (30xD)

Материал: X6CrNiMoTi 17 12 2 (1.4571)
(группа материалов 13.2, глава «Материалы», раздел 1)

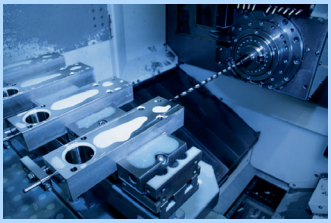
Диаметр отверстия: 8,0 мм

Глубина отверстия: 240 мм (30 x D)

Параметры обработки:

Инструмент: Сверло VHM HPC для глубокого сверления (артикул 123695)

Для отверстий до 30xD



Режимы резания:

Скорость резания	v_c = 45 м/мин
Частота вращения	n = 1790 об/мин
Подача	f = 0,12 мм/об
Скорость подачи	v_f = 215 мм/мин

Результат:

10-кратное увеличение подачи в сравнении с однокромочными свёрлами (ELB)

Значительное сокращение основного машинного времени

Удвоение стойкости по времени резания (до 240 мин) в сравнении со свёрлами ELB

Глубокое сверление пилотных отверстий

Hoffmann Group

Пилотное сверло

122308 122650

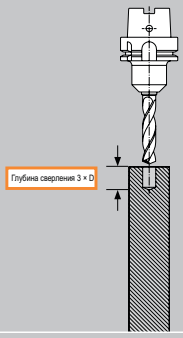
Сверло по алюминию со специальной системой охлаждения

Опорное сверло

В Ø 0,02 мм больше чем последующее сверло глубокого сверления

Это так просто

1. Пилотное отверстие



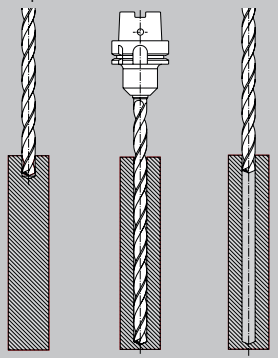
сверло глубокого сверления

12 3588	12 3590	12 3593	12 3595	12 3688	12 3690	12 3693	12 3695
Сверло глубокого сверления по алюминию				Универсальное сверло глубокого сверления			
16 × D	20 × D	25 × D	30 × D	16 × D	20 × D	25 × D	30 × D

2. Вход в пилотное отверстие сверла глубокого сверления.

3. Глубокое сверление

4. Выведение сверла



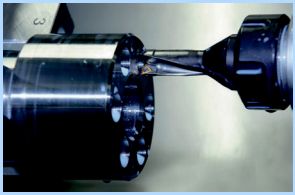
- При входе в отверстие начинать работу с низкой частотой вращения (n = 300 об/мин) и небольшой подачей (vf = 400 мм/мин)
- Незадолго до подхода к основанию пилотного отверстия прекратить подачу и постепенно увеличить частоту вращения до циклической
- Увеличить подачу до циклической скорости
- Сверлить в том же режиме до нужной глубины
- Извлечь сверло примерно до глубины пилотного отверстия
- Постепенно снизить частоту вращения прим. до 300 об/мин)
- Выходить из отверстия с нормальной подачей (vf = 1000 мм/мин)
- При сверлении сквозных отверстий по причине наличия опасности образования местных разрезов при выходе из отверстия снизить подачу на 50 %

9.3 Применение свёрл МТС

Пример применения

Применение универсального сборного сверла с СМП GARANT в револьверной головке современного МТМ:

Сборные свёрла со специальным пространством для стружки при максимальной прочности для использования с вращением и в неподвижном положении. Специально для обработки в режиме МТС на станках с небольшой мощностью привода (МТМ), а также для изготовления отверстий глубиной до 3xD без следов при отводе инструмента и высокой точности соблюдения размеров (± 0,1 мм).



Параметры обработки:

Заготовка:	Диаметр отверстия	16,0 мм
	Глубина отверстия	48 мм (3xD)
Обрабатываемый материал:	16MnCr5 (1.7131)	
	(группа материалов 6.0, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	сборные сверла МТС с СМП 232300–232302	
	с СМП WOEX 030204	
Режимы резания:		
	Скорость резания	v_c = 125 м/мин
	Частота вращения	n = 2040 об/мин
	Подача	f = 0,08 мм/об
	Скорость подачи	v_f = 163 мм/мин

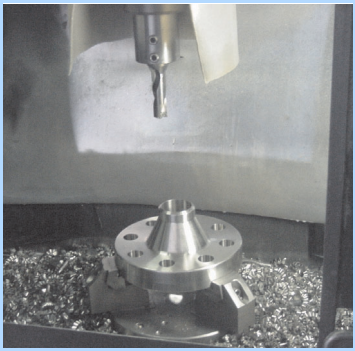
9.4 Применение сборных свёрл с СМП

9.4.1 Сверление свёрлами KUB Quatron

Пример применения:

Сверление фланца сборным сверлом KUB Quatron с СМП:

Прочное сверло для выполнения неглубоких отверстий в сложных условиях (наклонное засверливание, прокатная окалина, литейные уклоны, прерывистый рез, пакетное сверление, а также отверстия с допусками ±0,2 мм и глубиной до 2xD (3xD)



Параметры обработки:

Заготовка:	Фланец	
	Диаметр отверстия:	18,0 мм
	Глубина отверстия:	2 x D
Обрабатываемый материал:	X6CrNiMoTi 17 12 2 (1.4571) (группа материалов 13.2, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	KUB Quatron 235500; 235507	

Режимы резания:

	Скорость резания	v_c = 150 м/мин
	Частота вращения	n = 2653 об/мин
	Подача	f = 0,12 мм/об
	Скорость подачи	v_f = 318 мм/мин
Результат:	**Увеличение стойкости по времени с 80 до 180 мин**	

9.4.2 *Сверление свёрлами KUB Centron*

Пример применения:
Сверление сборным сверлом KUB Centron с СМП и центровочной вершиной

Параметры обработки:

Заготовка:	Опорное кольцо	
	Диаметр отверстия:	33 мм
	Глубина отверстия:	5 x D
Обрабатываемый материал:	C42CrMo4 (1.7225) группа материалов 4.1, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	KUB Centron 236650–236654	

Режимы резания:

	Скорость резания	v_c = 140 м/мин
	Частота вращения	n = 1350 об/мин
	Подача	f = 0,12 мм/об
	Скорость подачи	v_f = 162 мм/мин

Результат: **стабильное и точное соблюдение размеров отверстий, надёжная эксплуатация в 3-сменном режиме, прочный корпус**

10 Факторы, влияющие на результат сверления, и устранение проблем

10.1 Факторы, влияющие на результат сверления

Фактическое качество полученного отверстия зависит от разных факторов.

Сильное влияние на допуски сверления оказывает **радиальное биение** сверла в шпинделе. На *рис. 3.18* показана зависимость стойкости сверлильного инструмента от допуска на радиальное биение зажимного приспособления.

Умеренное влияние на результат сверления оказывают общее состояние станка и износ вершины сверла. Сравнительно мало допуски сверления зависят от скорости подачи инструмента и свойств материала.

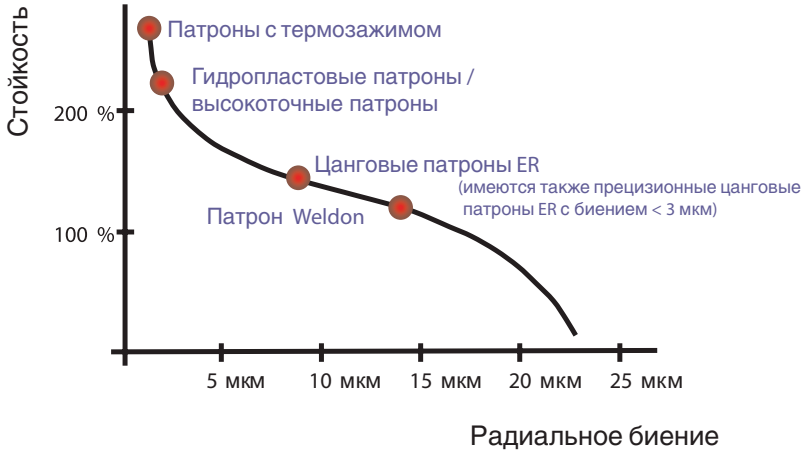


Рис. 3.18 Влияние радиального биения на стойкость сверла

Дополнительные сведения о различных зажимных патронах см. в главе «Вспомогательный инструмент», раздел 2.6.

10.2 Инструкции по устранению проблем при сверлении

Обозначение	Проблема
1	Износ перемычки
2	Износ главных режущих кромок
3	Износ по передней поверхности
4	Износ направляющих ленточек
5	Образование трещин на режущей кромке
6	Образование трещин на вершине
7	Налипание стружки на задней поверхности сверла
8	Разрушение инструмента
9	Треск или иной характерный шум
10	Застревание стружки
11	Упрочнение заготовки
12	Нестабильная точность
13	Заусенцы на выходе отверстия

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**Способы устранения**
■													Задний угол у сердцевины сверла должен быть больше, чем у краев
■			■	■			■	■			■		Длина вылета как можно меньше
	■												Увеличение заднего угла у краев режущих кромок
	■	■	■		■								Сокращение интервала переточки
						■							Увеличение угла при вершине
			■	■		■	■					■	Разность длины режущих кромок не должна превышать 0,02 мм
				■							■		Скругление кромок должно быть больше
				■									Задний угол должен быть меньше
						■	■		■				Увеличение ширины канавок
						■							Уменьшение диаметра задней поверхности
						■							Уменьшение угла подъема спирали
			■	■	■		■	■	■	■			Увеличение обратной конусности и уменьшение ширины направляющих ленточек
												■	Уменьшение скругления кромок
■	■	■		■	■	■	■	■			■	■	Уменьшение подачи
	■				■	■		■	■		■		Снижение скорости резания
									■				Увеличение подачи

Таблица 3.8 Устранение проблем при сверлении

11 Ориентировочные режимы резания, сверление

Работа с таблицами ориентировочных режимов резания – Пример

Задание на обработку:

Изготовление отверстий диаметром D = 6 мм в материале 100Cr6 на мощном многоцелевом обрабатывающем центре.

Порядок действий:

1. Выбор сверлильного инструмента по основному каталогу — 12 2630 (Holex)
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы», раздел 1) — Группа 8.0
3. Выбор режимов резания:
   - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания — Таблица 3.26

     Инструмент 12 2630 → 3/5xD, VHM с TiN-покрытием
   - 3.2 Выбор режимов резания

Таблица 3.26

HOLEX – Высокопроизводительные сверла 3xD / 5xD с внутренним охлаждением (Твердый сплав - TIN)

Каталож. № 122340; 122630
DIN 6537; 6537K
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Vc [м/мин] мин.	Vc [м/мин] нач.	Vc [м/мин] макс.	Ø 1,0 – 1,9 f [мм/об]	n [об/мин]	vf [мм/мин]	Ø 2,0 – 2,9 f [мм/об]	n [об/мин]	vf [мм/мин]	Ø 3,0 – 5,9 f [мм/об]	n [об/мин]	vf [мм/мин]	Ø 6,0 – 8,9 f [мм/об]	n [об/мин]	vf [мм/мин]	Ø 9,0 – 11,9 f [мм/об]	n [об/мин]	vf [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	130	150	0,06	28538	1712	0,08	16890	1351	0,10	9299	930	0,12	5554	667	0,16	3960	634
1.1	Констр. стали общего назн.	500 - 850	90	100	120	0,08	21952	1756	0,11	12992	1429	0,14	7153	1001	0,18	4273	769	0,22	3046	670
2.0	Автомат. стали	< 850	100	140	180	0,08	30733	2459	0,11	18189	2001	0,14	10014	1402	0,18	5980	1077	0,22	4264	938
2.1	Автомат. стали	850 - 1000	90	100	110	0,08	21952	1756	0,11	12992	1429	0,14	7153	1001	0,18	4273	769	0,22	3046	670
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	85	90	95	0,08	19757	1581	0,11	11693	1286	0,14	6438	901	0,18	3845	692	0,22	2741	603
3.1	Нелег. улучш. стали	700 - 850	80	85	90	0,08	18660	1493	0,11	11043	1215	0,14	6080	851	0,18	3632	654	0,22	2589	570
3.2	Нелег. улучш. стали	850 - 1000	75	80	85	0,06	17562	1054	0,09	10394	935	0,12	5722	687	0,18	3418	615	0,20	2437	487
4.0	Лег. улучш. стали	850 - 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.1	Лег. улучш. стали	1000 - 1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	Нелег. улучш. стали	< 750	90	95	100	0,06	20855	1251	0,09	12343	1111	0,16	6795	815	0,16	4059	649	0,20	2894	579
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.0	Азотируемые стали	< 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.1	Азотируемые стали	> 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	80	90	0,06	17562	1054	0,09	10394	935	0,11	5722	629	**0,15**	**3418**	**513**	0,19	2437	439
8.1	Инструментал. стали	850 - 1100	60	65	70	0,05	12269	713	0,07	8445	591	0,09	4659	518	0,12	2777	333	0,17	1980	297
8.2	Инструментал. стали	1100 - 1400	30	35	40	0,04	7683	307	0,06	4547	273	0,08	2504	250	0,11	1495	164	0,14	1066	149
9.0	Быстрореж. стали	830 - 1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.2	Закалённые стали	60-67 HRC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.0	Износост. констр. стали	1350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Скорость резания: Начальное значение **v_c = 80 м/мин** Диапазон Vc: 70 ... 90 м/мин

Подача: **f = 0,15 мм/об**

Частота вращения в диапазоне диаметров: **n = 3418 об/мин**

Скорость подачи в диапазоне диаметров **v_f = 513 мм/мин**

Таблица 3.9 Центровочные свёрла GARANT (HSS и HSS/E)

Каталож. № 111000; 111005; 111050; 111100; 111200; 111250; 111300; 111350; 111450; 111500; 111520; 111540;
DIN 333; 333-A; 333-B; 333-R, заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 0,5 – 0,8 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	∅ 1,0 – 1,25 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	∅ 1,6 – 2 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	30	40	50	0,02	19588	392	0,03	11368	369	0,04	7074	283
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	25	30	35	0,02	14691	294	0,03	8526	277	0,04	5305	212
2.0	Автоматные стали	< 850	25	30	35	0,02	14691	294	0,03	8526	277	0,04	5305	212
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	20	25	30	0,01	12243	147	0,02	7105	139	0,02	4421	106
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	25	30	35	0,01	14691	176	0,02	8526	166	0,02	5305	127
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	20	25	30	0,01	12243	147	0,02	7105	139	0,02	4421	106
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	20	22	25	0,01	10774	103	0,02	6253	98	0,02	3890	75
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	15	17	20	0,01	8325	67	0,01	4831	63	0,02	3006	48
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	8	10	12	0,01	4897	39	0,01	2842	37	0,02	1768	28
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	25	30	35	0,01	14691	176	0,02	8526	166	0,02	5305	127
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	15	18	20	0,01	8815	71	0,01	5116	67	0,02	3183	51
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	8	10	12	0,01	4897	39	0,01	2842	37	0,02	1768	28
7.0	Азотируемые стали	< 1000	10	13	15	0,01	6366	51	0,01	3695	48	0,02	2299	37
7.1	Азотируемые стали	> 1000	8	10	12	0,01	4897	39	0,01	2842	37	0,02	1768	28
8.0	Инструментал. стали	< 850	10	13	15	0,01	6366	51	0,01	3695	48	0,02	2299	37
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	8	10	12	0,01	4897	39	0,01	2842	37	0,02	1768	28
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	6	8	10	0,01	3918	31	0,01	2274	30	0,02	1415	23
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	6	8	10	0,01	3918	31	0,01	2274	30	0,02	1415	23
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	8	9	10		–			–		0,02	1592	25
11.1	Износост. констр. стали	1800	4	5	6		–			–		0,02	884	14
12.0	Пружинные стали	<1500	5	8	10	0,01	3918	31	0,01	2274	30	0,02	1415	23
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	15	20	0,01	7346	59	0,01	4263	55	0,02	2653	42
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	15	20	0,01	7346	59	0,01	4263	55	0,02	2653	42
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	8	12	15	0,01	5876	47	0,01	3410	44	0,02	2122	34
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	6	8	10	0,01	3918	31	0,01	2274	30	0,02	1415	23
14.0	Спец. сплавы	<1200	3	5,5	8	0,01	2693	22	0,01	1563	20	0,02	973	16
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	20	25	30	0,02	12243	245	0,03	7105	231	0,04	4421	177
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	20	25	30	0,02	12243	196	0,03	7105	185	0,03	4421	141
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	25	30	35	0,02	14691	294	0,03	8526	277	0,04	5305	212
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	18	20	22	0,02	9794	157	0,03	5684	148	0,03	3537	113
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	3	5,5	8	0,01	2693	22	0,01	1563	20	0,02	973	16
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	3	4,5	6	0,01	2204	18	0,01	1279	17	0,02	796	13
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	40	70	100	0,02	34280	686	0,03	19894	647	0,04	12379	495
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		30	45	60	0,02	22037	441	0,03	12789	416	0,04	7958	318
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		30	40	50	0,01	19588	235	0,02	11368	222	0,02	7074	170
18.0	Медь, низколегир.	< 400	35	50	65	0,02	24485	490	0,03	14210	462	0,04	8842	354
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	60	80	100	0,03	39177	1254	0,05	22736	1182	0,06	14147	905
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	35	45	60	0,02	22037	441	0,03	12789	416	0,04	7958	318
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	25	40	50	0,02	19588	392	0,03	11368	369	0,04	7074	283
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	25	40	50	0,02	19588	392	0,03	11368	369	0,04	7074	283
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	15	23	35	0,02	11263	225	0,03	6537	212	0,04	4067	163
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	15	23	35	0,02	11263	225	0,03	6537	212	0,04	4067	163
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт		20	30	40	вручную			вручную			вручную		
20.1	Реактопласт		10	15	20	вручную			вручную			вручную		
20.2	Стекло- и углепластик		15	20	25	вручную			вручную			вручную		

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 2,5 – 3,15			∅ 4			∅ 5			∅ 6,3			∅ 8			∅ 10			СОЖ
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
0,05	4547	227	0,05	3183	159	0,07	2546	166	0,08	2021	158	0,10	1592	161	0,15	1273	194	эмульсия
0,05	3410	171	0,05	2387	119	0,07	1910	124	0,08	1516	118	0,10	1194	121	0,15	955	145	эмульсия
0,05	3410	171	0,05	2387	119	0,07	1910	124	0,08	1516	118	0,10	1194	121	0,15	955	145	эмульсия
0,03	2842	85	0,03	1989	60	0,04	1592	62	0,05	1263	59	0,06	995	61	0,09	796	73	эмульсия
0,03	3410	102	0,04	2387	95	0,04	1910	74	0,05	1516	71	0,06	1194	73	0,09	955	87	эмульсия
0,03	2842	85	0,04	1989	72	0,04	1592	62	0,05	1263	59	0,06	995	61	0,09	796	73	эмульсия
0,02	2501	60	0,02	1751	42	0,03	1401	44	0,04	1112	42	0,05	875	43	0,07	700	51	эмульсия/масло
0,02	1933	39	0,02	1353	27	0,03	1082	28	0,03	859	27	0,04	676	27	0,06	541	33	эмульсия/масло
0,02	1137	23	0,02	796	16	0,03	637	17	0,03	505	16	0,04	398	16	0,06	318	19	эмульсия/масло
0,03	3410	102	0,03	2387	72	0,04	1910	74	0,05	1516	71	0,06	1194	73	0,09	955	87	эмульсия/масло
0,02	2046	41	0,02	1432	29	0,03	1146	30	0,03	909	28	0,04	716	29	0,06	573	35	масло
0,02	1137	23	0,02	796	16	0,03	637	17	0,03	505	16	0,04	398	16	0,06	318	19	масло
0,02	1478	30	0,02	1035	21	0,03	828	22	0,03	657	20	0,04	517	21	0,06	414	25	эмульсия/масло
0,02	1137	23	0,02	796	16	0,03	637	17	0,03	505	16	0,04	398	16	0,06	318	19	эмульсия/масло
0,02	1478	30	0,02	1035	21	0,03	828	22	0,03	657	20	0,04	517	21	0,06	414	25	эмульсия/масло
0,02	1137	23	0,02	796	16	0,03	637	17	0,03	505	16	0,04	398	16	0,06	318	19	эмульсия/масло
0,02	909	18	0,02	637	13	0,03	509	13	0,03	404	13	0,04	318	13	0,06	255	15	эмульсия/масло
0,02	909	18	0,02	637	13	0,03	509	13	0,03	404	13	0,04	318	13	0,06	255	15	эмульсия/масло
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,02	1023	20	0,02	716	14	0,03	573	15	0,03	455	14	0,04	358	15	0,06	286	17	эмульсия
0,02	568	11	0,02	398	8	0,03	318	8	0,03	253	8	0,04	199	8	0,06	159	10	эмульсия
0,02	909	18	0,02	637	13	0,03	509	13	0,03	404	13	0,04	318	13	0,06	255	15	эмульсия/масло
0,02	1705	34	0,03	1194	36	0,04	955	38	0,05	758	38	0,06	597	36	0,08	477	38	эмульсия
0,02	1705	34	0,03	1194	36	0,04	955	38	0,05	758	38	0,06	597	36	0,08	477	38	эмульсия
0,02	1364	27	0,03	955	29	0,04	764	31	0,05	606	30	0,06	477	29	0,08	382	31	эмульсия
0,02	909	18	0,03	637	19	0,04	509	20	0,05	404	20	0,06	318	19	0,08	255	20	эмульсия
0,02	625	13	0,02	438	9	0,03	350	9	0,03	278	9	0,04	219	9	0,06	175	11	масло
0,05	2842	142	0,05	1989	99	0,07	1592	103	0,08	1263	99	0,10	995	101	0,15	796	121	сух./сж.воздух
0,04	2842	114	0,04	1989	80	0,05	1592	83	0,06	1263	79	0,08	995	81	0,12	796	97	сух./сж.воздух
0,05	3410	171	0,05	2387	119	0,07	1910	124	0,08	1516	118	0,10	1194	121	0,15	955	145	эмульсия
0,04	2274	91	0,04	1592	64	0,05	1273	66	0,06	1011	63	0,08	796	65	0,12	637	77	эмульсия
0,02	625	13	0,02	438	9	0,03	350	9	0,03	278	9	0,04	219	9	0,06	175	11	масло
0,02	512	10	0,02	358	7	0,03	286	7	0,03	227	7	0,04	179	7	0,06	143	9	масло
0,05	7958	398	0,05	5570	279	0,07	4456	290	0,08	3537	276	0,10	2785	282	0,15	2228	339	эмульсия
0,05	5116	256	0,05	3581	179	0,07	2865	186	0,08	2274	177	0,10	1790	182	0,15	1432	218	эмульсия
0,03	4547	136	0,03	3183	95	0,04	2546	99	0,05	2021	95	0,06	1592	97	0,09	1273	116	эмульсия
0,05	5684	284	0,05	3979	199	0,07	3183	207	0,08	2526	197	0,10	1989	202	0,15	1592	242	эмульсия/масло
0,08	9095	728	0,08	6366	509	0,10	5093	530	0,12	4042	504	0,16	3183	516	0,24	2546	620	сух./эмул./масло
0,05	5116	256	0,05	3581	179	0,07	2865	186	0,08	2274	177	0,10	1790	182	0,15	1432	218	эмульсия/масло
0,05	4547	227	0,05	3183	159	0,07	2546	166	0,08	2021	158	0,10	1592	161	0,15	1273	194	эмульсия/масло
0,05	4547	227	0,05	3183	159	0,07	2546	166	0,08	2021	158	0,10	1592	161	0,15	1273	194	эмульсия/масло
0,05	2615	131	0,05	1830	92	0,07	1464	95	0,08	1162	91	0,10	915	93	0,15	732	111	эмульсия/масло
0,05	2615	131	0,05	1830	92	0,07	1464	95	0,08	1162	91	0,10	915	93	0,15	732	111	эмульсия/масло
	–			–			–			–			–			–		
0,05	3410	171	0,05	2387	119	0,08	1910	153	0,10	1516	152	0,10	1194	119	0,12	955	115	вода/воздух
0,05	1705	85	0,05	1194	60	0,08	955	76	0,10	758	76	0,10	597	60	0,12	477	57	сух./воздух
0,05	2274	114	0,05	1592	80	0,08	1273	102	0,10	1011	101	0,10	796	80	0,12	637	76	сух./воздух

Таблица 3.10 Центровочные свёрла GARANT (HSS/E) для станков с ЧПУ

Каталож. № 112000; 112120
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			Ø 3			Ø 4			Ø 5		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	30	40	50	0,05	4244	212	0,05	3183	159	0,07	2546	166
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	25	30	35	0,05	3183	159	0,05	2387	119	0,07	1910	124
2.0	Автоматные стали	< 850	25	30	35	0,05	3183	159	0,05	2387	119	0,07	1910	124
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	20	25	30	0,03	2653	80	0,03	1989	60	0,04	1592	62
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	25	30	35	0,03	3183	95	0,03	2387	72	0,04	1910	74
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	20	25	30	0,03	2653	80	0,03	1989	60	0,04	1592	62
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	20	22	25	0,02	2334	56	0,02	1751	42	0,03	1401	44
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	15	17	20	0,02	1804	36	0,02	1353	27	0,03	1082	28
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	8	10	12	0,02	1061	21	0,02	796	16	0,03	637	17
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	25	30	35	0,03	3183	95	0,03	2387	72	0,04	1910	74
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	15	18	20	0,02	1910	38	0,02	1432	29	0,03	1146	30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	8	10	12	0,02	1061	21	0,02	796	16	0,03	637	17
7.0	Азотируемые стали	< 1000	10	13	15	0,02	1379	28	0,02	1035	21	0,03	828	22
7.1	Азотируемые стали	> 1000	8	10	12	0,02	1061	21	0,02	796	16	0,03	637	17
8.0	Инструментал. стали	< 850	10	13	15	0,02	1379	28	0,02	1035	21	0,03	828	22
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	8	10	12	0,02	1061	21	0,02	796	16	0,03	637	17
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	6	8	10	0,02	849	17	0,02	637	13	0,03	509	13
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	6	8	10	0,02	849	17	0,02	637	13	0,03	509	13
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	8	9	10	0,02	955	19	0,02	716	14	0,03	573	15
11.1	Износост. констр. стали	1800	4	5	6	0,02	531	11	0,02	398	8	0,03	318	8
12.0	Пружинные стали	< 1500	5	8	10	0,02	849	17	0,02	637	13	0,03	509	13
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	15	20	0,02	1592	32	0,02	1194	24	0,03	955	25
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	15	20	0,02	1592	32	0,02	1194	24	0,03	955	25
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	8	12	15	0,02	1273	25	0,02	955	19	0,03	764	20
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	6	8	10	0,02	849	17	0,02	637	13	0,03	509	13
14.0	Спец. сплавы	< 1200	3	5,5	8	0,02	584	12	0,02	438	9	0,03	350	9
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	20	25	30	0,05	2653	133	0,05	1989	99	0,07	1592	103
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	20	25	30	0,04	2653	106	0,04	1989	80	0,05	1592	83
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	25	30	35	0,05	3183	159	0,05	2387	119	0,07	1910	124
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	18	20	22	0,04	2122	85	0,04	1592	64	0,05	1273	66
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	3	5,5	8	0,02	584	12	0,02	438	9	0,03	350	9
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	3	4,5	6	0,02	477	10	0,02	358	7	0,03	286	7
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	40	70	100	0,05	7427	371	0,05	5570	279	0,07	4456	290
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		30	45	60	0,03	4775	143	0,03	3581	107	0,05	2865	143
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		30	40	50	0,03	4244	127	0,03	3183	95	0,05	2546	127
18.0	Медь, низколегир.	< 400	35	50	65	0,05	5305	265	0,05	3979	199	0,07	3183	207
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	60	80	100	0,05	8488	424	0,05	6366	318	0,07	5093	336
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	35	45	60	0,05	4775	239	0,05	3581	179	0,07	2865	186
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	25	40	50	0,05	4244	212	0,05	3183	159	0,07	2546	166
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	25	40	50	0,05	4244	212	0,05	3183	159	0,07	2546	166
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	15	23	35	0,03	2440	73	0,04	1830	73	0,05	1464	73
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	15	23	35	0,03	2440	73	0,04	1830	73	0,05	1464	73
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для начального значения скорости резания.

∅ 6			∅ 8			∅ 10			∅ 12			∅ 16			∅ 20			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,08	2122	166	0,10	1592	161	0,10	1273	129	0,10	1061	108	0,10	796	81	0,10	637	65	эмульсия
0,08	1592	124	0,10	1194	121	0,10	955	97	0,10	796	81	0,10	597	61	0,10	477	48	эмульсия
0,08	1592	124	0,10	1194	121	0,10	955	97	0,10	796	81	0,10	597	61	0,10	477	48	эмульсия
0,05	1326	62	0,06	995	61	0,06	796	48	0,06	663	40	0,06	497	30	0,06	398	24	эмульсия
0,05	1592	74	0,06	1194	73	0,06	955	58	0,06	796	48	0,06	597	36	0,06	477	29	эмульсия
0,05	1326	62	0,06	995	61	0,06	796	48	0,06	663	40	0,06	497	30	0,06	398	24	эмульсия
0,04	1167	44	0,05	875	43	0,05	700	34	0,05	584	28	0,05	438	21	0,05	350	17	эмульсия/масло
0,03	902	28	0,04	676	27	0,04	541	22	0,04	451	18	0,04	338	14	0,04	271	11	эмульсия/масло
0,03	531	17	0,04	398	16	0,04	318	13	0,04	265	11	0,04	199	8	0,04	159	6	эмульсия/масло
0,05	1592	74	0,06	1194	73	0,06	955	58	0,06	796	48	0,06	597	36	0,06	477	29	эмульсия/масло
0,03	955	30	0,04	716	29	0,04	573	23	0,04	477	19	0,04	358	15	0,04	286	12	масло
0,03	531	17	0,04	398	16	0,04	318	13	0,04	265	11	0,04	199	8	0,04	159	6	масло
0,03	690	22	0,04	517	21	0,04	414	17	0,04	345	14	0,04	259	10	0,04	207	8	эмульсия/масло
0,03	531	17	0,04	398	16	0,04	318	13	0,04	265	11	0,04	199	8	0,04	159	6	эмульсия/масло
0,03	690	22	0,04	517	21	0,04	414	17	0,04	345	14	0,04	259	10	0,04	207	8	эмульсия/масло
0,03	531	17	0,04	398	16	0,04	318	13	0,04	265	11	0,04	199	8	0,04	159	6	эмульсия/масло
0,03	424	13	0,04	318	13	0,04	255	10	0,04	212	9	0,04	159	6	0,04	127	5	эмульсия/масло
0,03	424	13	0,04	318	13	0,04	255	10	0,04	212	9	0,04	159	6	0,04	127	5	эмульсия/масло
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,03	477	15	0,04	358	15	0,04	286	12	0,04	239	10	0,04	179	7	0,04	143	6	эмульсия
0,03	265	8	0,04	199	8	0,04	159	6	0,04	133	5	0,04	99	4	0,04	80	3	эмульсия
0,03	424	13	0,04	318	13	0,04	255	10	0,04	212	9	0,04	159	6	0,04	127	5	эмульсия/масло
0,03	796	25	0,04	597	24	0,04	477	19	0,04	398	16	0,04	298	12	0,04	239	10	эмульсия
0,03	796	25	0,04	597	24	0,04	477	19	0,04	398	16	0,04	298	12	0,04	239	10	эмульсия
0,03	637	20	0,04	477	19	0,04	382	15	0,04	318	13	0,04	239	10	0,04	191	8	эмульсия
0,03	424	13	0,04	318	13	0,04	255	10	0,04	212	9	0,04	159	6	0,04	127	5	эмульсия
0,03	292	9	0,04	219	9	0,04	175	7	0,04	146	6	0,04	109	4	0,04	88	4	масло
0,08	1326	103	0,10	995	101	0,10	796	81	0,10	663	67	0,10	497	50	0,10	398	40	сух./сж.воздух
0,06	1326	83	0,08	995	81	0,08	796	65	0,08	663	54	0,08	497	40	0,08	398	32	сух./сж.воздух
0,08	1592	124	0,10	1194	121	0,10	955	97	0,10	796	81	0,10	597	61	0,10	477	48	эмульсия
0,06	1061	66	0,08	796	65	0,08	637	52	0,08	531	43	0,08	398	32	0,08	318	26	эмульсия
0,03	292	9	0,04	219	9	0,04	175	7	0,04	146	6	0,04	109	4	0,04	88	4	масло
0,03	239	7	0,04	179	7	0,04	143	6	0,04	119	5	0,04	90	4	0,04	72	3	масло
0,08	3714	290	0,10	2785	282	0,10	2228	226	0,10	1857	188	0,10	1393	141	0,10	1114	113	эмульсия
0,06	2387	134	0,07	1790	125	0,07	1432	100	0,07	1194	84	0,07	895	63	0,07	716	50	эмульсия
0,06	2122	119	0,07	1592	111	0,07	1273	89	0,07	1061	74	0,07	796	56	0,07	637	45	эмульсия
0,08	2653	207	0,10	1989	202	0,10	1592	161	0,10	1326	134	0,10	995	101	0,10	796	81	эмульсия/масло
0,08	4244	331	0,10	3183	325	0,10	2546	260	0,10	2122	216	0,10	1592	162	0,10	1273	130	сух./эмул./масло
0,08	2387	186	0,10	1790	182	0,10	1432	145	0,10	1194	121	0,10	895	91	0,10	716	73	эмульсия/масло
0,08	2122	166	0,10	1592	161	0,10	1273	129	0,10	1061	108	0,10	796	81	0,10	637	65	эмульсия/масло
0,08	2122	166	0,10	1592	161	0,10	1273	129	0,10	1061	108	0,10	796	81	0,10	637	65	эмульсия/масло
0,06	1220	68	0,07	915	64	0,07	732	51	0,07	610	43	0,07	458	32	0,07	366	26	эмульсия/масло
0,06	1220	68	0,07	915	64	0,07	732	51	0,07	610	43	0,07	458	32	0,07	366	26	эмульсия/масло
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–

Таблица 3.11 Центровочные свёрла GARANT (HSS/E – TiAlN) для станков с ЧПУ

Каталож. № 112020; 112100; 112110; 112140; 112160; 112170
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 3			∅ 4			∅ 5		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	38	50	63	0,05	5305	286	0,05	3979	215	0,07	3183	223
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	31	37	44	0,05	3926	212	0,05	2944	159	0,07	2355	165
2.0	Автоматные стали	< 850	31	37	44	0,05	3926	212	0,05	2944	159	0,07	2355	165
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	25	31	38	0,03	3289	107	0,03	2467	80	0,04	1974	83
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	31	37	44	0,03	3926	127	0,03	2944	95	0,04	2355	99
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	25	31	38	0,03	3289	107	0,03	2467	80	0,04	1974	83
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	25	27	31	0,03	2865	74	0,03	2149	56	0,03	1719	58
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	19	21	25	0,02	2228	48	0,02	1671	36	0,03	1337	38
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	10	12	15	0,02	1273	28	0,02	955	21	0,03	764	21
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	31	37	44	0,03	3926	127	0,03	2944	95	0,04	2355	99
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	19	22	25	0,02	2334	50	0,02	1751	38	0,03	1401	39
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	10	12	15	0,02	1273	28	0,02	955	21	0,03	764	21
7.0	Азотируемые стали	< 1000	13	16	19	0,02	1698	37	0,02	1273	28	0,03	1019	29
7.1	Азотируемые стали	> 1000	10	12	15	0,02	1273	28	0,02	955	21	0,03	764	21
8.0	Инструментал. стали	< 850	13	16	19	0,02	1698	37	0,02	1273	28	0,03	1019	29
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	10	12	15	0,02	1273	28	0,02	955	21	0,03	764	21
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	7,5	10	13	0,02	1061	23	0,02	796	17	0,03	637	18
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	7,5	10	13	0,02	1061	23	0,02	796	17	0,03	637	18
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	10	11	13	0,02	1167	25	0,02	875	19	0,03	700	20
11.1	Износост. констр. стали	1800	5	6	7,5	0,02	637	14	0,02	477	10	0,03	382	11
12.0	Пружинные стали	< 1500	6	10	13	0,02	1061	23	0,02	796	17	0,03	637	18
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	13	19	25	0,02	2016	44	0,02	1512	33	0,03	1210	34
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	13	19	25	0,02	2016	44	0,02	1512	33	0,03	1210	34
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	10	15	19	0,02	1592	34	0,02	1194	26	0,03	955	27
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	7,5	10	13	0,02	1061	23	0,02	796	17	0,03	637	18
14.0	Спец. сплавы	< 1200	3,5	7	10	0,02	743	16	0,02	557	12	0,03	446	13
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	25	31	38	0,05	3289	178	0,05	2467	133	0,07	1974	139
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	25	31	38	0,04	3289	142	0,04	2467	107	0,06	1974	111
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	31	37	44	0,05	3926	212	0,05	2944	159	0,07	2355	165
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	23	25	28	0,04	2653	115	0,04	1989	86	0,06	1592	89
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	3,5	7	10	0,02	743	16	0,02	557	12	0,03	446	13
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	3,5	5,5	7,5	0,02	584	13	0,02	438	9	0,03	350	10
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	50	87	125	0,05	9231	498	0,05	6923	374	0,07	5539	389
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		38	56	75	0,03	5942	193	0,03	4456	144	0,05	3565	193
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		38	50	63	0,03	5305	172	0,03	3979	129	0,05	3183	172
18.0	Медь, низколегир.	< 400	44	62	81	0,05	6578	355	0,05	4934	266	0,07	3947	277
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	75	100	125	0,05	10610	573	0,05	7958	430	0,07	6366	454
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	44	56	75	0,05	5942	321	0,05	4456	241	0,07	3565	250
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	31	50	63	0,05	5305	286	0,05	3979	215	0,07	3183	223
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	31	50	63	0,05	5305	286	0,05	3979	215	0,07	3183	223
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	19	29	44	0,03	3077	100	0,04	2308	100	0,05	1846	100
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	19	29	44	0,03	3077	100	0,04	2308	100	0,05	1846	100
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт		20	30	40	0,05	3183	159	0,05	2387	119	0,08	1910	153
20.1	Реактопласт		10	15	20	0,05	1592	80	0,05	1194	60	0,08	955	76
20.2	Стекло- и углепластик		15	20	25	0,05	2122	106	0,05	1592	80	0,08	1273	102

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для начального значения скорости резания.

	∅ 6			∅ 8			∅ 10			∅ 12			∅ 16			∅ 20			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,08	2653	223	0,11	1989	218	0,11	1592	174	0,11	1326	145	0,11	995	109	0,11	796	87	эмульсия
	0,08	1963	165	0,11	1472	161	0,11	1178	129	0,11	981	107	0,11	736	81	0,11	589	64	эмульсия
	0,08	1963	165	0,11	1472	161	0,11	1178	129	0,11	981	107	0,11	736	81	0,11	589	64	эмульсия
	0,05	1645	83	0,07	1233	81	0,07	987	65	0,07	822	54	0,07	617	41	0,07	493	32	эмульсия
	0,05	1963	99	0,07	1472	97	0,07	1178	77	0,07	981	64	0,07	736	48	0,07	589	39	эмульсия
	0,05	1645	83	0,07	1233	81	0,07	987	65	0,07	882	54	0,07	617	41	0,07	493	32	эмульсия
	0,04	1432	58	0,05	1074	56	0,05	859	45	0,05	716	38	0,05	537	28	0,05	430	23	эмульсия/масло
	0,03	1114	38	0,04	836	37	0,04	668	29	0,04	557	24	0,04	418	18	0,04	334	15	эмульсия/масло
	0,03	637	21	0,04	477	21	0,04	382	17	0,04	318	14	0,04	239	10	0,04	191	8	эмульсия/масло
	0,05	1963	99	0,07	1472	97	0,07	1178	77	0,07	981	64	0,07	736	48	0,07	589	39	эмульсия/масло
	0,03	1167	39	0,04	875	38	0,04	700	31	0,04	584	26	0,04	438	19	0,04	350	15	масло
	0,03	637	21	0,04	477	21	0,04	382	17	0,04	318	14	0,04	239	10	0,04	191	8	масло
	0,03	849	29	0,04	637	28	0,04	509	22	0,04	424	19	0,04	318	14	0,04	255	11	эмульсия/маслоо
	0,03	637	21	0,04	477	21	0,04	382	17	0,04	318	14	0,04	239	10	0,04	191	8	эмульсия/масло
	0,03	849	29	0,04	637	28	0,04	509	22	0,04	424	19	0,04	318	14	0,04	255	11	эмульсия/масло
	0,03	637	21	0,04	477	21	0,04	382	17	0,04	318	14	0,04	239	10	0,04	191	8	эмульсия/масло
	0,03	531	18	0,04	398	17	0,04	318	14	0,04	265	12	0,04	199	9	0,04	159	7	эмульсия/масло
	0,03	531	18	0,04	398	17	0,04	318	14	0,04	265	12	0,04	199	9	0,04	159	7	эмульсия/масло
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,03	584	20	0,04	438	19	0,04	350	15	0,04	292	13	0,04	219	10	0,04	175	8	эмульсия
	0,03	318	11	0,04	239	10	0,04	191	8	0,04	159	7	0,04	119	5	0,04	95	4	эмульсия
	0,03	531	18	0,04	398	17	0,04	318	14	0,04	265	12	0,04	199	9	0,04	159	7	эмульсия/масло
	0,03	1008	34	0,04	756	33	0,04	605	26	0,04	504	22	0,04	378	17	0,04	302	13	эмульсия
	0,03	1008	34	0,04	756	33	0,04	605	26	0,04	504	22	0,04	378	17	0,04	302	13	эмульсия
	0,03	796	27	0,04	597	26	0,04	477	21	0,04	398	17	0,04	298	13	0,04	239	10	эмульсия
	0,03	531	18	0,04	398	17	0,04	318	14	0,04	265	12	0,04	199	9	0,04	159	7	эмульсия
	0,03	371	13	0,04	279	12	0,04	223	10	0,04	146	8	0,04	139	6	0,04	111	5	масло
	0,08	1645	139	0,11	1233	135	0,11	987	108	0,11	822	90	0,11	617	68	0,11	493	54	сух./сж.воздух
	0,07	1645	111	0,09	1233	108	0,09	987	86	0,09	822	72	0,09	617	54	0,09	493	43	сух./сж.воздух
	0,08	1963	165	0,11	1472	161	0,11	1178	129	0,11	981	107	0,11	736	81	0,11	589	64	эмульсия
	0,07	1326	89	0,09	995	87	0,09	796	70	0,09	663	58	0,09	497	44	0,09	398	35	эмульсия
	0,03	371	13	0,04	279	12	0,04	223	10	0,04	186	8	0,04	139	6	0,04	111	5	масло
	0,03	292	10	0,04	219	10	0,04	175	8	0,04	146	6	0,04	109	5	0,04	88	4	масло
	0,08	4615	389	0,11	3462	379	0,11	2769	303	0,11	2308	253	0,11	1731	190	0,11	1385	152	эмульсия
	0,06	2971	180	0,08	2228	168	0,04	1783	135	0,08	1485	112	0,08	1114	84	0,08	891	67	эмульсия
	0,06	2653	160	0,08	1989	150	0,04	1592	120	0,08	1326	100	0,08	995	75	0,08	796	60	эмульсия
	0,08	3289	277	0,11	2467	270	0,11	1974	216	0,11	1645	180	0,11	1233	135	0,11	987	108	эмульсия/масло
	0,08	5305	447	0,11	3979	438	0,11	3183	351	0,11	2653	292	0,11	1989	219	0,11	1592	175	сух./эмул./масло
	0,08	2971	250	0,11	2228	244	0,11	1783	195	0,11	1485	163	0,11	1114	122	0,11	891	98	эмульсия/масло
	0,08	2653	223	0,11	1989	218	0,11	1592	174	0,11	1326	145	0,11	995	109	0,11	796	87	эмульсия/масло
	0,08	2653	223	0,11	1989	218	0,11	1592	174	0,11	1326	145	0,11	995	109	0,11	796	87	эмульсия/масло
	0,06	1538	93	0,08	1154	87	0,04	923	70	0,08	769	58	0,08	577	44	0,08	462	35	эмульсия/масло
	0,06	1538	93	0,08	1154	87	0,04	923	70	0,08	769	58	0,08	577	44	0,08	462	35	эмульсия/масло
		–			–			–			–			–			–		
	0,08	1592	127	0,10	1194	115	0,12	955	115	0,14	796	115	0,16	597	95	0,20	477	95	вода/воздух
	0,08	796	64	0,10	597	57	0,12	477	57	0,14	398	57	0,16	298	48	0,20	239	48	вода/воздух
	0,08	1061	85	0,10	796	76	0,12	637	76	0,14	531	76	0,16	398	64	0,20	318	64	вода/воздух

Таблица 3.12 Спиральные свёрла GARANT (HSS и HSS/E)

Каталож. № 112300; 113020; 113150; 114000; 114020; 114050; 114150; 114160; 114200; 114400; 114450; 114470; 116000; 116040; 116061; 116065; 116070; 116240; 116320; 116340; 116350; 116360; 116380; 116420; 116620; 116700; 116720; 116760; 117020; 117060; 117080; 117120; 117160; 117180; 117220; 117240; 117280; 117320

DIN 1899-A; 1897; 338; 340; 1869; 345; 343; 341; 1870

Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 2			∅ 5			∅ 8		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	30	40	50	0,05	6366	318	0,12	2546	306	0,20	1592	318
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	25	30	35	0,05	4775	239	0,12	1910	229	0,20	1194	239
2.0	Автомат. стали	< 850	25	30	35	0,05	4775	239	0,12	1910	229	0,20	1194	239
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	20	25	30	0,03	3979	119	0,07	1592	111	0,10	995	99
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	25	30	35	0,03	4775	143	0,07	1910	134	0,10	1194	119
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	20	25	30	0,03	3979	119	0,07	1592	111	0,10	995	99
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	20	22	25	0,02	3501	84	0,06	1401	84	0,09	875	79
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	15	17	20	0,02	2706	54	0,05	1082	54	0,08	676	54
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	8	10	12	0,02	1592	32	0,05	637	32	0,08	398	32
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	25	30	35	0,03	4775	143	0,07	1910	134	0,10	1194	119
6.0	Лег. цементир. стали	800 – 1000	15	18	20	0,02	2865	57	0,05	1146	57	0,08	716	57
6.1	Лег. цементир. стали	1000 – 1200	8	10	12	0,02	1592	32	0,05	637	32	0,08	398	32
7.0	Азотируемые стали	850 – 1000	10	13	15	0,02	2069	41	0,05	828	41	0,08	517	41
7.1	Азотируемые стали	1000 – 1200	8	10	12	0,02	1592	32	0,05	637	32	0,08	398	32
8.0	Инструментал. стали	< 850	10	13	15	0,02	2069	41	0,05	828	41	0,08	517	41
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	8	10	12	0,02	1592	32	0,05	637	32	0,08	398	32
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	6	8	10	0,02	1273	25	0,05	509	25	0,08	318	25
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	6	8	10	0,02	1273	25	0,05	509	25	0,08	318	25
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	8	9	10		–			–		0,08	358	29
11.1	Износост. констр. стали	1800	4	5	6		–			–		0,06	199	12
12.0	Пружинные стали	< 1200	5	8	10	0,02	1273	25	0,05	509	25	0,08	318	25
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	15	20	0,02	2387	48	0,05	955	48	0,08	597	48
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	15	20	0,02	2387	48	0,05	955	48	0,08	597	48
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	8	12	15	0,02	1910	38	0,05	764	38	0,08	477	38
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	6	8	10	0,02	1273	25	0,05	509	25	0,08	318	25
14.0	Спец. сплавы	< 1200	3	5,5	8	0,02	875	18	0,05	350	18	0,08	219	18
15.0	Чугун	< 160 HB	20	25	30	0,05	3979	199	0,12	1592	191	0,20	995	199
15.1	Чугун	> 180 HB	20	25	30	0,04	3979	159	0,10	1592	159	0,16	995	159
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	25	30	35	0,05	4775	239	0,12	1910	229	0,20	1194	239
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	18	20	22	0,04	3183	127	0,10	1273	127	0,16	796	127
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	3	5,5	8	0,02	875	18	0,05	350	18	0,08	219	18
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	3	4,5	6	0,02	716	14	0,05	286	14	0,08	179	14
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	40	70	100	0,05	11141	557	0,14	4456	624	0,18	2785	501
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		30	45	60	0,05	7162	358	0,14	2865	401	0,18	1790	322
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		30	40	50	0,03	6366	191	0,08	2546	204	0,14	1592	223
18.0	Медь, низколегир.	< 350	35	50	65	0,05	7958	398	0,14	3183	446	0,18	1989	358
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	60	80	100	0,08	12732	1019	0,18	5093	917	0,25	3183	796
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	35	45	60	0,05	7162	358	0,15	2865	430	0,40	1790	716
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	25	40	50	0,05	6366	318	0,08	2546	204	0,14	1592	223
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	25	40	50	0,05	6366	318	0,08	2546	204	0,14	1592	223
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	15	23	35	0,05	3661	183	0,08	1464	117	0,14	915	128
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	15	23	35	0,05	3661	183	0,08	1464	117	0,14	915	128
19.0	Графит		3	5	6	вручную			вручную			вручную		
20.0	Термопласт		20	30	40	0,05	4775	239	0,08	1910	153	0,14	1194	167
20.1	Реактопласт		10	15	20	0,05	2387	119	0,08	955	76	0,14	597	84
20.2	Стекло- и углепластик		15	20	25	0,05	3183	159	0,08	1273	102	0,14	796	111

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для начального значения скорости резания. Значения подачи являются базовыми для сверл по стандарту DIN 338.
Для коротких сверл подачу можно увеличить на 30%.
Для длинных сверл подачу нужно уменьшить 30%.

∅12			∅16			∅25			∅40			∅63			∅80			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,25	1061	265	0,30	796	239	0,40	509	204	0,40	318	127	0,50	202	101	0,50	159	80	эмульсия
0,25	796	199	0,30	597	179	0,35	382	134	0,40	239	95	0,50	152	76	0,60	119	72	эмульсия
0,25	796	199	0,30	597	179	0,35	382	134	0,40	239	95	0,50	152	76	0,60	119	72	эмульсия
0,16	663	106	0,20	497	99	0,25	318	80	0,32	199	64	0,40	126	51	0,50	99	50	эмульсия
0,16	796	127	0,20	597	119	0,25	382	95	0,32	239	76	0,40	152	61	0,50	119	60	эмульсия
0,16	663	106	0,20	497	99	0,25	318	80	0,32	199	64	0,40	126	51	0,50	99	50	эмульсия
0,14	584	82	0,18	438	79	0,22	280	62	0,30	175	53	0,36	111	40	0,44	88	39	эмульсия/масло
0,12	451	54	0,14	338	47	0,18	216	39	0,23	135	31	0,27	86	23	0,32	68	22	эмульсия/масло
0,12	265	32	0,14	199	28	0,18	127	23	0,23	80	18	0,27	51	14	0,32	40	13	эмульсия/масло
0,16	796	127	0,20	597	119	0,25	382	95	0,32	239	76	0,40	152	61	0,50	119	60	эмульсия/масло
0,12	477	57	0,14	358	50	0,18	229	41	0,23	143	33	0,27	91	25	0,32	72	23	масло
0,12	265	32	0,14	199	28	0,18	127	23	0,23	80	18	0,27	51	14	0,32	40	13	масло
0,12	345	41	0,14	259	36	0,18	166	30	0,23	103	24	0,27	66	18	0,32	52	17	эмульсия/масло
0,12	265	32	0,14	199	28	0,18	127	23	0,23	80	18	0,27	51	14	0,32	40	13	эмульсия/масло
0,12	345	41	0,14	259	36	0,18	166	30	0,23	103	24	0,27	66	18	0,32	52	17	эмульсия/масло
0,12	265	32	0,14	199	28	0,18	127	23	0,23	80	18	0,27	51	14	0,32	40	13	эмульсия/масло
0,12	212	25	0,14	159	22	0,18	102	18	0,23	64	15	0,27	40	11	0,32	32	10	эмульсия/масло
0,12	212	25	0,14	159	22	0,18	102	18	0,23	64	15	0,27	40	11	0,32	32	10	эмульсия/масло
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,12	239	29	0,15	179	27	0,30	115	34	0,40	72	29		–			–		эмульсия
0,10	133	13	0,13	99	13	0,22	64	14	0,30	40	12		–			–		эмульсия
0,12	212	25	0,14	159	22	0,18	102	18	0,23	64	15	0,27	40	11	0,32	32	10	эмульсия/масло
0,12	398	48	0,14	298	42	0,18	191	34	0,24	119	29	0,27	76	20	0,32	60	19	эмульсия
0,12	398	48	0,14	298	42	0,18	191	34	0,24	119	29	0,27	76	20	0,32	60	19	эмульсия
0,12	318	38	0,14	239	33	0,18	153	28	0,24	95	23	0,27	61	16	0,32	48	15	эмульсия
0,12	212	25	0,14	159	22	0,18	102	18	0,24	64	15	0,27	40	11	0,32	32	10	эмульсия
0,12	146	18	0,14	109	15	0,18	70	13	0,24	44	11	0,27	28	8	0,32	22	7	масло
0,25	663	166	0,30	497	149	0,40	318	127	0,40	199	80	0,50	126	63	0,60	99	60	сух./сж.воздух
0,20	663	133	0,25	497	124	0,32	318	102	0,32	199	64	0,40	126	51	0,50	99	50	сух./сж.воздух
0,25	796	199	0,30	597	179	0,40	382	153	0,40	239	95	0,50	152	76	0,60	119	72	эмульсия
0,20	531	106	0,25	398	99	0,32	255	81	0,32	159	51	0,40	101	40	0,50	80	40	эмульсия
0,12	146	18	0,14	109	15	0,18	70	13	0,23	44	10	0,27	28	8	0,32	22	7	масло
0,12	119	14	0,14	90	13	0,18	57	10	0,23	36	8	0,27	23	6	0,32	18	6	масло
0,22	1857	408	0,30	1393	418	0,40	891	357	0,45	557	251	0,50	354	177	0,60	279	167	эмульсия
0,22	1194	263	0,30	895	269	0,40	573	229	0,45	358	161	0,50	227	114	0,60	179	107	эмульсия
0,20	1061	212	0,25	796	199	0,30	509	153	0,40	318	127	0,50	202	101	0,60	159	95	эмульсия
0,22	1326	292	0,30	995	298	0,40	637	255	0,45	398	179	0,50	253	126	0,60	199	119	эмульсия/масло
0,30	2122	637	0,35	1592	557	0,40	1019	407	0,50	637	318	0,60	404	243	0,70	318	223	сух./эмул./масло
0,25	1194	298	0,35	895	313	0,40	573	229	0,50	358	179	0,60	227	136	0,70	179	125	эмульсия/масло
0,20	1061	212	0,25	796	199	0,30	509	153	0,40	318	127	0,50	202	101	0,60	159	95	эмульсия/масло
0,20	1061	212	0,25	796	199	0,30	509	153	0,40	318	127	0,50	202	101	0,60	159	95	эмульсия/масло
0,20	610	122	0,25	458	114	0,30	293	88	0,40	183	73	0,50	116	58	0,60	92	55	эмульсия/масло
0,20	610	122	0,25	458	114	0,30	293	88	0,40	183	73	0,50	116	58	0,60	92	55	эмульсия/масло
вручную			вручную			вручную			вручную			вручную			вручную			сух./воздух
0,20	796	159	0,25	597	149	0,30	382	115	0,40	239	95	0,50	152	76	0,60	119	72	эмульсия/воздух
0,20	398	80	0,25	298	75	0,30	191	57	0,40	119	48	0,50	76	38	0,60	60	36	вода/воздух
0,20	531	106	0,25	398	99	0,30	255	76	0,40	159	64	0,50	101	51	0,60	80	48	сух./воздух

Таблица 3.13 Спиральные свёрла GARANT из порошковой стали (PM – TiAlN)

Каталож. № 113280; 114620
DIN 1897; 338
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел проч-ности	v_c			∅ 3			∅ 5			∅ 8		
			[м/мин]			f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	50	60	70	0,05	9549	516	0,13	3820	497	0,18	2387	430
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	50	60	70	0,07	9549	516	0,13	3820	497	0,18	2387	430
2.0	Автоматные стали	< 850	50	60	70	0,05	9549	516	0,13	3820	497	0,18	2387	430
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	40	50	60	0,03	7958	255	0,08	3183	242	0,11	1989	215
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	40	50	60	0,03	7958	255	0,08	3183	242	0,11	1989	215
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	40	50	60	0,03	7958	255	0,08	3183	242	0,11	1989	215
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	40	45	50	0,03	7162	186	0,06	2865	183	0,10	1790	175
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	30	35	40	0,02	5570	123	0,05	2228	120	0,09	1393	120
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	30	35	40	0,02	5570	123	0,05	2228	120	0,09	1393	120
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	50	60	70	0,03	9549	306	0,08	3820	290	0,11	2387	258
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	40	50	60	0,02	7958	175	0,05	3183	172	0,09	1989	171
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	40	45	50	0,02	7162	158	0,05	2865	155	0,09	1790	154
7.0	Азотируемые стали	< 1000	30	35	40	0,02	5570	123	0,05	2228	120	0,09	1393	120
7.1	Азотируемые стали	> 1000	30	35	40	0,02	5570	123	0,05	2228	120	0,09	1393	120
8.0	Инструментал. стали	< 850	30	35	40	0,02	5570	123	0,05	2228	120	0,09	1393	120
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	30	35	40	0,02	5570	123	0,05	2228	120	0,09	1393	120
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	25	30	35	0,02	4775	105	0,05	1910	103	0,09	1194	103
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	25	30	35	0,02	4775	105	0,05	1910	103	0,09	1194	103
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	10	15	20	0,02	2387	53	0,05	955	52	0,09	597	51
11.1	Износост. констр. стали	1800	10	13	15	0,02	2069	46	0,05	828	45	0,06	517	33
12.0	Пружинные стали	< 1500	10	13	15	0,02	2069	46	0,05	828	45	0,09	517	44
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	18	23	28	0,02	3661	81	0,05	1464	79	0,09	915	79
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	20	25	0,02	3183	70	0,05	1273	69	0,09	796	68
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	15	20	25	0,02	3183	70	0,05	1273	69	0,09	796	68
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	12	15	20	0,02	2387	53	0,05	955	52	0,09	597	51
14.0	Спец. сплавы	< 1200	10	13	15	0,02	2069	46	0,05	828	45	0,09	517	44
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	80	90	0,05	12732	688	0,13	5093	662	0,22	3183	688
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	60	70	0,04	9549	420	0,11	3820	413	0,17	2387	411
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	70	80	90	0,05	12732	688	0,13	5093	662	0,22	3183	688
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	50	60	70	0,04	9549	420	0,11	3820	413	0,17	2387	411
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	25	30	0,02	3979	88	0,05	1592	86	0,09	995	86
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	9	12	15	0,02	1910	42	0,05	764	41	0,09	477	41
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	40	70	120	0,05	12732	688	0,15	5093	774	0,19	3183	618
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		70	80	90	0,05	11141	602	0,15	4456	677	0,19	2785	540
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		50	60	70	0,03	9549	306	0,09	3820	328	0,15	2387	363
18.0	Медь, низколегир.	< 400	70	80	90	0,05	12732	688	0,15	5093	774	0,19	3183	618
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	75	100	125	0,09	15915	1369	0,19	6366	1235	0,27	3979	1074
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	44	56	75	0,05	8913	481	0,16	3565	578	0,22	2228	481
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	31	50	63	0,05	7958	430	0,09	3183	274	0,15	1989	302
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	31	50	63	0,05	7958	430	0,09	3183	274	0,15	1989	302
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	19	29	44	0,05	4615	249	0,09	1846	159	0,15	1154	175
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	19	29	44	0,05	4615	249	0,09	1846	159	0,15	1154	175
19.0	Графит		3	4	6	вручную			вручную			вручную		
20.0	Термопласт		20	30	40	0,05	4775	239	0,08	1910	153	0,14	1194	167
20.1	Реактопласт		10	15	20	0,05	2387	119	0,08	955	76	0,14	597	84
20.2	Стекло- и углепластик		15	20	25	0,05	3183	159	0,08	1273	102	0,14	796	111

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 12–13			∅ 16			∅ 25			∅ 40			∅ 63			∅ 80			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	vf	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,22	1528	336		–			–			–			–			–		эмульсия
0,22	1528	336		–			–			–			–			–		эмульсия
0,22	1528	336		–			–			–			–			–		эмульсия
0,17	1273	219		–			–			–			–			–		эмульсия
0,17	1273	219		–			–			–			–			–		эмульсия
0,17	1273	219		–			–			–			–			–		эмульсия
0,15	1146	174		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	891	116		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	891	116		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,17	1528	263		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	1273	166		–			–			–			–			–		масло
0,13	1146	149		–			–			–			–			–		масло
0,13	891	116		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	891	116		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	891	116		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	891	116		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	764	99		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	764	99		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,13	382	50		–			–			–			–			–		эмульсия
0,11	331	36		–			–			–			–			–		эмульсия
0,13	331	43		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,13	586	76		–			–			–			–			–		эмульсия
0,13	509	66		–			–			–			–			–		эмульсия
0,13	509	66		–			–			–			–			–		эмульсия
0,13	382	50		–			–			–			–			–		эмульсия
0,13	331	43		–			–			–			–			–		масло
0,27	2037	550		–			–			–			–			–		сух./сж.воздух
0,22	1528	330		–			–			–			–			–		сух./сж.воздух
0,27	2037	550		–			–			–			–			–		эмульсия
0,22	1528	330		–			–			–			–			–		эмульсия
0,13	637	83		–			–			–			–			–		масло
0,13	306	40		–			–			–			–			–		масло
0,24	2037	485		–			–			–			–			–		эмульсия
0,24	1783	424		–			–			–			–			–		эмульсия
0,22	1528	330		–			–			–			–			–		эмульсия
0,24	2037	485		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,32	2546	825		–			–			–			–			–		сух./эмул./масло
0,27	1426	385		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,22	1273	275		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,22	1273	275		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,22	738	160		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
0,22	738	160		–			–			–			–			–		эмульсия/масло
вручную				–			–			–			–			–		сух./воздух
0,20	764	153		–			–			–			–			–		вода/воздух
0,20	382	76		–			–			–			–			–		сух./воздух
0,20	509	102		–			–			–			–			–		сух./воздух

Таблица 3.14 Спиральные свёрла GARANT (HSS и HSS/E – TiAlN/TiN)

Каталож. № 113140; 113230; 113260; 113310; 114360; 114500; 114550; 114556; 114600; 116060; 116080; 116280; 116285; 116540; 117040; 117140; 117260
DIN 1897; 338; 340; 1869; 345; 341; 1870
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 2			∅ 5			∅ 8		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	38	50	63	0,05	7958	430	0,13	3183	414	0,22	1989	430
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	31	37	44	0,05	5889	318	0,13	2355	306	0,22	1472	318
2.0	Автоматные стали	< 850	31	37	44	0,05	5889	318	0,13	2355	306	0,22	1472	318
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	25	31	38	0,03	4934	158	0,08	1974	150	0,11	1233	133
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	31	37	44	0,03	5889	188	0,08	2355	179	0,11	1472	159
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	25	31	38	0,03	4934	158	0,08	1974	150	0,11	1233	133
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	25	27	31	0,03	4297	112	0,06	1719	110	0,10	1074	105
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	19	21	25	0,02	3342	74	0,05	1337	72	0,09	836	72
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	10	12	15	0,02	1910	42	0,05	764	41	0,09	477	41
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	31	37	44	0,03	5889	188	0,08	2355	179	0,11	1472	159
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	19	22	25	0,02	3501	77	0,05	1401	76	0,09	875	75
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	10	12	15	0,02	1910	42	0,05	764	41	0,09	477	41
7.0	Азотируемые стали	< 1000	13	16	19	0,02	2546	56	0,05	1019	55	0,09	637	55
7.1	Азотируемые стали	> 1000	10	12	15	0,02	1910	42	0,05	764	41	0,09	477	41
8.0	Инструментал. стали	< 850	13	16	19	0,02	2546	56	0,05	1019	55	0,09	637	55
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	10	12	15	0,02	1910	42	0,05	764	41	0,09	477	41
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	7,5	10	13	0,02	1592	35	0,05	637	34	0,09	398	34
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	7,5	10	13	0,02	1592	35	0,05	637	34	0,09	398	34
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	10	11	13		–			–		0,09	438	38
11.1	Износост. констр. стали	1800	5	6	7,5		–			–		0,06	239	15
12.0	Пружинные стали	< 1500	6	10	13	0,02	1592	35	0,05	637	34	0,09	398	34
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	13	19	25	0,02	3024	67	0,05	1210	65	0,09	756	65
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	13	19	25	0,02	3024	67	0,05	1210	65	0,09	756	65
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	10	15	19	0,02	2387	53	0,05	955	52	0,09	597	51
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	7,5	10	13	0,02	1592	35	0,05	637	34	0,09	398	34
14.0	Спец. сплавы	< 1200	3,5	7	10	0,02	1114	25	0,05	446	24	0,09	279	24
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	25	31	38	0,05	4934	266	0,13	1974	257	0,22	1233	266
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	25	31	38	0,04	4934	217	0,11	1974	213	0,17	1233	212
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	31	37	44	0,05	5889	318	0,13	2355	306	0,22	1472	318
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	23	25	28	0,04	3979	175	0,11	1592	172	0,17	995	171
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	3,5	7	10	0,02	1114	25	0,05	446	24	0,09	279	24
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	3,5	5,5	7,5	0,02	875	19	0,05	350	19	0,09	219	19
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	50	87	125	0,05	13846	748	0,15	5539	842	0,19	3462	672
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		38	56	75	0,05	8913	481	0,15	3565	542	0,19	2228	432
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		38	50	63	0,03	7958	255	0,09	3183	274	0,15	1989	302
18.0	Медь, низколегир.	< 400	44	62	81	0,05	9868	533	0,15	3947	600	0,19	2467	479
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	75	100	125	0,09	15915	1369	0,19	6366	1235	0,27	3979	1074
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	44	56	75	0,05	8913	481	0,16	3565	578	0,22	2228	481
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	31	50	63	0,05	7958	430	0,09	3183	274	0,15	1989	302
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	31	50	63	0,05	7958	430	0,09	3183	274	0,15	1989	302
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	19	29	44	0,05	4615	249	0,09	1846	159	0,15	1154	175
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	19	29	44	0,05	4615	249	0,09	1846	159	0,15	1154	175
19.0	Графит		3	5	6	вручную			вручную			вручную		
20.0	Термопласт		20	30	40	0,05	4775	239	0,08	1910	153	0,14	1194	167
20.1	Реактопласт		10	15	20	0,05	2387	119	0,08	955	76	0,14	597	84
20.2	Стекло- и углепластик		15	20	25	0,05	3183	159	0,08	1273	102	0,14	796	111

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для начального значения скорости резания.

	∅ 12			∅ 16			∅ 25			∅ 40			∅ 63			∅ 80			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,27	1326	358	0,32	995	322	0,43	637	275	0,43	398	172	0,54	253	136	0,54	199	107	эмульсия
	0,27	981	265	0,32	736	238	0,38	471	178	0,43	294	127	0,54	187	101	0,65	147	95	эмульсия
	0,27	981	265	0,32	736	238	0,38	471	178	0,43	294	127	0,54	187	101	0,65	147	95	эмульсия
	0,17	822	141	0,22	617	133	0,27	395	107	0,35	247	85	0,43	157	68	0,54	123	67	эмульсия
	0,17	981	169	0,22	736	159	0,27	471	127	0,35	294	102	0,43	187	81	0,54	147	79	эмульсия
	0,17	822	141	0,22	617	133	0,27	395	107	0,35	247	85	0,43	157	68	0,54	123	67	эмульсия
	0,15	716	109	0,19	537	104	0,24	344	82	0,32	215	70	0,39	136	53	0,48	107	51	эмульсия/масло
	0,13	557	72	0,15	418	64	0,19	267	52	0,25	167	41	0,29	106	31	0,35	84	29	эмульсия/масло
	0,13	318	41	0,15	239	36	0,19	153	30	0,25	95	24	0,29	61	18	0,35	48	17	эмульсия/масло
	0,17	981	169	0,22	736	159	0,27	471	127	0,35	294	102	0,43	187	81	0,54	147	79	эмульсия/масло
	0,13	584	76	0,15	438	67	0,19	280	54	0,25	175	43	0,29	111	32	0,35	88	30	масло
	0,13	318	41	0,15	239	36	0,19	153	30	0,25	95	24	0,29	61	18	0,35	48	17	масло
	0,13	424	55	0,15	318	48	0,19	204	40	0,25	127	32	0,29	81	24	0,35	64	22	эмульсия/масло
	0,13	318	41	0,15	239	36	0,19	153	30	0,25	95	24	0,29	61	18	0,35	48	17	эмульсия/масло
	0,13	424	55	0,15	318	48	0,19	204	40	0,25	127	32	0,29	81	24	0,35	64	22	эмульсия/масло
	0,13	318	41	0,15	239	36	0,19	153	30	0,25	95	24	0,29	61	18	0,35	48	17	эмульсия/масло
	0,13	265	34	0,15	199	30	0,19	127	25	0,25	80	20	0,29	51	15	0,35	40	14	эмульсия/масло
	0,13	265	34	0,15	199	30	0,19	127	25	0,25	80	20	0,29	51	15	0,35	40	14	эмульсия/масло
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,13	292	38	0,16	219	35	0,32	140	45	0,43	88	38		–			–		эмульсия
	0,11	159	17	0,14	119	17	0,24	76	18	0,32	48	15		–			–		эмульсия
	0,13	265	34	0,15	199	30	0,19	127	25	0,25	80	20	0,29	51	15	0,35	40	14	эмульсия/масло
	0,13	504	66	0,15	378	57	0,19	242	47	0,26	151	39	0,29	96	28	0,35	76	26	эмульсия
	0,13	504	66	0,15	378	57	0,19	242	47	0,26	151	39	0,29	96	28	0,35	76	26	эмульсия
	0,13	398	52	0,15	298	45	0,19	191	37	0,26	119	31	0,29	76	22	0,35	60	21	эмульсия
	0,13	265	34	0,15	199	30	0,19	127	25	0,26	80	21	0,29	51	15	0,35	40	14	эмульсия
	0,13	186	24	0,15	139	21	0,19	89	17	0,26	56	14	0,29	35	10	0,35	28	10	масло
	0,27	822	222	0,32	617	200	0,43	395	171	0,43	247	107	0,54	157	85	0,65	123	80	сух./сж.воздух
	0,22	822	178	0,27	617	167	0,35	395	137	0,35	247	85	0,43	157	68	0,54	123	67	сух./сж.воздух
	0,27	981	265	0,32	736	238	0,43	471	204	0,43	294	127	0,54	187	101	0,65	147	95	эмульсия
	0,22	663	143	0,27	497	134	0,35	318	110	0,35	199	69	0,43	126	55	0,54	99	54	эмульсия
	0,13	186	24	0,15	139	21	0,19	89	17	0,25	56	14	0,29	35	10	0,35	28	10	масло
	0,13	146	19	0,15	109	17	0,19	70	14	0,25	44	11	0,29	28	8	0,35	22	8	масло
	0,24	2308	549	0,32	1731	561	0,43	1108	479	0,49	692	336	0,54	440	237	0,65	346	224	эмульсия
	0,24	1485	354	0,32	1114	361	0,52	713	372	0,49	446	217	0,54	283	153	0,65	223	144	эмульсия
	0,22	1326	286	0,27	995	269	0,32	637	206	0,43	398	172	0,54	253	136	0,65	199	129	эмульсия
	0,24	1645	391	0,32	1233	400	0,43	789	341	0,49	493	240	0,54	313	169	0,65	247	160	эмульсия/масло
	0,32	2653	859	0,38	1989	752	0,43	1273	550	0,54	796	430	0,65	505	327	0,76	398	301	сух./эмул./масло
	0,27	1485	401	0,38	1114	421	0,43	713	308	0,54	446	241	0,65	283	183	0,76	223	168	эмульсия/масло
	0,22	1326	286	0,27	995	269	0,32	637	206	0,43	398	172	0,54	253	136	0,65	199	129	эмульсия/масло
	0,22	1326	286	0,27	995	269	0,32	637	206	0,43	398	172	0,54	253	136	0,65	199	129	эмульсия/масло
	0,22	769	166	0,27	577	156	0,32	369	120	0,43	231	100	0,54	147	79	0,65	115	75	эмульсия/масло
	0,22	769	166	0,27	577	156	0,32	369	120	0,43	231	100	0,54	147	79	0,65	115	75	эмульсия/масло
	вручную			вручную			вручную			вручную			вручную			вручную			сух./воздух
	0,20	796	159	0,25	597	149	0,30	382	115	0,40	239	95	0,50	152	76	0,60	119	72	вода/воздух
	0,20	398	80	0,25	298	75	0,30	191	57	0,40	119	48	0,50	76	38	0,60	60	36	сух./воздух
	0,20	531	106	0,25	398	99	0,30	255	76	0,40	159	64	0,50	101	51	0,60	80	48	сух./воздух

Таблица 3.15 Центровочные свёрла GARANT (цельн. твердосплавн.)

Каталож. № 121000
DIN 333-A
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 0,5 – 0,8			∅ 1 – 1,25			∅ 1,6 – 2		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	75	80	85	0,02	39177	784	0,03	22736	682	0,08	14147	1132
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	65	70	75	0,02	34280	686	0,03	19894	597	0,08	12379	990
2.0	Автоматные стали	< 850	75	80	85	0,02	39177	784	0,03	22736	682	0,08	14147	1132
2.1	Автоматные стали	850–1000	65	70	75	0,01	34280	343	0,02	19894	398	0,07	12379	867
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	65	70	0,01	31831	637	0,02	18473	554	0,08	11495	920
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	65	70	0,01	31831	637	0,02	18473	554	0,08	11495	920
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	60	65	70	0,01	31831	318	0,02	18473	369	0,07	11495	805
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	60	65	70	0,01	31831	318	0,02	18473	369	0,07	11495	805
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	60	65	70	0,01	31831	318	0,02	18473	369	0,07	11495	805
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70	75	80	0,02	36728	735	0,03	21315	639	0,08	13263	1061
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65	70	75	0,01	34280	686	0,02	19894	597	0,08	12379	990
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	65	70	0,01	31831	318	0,02	18473	369	0,06	11495	690
7.0	Азотируемые стали	< 1000	60	65	70	0,01	31831	318	0,02	18473	369	0,06	11495	690
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	65	70	0,01	31831	318	0,02	18473	369	0,06	11495	690
8.0	Инструментал. стали	< 850	55	60	65	0,01	29382	294	0,02	17052	341	0,06	10610	637
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	45	50	55	0,01	24485	245	0,02	14210	284	0,06	8842	531
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,01	17140	171	0,02	9947	199	0,06	6189	371
9.0	Быстрорежк. стали	830 – 1200		–			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–			–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–			–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	30	35	40	0,01	17140	171	0,01	9947	99	0,02	6189	124
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	30	35	0,01	14691	147	0,01	8526	85	0,02	5305	106
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	60	70	75	0,02	34280	686	0,04	19894	796	0,07	12379	867
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	60	70	75	0,01	34280	343	0,03	19894	597	0,06	12379	743
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	60	70	75	0,01	34280	343	0,03	19894	597	0,06	12379	743
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	60	70	75	0,01	34280	343	0,03	19894	597	0,06	12379	743
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	25	30	0,01	12243	122	0,01	7105	71	0,02	4421	88
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	150	200	220	0,01	97942	979	0,01	56841	568	0,02	35368	707
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		150	180	200	0,01	88147	881	0,01	51157	512	0,02	31831	637
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		130	160	180	0,01	78353	784	0,01	45473	455	0,02	28294	566
18.0	Медь, низколегир.	< 400	80	100	130	0,01	48971	490	0,01	28421	284	0,01	17684	177
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	140	160	180	0,01	78353	784	0,01	45473	455	0,01	28294	283
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	120	140	0,01	58765	588	0,01	34105	341	0,01	21221	212
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	60	70	85	0,01	34280	343	0,01	19894	199	0,01	12379	124
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	60	70	85	0,01	34280	343	0,03	19894	199	0,01	12379	124
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	50	60	70	0,01	29382	294	0,01	17052	171	0,01	10610	106
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	50	60	70	0,01	29382	294	0,01	17052	171	0,01	10610	106
19.0	Графит		50	60	70	0,01	29382	294	0,01	17052	171	0,01	10610	106
20.0	Термопласт		30	45	55	вручную			вручную			вручную		
20.1	Реактопласт		30	40	50	вручную			вручную			вручную		
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

	∅ 2,5 – 3,15			∅ 4			∅ 5			∅ 6,3			∅ 8			∅ 10			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,10	9095	909	0,13	6366	828	0,13	5093	662	0,20	4042	808		–			–		эмульсия
	0,08	7958	597	0,10	5570	557	0,10	4456	446	0,15	3537	531		–			–		эмульсия
	0,10	9095	909	0,14	6366	891	0,14	5093	713	0,20	4042	808		–			–		эмульсия
	0,08	7958	597	0,10	5570	557	0,10	4456	446	0,15	3537	531		–			–		эмульсия
	0,10	7389	739	0,14	5173	724	0,14	4138	579	0,20	3284	657		–			–		эмульсия
	0,10	7389	739	0,14	5173	724	0,14	4138	579	0,20	3284	657		–			–		эмульсия
	0,08	7389	554	0,10	5173	517	0,10	4138	414	0,15	3284	493		–			–		эмульсия
	0,10	7389	739	0,12	5173	621	0,12	4138	497	0,18	3284	591		–			–		эмульсия
	0,08	7389	554	0,10	5173	517	0,10	4138	414	0,15	3284	493		–			–		эмульсия
	0,10	8526	853	0,14	5968	836	0,14	4775	668	0,20	3789	758		–			–		эмульсия
	0,10	7958	796	0,14	5570	780	0,14	4456	624	0,20	3537	707		–			–		эмульсия
	0,08	7389	562	0,10	5173	517	0,10	4138	414	0,15	3284	493		–			–		эмульсия
	0,08	7389	562	0,10	5173	517	0,10	4138	414	0,15	3284	493		–			–		эмульсия
	0,08	7389	554	0,10	5173	517	0,10	4138	414	0,15	3284	493		–			–		эмульсия
	0,08	6821	512	0,10	4775	477	0,10	3820	382	0,15	3032	455		–			–		эмульсия
	0,08	5684	426	0,10	3979	398	0,10	3183	318	0,15	2526	379		–			–		эмульсия
	0,08	3979	298	0,10	2785	279	0,10	2228	223	0,15	1768	265		–			–		эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,02	3979	80	0,03	2785	84	0,03	2228	67	0,07	1768	124		–			–		эмульсия
	0,02	3410	68	0,03	2387	72	0,03	1910	57	0,07	1516	106		–			–		эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
	0,08	7958	597	0,13	5570	696	0,13	4456	577	0,18	3537	619		–			–		сух./эмульсия
	0,08	7958	597	0,10	5570	557	0,10	4456	446	0,15	3537	531		–			–		сух./эмульсия
	0,08	7958	597	0,10	5570	557	0,10	4456	446	0,15	3537	531		–			–		эмульсия
	0,08	7958	597	0,10	5570	557	0,10	4456	446	0,15	3537	531		–			–		эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
	0,02	2842	57	0,03	1989	60	0,03	1592	48	0,07	1263	88		–			–		эмульсия
	0,02	22736	455	0,03	15915	477	0,03	12732	382	0,07	10105	707		–			–		эмульсия
	0,02	20463	409	0,03	14324	430	0,03	11459	344	0,07	9095	637		–			–		эмульсия
	0,02	18189	364	0,03	12732	382	0,03	10186	306	0,07	8084	566		–			–		эмульсия
	0,01	11368	114	0,02	7958	159	0,02	6366	127	0,06	5053	303		–			–		эмульсия
	0,01	18189	182	0,02	12732	255	0,02	10186	204	0,06	8084	485		–			–		эмульсия
	0,01	13642	136	0,02	9549	191	0,02	7639	153	0,06	6063	364		–			–		эмульсия
	0,01	7958	80	0,02	5570	111	0,02	4456	89	0,06	3537	212		–			–		эмульсия
	0,01	7958	80	0,02	5570	111	0,02	4456	89	0,06	3537	212		–			–		эмульсия
	0,01	6821	68	0,02	4775	95	0,02	3820	76	0,06	3032	182		–			–		эмульсия
	0,01	6821	68	0,02	4775	95	0,02	3820	76	0,06	3032	182		–			–		эмульсия
	0,01	6821	68	0,02	4775	95	0,02	3820	76	0,06	3032	182		–			–		сухая обр.
	0,05	5116	256	0,05	3581	179	0,10	2865	286	0,14	2274	318		–			–		сух./воздух
	0,05	4547	227	0,05	3183	159	0,10	2546	255	0,14	2021	283		–			–		сух./воздух
		–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.16 Центровочные свёрла GARANT (цельн. твердосплавн.) для станков с ЧПУ

Каталож. № 121020; 121070
DIN 1899, 6539, заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 2 – 3			∅ 4			∅ 5		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	60	80	85	0,06	10186	611	0,08	6366	509	0,11	5093	560
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	55	65	75	0,06	8276	497	0,08	5173	414	0,11	4138	455
2.0	Автоматные стали	< 850	55	65	75	0,06	8276	497	0,08	5173	414	0,11	4138	455
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	50	60	70	0,05	7639	382	0,07	4775	334	0,09	3820	344
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	55	65	70	0,06	8276	497	0,08	5173	414	0,11	4138	455
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	50	60	70	0,06	7639	458	0,08	4775	382	0,11	3820	420
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	40	50	60	0,05	6366	318	0,06	3979	239	0,09	3183	286
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	40	50	60	0,05	6366	318	0,06	3979	239	0,09	3183	286
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	25	35	45	0,05	4456	223	0,06	2785	167	0,09	2228	201
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	55	65	75	0,06	8276	497	0,07	5173	362	0,10	4138	414
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	50	60	70	0,06	7639	458	0,07	4775	334	0,10	3820	382
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	25	35	45	0,05	4456	223	0,06	2785	167	0,09	2228	201
7.0	Азотируемые стали	< 1000	40	50	60	0,05	6366	318	0,06	3979	239	0,09	3183	286
7.1	Азотируемые стали	> 1000	25	35	45	0,05	4456	223	0,06	2785	167	0,09	2228	201
8.0	Инструментал. стали	< 850	45	50	60	0,06	6366	382	0,07	3979	279	0,10	3183	318
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	45	50	60	0,05	6366	318	0,06	3979	239	0,09	3183	286
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,01	4456	45	0,06	2785	167	0,09	2228	201
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–			–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–			–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	30	35	0,01	3820	38	0,03	2387	72	0,03	1910	58
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	20	25	30	0,01	3183	32	0,03	1989	60	0,03	1592	48
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–						–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	65	70	75	0,06	8913	535	0,08	5570	446	0,11	4456	490
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	65	70	75	0,05	8913	446	0,07	5570	390	0,10	4456	446
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	65	70	75	0,06	8913	535	0,08	5570	446	0,11	4456	490
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	65	70	75	0,05	8913	446	0,07	5570	390	0,10	4456	446
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			-			-			-	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	35	40	0,01	4456	45	0,03	2785	84	0,03	2228	65
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	150	200	220	0,02	25465	509	0,03	15915	477	0,03	12732	382
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		150	180	200	0,02	22918	458	0,03	14324	430	0,03	11459	344
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		130	160	180	0,02	20372	407	0,03	12732	382	0,03	10186	306
18.0	Медь, низколегир.	< 400	150	180	200	0,01	22918	229	0,02	14324	286	0,02	11459	229
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	130	160	180	0,01	20372	204	0,02	12732	255	0,02	10186	204
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	120	140	0,01	15279	153	0,02	9549	191	0,02	7639	153
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	55	70	100	0,01	8913	89	0,02	5570	111	0,02	4456	89
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	55	70	90	0,01	8913	89	0,02	5570	111	0,02	4456	89
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	50	60	90	0,01	7639	76	0,02	4775	95	0,02	3820	76
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	50	60	75	0,01	7639	76	0,02	4775	95	0,02	3820	76
19.0	Графит		50	60	75	0,01	7639	76	0,02	4775	95	0,02	3820	76
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

	∅ 6			∅ 8			∅ 10			∅ 12			∅ 16			∅ 20			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,14	4244	594	0,16	3183	509	0,16	2546	407	0,16	2122	340	0,16	1592	255	0,16	1273	204	эмульсия
	0,14	3448	483	0,16	2586	414	0,16	2069	331	0,16	1724	276	0,16	1293	207	0,16	1035	166	эмульсия
	0,14	3448	483	0,16	2586	414	0,16	2069	331	0,16	1724	276	0,16	1293	207	0,16	1035	166	эмульсия
	0,12	3183	382	0,14	2387	334	0,14	1910	267	0,14	1592	223	0,14	1194	167	0,14	955	134	эмульсия
	0,14	3448	483	0,16	2586	414	0,16	2069	331	0,16	1724	276	0,16	1293	207	0,16	1035	166	эмульсия
	0,14	3183	446	0,16	2387	382	0,16	1910	306	0,16	1592	255	0,16	1194	191	0,16	955	153	эмульсия
	0,12	2653	318	0,14	1989	279	0,14	1592	223	0,14	1326	186	0,14	995	139	0,14	796	111	эмульсия
	0,12	2653	318	0,14	1989	279	0,14	1592	223	0,14	1326	186	0,14	995	139	0,14	796	111	эмульсия
	0,11	1857	204	0,13	1393	181	0,13	1114	145	0,13	928	121	0,13	696	91	0,13	557	72	эмульсия
	0,12	3448	414	0,14	2586	362	0,14	2069	290	0,14	1724	241	0,14	1293	181	0,14	1035	145	эмульсия
	0,12	3183	382	0,14	2387	334	0,14	1910	267	0,14	1592	223	0,14	1194	167	0,14	955	134	эмульсия
	0,11	1857	204	0,13	1393	181	0,13	1114	145	0,13	928	121	0,13	696	91	0,13	557	72	эмульсия
	0,12	2653	318	0,14	1989	279	0,14	1592	223	0,14	1326	186	0,14	995	139	0,14	796	111	эмульсия
	0,11	1857	204	0,13	1393	181	0,13	1114	145	0,13	928	121	0,13	696	91	0,13	557	72	эмульсия
	0,12	2653	318	0,14	1989	279	0,14	1592	223	0,14	1326	186	0,14	995	139	0,14	796	111	эмульсия
	0,11	2653	292	0,13	1989	259	0,13	1592	207	0,13	1326	172	0,13	995	129	0,13	796	103	эмульсия
	0,11	1857	204	0,13	1393	181	0,13	1114	145	0,13	928	121	0,13	696	91	0,13	557	72	эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,07	1592	111	0,07	1194	84	0,07	955	67	0,07	796	56	0,07	597	42	0,07	477	33	эмульсия
	0,07	1326	93	0,07	995	70	0,07	796	56	0,07	663	46	0,07	497	35	0,07	398	28	эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
	0,12	3714	446	0,14	2785	390	0,14	2228	312	0,14	1857	260	0,14	1393	195	0,14	1114	156	эмульсия
	0,11	3714	408	0,13	2785	362	0,13	2228	290	0,13	1857	241	0,13	1393	181	0,13	1114	145	эмульсия
	0,12	3714	446	0,14	2785	390	0,14	2228	312	0,14	1857	260	0,14	1393	195	0,14	1114	156	эмульсия
	0,11	3714	408	0,13	2785	362	0,13	2228	290	0,13	1857	241	0,13	1393	181	0,13	1114	145	эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
	0,07	1857	130	0,07	1393	97	0,07	1114	78	0,07	928	65	0,07	696	49	0,07	557	39	эмульсия
	0,07	10610	743	0,07	7958	557	0,07	6366	446	0,07	5305	371	0,07	3979	279	0,07	3183	223	эмульсия
	0,07	9549	668	0,07	7162	501	0,07	5730	401	0,07	4775	334	0,07	3581	251	0,07	2865	201	эмульсия
	0,07	8488	594	0,07	6366	446	0,07	5093	357	0,07	4244	297	0,07	3183	223	0,07	2546	178	эмульсия
	0,06	9549	573	0,06	7162	430	0,06	5730	344	0,06	4775	286	0,06	3581	215	0,06	2865	172	эмульсия
	0,06	8488	509	0,06	6366	382	0,06	5093	306	0,06	4244	255	0,06	3183	191	0,06	2546	153	эмульсия
	0,06	6366	382	0,06	4775	286	0,06	3820	229	0,06	3183	191	0,06	2387	143	0,06	1910	115	эмульсия
	0,06	3714	223	0,06	2785	167	0,06	2228	134	0,06	1857	111	0,06	1393	84	0,06	1114	67	эмульсия
	0,06	3714	223	0,06	2785	167	0,06	2228	134	0,06	1857	111	0,06	1393	84	0,06	1114	67	эмульсия
	0,06	3183	191	0,06	2387	143	0,06	1910	115	0,06	1592	95	0,06	1194	72	0,06	955	57	эмульсия
	0,06	3183	191	0,06	2387	143	0,06	1910	115	0,06	1592	95	0,06	1194	72	0,06	955	57	эмульсия
	0,06	3183	191	0,06	2387	143	0,06	1910	115	0,06	1592	95	0,06	1194	72	0,06	955	57	сухая обр.
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.17 Центровочные свёрла GARANT для станков с ЧПУ (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 121040; 121110
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 2 – 3			∅ 4			∅ 5		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	80	90	100	0,06	11459	688	0,08	7162	573	0,11	5730	630
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	60	80	90	0,06	10186	611	0,08	6366	509	0,11	5093	560
2.0	Автоматные стали	< 850	60	80	90	0,06	10186	611	0,08	6366	509	0,11	5093	560
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	55	65	75	0,05	8276	414	0,07	5173	362	0,09	4138	372
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	80	90	0,06	10186	611	0,08	6366	509	0,11	5093	560
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	50	65	75	0,06	8276	497	0,08	5173	414	0,11	4138	455
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	80	90	0,06	10186	611	0,07	6366	446	0,10	5093	509
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	50	65	70	0,06	8276	497	0,07	5173	362	0,10	4138	414
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
7.0	Азотируемые стали	< 1000	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
7.1	Азотируемые стали	> 1000	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
8.0	Инструментал. стали	< 850	50	60	65	0,06	7639	485	0,07	4775	334	0,10	3820	382
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,09	3501	315
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,08	3501	280
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	45	55	65	0,05	7003	350	0,06	4377	263	0,08	3501	280
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	25	30	35	0,04	3820	153	0,04	2387	95	0,05	1910	95
11.1	Износост. констр. стали	1800	25	30	35	0,04	3820	153	0,04	2387	95	0,05	1910	95
12.0	Пружинные стали	< 1500	25	30	35	0,04	3820	153	0,04	2387	95	0,05	1910	95
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	20	25	30	0,04	3183	127	0,05	1989	99	0,06	1592	95
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	20	25	30	0,04	3183	127	0,05	1989	99	0,06	1592	95
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	20	25	30	0,04	3183	127	0,05	1989	99	0,06	1592	95
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	35	45	0,04	4456	178	0,05	2785	139	0,06	2228	134
14.0	Спец. сплавы	< 1200	25	30	35	0,04	3820	153	0,07	2387	167	0,06	1910	115
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	80	90	100	0,06	11459	688	0,08	7162	573	0,11	5730	630
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	80	90	100	0,05	11459	573	0,07	7162	501	0,10	5730	573
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	80	90	100	0,06	11459	688	0,08	7162	573	0,11	5730	630
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	80	90	100	0,05	11459	573	0,07	7162	501	0,10	5730	573
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	35	40	45	0,06	5093	306	0,08	3183	255	0,09	2546	229
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	35	40	45	0,05	5093	255	0,07	3183	223	0,08	2546	204
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	220	260	300	0,02	33104	662	0,03	20690	621	0,03	16552	497
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		200	240	260	0,02	30558	611	0,03	19099	573	0,03	15279	458
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180	200	240	0,02	25465	509	0,03	15915	477	0,03	12732	382
18.0	Медь, низколегир.	< 400	220	240	260	0,01	30558	306	0,02	19099	382	0,02	15279	306
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	180	200	240	0,01	25465	255	0,02	15915	318	0,02	12732	255
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	150	180	200	0,01	22918	229	0,02	14324	286	0,02	11459	229
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	130	140	160	0,01	17825	178	0,02	11141	223	0,02	8913	178
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	130	140	160	0,01	17825	178	0,02	11141	223	0,02	8913	178
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	110	130	150	0,01	16552	166	0,02	10345	207	0,02	8276	166
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	110	130	150	0,01	16552	166	0,02	10345	207	0,02	8276	166
19.0	Графит		110	130	150	0,01	16552	166	0,02	10345	207	0,02	8276	166
20.0	Термопласт		30	60	80	0,05	7639	382	0,05	4775	239	0,06	3820	229
20.1	Реактопласт		30	55	70	0,05	7003	350	0,05	4377	219	0,06	3501	210
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

	∅ 6			∅ 8			∅ 10			∅ 12			∅ 16			∅ 20			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,14	4775	668	0,16	3581	573	0,16	2865	458	0,16	2387	382	0,16	1790	286	0,16	1432	229	эмульсия
	0,14	4244	594	0,16	3183	509	0,16	2546	407	0,16	2122	340	0,16	1592	255	0,16	1273	204	эмульсия
	0,14	4244	594	0,16	3183	509	0,16	2546	407	0,16	2122	340	0,16	1592	255	0,16	1273	204	эмульсия
	0,12	3448	414	0,14	2586	362	0,14	2069	290	0,14	1724	241	0,14	1293	181	0,14	1035	145	эмульсия
	0,14	4244	594	0,16	3183	509	0,16	2546	407	0,16	2122	340	0,16	1592	255	0,16	1273	204	эмульсия
	0,14	3448	483	0,16	2586	414	0,16	2069	331	0,16	1724	276	0,16	1293	207	0,16	1035	166	эмульсия
	0,12	2918	350	0,14	2188	306	0,14	1751	245	0,14	1459	204	0,14	1094	153	0,14	875	123	эмульсия
	0,12	2918	350	0,14	2188	306	0,14	1751	245	0,14	1459	204	0,14	1094	153	0,14	875	123	эмульсия
	0,11	2918	321	0,13	2188	284	0,13	1751	228	0,13	1459	190	0,13	1094	142	0,13	875	114	эмульсия
	0,12	4244	509	0,14	3183	446	0,14	2546	357	0,14	2122	297	0,14	1592	223	0,14	1273	178	эмульсия
	0,12	3448	414	0,14	2586	362	0,14	2069	290	0,14	1724	241	0,14	1293	181	0,14	1035	145	эмульсия
	0,11	2918	321	0,13	2188	284	0,13	1751	228	0,13	1459	190	0,13	1094	142	0,13	875	114	эмульсия
	0,12	2918	350	0,13	2188	306	0,13	1751	245	0,13	1459	204	0,13	1094	153	0,13	875	123	эмульсия
	0,11	2918	321	0,13	2188	284	0,13	1751	228	0,13	1459	190	0,13	1094	142	0,13	875	114	эмульсия
	0,12	3183	382	0,14	2387	334	0,14	1910	267	0,14	1592	223	0,14	1194	167	0,14	955	134	эмульсия
	0,11	2918	321	0,13	2188	284	0,13	1751	228	0,13	1459	190	0,13	1094	142	0,13	875	114	эмульсия
	0,10	2918	292	0,12	2188	263	0,12	1751	210	0,12	1459	175	0,12	1094	131	0,12	875	105	эмульсия
	0,10	2918	292	0,12	2188	263	0,12	1751	210	0,12	1459	175	0,12	1094	131	0,12	875	105	эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,05	1592	80	0,08	1194	95	0,08	955	76	0,08	796	64	0,08	597	48	0,08	477	38	эмульсия
	0,05	1592	80	0,08	1194	95	0,08	955	76	0,08	796	64	0,08	597	48	0,08	477	38	эмульсия
	0,05	1592	80	0,08	1194	95	0,08	955	76	0,08	796	64	0,08	597	48	0,08	477	38	эмульсия
	0,06	1326	80	0,10	995	99	0,10	796	80	0,10	663	66	0,10	497	50	0,10	398	40	эмульсия
	0,06	1326	80	0,10	995	99	0,10	796	80	0,10	663	66	0,10	497	50	0,10	398	40	эмульсия
	0,06	1326	80	0,09	995	90	0,09	796	72	0,09	663	60	0,09	497	45	0,09	398	36	эмульсия
	0,06	1857	111	0,09	1393	125	0,09	1114	100	0,09	928	84	0,09	696	63	0,09	557	50	эмульсия
	0,06	1592	95	0,09	1194	107	0,09	955	86	0,09	796	72	0,09	597	54	0,09	477	43	эмульсия
	0,12	4775	573	0,14	3581	501	0,14	2865	401	0,14	2387	334	0,14	1790	251	0,14	1432	201	сух. / эмульсия
	0,11	4775	525	0,13	3581	466	0,13	2865	372	0,13	2387	310	0,13	1790	233	0,13	1432	186	сух. / эмульсия
	0,12	4775	573	0,14	3581	501	0,14	2865	401	0,14	2387	334	0,14	1790	251	0,14	1432	201	эмульсия
	0,11	4775	525	0,13	3581	466	0,13	2865	372	0,13	2387	310	0,13	1790	233	0,13	1432	186	эмульсия
	0,09	2122	191	0,11	1592	175	0,11	1273	140	0,11	1061	117	0,11	796	88	0,11	637	70	эмульсия
	0,08	2122	170	0,10	1592	159	0,10	1273	127	0,10	1061	106	0,10	796	80	0,10	637	64	эмульсия
	0,07	13793	966	0,07	10345	724	0,07	8276	579	0,07	6897	483	0,07	5173	362	0,07	4138	290	эмульсия
	0,07	12732	891	0,07	9549	668	0,07	7639	535	0,07	6366	446	0,07	4775	334	0,07	3820	267	эмульсия
	0,07	10610	743	0,07	7958	557	0,07	6366	446	0,07	5305	371	0,07	3979	279	0,07	3183	223	эмульсия
	0,06	12732	764	0,06	9549	573	0,06	7639	458	0,06	6366	382	0,06	4775	286	0,06	3820	229	эмульсия
	0,06	10610	637	0,06	7958	477	0,06	6366	382	0,06	5305	318	0,06	3979	239	0,06	3183	191	эмульсия
	0,06	9549	573	0,06	7162	430	0,06	5730	344	0,06	4775	286	0,06	3581	215	0,06	2865	172	эмульсия
	0,06	7427	446	0,06	5570	334	0,06	4456	267	0,06	3714	223	0,06	2785	167	0,06	2228	134	эмульсия
	0,06	7427	446	0,06	5570	334	0,06	4456	267	0,06	3714	223	0,06	2785	167	0,06	2228	134	эмульсия
	0,06	6897	414	0,06	5173	310	0,06	4138	248	0,06	3448	207	0,06	2586	155	0,06	2069	124	эмульсия
	0,06	6897	414	0,06	5173	310	0,06	4138	248	0,06	3448	207	0,06	2586	155	0,06	2069	124	эмульсия
	0,06	6897	414	0,06	5173	310	0,06	4138	248	0,06	3448	207	0,06	2586	155	0,06	2069	124	сухая обр.
	0,08	3183	255	0,10	2387	239	0,12	1910	229	0,12	1592	223	0,16	1194	191	0,20	955	191	сух./воздух
	0,08	2918	233	0,10	2188	219	0,12	1751	210	0,12	1459	204	0,16	1094	175	0,20	875	175	сух./воздух
		–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.18 Микросвёрла/короткие спиральные свёрла GARANT (цельн. твердосплавн.)

Каталож. № 121220; 122100
DIN Заводской стандарт 6539
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c					∅ 0,1 – 0,9			∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
			[м/мин]					f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.		нач.		макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	60	–	70	–	75	0,02	44563	713	0,04	15367	615	0,06	9095	546
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	60	–	70	–	75	0,02	44563	713	0,04	15367	615	0,06	9095	546
2.0	Автоматные стали	< 850	60	–	70	–	75	0,02	44563	713	0,04	15367	615	0,06	9095	546
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	55	–	60	–	65	0,02	38197	611	0,04	13171	527	0,06	7795	468
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	–	70	–	75	0,02	44563	713	0,04	15367	615	0,06	9095	546
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	–	70	–	75	0,02	44563	713	0,04	15367	615	0,06	9095	546
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	55	–	60	–	65	0,01	38197	458	0,03	13171	448	0,05	7795	390
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	–	60	–	65	0,01	38197	458	0,03	13171	448	0,05	7795	390
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50	–	55	–	60	0,01	35014	420	0,03	12074	411	0,05	7146	357
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	–	70	–	75	0,01	44563	535	0,03	15367	522	0,05	9095	455
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	–	60	–	65	0,01	38197	458	0,03	13171	448	0,05	7795	390
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	–	55	–	60	0,01	35014	420	0,03	12074	411	0,05	7146	357
7.0	Азотируемые стали	< 1000	55	–	60	–	65	0,01	38197	382	0,03	13171	395	0,05	7795	359
7.1	Азотируемые стали	> 1000	50	–	55	–	60	0,01	35014	350	0,03	12074	362	0,05	7146	329
8.0	Инструментал. стали	< 850	55	–	60	–	65	0,01	38197	382	0,03	13171	395	0,05	7795	359
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	30	–	40	–	50	0,01	25465	255	0,03	8781	263	0,05	5197	239
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	–	25	–	30	0,01	15915	159	0,03	5488	165	0,05	3248	149
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	30	–	35	–	40	0,01	22282	223	0,03	7683	231	0,05	4547	209
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	20	–	25	–	30	0,01	15915	159	0,03	5488	165	0,05	3248	149
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–				–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–				–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	–	30	–	35	0,01	19099	191	0,03	6586	198	0,05	3898	179
11.1	Износост. констр. стали	1800	15	–	20	–	25	0,01	12732	127	0,03	4390	132	0,05	2598	120
12.0	Пружинные стали	< 1500	20	–	30	–	35	0,01	19099	191	0,03	6586	198	0,05	3898	179
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	–	35	–	40	0,01	22282	267	0,03	7683	261	0,05	4547	227
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	30	–	35	–	40	0,01	22282	267	0,03	7683	261	0,05	4547	227
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	20	–	25	–	35	0,01	15915	191	0,03	5488	187	0,05	3248	162
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	15	–	20	–	25	0,01	12732	153	0,03	4390	149	0,05	2598	130
14.0	Спец. сплавы	< 1200	15	–	20	–	25	0,01	12732	127	0,03	4390	132	0,05	2598	120
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	–	90	–	100	0,01	57296	802	0,03	19757	632	0,05	11693	631
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	70	–	90	–	100	0,01	57296	802	0,03	19757	632	0,05	11693	631
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	65	–	70	–	75	0,01	44563	535	0,03	15367	522	0,05	9095	455
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	65	–	70	–	75	0,01	44563	535	0,03	15367	522	0,05	9095	455
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	–	30	–	35	0,01	19099	191	0,03	6586	198	0,05	3898	179
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	15	–	20	–	25	0,01	12732	127	0,03	4390	132	0,05	2598	120
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	150	–	200	–	220	0,02	127324	2037	0,04	43905	1756	0,06	25984	1559
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.0	Медь, низколегир.	< 400	100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.4	Бронза, коротконструж.	650 - 850	100	–	140	–	180	0,02	89127	1426	0,04	30733	1229	0,06	17825	1091
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	90	–	110	–	140	0,01	70028	980	0,03	24148	773	0,05	14291	772
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	90	–	110	–	140	0,01	70028	980	0,03	24148	773	0,05	14291	772
19.0	Графит		70	–	90	–	100	0,01	57296	802	0,03	19757	632	0,05	11693	631
20.0	Термопласт		30	–	55	–	65	0,01	35014	350	0,02	12074	241	0,05	7146	357
20.1	Реактопласт		30	–	50	–	60	0,01	31831	318	0,02	10976	220	0,05	6496	325
20.2	Стекло- и углепластик					–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

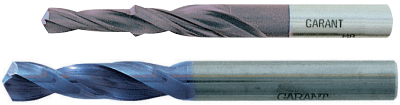
∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	4292	429	0,14	2564	359	0,17	1828	311	0,23	1369	315		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,09	4292	386	0,12	2564	308	0,15	1828	274	0,20	1369	274		–			–		эмульсия
0,09	4292	386	0,12	2564	308	0,15	1828	274	0,20	1369	274		–			–		эмульсия
0,09	3934	354	0,12	2350	282	0,15	1675	251	0,20	1255	251		–			–		эмульсия
0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
0,09	4292	386	0,12	2564	308	0,15	1828	274	0,20	1369	274		–			–		эмульсия
0,09	3934	354	0,12	2350	282	0,15	1675	251	0,20	1255	251		–			–		эмульсия
0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,18	1369	246		–			–		эмульсия
0,08	3934	315	0,11	2350	258	0,14	1675	235	0,18	1255	226		–			–		эмульсия
0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,18	1369	246		–			–		эмульсия
0,08	2861	229	0,11	1709	188	0,14	1218	171	0,18	913	164		–			–		эмульсия
0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,08	2146	172	0,11	1282	141	0,14	914	128	0,18	685	123		–			–		эмульсия
0,08	1431	114	0,11	855	94	0,14	609	85	0,18	456	82		–			–		эмульсия
0,08	2146	172	0,11	1282	141	0,14	914	128	0,18	685	123		–			–		эмульсия
0,09	2504	225	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		эмульсия
0,09	2504	225	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		эмульсия
0,09	1788	161	0,12	1068	128	0,15	762	114	0,20	570	114		–			–		эмульсия
0,09	1431	129	0,12	855	103	0,15	609	91	0,20	456	91		–			–		эмульсия
0,08	1431	114	0,11	855	94	0,14	609	85	0,18	456	82		–			–		эмульсия
0,09	6438	605	0,13	3845	500	0,16	2741	439	0,21	2054	431		–			–		сух. / эмульсия
0,09	6438	605	0,13	3845	500	0,16	2741	439	0,21	2054	431		–			–		сух. / эмульсия
0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
0,08	2146	172	0,11	1282	141	0,14	914	128	0,18	685	123		–			–		эмульсия
0,08	1431	114	0,11	855	94	0,14	609	85	0,18	456	82		–			–		эмульсия
0,10	14306	1431	0,14	8545	1196	0,17	6092	1036	0,23	4564	1050		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,09	7868	740	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		эмульсия
0,09	7868	740	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		эмульсия
0,09	6438	605	0,13	3845	500	0,16	2741	439	0,21	2054	431		–			–		сухая обр.
0,05	3934	197	0,10	2350	235	0,12	1675	201	0,14	1255	176		–			–		сух./воздух
0,05	3577	179	0,10	2136	214	0,12	1523	183	0,14	1141	160		–			–		сух./воздух
	–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.19 Короткие спиральные свёрла GARANT (цельн. твердосплавн. – TiAlN или TiN)

Каталож. № 122150; 122160; 125050; 125100; 125120; 125200
DIN 6539, 8376, 8378, заводской стандарт
Число зубьев 2
Примечание: для 122160 действителен поправочный коэффициент v_c 0,9

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c			∅ 0,1 – 0,9			∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
			[м/мин]			f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	80	90	100	0,02	57296	1146	0,04	19757	790	0,06	11693	702
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	80	90	100	0,02	57296	1146	0,04	19757	790	0,06	11693	702
2.0	Автоматные стали	< 850	80	90	100	0,02	57296	1146	0,04	19757	790	0,06	11693	702
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	70	80	85	0,02	50930	1019	0,04	17562	702	0,06	10394	624
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	80	90	100	0,02	57296	1146	0,04	19757	790	0,06	11693	702
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	90	100	0,02	57296	1146	0,04	19757	790	0,06	11693	702
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	70	80	85	0,01	50930	509	0,03	17562	527	0,05	10394	520
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	70	80	85	0,01	50930	509	0,03	17562	527	0,05	10394	520
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65	70	80	0,01	44563	446	0,03	15367	461	0,05	9095	455
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	90	100	0,01	57296	573	0,03	19757	593	0,05	11693	585
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	70	80	85	0,01	50930	509	0,03	17562	527	0,05	10394	520
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	65	70	80	0,01	44563	446	0,03	15367	461	0,05	9095	455
7.0	Азотируемые стали	< 1000	70	80	85	0,01	50930	509	0,03	17562	527	0,05	10394	520
7.1	Азотируемые стали	> 1000	65	70	80	0,01	44563	446	0,03	15367	461	0,05	9095	455
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	80	85	0,01	50930	509	0,03	17562	527	0,05	10394	520
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	60	70	0,01	38197	382	0,03	13171	395	0,05	7795	390
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	25	35	45	0,01	22282	223	0,03	7683	231	0,05	4547	227
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	40	45	50	0,01	28648	286	0,03	9879	296	0,05	5847	292
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	25	35	45	0,01	22282	223	0,03	7683	231	0,05	4547	227
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	25	35	0,01	15915	159	0,03	5488	165	0,05	3248	162
12.0	Пружинные стали	< 1500	25	35	45	0,01	22282	223	0,03	7683	231	0,05	4547	227
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	40	45	0,01	25465	255	0,03	8781	263	0,05	5197	260
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	30	40	45	0,01	25465	255	0,03	8781	263	0,05	5197	260
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	35	45	0,01	22282	223	0,03	7683	231	0,05	4547	227
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	30	35	0,01	19099	191	0,03	6586	198	0,05	3898	195
14.0	Спец. сплавы	< 1200	20	25	35	0,01	15915	159	0,03	5488	165	0,05	3248	162
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	90	110	130	0,01	70028	700	0,03	24148	724	0,05	14291	715
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	90	110	130	0,01	70028	700	0,03	24148	724	0,05	14291	715
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	85	90	100	0,01	57296	573	0,03	19757	593	0,05	11639	585
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	85	90	100	0,01	57296	573	0,03	19757	593	0,05	11639	585
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	25	35	45	0,01	22282	223	0,03	7863	231	0,05	4547	227
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	25	35	0,01	15915	159	0,03	5488	165	0,05	3248	162
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	200	260	300	0,02	165521	3310	0,04	57076	2283	0,06	33780	2027
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.0	Медь, низколегир.	< 400	130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	130	180	230	0,02	114592	2292	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	120	140	180	0,01	89127	891	0,03	30733	922	0,05	18189	909
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	120	140	180	0,01	89127	891	0,03	30733	922	0,05	18189	909
20.0	Графит		90	110	130	0,01	70028	700	0,03	24148	724	0,05	14291	715
20.0	Термопласт		30	50	60	0,05	31831	1592	0,08	10976	878	0,10	6496	650
20.1	Реактопласт		30	50	60	0,05	31831	1592	0,08	10976	878	0,10	6496	650
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для диаметра сверла и начального значения скорости резания.



	∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	5722	572	0,14	3418	479	0,17	2437	414	0,23	1825	420		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,09	5722	515	0,12	3418	410	0,15	2437	366	0,20	1825	365		–			–		эмульсия
	0,09	5722	515	0,12	3418	410	0,15	2437	366	0,20	1825	365		–			–		эмульсия
	0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
	0,09	6438	579	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411		–			–		эмульсия
	0,09	5722	515	0,12	3418	410	0,15	2437	366	0,20	1825	365		–			–		эмульсия
	0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
	0,08	5722	458	0,11	3418	376	0,14	2437	341	0,18	1825	329		–			–		эмульсия
	0,08	5007	401	0,11	2991	329	0,14	2132	299	0,18	1597	288		–			–		эмульсия
	0,08	5722	458	0,11	3418	376	0,14	2437	341	0,18	1825	329		–			–		эмульсия
	0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,18	1369	246		–			–		эмульсия
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,08	3219	258	0,11	1923	211	0,14	1371	192	0,18	1027	185		–			–		эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
	0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
	0,08	2504	225	0,11	1495	179	0,14	1066	160	0,18	799	160		–			–		эмульсия
	0,09	2146	193	0,12	1282	154	0,15	914	137	0,20	685	137		–			–		эмульсия
	0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	0,09	7868	740	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		сух. / эмульсия
	0,09	7868	740	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		сух. / эмульсия
	0,09	6438	579	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411		–			–		эмульсия
	0,09	6438	579	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411		–			–		эмульсия
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	0,10	18598	1860	0,14	11109	1555	0,17	7920	1346	0,23	5933	1365		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,21	3195	671		–			–		эмульсия
	0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,21	3195	671		–			–		эмульсия
	0,09	7868	708	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		сухая обр.
	0,10	3577	358	0,12	2136	256	0,14	1523	213	0,20	1141	228		–			–		сух./воздух
	0,10	3577	358	0,12	2136	256	0,14	1523	213	0,20	1141	228		–			–		сух./воздух
		–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.20 Короткие спиральные свёрла GARANT (с твердосплавными зубьями)

Каталож. № 122200
DIN 8037
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c					∅ 0,01 – 0,9			∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
			[м/мин]					f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.		нач.		макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	60	–	70	–	75		–			–			–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	60	–	70	–	75		–			–			–	
2.0	Автоматные стали	< 850	60	–	70	–	75		–			–			–	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	55	–	60	–	65		–			–			–	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	–	70	–	75		–			–			–	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	55	–	60	–	65		–			–			–	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	55	–	60	–	65		–			–			–	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	–	60	–	65		–			–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50	–	55	–	60		–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	–	70	–	75		–			–			–	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	–	60	–	65		–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	–	55	–	60		–			–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	55	–	60	–	65		–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	50	–	55	–	60		–			–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	55	–	60	–	65		–			–			–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	35	–	40	–	45		–			–			–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	–	25	–	30		–			–			–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	30	–	35	–	40		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	15	–	20	–	25		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–				–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–				–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	–	30	–	35		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800	15	–	20	–	25		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	20	–	30	–	35		–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700			–				–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700			–				–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850			–				–			–			–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100			–				–			–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200			–				–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	–	90	–	100		–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	70	–	90	–	100		–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	65	–	70	–	75		–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	65	–	70	–	75		–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850			–				–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200			–				–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350			–				–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.				–				–			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		100	–	140	–	180		–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	100	–	140	–	180		–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	100	–	140	–	180		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	–	140	–	180		–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	100	–	140	–	180		–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100	–	140	–	180		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	90	–	110	–	140		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	90	–	110	–	140		–			–			–	
19.0	Графит		70	–	90	–	100		–			–			–	
20.0	Термопласт				–				–			–			–	
20.1	Реактопласт				–				–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик				–				–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,09	5007	451	0,13	2991	389	0,16	2132	341	0,22	1597	351	0,25	1277	319	0,28	1143	320	эмульсия
0,09	5007	451	0,13	2991	389	0,16	2132	341	0,22	1597	351	0,25	1277	319	0,28	1143	320	эмульсия
0,09	5007	451	0,13	2991	389	0,16	2132	341	0,22	1597	351	0,25	1277	319	0,28	1143	320	эмульсия
0,09	4292	386	0,13	2564	333	0,16	1828	292	0,22	1369	301	0,25	1094	274	0,28	979	274	эмульсия
0,09	5007	451	0,13	2991	389	0,16	2132	341	0,22	1597	351	0,25	1277	319	0,28	1143	320	эмульсия
0,09	4292	386	0,13	2564	333	0,16	1828	292	0,22	1369	301	0,25	1094	274	0,28	979	274	эмульсия
0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,19	1369	260	0,20	1094	219	0,24	979	235	эмульсия
0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,19	1369	260	0,20	1094	219	0,24	979	235	эмульсия
0,08	3934	315	0,11	2350	258	0,14	1675	235	0,19	1255	238	0,20	1003	201	0,24	898	215	эмульсия
0,08	5007	401	0,11	2991	329	0,14	2132	299	0,19	1597	303	0,20	1277	255	0,24	1143	274	эмульсия
0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,19	1369	260	0,20	1094	219	0,24	979	235	эмульсия
0,08	3934	315	0,11	2350	258	0,14	1675	235	0,19	1255	238	0,20	1003	201	0,24	898	215	эмульсия
0,07	4292	300	0,10	2564	256	0,13	1828	238	0,17	1369	233	0,19	1094	208	0,20	979	196	эмульсия
0,07	3934	275	0,10	2350	235	0,13	1675	218	0,17	1255	213	0,19	1003	191	0,20	898	180	эмульсия
0,07	4292	300	0,10	2564	256	0,13	1828	238	0,17	1369	233	0,19	1094	208	0,20	979	196	эмульсия
0,07	2861	200	0,10	1709	171	0,13	1218	158	0,17	913	155	0,19	730	139	0,20	653	131	эмульсия
0,07	1788	125	0,10	1068	107	0,13	762	99	0,17	570	97	0,19	456	87	0,20	408	82	эмульсия
0,07	2504	175	0,10	1495	150	0,13	1066	139	0,17	799	136	0,19	638	121	0,20	571	114	эмульсия
0,05	1431	72	0,07	855	60	0,10	609	61	0,14	456	64	0,16	365	58	0,18	326	59	сухая обр.
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
0,07	2146	150	0,10	1282	128	0,13	914	119	0,17	685	116	0,19	547	104	0,20	490	98	эмульсия
0,07	1431	100	0,10	855	85	0,13	609	79	0,17	456	78	0,19	365	69	0,20	326	65	эмульсия
0,07	2146	150	0,10	1282	128	0,13	914	119	0,17	685	116	0,19	547	104	0,20	490	98	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
0,08	6438	515	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411	0,23	1642	378	0,26	1469	382	сух. / эмульсия
0,08	6438	515	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411	0,24	1637	393	0,28	1469	411	сух. / эмульсия
0,08	5007	401	0,11	2991	329	0,14	2132	299	0,19	1597	303	0,21	1277	268	0,24	1143	274	эмульсия
0,08	5007	401	0,11	2991	329	0,14	2132	299	0,19	1597	303	0,21	1273	267	0,24	1143	274	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,22	3195	703	0,26	2554	664	0,28	2285	640	эмульсия
0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,22	3195	703	0,26	2554	664	0,28	2285	640	эмульсия
0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,22	3195	703	0,26	2554	664	0,28	2285	640	эмульсия
0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,22	3195	703	0,26	2554	664	0,28	2285	640	эмульсия
0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,22	3195	703	0,26	2554	664	0,28	2285	640	эмульсия
0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,22	3195	703	0,26	2554	664	0,28	2285	640	эмульсия
0,08	7868	629	0,12	4700	564	0,15	3351	503	0,20	2510	502	0,24	1637	393	0,26	1469	382	эмульсия
0,08	7868	629	0,12	4700	564	0,15	3351	503	0,20	2510	502	0,24	1637	393	0,26	1469	382	эмульсия
0,08	6438	515	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411	0,24	1642	394	0,26	1469	382	сухая обр.
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–

Таблица 3.21 Длинные спиральные свёрла GARANT (цельн. твердосплавн.)

Каталож. № 122250
DIN 338
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
						f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	60	70	75	0,04	15367	615	0,06	9095	546
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	60	70	75	0,04	15367	615	0,06	9095	546
2.0	Автоматные стали	< 850	60	70	75	0,04	15367	615	0,06	9095	546
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	55	60	65	0,04	13171	527	0,06	7795	468
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	70	75	0,04	15367	615	0,06	9095	546
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	70	75	0,04	15367	615	0,06	9095	546
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	30	40	50	0,03	8781	263	0,05	5197	260
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	30	40	50	0,03	8781	263	0,05	5197	260
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	20	25	30	0,03	5488	165	0,05	3248	162
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	70	75	0,03	15367	461	0,05	9095	455
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	60	65	0,03	13171	395	0,05	7795	390
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	55	60	0,03	12074	362	0,05	7146	357
7.0	Азотируемые стали	< 1000	30	40	50	0,03	8781	263	0,05	5197	260
7.1	Азотируемые стали	> 1000	20	25	30	0,03	5488	165	0,05	3248	162
8.0	Инструментал. стали	< 850	55	60	65	0,03	13171	395	0,05	7795	390
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	30	40	50	0,03	8781	263	0,05	5197	260
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	25	30	0,03	5488	165	0,05	3248	162
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	30	35	40	0,03	7683	231	0,05	4547	227
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	25	30	0,03	5488	165	0,05	3248	162
11.1	Износост. констр. стали	1800	15	20	25	0,03	4390	132	0,05	2598	130
12.0	Пружинные стали	< 1500	20	25	30	0,03	6586	165	0,05	3898	162
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	20	25	35	0,03	5488	165	0,05	3248	162
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	20	25	35	0,03	5488	165	0,05	3248	162
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	20	25	30	0,03	5488	165	0,05	3248	162
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	15	20	25	0,03	4390	132	0,05	2598	130
14.0	Спец. сплавы	< 1200	15	20	25	0,03	4390	132	0,05	2598	130
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	90	100	0,03	19757	593	0,05	11693	585
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	70	90	100	0,03	19757	593	0,05	11693	585
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	65	70	75	0,03	15367	461	0,05	9095	455
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	65	70	75	0,03	15367	461	0,05	9095	455
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	30	35	0,03	6586	198	0,05	3898	195
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	15	20	25	0,03	4390	132	0,05	2598	130
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	150	200	220	0,04	43905	1756	0,06	25984	1559
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.0	Медь, низколегир.	< 400	100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	100	140	180	0,04	30733	1229	0,06	18189	1091
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	90	110	140	0,03	24148	724	0,05	14291	715
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	90	110	140	0,03	24148	724	0,05	14291	715
19.0	Графит		70	90	100	0,03	19757	593	0,05	11693	585
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	4292	429	0,14	2564	359	0,17	1828	311	0,23	1369	315		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,10	5007	501	0,14	2991	419	0,17	2132	362	0,23	1597	367		–			–		эмульсия
0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
0,09	1788	161	0,12	1068	128	0,15	762	114	0,20	570	114		–			–		эмульсия
0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
0,09	4292	386	0,12	2564	308	0,15	1828	274	0,20	1369	274		–			–		эмульсия
0,09	3934	354	0,12	2350	282	0,15	1675	251	0,20	1255	251		–			–		эмульсия
0,08	2861	229	0,11	1709	188	0,14	1218	171	0,18	913	164		–			–		эмульсия
0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,18	1369	246		–			–		эмульсия
0,08	2861	229	0,11	1709	188	0,14	1218	171	0,18	913	164		–			–		эмульсия
0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
0,08	1431	114	0,11	855	94	0,14	609	85	0,18	456	82		–			–		эмульсия
0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
0,09	1788	161	0,12	1068	128	0,15	762	114	0,20	570	114		–			–		эмульсия
0,09	1788	161	0,12	1068	128	0,15	762	114	0,20	570	114		–			–		эмульсия
0,09	1788	161	0,12	1068	128	0,15	762	114	0,20	570	114		–			–		эмульсия
0,09	1431	129	0,12	855	103	0,15	609	91	0,20	456	91		–			–		эмульсия
0,08	1431	114	0,11	855	94	0,14	609	85	0,18	456	82		–			–		эмульсия
0,09	6438	579	0,13	3845	500	0,16	2741	439	0,21	2054	431		–			–		сух. / эмульсия
0,09	6438	579	0,13	3845	500	0,16	2741	439	0,21	2054	431		–			–		сух. / эмульсия
0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
0,08	2146	172	0,11	1282	141	0,14	914	128	0,18	685	123		–			–		эмульсия
0,08	1431	114	0,11	855	94	0,14	609	85	0,18	456	82		–			–		эмульсия
0,10	14306	1431	0,14	8545	1196	0,17	6092	1036	0,23	4564	1050		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,10	10014	1001	0,14	5982	837	0,17	4264	725	0,23	3195	735		–			–		эмульсия
0,09	7868	708	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		эмульсия
0,09	7868	708	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		эмульсия
0,09	6438	579	0,13	3845	500	0,16	2741	439	0,21	2054	431		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.22 Длинные спиральные свёрла GARANT (цельн. твердосплавн. – TiAlN или TiN)

Каталож. № 122300; 122301
DIN 338
Число зубьев 2
Примечание: для 122301 действителен поправочный коэффициент v_c 0,9

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]					∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
								f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.		нач.		макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	80	–	90	–	100	0,04	19757	790	0,06	11693	702
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	80	–	90	–	100	0,04	19757	790	0,06	11693	702
2.0	Автоматные стали	< 850	80	–	90	–	100	0,04	19757	790	0,06	11693	702
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	70	–	80	–	85	0,04	17562	702	0,06	10394	624
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	80	–	90	–	100	0,04	19757	790	0,06	11693	702
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	–	90	–	100	0,04	19757	790	0,06	11693	702
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	70	–	80	–	85	0,03	17562	527	0,05	10394	520
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	70	–	80	–	85	0,03	17562	527	0,05	10394	520
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65	–	70	–	80	0,03	15367	461	0,05	9095	455
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	–	90	–	100	0,03	19757	593	0,05	11693	585
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	70	–	80	–	85	0,03	17562	527	0,05	10394	520
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	65	–	70	–	80	0,03	15367	461	0,05	9095	455
7.0	Азотируемые стали	< 1000	70	–	80	–	85	0,03	17562	527	0,05	10394	520
7.1	Азотируемые стали	> 1000	65	–	70	–	80	0,03	15367	461	0,05	9095	455
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	–	80	–	85	0,03	17562	527	0,05	10394	520
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	–	60	–	70	0,03	13171	395	0,05	7795	390
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	25	–	35	–	45	0,03	7683	231	0,05	4547	227
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	40	–	45	–	50	0,03	9879	269	0,05	5847	292
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC			–				–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–				–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–				–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	25	–	35	–	45	0,03	7683	231	0,05	4547	227
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	–	25	–	35	0,03	5488	165	0,05	3248	162
12.0	Пружинные стали	< 1500	25	–	35	–	45	0,03	7683	231	0,05	4547	227
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	–	45	–	50	0,03	9879	296	0,05	5847	292
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	40	–	45	–	50	0,03	9879	296	0,05	5847	292
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	–	40	–	45	0,03	8781	263	0,05	5197	260
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	–	30	–	35	0,03	6586	198	0,05	3898	195
14.0	Спец. сплавы	< 1200	20	–	25	–	35	0,03	5488	165	0,05	3248	162
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	90	–	110	–	130	0,03	24148	724	0,05	14291	715
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	90	–	110	–	130	0,03	24148	724	0,05	14291	715
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	85	–	90	–	100	0,03	19757	593	0,05	11693	585
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	85	–	90	–	100	0,03	19757	593	0,05	11693	585
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	25	–	35	–	45	0,03	7683	231	0,05	4547	227
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	–	25	–	35	0,03	5488	165	0,05	3248	162
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	200	–	260	–	300	0,04	57076	2283	0,06	33780	2027
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.0	Медь, низколегир.	< 400	130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	130	–	180	–	230	0,04	39514	1581	0,06	23386	1403
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	120	–	140	–	180	0,03	30733	922	0,05	18189	909
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	120	–	140	–	180	0,03	30733	922	0,05	18189	909
19.0	Графит		90	–	110	–	130	0,03	24148	724	0,05	14291	715
20.0	Термопласт				–				–			–	
20.1	Реактопласт				–				–			–	
20.2	Стекло- и углепластик				–				–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

	∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	5722	572	0,14	3418	414	0,17	2437	479	0,23	1825	420		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,10	6438	644	0,14	3845	538	0,17	2741	466	0,23	2054	472		–			–		эмульсия
	0,09	5722	515	0,12	3418	410	0,15	2437	366	0,20	1825	365		–			–		эмульсия
	0,09	5722	515	0,12	3418	410	0,15	2437	366	0,20	1825	365		–			–		эмульсия
	0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
	0,09	6438	579	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411		–			–		эмульсия
	0,09	5722	515	0,12	3418	410	0,15	2437	366	0,20	1825	365		–			–		эмульсия
	0,09	5007	451	0,12	2991	359	0,15	2132	320	0,20	1597	319		–			–		эмульсия
	0,08	5722	458	0,11	3418	376	0,14	2437	341	0,18	1825	329		–			–		эмульсия
	0,08	5007	401	0,11	2991	329	0,14	2132	299	0,18	1597	288		–			–		эмульсия
	0,08	5722	458	0,11	3418	376	0,14	2437	341	0,18	1825	329		–			–		эмульсия
	0,08	4292	343	0,11	2564	282	0,14	1828	256	0,18	1369	246		–			–		эмульсия
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,08	3219	258	0,11	1923	211	0,14	1371	192	0,18	1027	185		–			–		эмульсия
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,09	3219	290	0,12	1923	231	0,15	1371	206	0,20	1027	205		–			–		эмульсия
	0,09	3219	290	0,12	1923	231	0,15	1371	206	0,20	1027	205		–			–		эмульсия
	0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
	0,09	2146	193	0,12	1282	154	0,15	914	137	0,20	685	137		–			–		эмульсия
	0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	0,09	7868	708	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		сух. / эмульсия
	0,09	7868	708	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		сух. / эмульсия
	0,09	6438	579	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411		–			–		эмульсия
	0,09	6438	579	0,12	3845	461	0,15	2741	411	0,20	2054	411		–			–		эмульсия
	0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,18	799	144		–			–		эмульсия
	0,08	1788	143	0,11	1068	117	0,14	762	107	0,18	570	103		–			–		эмульсия
	0,10	18598	1860	0,14	11109	1555	0,17	7920	1346	0,23	5933	1365		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,10	12875	1288	0,14	7691	1077	0,17	5483	932	0,23	4107	945		–			–		эмульсия
	0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,21	3195	671		–			–		эмульсия
	0,09	10014	901	0,13	5982	778	0,16	4264	682	0,21	3195	671		–			–		эмульсия
	0,09	7868	715	0,13	4700	611	0,16	3351	536	0,21	2510	527		–			–		сухая обр.
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.23 GARANT – Высокопроизводительные свёрла 3 x D (цельн. твердосплавн. – TiAlN) для закалённых сталей

Каталож. № 122305
DIN 6537K
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 2,6– 2,9			∅ 3,0 – 5,9		
						f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500		–			–			–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850		–			–			–	
2.0	Автоматные стали	< 850		–			–			–	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000		–			–			–	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700		–			–			–	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850		–			–			–	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000		–			–			–	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000		–			–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	30	35	40	0,07	4051	284	0,08	2504	200
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750		–			–			–	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000		–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	30	35	40	0,07	4051	284	0,08	2504	200
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	30	35	40	0,07	4051	284	0,08	2504	200
8.0	Инструментал. стали	< 850		–			–			–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100		–			–			–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,07	4051	284	0,08	2504	200
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	23	28	30	0,07	3241	227	0,08	2003	160
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	10	16	20	0,07	1852	130	0,08	1144	92
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	7	10	13	0,07	1157	81	0,08	715	57
11.0	Износост. констр. стали	1350	30	35	40	0,07	4051	284	0,08	2504	200
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	30	35	40	0,07	4051	284	0,08	2504	200
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		–			–			–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100		–			–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	60	75	95	0,15	8681	1302	0,23	5365	1234
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	55	70	90	0,15	8102	1215	0,23	5007	1152
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	55	70	90	0,13	8102	1013	0,20	5007	1001
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	35	50	65	0,13	5787	723	0,11	3577	393
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–			–	
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, коротструж.			–			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–	
18.1	Латунь, коротструж.	< 600		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–	
18.3	Бронза, коротструж.	< 600		–			–			–	
18.4	Бронза, коротструж.	650 – 850		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–		–
0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–		–
0,09	1196	108	0,11	853	94	0,13	639	83		–			–		сухая обр.
0,09	684	62	0,11	487	54	0,13	365	47		–			–		сухая обр.
0,09	427	38	0,11	305	34	0,13	228	30		–			–		сухая обр.
0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–		–
0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		сухая обр.
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
0,34	3204	1090	0,43	2285	982	0,52	1711	890		–			–		сух./эмульсия
0,34	2991	1017	0,43	2132	917	0,52	1597	831		–			–		сух./эмульсия
0,25	2991	748	0,35	2132	746	0,40	1597	639		–			–		эмульсия
0,13	2136	278	0,15	1523	228	0,18	1141	205		–			–		эмульсия
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–		–

Таблица 3.24 GARANT – Высокопроизводительные 4-ленточные свёрла 3/7/12xD с внутренним охлаждением (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 122308; 122875; 123180
DIN 338, 6539, заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]		э 4,0 – 6,0			э > 6,0 – 8,0			э > 8,0 – 10,0		
					f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	122308; 122875	123180	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–		–			–			–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–		–			–			–	
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–		–			–			–	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–		–			–			–	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–		–			–			–	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–		–			–			–	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–		–			–			–	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–		–			–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–		–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–		–			–			–	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–		–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–		–			–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–		–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–		–			–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–		–			–			–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–		–			–			–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–		–			–			–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–		–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–		–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–		–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–		–			–			–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–		–			–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–	–		–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–	–		–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–		–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–		–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–		–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–		–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350	300	0,40	22282	8913	0,50	15915	7958	0,50	12379	6189
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		320	270	0,40	20372	8149	0,50	14551	7276	0,50	11318	5659
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	210	0,40	15915	6366	0,50	11368	5684	0,50	8842	4421
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–		–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–		–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–		–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–		–			–			–	
19.0	Графит		–	–		–			–			–	
20.0	Термопласт		–	–		–			–			–	
20.1	Реактопласт		–	–		–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–	–		–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 40 бар. Перед применением сверл 12xD подготовьте пилотное отверстие 1xD!

	∅ > 10,0 – 12,0			∅ > 12,0 – 14,0			∅ > 14,0 – 16,0			∅ > 16,0 – 18,0			∅ > 18,0 – 20,0			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
	0,55	10128	5570	0,55	8570	4713	0,40	7427	2971	0,40	6553	2621	0,40	5864	2345	эмульсия
	0,55	9260	5093	0,55	7835	4309	0,40	6791	2716	0,40	5992	2397	0,40	5361	2144	эмульсия
	0,55	7234	3979	0,55	6121	3367	0,40	5305	2122	0,40	4681	1872	0,40	4188	1675	эмульсия
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		
		–			–			–			–			–		

Таблица 3.25 GARANT – Высокопроизводительные свёрла 4/6 x D (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 122440; 122500; 122760
DIN 6537K; 6537
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]				∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
							f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.		нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	70	–	80	– 100	0,06	17562	1054	0,10	10394	1039
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	60	–	70	– 90	0,05	15367	768	0,07	9095	637
2.0	Автоматные стали	< 850	70	–	80	– 100	0,06	17562	1054	0,10	10394	1039
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	–	70	– 90	0,05	15367	768	0,07	9095	637
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	55	–	65	– 75	0,04	14269	571	0,10	8445	844
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	55	–	65	– 75	0,04	14269	571	0,10	8445	844
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	55	–	65	– 75	0,03	14269	428	0,07	8445	591
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	–	65	– 75	0,03	14269	428	0,10	8445	844
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	40	–	50	– 65		–		0,07	6496	455
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65	–	75	– 95	0,05	16464	823	0,10	9744	974
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	–	70	– 90	0,04	15367	615	0,10	9095	909
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	55	–	65	– 75	0,03	14269	428	0,07	8445	591
7.0	Азотируемые стали	< 1000	60	–	65	– 75	0,03	14269	428	0,07	8445	591
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	–	65	– 70	0,03	14269	428	0,07	8445	591
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	–	65	– 75	0,04	14269	571	0,07	8445	591
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	–	65	– 70	0,03	14269	428	0,07	4547	318
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	–	35	– 40		–		0,07	4547	318
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	30	–	35	– 45		–		0,07	4547	318
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	25	–	28	– 30		–		0,04	3638	146
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	12	–	16	– 20		–		0,03	2079	62
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	8	–	10	– 15		–		0,03	1299	39
11.0	Износост. констр. стали	1350	30	–	35	– 40		–		0,04	4557	182
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	–	23	– 25		–		0,04	2988	120
12.0	Пружинные стали	< 1500	20	–	23	– 25		–		0,04	2988	120
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700			–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700			–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	–	30	– 35	0,03	6586	198	0,04	3898	156
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100			–			–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	–	75	– 120	0,06	16464	988	0,10	9744	974
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	70	–	70	– 120	0,06	15367	922	0,10	9095	909
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	60	–	70	– 100	0,05	15367	768	0,10	9095	909
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	60	–	70	– 100	0,03	15367	461	0,07	9095	636
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	35	–	40	– 45	0,03	8781	263	0,04	5197	208
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	–	35	– 40	0,02	7683	154	0,03	4547	136
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350			–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.				–			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si				–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400			–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600			–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600			–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600			–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850			–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850			–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200			–			–			–	
19.0	Графит				–			–			–	
20.0	Термопласт		40	–	50	– 60	0,03	10976	329	0,04	6496	260
20.1	Реактопласт		30	–	40	– 50	0,02	8781	176	0,04	5197	208
20.2	Стекло- и углепластик		35	–	40	– 45	0,01	8781	88	0,03	5197	156

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,18	5722	1030	0,24	3418	820	0,30	2437	731	0,35	1825	639	0,38	1459	555	0,40	1306	522	эмульсия
0,18	5007	901	0,24	2991	718	0,30	2132	640	0,35	1597	559	0,38	1277	485	0,40	1143	457	эмульсия
0,18	5722	1030	0,24	3418	820	0,30	2437	731	0,35	1825	639	0,38	1459	555	0,40	1306	522	эмульсия
0,18	5007	901	0,24	2991	718	0,30	2132	640	0,35	1597	559	0,38	1277	485	0,40	1143	457	эмульсия
0,15	4649	697	0,21	2777	583	0,27	1980	535	0,32	1483	475	0,37	1186	439	0,37	1061	393	эмульсия
0,15	4649	697	0,21	2777	583	0,27	1980	535	0,32	1483	475	0,37	1186	439	0,37	1061	393	эмульсия
0,14	4649	651	0,20	2777	555	0,26	1980	515	0,31	1483	460	0,34	1186	403	0,36	1061	382	эмульсия
0,15	4649	697	0,21	2777	583	0,27	1980	535	0,31	1483	460	0,34	1186	403	0,37	1061	393	эмульсия
0,15	3577	536	0,21	2136	449	0,27	1523	411	0,31	1141	354	0,34	912	310	0,37	816	302	эмульсия
0,18	5365	966	0,24	3204	769	0,30	2285	685	0,35	1711	599	0,37	1368	506	0,40	1224	490	эмульсия
0,18	5007	901	0,24	2991	718	0,30	2132	640	0,35	1597	599	0,37	1277	472	0,40	1134	457	эмульсия
0,16	4649	744	0,22	2777	611	0,27	1980	535	0,34	1483	504	0,34	1186	403	0,37	1061	393	эмульсия
0,15	4649	697	0,20	2777	555	0,27	1980	535	0,32	1483	475	0,35	1186	415	0,37	1061	393	эмульсия
0,15	4649	697	0,20	2777	555	0,25	1980	495	0,30	1483	445	0,31	1186	368	0,35	1061	371	эмульсия
0,15	4649	697	0,20	2777	555	0,27	1980	535	0,32	1483	475	0,35	1186	415	0,37	1061	393	эмульсия
0,15	4649	697	0,20	2777	555	0,27	1980	535	0,32	1483	475	0,35	1186	415	0,37	1061	393	эмульсия
0,08	2504	200	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160	0,22	638	140	0,25	571	143	эмульсия
0,08	2504	200	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160	0,22	638	140	0,25	571	143	эмульсия
0,08	2003	160	0,09	1196	108	0,11	853	94	0,13	639	83	0,14	511	72	0,15	457	69	сухая обр.
0,07	1144	80	0,08	648	55	0,10	487	49	0,12	365	44	0,13	292	38	0,14	261	37	сухая обр.
0,06	715	43	0,07	427	30	0,09	305	27	0,11	228	25	0,12	182	22	0,13	163	21	сухая обр.
0,08	2504	200	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,20	799	160	0,22	638	140	0,25	571	143	эмульсия
0,08	1645	132	0,12	983	118	0,15	701	105	0,20	525	105	0,22	420	92	0,25	375	94	эмульсия
0,08	1645	132	0,12	983	118	0,15	701	105	0,20	525	105	0,22	420	92	0,25	375	94	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,09	2146	193	0,12	1282	154	0,15	914	137	0,18	685	123	0,21	547	115	0,24	490	118	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,23	5365	1234	0,33	3204	1057	0,42	2285	959	0,52	1711	890	0,55	1368	752	0,58	1224	710	сух. / эмульсия
0,23	5007	1152	0,33	2991	987	0,42	2132	896	0,52	1597	831	0,55	1277	702	0,58	1143	663	сух. / эмульсия
0,20	5007	1001	0,25	2991	748	0,35	2132	746	0,40	1597	639	0,43	1277	549	0,46	1143	526	эмульсия
0,20	5007	1001	0,25	2991	748	0,35	2132	746	0,40	1597	639	0,43	1277	549	0,46	1143	526	эмульсия
0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,18	913	164	0,21	730	153	0,24	653	157	эмульсия
0,06	2504	150	0,10	1495	150	0,13	1066	139	0,15	799	120	0,16	638	102	0,18	571	103	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,08	3577	286	0,14	2136	299	0,14	1523	213	0,20	1141	228	0,25	912	228	0,30	816	245	вода/воздух
0,08	2861	229	0,14	1709	239	0,14	1218	171	0,20	913	183	0,25	730	182	0,30	653	196	сух./воздух
0,08	2861	229	0,14	1709	239	0,14	1218	171	0,20	913	183	0,25	730	182	0,30	653	196	сух./воздух

Таблица 3.26 Высокопроизводительные свёрла HOLEX до 3/5 x D с внутренним охлаждением (цельн. твердосплавн. – TiN)

Каталож. № 122340; 122630
DIN 6537; 6537K
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
						f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	80	110	120	0,06	24148	1449	0,08	14291	1143
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	100	120	0,08	21952	1756	0,11	12992	1429
2.0	Автоматные стали	< 850	100	140	180	0,08	30733	2459	0,11	18189	2001
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	90	100	110	0,08	21952	1756	0,11	12992	1429
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	85	90	95	0,08	19757	1581	0,11	11693	1286
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	75	80	85	0,08	17562	1405	0,11	10394	1143
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	75	80	85	0,06	17562	1054	0,09	10394	935
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000		–			–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	85	90	95	0,06	19757	1185	0,09	11693	1052
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000		–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000		–			–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000		–			–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	80	90	0,06	17562	1054	0,09	10394	935
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	65	70	0,05	14269	713	0,07	8445	591
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,04	7683	307	0,06	4547	273
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	30	35	50	0,04	7683	307	0,06	4547	273
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	45	55	0,05	9879	494	0,07	5847	409
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	30	35	40	0,05	7683	384	0,07	4547	318
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	30	35	40	0,05	7683	384	0,07	4547	318
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	30	35	0,04	6586	263	0,06	3898	234
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	35	40	45	0,04	8781	351	0,06	5197	312
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	35	40	0,02	7683	154	0,04	4547	182
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		220	240	260	0,10	52686	5269	0,14	31181	4365
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	90	100	120	0,07	21952	1537	0,12	12992	1559
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	150	160	180	0,07	35124	2459	0,12	20788	2495
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600		–			–			–	
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	70	80	90	0,05	17562	878	0,08	10394	832
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт		40	50	60	0,03	10976	329	0,04	6496	260
20.1	Реактопласт		30	40	50	0,02	8781	176	0,04	5197	208
20.2	Стекло- и углепластик		35	40	45	0,01	8781	88	0,03	5197	156

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 25,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,10	7868	787	0,12	4700	564	0,16	3351	536	0,21	2510	527	0,25	2007	502	0,28	1796	503	эмульсия
0,14	7153	1001	0,18	4273	769	0,22	3046	670	0,26	2282	593	0,28	1824	511	0,30	1632	490	эмульсия
0,14	10014	1402	0,18	5982	1077	0,22	4264	938	0,26	3195	831	0,28	2554	715	0,30	2285	686	эмульсия
0,14	7153	1001	0,18	4273	769	0,22	3046	670	0,26	2282	593	0,28	1824	511	0,30	1632	490	эмульсия
0,14	6438	901	0,18	3845	692	0,22	2741	603	0,26	2054	534	0,28	1642	460	0,30	1469	441	эмульсия
0,14	5722	801	0,18	3418	615	0,22	2437	536	0,26	1825	475	0,28	1459	409	0,30	1306	392	эмульсия
0,12	5722	687	0,18	3418	615	0,20	2437	487	0,23	1825	420	0,25	1459	365	0,23	1306	300	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,12	6438	773	0,16	3845	615	0,20	2741	548	0,23	2054	472	0,25	1642	410	0,27	1469	397	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,11	5722	629	0,15	3418	513	0,18	2437	439	0,21	1825	383	0,23	1459	336	0,24	1306	313	эмульсия
0,09	4649	418	0,12	2777	333	0,15	1980	297	0,18	1483	267	0,20	1186	237	0,23	1061	244	эмульсия
0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,16	799	128	0,18	638	118	0,20	571	114	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,08	2504	200	0,11	1495	164	0,14	1066	149	0,16	799	128	0,18	638	115	0,20	571	114	эмульсия
0,09	3219	290	0,12	1923	231	0,15	1371	206	0,18	1027	185	0,20	821	164	0,23	735	169	эмульсия
0,09	2504	225	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,18	799	144	0,20	638	128	0,23	571	131	эмульсия
0,09	2504	225	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,18	799	144	0,20	638	128	0,23	571	131	эмульсия
0,08	2146	172	0,11	1282	141	0,14	914	128	0,16	685	110	0,18	547	99	0,20	490	98	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,09	2861	258	0,12	1709	205	0,15	1218	183	0,18	913	164	0,21	730	153	0,24	653	157	эмульсия
0,06	2504	150	0,12	1495	150	0,13	1066	139	0,15	799	120	0,16	638	102	0,18	571	103	эмульсия
	–			–														
0,18	17167	3090	0,26	10254	2666	0,36	7310	2632	0,42	5476	2300	0,48	4378	2101	0,52	3918	2037	эмульсия
	–			–														
0,16	7153	1144	0,22	4273	940	0,28	3046	853	0,34	2282	776	0,38	1824	693	0,46	1632	751	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
0,16	11445	1831	0,22	6836	1504	0,28	4874	1365	0,34	3651	1241	0,38	2919	1109	0,46	2612	1201	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,11	5722	629	0,18	3418	615	0,24	2437	585	0,28	1825	511	0,32	1459	467	0,36	1306	470	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,08	3577	286	0,14	2136	299	0,14	1523	213	0,20	1141	228	0,25	912	228	0,30	816	245	вода/воздух
0,08	2861	229	0,14	1709	239	0,14	1218	171	0,20	913	183	0,25	730	182	0,30	653	196	сух./воздух
0,08	2861	229	0,14	1709	239	0,14	1218	171	0,20	913	183	0,25	730	182	0,30	653	196	сух./воздух

Таблица 3.27 GARANT – Высокопроизводительные свёрла 4/6 x D с внутренним охлаждением (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 122380; 122650
DIN 6537; 6537K
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 1,0 – 1,9			∅ 2,0 – 2,9		
						f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	110	150	0,08	24148	1932	0,11	14291	1572
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	100	120	0,08	21952	1756	0,11	12992	1429
2.0	Автоматные стали	< 850	100	140	180	0,08	30733	2459	0,11	18189	2001
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	90	100	110	0,08	21952	1756	0,11	12992	1429
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	90	95	100	0,08	20855	1668	0,11	12343	1358
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	85	90	0,06	18660	1120	0,08	11043	883
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	80	85	90	0,06	18660	1120	0,09	11043	994
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000		–			–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	90	95	0,06	19757	1185	0,09	11693	1052
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000		–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000		–			–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000		–			–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	80	90	0,06	17562	1054	0,09	10394	935
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	55	60	65	0,05	13171	659	0,07	7795	546
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,04	7683	307	0,06	4547	273
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	50	55	60	0,05	12074	604	0,07	7146	500
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	50	55	60	0,05	12074	604	0,07	7146	500
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	50	55	60	0,05	12074	604	0,07	7146	500
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	45	50	55	0,04	10976	439	0,06	6496	390
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	35	40	0,04	7683	307	0,06	4547	273
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	25	30	35	0,02	6586	132	0,04	3898	156
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		220	245	260	0,10	53783	5378	0,14	31831	4456
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	90	100	120	0,07	21952	1537	0,12	12992	1559
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,14	7868	1102	0,18	4700	846	0,22	3351	737	0,26	2510	653	0,28	2007	562	0,30	1796	539	эмульсия
0,14	7153	1001	0,18	4273	769	0,22	3046	670	0,26	2282	593	0,28	1824	511	0,30	1632	490	эмульсия
0,14	10014	1402	0,18	5982	1077	0,22	4264	938	0,26	3195	831	0,28	2554	715	0,30	2285	686	эмульсия
0,14	7153	1001	0,18	4273	769	0,22	3046	670	0,26	2282	593	0,28	1824	511	0,30	1632	490	эмульсия
0,14	6795	951	0,18	4059	731	0,22	2894	637	0,26	2168	564	0,28	1733	485	0,30	1551	465	эмульсия
0,10	6080	608	0,12	3632	436	0,16	2589	414	0,21	1940	407	0,25	1551	388	0,27	1388	375	эмульсия
0,12	6080	730	0,16	3632	581	0,20	2589	518	0,23	1940	446	0,25	1551	388	0,23	1388	319	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,12	6438	773	0,16	3845	615	0,20	2741	548	0,23	2054	472	0,25	1642	410	0,27	1469	397	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,11	5722	629	0,15	3418	513	0,18	2437	439	0,21	1825	383	0,23	1459	336	0,24	1306	313	эмульсия
0,08	4292	343	0,10	2564	256	0,13	1828	238	0,17	1369	233	0,22	1094	241	0,24	979	235	эмульсия
0,07	2504	175	0,09	1495	135	0,12	1066	128	0,15	799	120	0,20	638	128	0,22	571	126	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,09	3934	354	0,12	2350	282	0,15	1675	251	0,18	1255	226	0,20	1003	201	0,23	898	206	эмульсия
0,09	3934	354	0,12	2350	282	0,15	1675	251	0,18	1255	226	0,20	1003	201	0,23	898	206	эмульсия
0,09	3934	354	0,12	2350	282	0,15	1675	251	0,18	1255	226	0,20	1003	201	0,23	898	206	эмульсия
0,08	3577	286	0,11	2136	235	0,14	1523	213	0,16	1141	183	0,18	912	164	0,20	816	163	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,09	2504	225	0,12	1495	179	0,15	1066	160	0,18	799	144	0,21	638	134	0,24	571	137	эмульсия
0,06	2146	129	0,10	1282	128	0,13	914	110	0,15	685	103	0,16	547	88	0,18	490	88	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
0,18	17525	3154	0,26	10468	2722	0,36	7463	2687	0,42	5590	2348	0,48	4469	2145	0,52	3999	2080	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
0,16	7153	1144	0,22	4273	940	0,28	3046	853	0,34	2282	776	0,38	1824	693	0,46	1632	751	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.28 GARANT – Высокопроизводительные свёрла 6 x D (цельн. твердосплавн. – TiAlN) – также и для сухой обработки

Каталож. № 122540
DIN 6537
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]					∅ 2,0 – 2,9 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
		[Н/мм²]	мин.		нач.		макс.			
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	70	–	90	–	100	0,10	11693	1169
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	65	–	85	–	95	0,07	11043	773
2.0	Автоматные стали	< 850	65	–	85	–	95	0,10	11043	1104
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	55	–	75	–	85	0,07	9744	628
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	65	–	85	–	95	0,10	11043	1104
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	55	–	75	–	85	0,10	9744	974
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50	–	65	–	85	0,07	8445	591
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50	–	65	–	85	0,10	8445	844
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	40	–	50	–	60	0,07	6496	455
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65	–	85	–	95	0,10	11043	1104
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	–	75	–	85	0,10	9744	628
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	30	–	40	–	50	0,07	5197	364
7.0	Азотируемые стали	< 1000	50	–	65	–	85	0,07	8445	591
7.1	Азотируемые стали	> 1000	30	–	40	–	50	0,07	5197	364
8.0	Инструментал. стали	< 850	55	–	75	–	85	0,07	9744	628
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	–	65	–	85	0,07	8445	591
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	–	40	–	50	0,07	5197	364
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	50	–	65	–	85	0,07	8445	591
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC			–				–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–				–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–				–	
11.0	Износост. констр. стали	1350			–				–	
11.1	Износост. констр. стали	1800			–				–	
12.0	Пружинные стали	< 1500			–				–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	–	40	–	50	0,06	5197	312
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	30	–	40	–	50	0,06	5197	312
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	30	–	40	–	50	0,06	5197	312
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	–	30	–	35	0,06	3898	234
14.0	Спец. сплавы	< 1200			–				–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	65	–	75	–	90	0,10	9744	974
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	–	70	–	90	0,10	9095	909
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	50	–	70	–	90	0,10	9095	909
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	50	–	70	–	90	0,07	9095	637
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	–	25	–	30	0,06	3248	195
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	–	25	–	30	0,06	3248	195
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	170	–	190	–	210	0,10	24685	2469
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		150	–	170	–	190	0,10	22087	2209
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	–	140	–	160	0,10	18189	1819
18.0	Медь, низколегир.	< 400	150	–	170	–	190	0,07	22087	1546
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	140	–	160	–	180	0,07	20788	1455
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	–	120	–	140	0,07	15591	1091
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600			–				–	
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850			–				–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850			–				–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200			–				–	
19.0	Графит				–				–	
20.0	Термопласт				–				–	
20.1	Реактопласт				–				–	
20.2	Стекло- и углепластик				–				–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9			∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,14	6438	901	0,20	3845	769	0,27	2741	740	0,35	2054	719	0,45	1642	739	0,45	1469	661	сух./эмульсия
0,10	6080	608	0,15	3632	545	0,20	2589	518	0,26	1940	504	0,32	1551	496	0,32	1388	444	сух./эмульсия
0,14	6080	851	0,20	3632	726	0,27	2589	699	0,35	1940	679	0,45	1551	698	0,45	1388	624	сух./эмульсия
0,10	5365	536	0,15	3204	481	0,20	2285	457	0,26	1711	445	0,32	1368	438	0,32	1224	392	эмульсия
0,14	6080	851	0,20	3632	726	0,27	2589	699	0,35	1940	679	0,45	1551	698	0,45	1388	624	сух./эмульсия
0,14	5365	751	0,20	3204	641	0,27	2285	617	0,35	1711	599	0,45	1368	616	0,45	1224	551	сух./эмульсия
0,10	4649	465	0,15	2777	417	0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,32	1186	379	0,32	1061	340	эмульсия
0,14	4649	651	0,20	2777	555	0,27	1980	535	0,35	1483	519	0,45	1186	534	0,45	1061	477	сух./эмульсия
0,10	3577	358	0,15	2136	320	0,20	1523	305	0,26	1141	297	0,32	912	292	0,32	816	261	эмульсия
0,14	6080	851	0,20	3632	726	0,27	2589	699	0,35	1940	679	0,45	1551	698	0,45	1388	624	эмульсия
0,14	5365	751	0,20	3204	641	0,27	2285	617	0,35	1711	599	0,45	1368	616	0,45	1224	551	сух./эмульсия
0,10	2861	286	0,15	1709	256	0,20	1218	244	0,26	913	237	0,32	730	233	0,32	653	209	эмульсия
0,10	4649	465	0,15	2777	417	0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,32	1186	379	0,32	1061	340	эмульсия
0,10	2861	286	0,15	1709	256	0,20	1218	244	0,26	913	237	0,32	730	233	0,32	653	209	эмульсия
0,10	5365	536	0,15	3204	481	0,20	2285	457	0,26	1711	445	0,32	1368	438	0,32	1224	392	сух./эмульсия
0,10	4649	465	0,15	2777	417	0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,32	1186	379	0,32	1061	340	эмульсия
0,10	2861	286	0,15	1709	256	0,20	1218	244	0,26	913	237	0,32	730	233	0,32	653	209	эмульсия
0,10	4649	465	0,15	2777	417	0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,32	1186	379	0,32	1061	340	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
0,08	2861	229	0,13	1709	222	0,18	1218	219	0,20	913	183	0,25	730	182	0,27	653	176	эмульсия
0,08	2861	229	0,13	1709	222	0,18	1218	219	0,20	913	183	0,25	730	182	0,27	653	176	эмульсия
0,08	2861	229	0,13	1709	222	0,18	1218	219	0,20	913	183	0,25	730	182	0,27	653	176	эмульсия
0,08	2146	172	0,13	1282	167	0,18	914	164	0,20	685	137	0,25	547	137	0,27	490	132	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
0,14	5365	751	0,20	3204	641	0,27	2285	617	0,35	1711	599	0,45	1368	616	0,45	1224	551	сухая обр.
0,14	5007	701	0,20	2991	598	0,27	2132	576	0,35	1597	559	0,45	1277	575	0,45	1143	514	сухая обр.
0,14	5007	701	0,20	2991	598	0,27	2132	576	0,35	1597	559	0,45	1277	575	0,45	1143	514	сухая обр.
0,10	5007	501	0,15	2991	449	0,20	2132	426	0,26	1597	415	0,32	1277	409	0,32	1143	366	сухая обр.
0,08	1788	143	0,13	1068	139	0,18	762	137	0,20	570	114	0,25	456	114	0,27	408	110	эмульсия
0,08	1788	143	0,13	1068	139	0,18	762	137	0,20	570	114	0,25	456	114	0,27	408	110	эмульсия
0,14	13591	1903	0,20	8118	1624	0,27	5787	1563	0,35	4335	1517	0,45	3466	1560	0,45	3101	1396	эмульсия
0,14	12160	1702	0,20	7263	1453	0,27	5178	1398	0,35	3879	1358	0,45	3101	1395	0,45	2775	1249	эмульсия
0,14	10014	1402	0,20	5982	1196	0,27	4264	1151	0,35	3195	1118	0,45	2554	1149	0,45	2285	1028	эмульсия
0,10	12160	1216	0,15	7263	1090	0,20	5178	1036	0,26	3879	1009	0,32	3101	992	0,32	2775	888	эмульсия
0,10	11445	1144	0,15	6836	1025	0,20	4874	975	0,26	3651	949	0,32	2919	934	0,32	2612	836	эмульсия
0,10	8584	858	0,15	5127	769	0,20	3655	731	0,26	2738	712	0,32	2189	700	0,32	1959	627	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–			–		

Таблица 3.29 **GARANT – Высокопроизводительные свёрла 6xD (цельн. твердосплавн. – TiAlN)**

Каталож. № 122670
DIN 6537
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ до 3 мм			∅ от 3 до 5 мм			∅ от 5 до 8 мм		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	90	110	130	0,09	11671	1050	0,12	8754	1050	0,17	5387	916
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70	90	110	0,09	9549	859	0,12	7162	859	0,17	4407	749
2.0	Автоматные стали	< 850	70	90	110	0,09	9549	859	0,12	7162	859	0,17	4407	749
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	85	100	0,08	9019	722	0,12	6764	812	0,17	4163	708
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	70	90	110	0,09	9549	859	0,14	7162	1003	0,20	4407	881
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	85	100	0,10	9019	902	0,12	6764	812	0,17	4163	708
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	45	60	80	0,08	6366	509	0,10	4775	477	0,15	2938	441
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	45	60	80	0,08	6366	509	0,10	4775	477	0,15	2938	441
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	25	30	40	0,08	3183	255	0,10	2387	239	0,15	1469	220
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70	90	110	0,09	9549	859	0,12	7162	859	0,17	4407	749
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	85	100	0,10	9019	902	0,12	6764	812	0,17	4163	708
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	25	30	40	0,09	3183	286	0,12	2387	286	0,17	1469	250
7.0	Азотируемые стали	< 1000	45	60	80	0,08	6366	509	0,10	4775	477	0,15	2938	441
7.1	Азотируемые стали	> 1000	25	30	40	0,08	3183	255	0,10	2387	239	0,15	1469	220
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	85	100	0,08	9019	722	0,12	6764	812	0,17	4163	708
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	45	60	80	0,08	6366	509	0,10	4775	477	0,15	2938	441
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	25	30	45	0,08	6366	509	0,10	4775	477	0,15	2938	441
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	35	40	45	0,05	4244	212	0,08	3183	255	0,12	1959	235
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	35	40	45	0,05	4244	212	0,08	3183	255	0,12	1959	235
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	40	45	0,05	4244	212	0,08	3183	255	0,12	1959	235
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	35	40	0,05	3714	186	0,08	2785	223	0,12	1714	206
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	40	50	0,02	4244	85	0,04	3183	127	0,08	1959	157
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	25	35	40	0,02	3714	74	0,04	2785	111	0,08	1714	137
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	230	260	280	0,10	27587	2759	0,14	20690	2897	0,20	12732	2546
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		210	240	260	0,10	25465	2546	0,14	19099	2674	0,20	11753	2351
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		130	160	180	0,10	16977	1698	0,14	12732	1783	0,20	7835	1567
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла. Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

	∅ от 8 до 12 мм			∅ от 12 до 16 ìì			∅ от 16 до 20 мм		
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
	0,24	3501	840	0,30	2501	750	0,40	1945	778
	0,24	2865	688	0,30	2046	614	0,40	1592	637
	0,24	2865	688	0,30	2046	614	0,40	1592	637
	0,24	2706	649	0,30	1933	580	0,40	1503	601
	0,28	2865	788	0,35	2046	716	0,45	1592	716
	0,24	2706	649	0,30	1933	580	0,40	1503	601
	0,20	1910	382	0,26	1364	355	0,33	1061	345
	0,20	1910	382	0,26	1364	355	0,33	1061	345
	0,20	955	191	0,26	682	177	0,33	531	172
	0,28	2865	688	0,30	2046	614	0,40	1592	637
	0,24	2706	649	0,30	1933	580	0,40	1503	601
	0,24	955	229	0,30	682	205	0,40	531	212
	0,20	1910	382	0,26	1364	355	0,33	1061	350
	0,20	955	191	0,26	682	177	0,33	531	175
	0,24	2706	649	0,30	1933	580	0,40	1503	601
	0,20	1910	382	0,26	1364	355	0,33	1061	345
	0,15	955	143	0,20	682	136	0,25	531	133
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,15	1273	191	0,20	909	182	0,25	707	177
	0,15	1273	191	0,20	909	182	0,25	707	177
	0,15	1273	191	0,20	909	182	0,25	707	177
	0,15	1114	167	0,20	796	159	0,25	619	155
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,12	1273	153	0,16	909	146	0,20	707	141
	0,12	1114	134	0,16	796	127	0,20	619	124
	0,28	8276	2317	0,35	5911	2069	0,45	4598	2069
	0,28	7639	2139	0,35	5457	1910	0,45	4244	1910
	0,28	5093	1426	0,35	3638	1273	0,45	2829	1273
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	

Особенно подходят для титановых сплавов 340–450 НВ:

№ материала:	DIN-обозначение:
3.7124 3.7144 3.7154 3.7165 3.7174 3.7184	TiCu2 TiAl6Sn2Zr4Mo2 TiAl6Zr5 TiAl6V4 TiAl6V6SN2 TiAl4Mb4Sn2 Ti6Al2Sn4Zr2MoSi Ti6Al2Sn4Zr6Mo Ti6Al4VELI Ti6Al6V2Sn Ti7Al4Mo Ti8Al1Mo1V Ti3Al22.5V Ti5Al6Sn2Zr1Mo0.25Si

Таблица 3.30 GARANT – Высокопроизводительные высокоскоростные свёрла 6xD (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 122775
DIN 6537
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]				∅ до 3 мм			∅ от 3 до 5 мм			∅ от 5 до 8 мм		
							f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.		нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500			–			–			–			–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850			–			–			–			–	
2.0	Автоматные стали	< 850			–			–			–			–	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000			–			–			–			–	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	140	–	160	– 170	0,09	16977	1528	0,16	12732	2037	0,22	7835	1724
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	135	–	150	– 180	0,09	15915	1432	0,16	11937	1910	0,22	7346	1616
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	110	–	130	– 160	0,08	13793	1103	0,15	10345	1552	0,21	6366	1337
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	110	–	130	– 160	0,08	13793	1103	0,15	10345	1552	0,21	6366	1337
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	60	–	80	– 100	0,08	8488	679	0,15	6366	955	0,21	3918	823
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	140	–	160	– 170	0,09	16977	1528	0,16	12732	2037	0,22	7835	1724
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000			–			–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	–	80	– 100	0,09	8488	764	0,16	6366	1019	0,22	3918	862
7.0	Азотируемые стали	< 1000			–			–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	–	80	– 100	0,08	8488	679	0,15	6366	955	0,21	3918	823
8.0	Инструментал. стали	< 850			–			–			–			–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	90	–	130	– 165	0,08	13793	1103	0,15	10345	1552	0,21	6366	1337
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	55	–	80	– 100	0,05	8488	424	0,08	6366	509	0,12	3918	470
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	60	–	90	– 110	0,05	9549	477	0,08	7162	573	0,12	4407	529
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC			–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350			–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800			–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	–	70	– 90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700			–			–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700			–			–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850			–			–			–			–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100			–			–			–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200			–			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB			–			–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB			–			–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	90	–	130	– 165	0,13	13793	1793	0,20	10345	2069	0,25	6366	1592
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	70	–	100	– 130	0,08	10610	796	0,11	7958	875	0,13	4897	612
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850			–			–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200			–			–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350			–			–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.				–			–			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si				–			–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400			–			–			–			–	
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600			–			–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600			–			–			–			–	
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600			–			–			–			–	
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850			–			–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850			–			–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200			–			–			–			–	
19.0	Графит				–			–			–			–	
20.0	Термопласт				–			–			–			–	
20.1	Реактопласт				–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик				–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

	∅ от 8 до 12 мм			∅ от 12 до 16 мм			∅ от 16 до 20 мм		
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,28	5093	1426	0,34	3638	1237	0,38	2829	1075
	0,28	4775	1337	0,34	3410	1160	0,38	2653	1008
	0,27	4138	1117	0,32	2956	946	0,37	2299	851
	0,27	4138	1117	0,32	2956	946	0,37	2299	851
	0,27	2546	688	0,32	1819	582	0,37	1415	523
	0,28	5093	1426	0,34	3638	1237	0,38	2829	1075
		–			–			–	
	0,28	2546	713	0,34	1819	618	0,38	1415	538
		–			–			–	
	0,27	2546	688	0,32	1819	582	0,37	1415	523
		–			–			–	
	0,27	4138	1117	0,32	2956	946	0,37	2299	851
	0,15	2546	382	0,20	1819	364	0,25	1415	354
	0,15	2865	430	0,20	2046	409	0,25	1592	398
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,35	4138	1448	0,40	2956	1182	0,46	2299	1057
	0,15	3183	477	0,18	2274	398	0,20	1768	354
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	

Таблица 3.31 GARANT – Высокопроизводительные свёрла 6 x D с внутренним охлаждением (цельн. твердосплавн. – TiAlN) – для сверления по H7

Каталож. № 122790
DIN6537
Число зубьев2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c					∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9							
			[м/мин]					f	n	v_f	f	n	v_f					
		[Н/мм²]	мин.		нач.		макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]					
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	–	120	–	140	0,18	8584	1545	0,24	5127	1231					
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	80	–	100	–	120	0,18	7153	1288	0,24	4273	1025					
2.0	Автоматные стали	< 850	80	–	100	–	120	0,18	7153	1288	0,24	4273	1025					
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	80	–	90	–	100	0,18	6438	1159	0,24	3845	923					
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	80	–	100	–	120	0,16	7153	1144	0,22	4273	940					
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	70	–	85	–	95	0,16	6080	973	0,22	3632	799					
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	60	–	75	–	85	0,15	5365	805	0,21	3204	673					
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	60	–	75	–	85	0,16	5365	858	0,22	3204	705					
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50	–	60	–	70	0,15	4292	644	0,21	2564	538					
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	–	100	–	120	0,18	7153	1288	0,24	4273	1025					
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	70	–	85	–	95	0,18	6080	1094	0,24	3632	872					
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	–	75	–	85	0,16	5365	858	0,22	3204	705					
7.0	Азотируемые стали	< 1000	60	–	75	–	85	0,15	5365	805	0,21	3204	673					
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	–	75	–	85	0,15	5365	805	0,21	3204	673					
8.0	Инструментал. стали	< 850	65	–	85	–	95	0,15	6080	912	0,21	3632	763					
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	–	60	–	70	0,15	4292	644	0,21	2564	538					
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	–	40	–	45	0,08	2861	229	0,12	1709	205					
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	30	–	40	–	45	0,08	2861	229	0,12	1709	205					
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC			–				–			–						
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–				–			–						
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–				–			–						
11.0	Износост. констр. стали	1350			–				–			–						
11.1	Износост. констр. стали	1800			–				–			–						
12.0	Пружинные стали	< 1500			–				–			–						
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700			–				–			–						
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700			–				–			–						
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	30	–	35	–	40	0,08	2504	200	0,12	1495	179					
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	–	30	–	35	0,08	2146	172	0,12	1282	154					
14.0	Спец. сплавы	< 1200			–				–			–						
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB			–				–			–						
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB			–				–			–						
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB			–				–			–						
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB			–				–			–						
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850			–				–			–						
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200			–				–			–						
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350			–				–			–						
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.				–				–			–						
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si				–				–			–						
18.0	Медь, низколегир.	< 400			–				–			–						
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600			–				–			–						
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600			–				–			–						
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600			–				–			–						
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850			–				–			–						
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850			–				–			–						
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200			–				–			–						
19.0	Графит				–				–			–						
20.0	Термопласт				–				–			–						
20.1	Реактопласт				–				–			–						
20.2	Стекло- и углепластик				–				–			–						

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

	∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
	0,30	3655	1097	0,35	2738	958		–			–		эмульсия
	0,30	3046	914	0,35	2282	799		–			–		эмульсия
	0,30	3046	914	0,35	2282	799		–			–		эмульсия
	0,30	2741	822	0,35	2054	719		–			–		эмульсия
	0,28	3046	853	0,34	2282	776		–			–		эмульсия
	0,28	2589	725	0,34	1940	659		–			–		эмульсия
	0,27	2285	617	0,32	1711	548		–			–		эмульсия
	0,28	2285	640	0,34	1711	582		–			–		эмульсия
	0,27	1828	493	0,32	1369	438		–			–		эмульсия
	0,30	3046	914	0,35	2282	799		–			–		эмульсия
	0,30	2589	777	0,35	1940	679		–			–		эмульсия
	0,28	2285	640	0,34	1711	582		–			–		эмульсия
	0,27	2285	617	0,32	1711	548		–			–		эмульсия
	0,27	2285	617	0,32	1711	548		–			–		эмульсия
	0,27	2589	699	0,32	1940	621		–			–		эмульсия
	0,27	1828	493	0,32	1369	438		–			–		эмульсия
	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
	0,15	1218	183	0,20	913	183		–			–		эмульсия
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
	0,15	1066	160	0,20	799	160		–			–		эмульсия
	0,15	914	137	0,20	685	137		–			–		эмульсия
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		
		–			–			–			–		

Таблица 3.32 GARANT – Сверхвысокопроизводительные свёрла 8 x D с внутренним охлаждением (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 123100
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9							
						f	n	v_f	f	n	v_f					
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]					
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	110	120	0,14	7868	1102	0,20	4700	940					
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70	90	110	0,10	6438	644	0,15	3845	577					
2.0	Автоматные стали	< 850	70	90	110	0,14	6438	901	0,20	3845	769					
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	80	90	0,10	5722	572	0,15	3418	513					
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	70	90	110	0,14	6438	901	0,20	3845	769					
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	80	90	0,14	5722	801	0,20	3418	684					
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	55	65	75	0,10	4649	465	0,15	2777	417					
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	65	70	0,10	4649	465	0,15	2777	417					
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	40	50	55	0,10	3577	358	0,15	2136	320					
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70	90	110	0,14	6438	901	0,20	3845	769					
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	70	80	0,14	5007	701	0,20	2991	598					
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	65	75	0,10	4649	465	0,15	2777	417					
7.0	Азотируемые стали	< 1000	50	65	70	0,10	4649	465	0,15	2777	417					
7.1	Азотируемые стали	> 1000	30	35	40	0,08	2504	200	0,12	1495	179					
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	80	90	0,10	5722	572	0,15	3418	513					
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	40	50	60	0,10	3577	358	0,15	2136	320					
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,10	2504	250	0,15	1495	224					
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	30	35	40	0,10	2504	250	0,15	1495	224					
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–						
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–						
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–						
11.0	Износост. констр. стали	1350	35	40	45	0,05	2861	143	0,08	1709	137					
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	25	30	0,04	1788	72	0,07	1068	75					
12.0	Пружинные стали	< 1500	35	40	45	0,06	2861	172	0,09	1709	154					
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	45	50	0,06	3219	193	0,10	1923	192					
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	35	40	45	0,06	2861	172	0,10	1709	171					
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	40	40	0,06	2861	172	0,10	1709	171					
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	35	40	0,06	2504	150	0,10	1495	150					
14.0	Спец. сплавы	< 1200	25	30	35	0,05	2146	107	0,08	1282	103					
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	60	75	90	0,18	5365	966	0,25	3204	801					
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	60	70	80	0,18	5007	901	0,25	2991	748					
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	60	70	80	0,18	5007	901	0,25	2991	748					
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	60	70	80	0,16	5007	801	0,22	2991	658					
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	25	30	35	0,05	2146	107	0,08	1282	103					
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	25	30	0,05	1788	89	0,08	1068	85					
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	180	200	220	0,14	14306	1931	0,20	8545	1666					
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		160	180	200	0,14	12875	1738	0,20	7691	1500					
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	140	150	0,14	10014	1352	0,20	5982	1166					
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–						
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600		–			–			–						
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–						
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600		–			–			–						
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850		–			–			–						
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–						
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–						
19.0	Графит		60	80	100	0,14	5722	801	0,20	3418	667					
20.0	Термопласт		40	50	60	0,08	3577	286	0,14	2136	299					
20.1	Реактопласт		30	40	50	0,08	2861	229	0,14	1709	239					
20.2	Стекло- и углепластик		35	40	45	0,08	2861	229	0,14	1709	239					

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,27	3351	905	0,35	2510	878	0,40	2007	803	0,45	1796	808	эмульсия
0,20	2741	548	0,26	2054	534	0,30	1642	493	0,32	1469	470	эмульсия
0,27	2741	740	0,35	2054	719	0,40	1642	657	0,45	1469	661	эмульсия
0,20	2437	487	0,26	1825	475	0,30	1459	438	0,32	1306	418	эмульсия
0,27	2741	740	0,35	2054	719	0,40	1642	657	0,45	1469	661	эмульсия
0,27	2437	658	0,35	1825	639	0,40	1459	584	0,45	1306	588	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,30	1186	356	0,32	1061	340	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,28	1186	332	0,32	1061	340	эмульсия
0,20	1523	305	0,26	1141	297	0,28	912	255	0,32	816	261	эмульсия
0,27	2741	740	0,35	2054	719	0,40	1642	657	0,45	1469	661	эмульсия
0,27	2132	576	0,35	1597	559	0,40	1277	511	0,45	1143	514	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,30	1186	356	0,32	1061	340	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,30	1186	356	0,32	1061	340	эмульсия
0,18	1066	192	0,24	799	192	0,28	638	179	0,30	571	171	эмульсия
0,20	2437	487	0,26	1825	475	0,30	1459	438	0,32	1306	418	эмульсия
0,20	1523	305	0,26	1141	297	0,30	912	274	0,32	816	261	эмульсия
0,20	1066	213	0,26	799	208	0,30	638	192	0,32	571	183	эмульсия
0,20	1066	213	0,26	799	208	0,30	638	192	0,32	571	183	эмульсия
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
0,10	1218	122	0,12	913	110	0,14	730	102	0,16	653	104	эмульсия
0,09	762	69	0,11	570	63	0,13	456	59	0,15	408	61	эмульсия
0,11	1218	134	0,11	913	100	0,15	730	109	0,17	653	111	эмульсия
0,12	1371	164	0,14	1027	144	0,18	821	148	0,20	735	147	эмульсия
0,12	1218	146	0,14	913	128	0,18	730	131	0,20	653	131	эмульсия
0,12	1218	146	0,14	913	128	0,18	730	131	0,20	653	131	эмульсия
0,12	1066	128	0,14	799	112	0,18	638	115	0,20	571	114	эмульсия
0,10	914	91	0,12	685	82	0,14	547	77	0,16	490	78	эмульсия
0,30	2285	685	0,36	1711	616	0,38	1368	520	0,40	1224	490	сух. / эмульсия
0,30	2132	640	0,36	1597	575	0,38	1277	485	0,40	1143	457	сух. / эмульсия
0,30	2132	640	0,36	1597	575	0,38	1277	485	0,40	1143	457	эмульсия
0,28	2132	597	0,32	1597	511	0,35	1277	447	0,38	1143	434	эмульсия
0,10	914	91	0,12	685	82	0,14	547	77	0,16	490	78	эмульсия
0,10	762	76	0,12	570	68	0,14	456	64	0,16	408	65	эмульсия
0,26	6092	1599	0,32	4564	1460	0,40	3648	1459	0,45	3265	1469	эмульсия
0,26	5483	1439	0,32	4107	1314	0,40	3283	1313	0,45	2938	1322	эмульсия
0,26	4264	1119	0,32	3195	1022	0,40	2554	1022	0,45	2285	1028	эмульсия
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
0,26	2437	640	0,32	1825	584	0,40	1459	584	0,45	1306	588	сухая обр.
0,18	1523	274	0,25	1141	285	0,30	912	274	0,32	816	261	вода/воздух
0,18	1218	219	0,25	913	228	0,30	730	219	0,32	653	209	сух./воздух
0,18	1218	219	0,25	913	228	0,30	730	219	0,32	653	209	сух./воздух

Таблица 3.33 GARANT – Высокопроизводительные свёрла 10xD (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 122910
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ до 3 мм			∅ от 3 до 5 мм			∅ от 5 до 8 мм		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	80	110	130	0,09	11671	1050	0,16	8754	1401	0,22	5387	1185
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	55	75	95	0,09	7958	0	0,16	5968	955	0,22	3673	808
2.0	Автоматные стали	< 850	60	85	110	0,09	9019	0	0,16	6764	1082	0,22	4163	916
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	55	75	95	0,09	7958	0	0,16	5968	955	0,22	3673	808
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	50	70	90	0,08	7427	594	0,15	5570	836	0,21	3428	720
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	50	70	90	0,08	7427	594	0,15	5570	836	0,21	3428	720
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50	70	90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50	70	90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		–			–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	80	100	0,09	8488	0	0,16	6366	1019	0,22	3918	862
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	75	95	0,09	7958	0	0,16	5968	955	0,22	3673	808
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	70	90	0,08	7427	594	0,15	5570	836	0,21	3428	720
7.0	Азотируемые стали	< 1000	50	70	90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
7.1	Азотируемые стали	> 1000	50	70	90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
8.0	Инструментал. стали	< 850		–			–			–			–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100		–			–			–			–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–			–			–			–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	55	75	95	0,05	7958	398	0,08	5968	477	0,12	3673	441
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	50	70	90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	50	70	90	0,05	7427	371	0,08	5570	446	0,12	3428	411
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	45	65	85	0,05	6897	345	0,08	5173	414	0,12	3183	382
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	30	40	0,02	3183	64	0,04	2387	95	0,08	1469	118
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	25	30	0,02	2653	53	0,04	1989	80	0,08	1224	98
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		180	200	220	0,05	21221	1061	0,08	15915	1273	0,12	9794	1175
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		160	180	200	0,05	19099	955	0,08	14324	1146	0,12	8815	1058
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

	∅ от 8 до 12 мм			∅ от 12 до 16 мм			∅ от 16 до 20 мм		
	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
	0,28	3501	980	0,34	2501	850	0,38	1945	739
	0,28	2387	668	0,34	1705	580	0,38	1326	504
	0,28	2706	758	0,34	1933	657	0,38	1503	571
	0,28	2387	668	0,34	1705	580	0,38	1326	504
	0,27	2228	602	0,32	1592	509	0,37	1238	458
	0,27	2228	602	0,32	1592	509	0,37	1238	458
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
		–			–			–	
	0,28	2546	713	0,34	1819	618	0,38	1415	538
	0,28	2287	668	0,34	1705	580	0,38	1326	504
	0,27	2228	602	0,32	1592	509	0,37	1238	458
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,15	2387	358	0,20	1705	341	0,25	1326	332
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
	0,15	2228	334	0,20	1592	318	0,25	1238	309
	0,15	2069	310	0,20	1478	296	0,25	1149	287
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
	0,12	955	153	0,16	909	109	0,20	531	106
	0,12	796	95	0,16	682	91	0,20	442	88
		–			–			–	
	0,15	6366	955	0,20	4547	909	0,25	3537	884
	0,15	5730	859	0,20	4093	819	0,25	3183	796
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	
		–			–			–	

Таблица 3.34 GARANT – Сверхвысокопроизводительные свёрла 12 x D с внутренним охлаждением (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 123300
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c			∅ 3,0 – 5,9			∅ 6,0 – 8,9		
			[м/мин]			f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	90	110	120	0,14	7868	1102	0,20	4700	940
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70	90	100	0,10	6438	644	0,15	3845	577
2.0	Автоматные стали	< 850	70	90	100	0,14	6438	901	0,20	3845	769
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	80	90	0,10	5722	572	0,15	3418	513
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	70	90	100	0,14	6438	901	0,20	3845	769
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	80	90	0,14	5722	801	0,20	3418	684
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50	65	70	0,10	4649	465	0,15	2777	417
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	40	65	60	0,14	4649	651	0,20	2777	555
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	30	50	50	0,10	3577	358	0,15	2136	320
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70	90	100	0,14	6438	901	0,20	3845	769
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	70	80	0,14	5007	701	0,20	2991	598
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	55	40	75	0,10	2861	286	0,15	1709	256
7.0	Азотируемые стали	< 1000	55	65	75	0,10	4649	465	0,15	2777	417
7.1	Азотируемые стали	> 1000	30	40	55	0,08	2861	229	0,12	1709	205
8.0	Инструментал. стали	< 850	55	65	75	0,10	4649	465	0,15	2777	417
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	40	50	60	0,10	3577	358	0,15	2136	320
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	25	30	35	0,10	2146	215	0,15	1282	192
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	25	30	35	0,10	2146	215	0,15	1282	192
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	25	30	35	0,10	2146	215	0,15	1282	192
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	40	50	0,09	2861	258	0,11	1709	188
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	30	40	50	0,09	2861	258	0,11	1709	188
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	30	40	50	0,09	2861	258	0,11	1709	188
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	35	40	0,09	2504	225	0,11	1495	164
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	60	75	85	0,18	5365	966	0,24	3204	769
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	60	70	80	0,18	5007	901	0,24	2991	718
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	60	70	80	0,18	5007	901	0,24	2991	718
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	60	70	80	0,16	5007	801	0,22	2991	658
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–			–	
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			–			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт		40	50	60	0,08	3577	286	0,12	2136	256
20.1	Реактопласт		30	40	50	0,08	2861	229	0,12	1709	205
20.2	Стекло- и углепластик		35	40	45	0,08	2861	229	0,12	1709	205

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 40 бар.

∅ 9,0 – 11,9			∅ 12,0 – 15,9			∅ 16,0 – 18,9			∅ 19,0 – 20,0			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,28	3351	938	0,36	2510	904	0,40	2007	803	0,45	1796	808	эмульсия
0,20	2741	548	0,26	2054	534	0,30	1642	493	0,32	1469	470	эмульсия
0,28	2741	768	0,36	2054	739	0,40	1642	657	0,45	1469	661	эмульсия
0,20	2437	487	0,26	1825	475	0,30	1459	438	0,32	1306	418	эмульсия
0,28	2741	768	0,36	2054	739	0,40	1642	657	0,45	1469	661	эмульсия
0,28	2437	682	0,36	1825	657	0,40	1459	584	0,45	1306	588	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,30	1186	356	0,32	1061	340	эмульсия
0,28	1980	554	0,36	1483	534	0,40	1186	474	0,45	1061	477	эмульсия
0,20	1523	305	0,26	1141	297	0,30	912	274	0,32	816	261	эмульсия
0,28	2741	768	0,36	2054	739	0,40	1642	657	0,45	1469	661	эмульсия
0,28	2132	597	0,36	1597	575	0,40	1277	511	0,45	1143	514	эмульсия
0,20	1218	244	0,26	913	237	0,30	730	219	0,32	653	209	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,30	1186	356	0,32	1061	340	эмульсия
0,18	1218	219	0,24	913	219	0,28	730	204	0,30	653	196	эмульсия
0,20	1980	396	0,26	1483	386	0,28	1186	332	0,32	1061	340	эмульсия
0,20	1523	305	0,26	1141	297	0,28	912	255	0,32	816	261	эмульсия
0,20	914	183	0,26	685	178	0,28	547	153	0,32	490	157	эмульсия
0,20	914	183	0,26	685	178	0,28	547	153	0,32	490	157	эмульсия
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
0,20	914	183	0,26	685	178	0,28	547	153	0,32	490	157	эмульсия
0,15	1218	183	0,20	913	183	0,24	730	175	0,27	653	176	эмульсия
0,15	1218	183	0,20	913	183	0,24	730	175	0,27	653	176	эмульсия
0,15	1218	183	0,20	913	183	0,24	730	175	0,27	653	176	эмульсия
0,15	1066	160	0,20	799	160	0,24	638	153	0,27	571	154	эмульсия
	–			–			–			–		
0,30	2285	685	0,35	1711	599	0,38	1368	520	0,40	1224	490	сух. / эмульсия
0,30	2132	640	0,35	1597	559	0,38	1277	485	0,40	1143	457	сух. / эмульсия
0,30	2132	640	0,35	1597	559	0,38	1277	485	0,40	1143	457	эмульсия
0,28	2132	597	0,34	1597	543	0,36	1277	460	0,38	1143	434	эмульсия
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
	–			–			–			–		
0,14	1523	213	0,18	1141	205	0,22	912	201	0,28	816	229	вода/воздух
0,14	1218	171	0,18	913	164	0,22	730	161	0,28	653	183	сух./воздух
0,14	1218	171	0,18	913	164	0,22	730	161	0,28	653	183	сух./воздух

Таблица 3.35 GARANT – Высокопроизводительные свёрла для глубокого сверления по алюминию с внутренним охлаждением 16/20/25/30xD (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 123588; 123590; 123593; 123595
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Указанные режимы резания действительны для 30xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]				∅ до 3 мм f [мм/об]	∅ до 3 мм n [об/мин]	∅ до 3 мм v_f [мм/мин]	∅ от 3 до 5 мм f [мм/об]	∅ от 3 до 5 мм n [об/мин]	∅ от 3 до 5 мм v_f [мм/мин]
		[Н/мм²]	мин.		нач.	макс.						
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500			–			–			–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850			–			–			–	
2.0	Автоматные стали	< 850			–			–			–	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000			–			–			–	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700			–			–			–	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850			–			–			–	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000			–			–			–	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000			–			–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200			–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750			–			–			–	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000			–			–			–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000			–			–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000			–			–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000			–			–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850			–			–			–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100			–			–			–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400			–			–			–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700			–			–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700			–			–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850			–			–			–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100			–			–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB			–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB			–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB			–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB			–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850			–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200			–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	140	–	**160**	– 180	0,08	16977	1358	0,15	12732	1910
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		180	–	**200**	– 220	0,08	21221	1698	0,15	15915	2387
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	–	**140**	– 160	0,08	14854	1188	0,15	11141	1671
18.0	Медь, низколегир.	< 400			–			–			–	
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600			–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600			–			–			–	
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600			–			–			–	
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850			–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850			–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200			–			–			–	
19.0	Графит				–			–			–	
20.0	Термопласт				–			–			–	
20.1	Реактопласт				–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик				–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

	∅ от 5 до 8 мм			∅ от 8 до 12 мм			СОЖ
	f	n	v_f	f	n	v_f	
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
	0,21	7835	1645	0,27	5093	1375	эмульсия
	0,21	9794	2057	0,27	6366	1719	эмульсия
	0,21	6856	1440	0,27	4456	1203	эмульсия
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		
		–			–		

Поправочные коэффициенты для свёрл:

	v_c	f
16xD:	1,25	1,3
20xD:	1,1	1,3
25xD:	1,0	1,3
30xD:	1,0	1,0

Таблица 3.36 GARANT – Высокопроизводительные универсальные свёрла для глубокого сверления с внутренним охлаждением 16/20/25/30xD (цельн. твердосплавн. – TiAlN)

Каталож. № 123688; 123690; 123693; 123695
DIN Заводской стандарт
Число зубьев 2

Указанные режимы резания действительны для 30xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ до 3 мм			∅ от 3 до 5 мм		
						f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	70	90	110	0,08	9549	764	0,10	7162	716
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	65	80	100	0,05	8488	424	0,08	6366	509
2.0	Автоматные стали	< 850	70	90	110	0,08	9549	764	0,10	7162	716
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	65	80	100	0,05	8488	424	0,08	6366	509
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	75	90	0,08	7958	637	0,10	5968	597
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	45	60	75	0,05	6366	318	0,08	4775	382
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	75	90	0,08	7958	637	0,10	5968	597
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65	80	100	0,08	8488	679	0,10	6366	637
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
7.0	Азотируемые стали	< 1000	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	75	90	0,05	7958	398	0,08	5968	477
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	45	60	75	0,05	6366	318	0,08	4775	382
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	25	35	45	0,05	3714	186	0,08	2785	223
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	50	60	0,05	5305	265	0,08	3979	318
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	40	50	60	0,05	5305	265	0,08	3979	318
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	45	55	0,05	4775	239	0,08	3581	286
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	40	50	0,05	4244	212	0,08	3183	255
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	65	85	110	0,10	9019	902	0,18	6764	1218
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	60	80	100	0,10	8488	849	0,18	6366	1146
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	60	75	100	0,10	7958	796	0,18	5968	1074
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			–			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–	
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Давление подачи СОЖ должно составлять 25 бар.

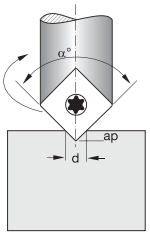
				∅ от 5 до 8 мм			∅ от 8 до 12 мм			СОЖ
				f	n	v_f	f	n	v_f	
				[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
				0,15	4407	661	0,20	2865	573	эмульсия
				0,12	3918	470	0,15	2546	382	эмульсия
				0,15	4407	661	0,20	2865	573	эмульсия
				0,12	3918	470	0,15	2546	382	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,15	3673	551	0,20	2387	477	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	2938	353	0,15	1910	286	эмульсия
				0,15	3673	551	0,20	2387	477	эмульсия
				0,15	3918	588	0,20	2546	509	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	3673	441	0,15	2387	358	эмульсия
				0,12	2938	353	0,15	1910	286	эмульсия
					–			–		
				0,12	1714	206	0,15	1114	167	эмульсия
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
				0,12	2449	294	0,15	1592	239	эмульсия
				0,12	2449	294	0,15	1592	239	эмульсия
				0,12	2204	264	0,15	1432	215	эмульсия
				0,12	1959	235	0,15	1273	191	эмульсия
					–			–		
				0,24	4163	999	0,30	2706	812	эмульсия
				0,24	3918	940	0,30	2546	764	эмульсия
				0,24	3673	881	0,30	2387	716	эмульсия
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		
					–			–		

Поправочные коэффициенты для свёрл:

	v_c
16xD:	1,25
20xD:	1,2
25xD:	1,1
30xD:	1,0

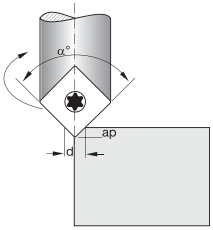
Таблица 3.37 **GARANT – Центровочные свёрла для станков с ЧПУ 90° и 142° с СМП**

Каталож. № **231500; 231502 с СМП 231515; 231520**



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c	Засверливание								
				Размер СМП								
				10			16					
				Макс. глубина сверления $a_{p\ max}$ [мм]								
				4			7					
				∅ макс. 11,2			∅ макс. 15					
				f	n	v_f	f	n	v_f			
		[Н/мм²]	[м/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]			
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	150	0,05	4263	213	0,05	3183	159			
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	120	0,05	3410	171	0,05	2546	127			
2.0	Автоматные стали	< 850	120	0,05	3410	171	0,05	2546	127			
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120	0,04	3410	136	0,04	2546	102			
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120	0,05	3410	171	0,05	2546	127			
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	70	0,05	1989	99	0,05	1485	74			
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	70	0,04	1989	80	0,04	1485	59			
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	80	0,03	2274	68	0,03	1698	51			
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	120	0,03	3410	102	0,03	2546	76			
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
7.0	Азотируемые стали	< 1000	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
7.1	Азотируемые стали	> 1000	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	0,04	1705	68	0,04	1273	51			
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
12.0	Пружинные стали	< 1500	60	0,03	1705	51	0,03	1273	38			
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	60	0,03	1705	51	0,03	1273	38			
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	60	0,03	1705	51	0,03	1273	38			
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	0,05	5684	284	0,05	4244	212			
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	180	0,05	5116	256	0,05	3820	191			
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	160	0,05	4547	227	0,05	3395	170			
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	150	0,05	4263	213	0,05	3183	159			
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	0,03	1705	51	0,03	1273	38			
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	50	0,03	1421	43	0,03	1061	32			
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	300	0,08	8526	682	0,08	6366	509			
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		300	0,08	8526	682	0,08	6366	509			
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	0,08	7105	568	0,08	5305	424			
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	0,08	8526	682	0,08	6366	509			
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	150	0,08	4263	341	0,08	3183	255			
18.2	Латунь, коротконструж.	< 600	250	0,08	7105	568	0,08	5305	424			
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	300	0,08	8526	682	0,08	6366	509			
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	250	0,08	7105	568	0,08	5305	424			
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	0,08	8526	682	0,08	6366	509			
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	250	0,08	7105	568	0,08	5305	424			
19.0	Графит		150	0,08	4263	341	0,08	3183	255			

Примечание — Свёрла размера 10 рекомендуется применять на маломощных станках.



		Снятие фаски						СОЖ
		Размер СМП						
		10			16			
		Макс. глубина сверления $a_{p\ max}$ [мм]						
		4			7			
		∅ макс. 11,2			∅ макс. 15			
		f	n	v_f	f	n	v_f	
		[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
		0,15	4263	639	0,15	3183	477	эмульсия
		0,15	3410	512	0,15	2546	382	эмульсия
		0,15	3410	512	0,15	2546	382	эмульсия
		0,12	3410	409	0,12	2546	306	эмульсия
		0,15	3410	512	0,15	2546	382	эмульсия
		0,15	1989	298	0,15	1485	223	эмульсия
		0,12	1989	239	0,12	1485	178	эмульсия
		0,09	2274	205	0,09	1698	153	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	3410	307	0,09	2546	229	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,12	1705	205	0,12	1273	153	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1705	153	0,09	1273	115	эмульсия
		0,09	1705	153	0,09	1273	115	эмульсия
		0,09	1705	153	0,09	1273	115	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,15	5684	853	0,15	4244	637	сух./эмульсия
		0,15	5116	767	0,15	3820	573	сух./эмульсия
		0,15	4547	682	0,15	3395	509	эмульсия
		0,15	4263	639	0,15	3183	477	эмульсия
		0,09	1705	153	0,09	1273	115	эмульсия
		0,09	1421	128	0,09	1061	95	эмульсия
		0,24	8526	2046	0,24	6366	1528	эмульсия
		0,24	8526	2046	0,24	6366	1528	эмульсия
		0,24	7105	1705	0,24	5305	1273	эмульсия
		0,24	8526	2046	0,24	6366	1528	эмульсия
		0,24	4263	1023	0,24	3183	764	эмульсия
		0,24	7105	1705	0,24	5305	1273	эмульсия
		0,24	8526	2046	0,24	6366	1528	эмульсия
		0,24	7105	1705	0,24	5305	1273	эмульсия
		0,24	8526	2046	0,24	6366	1528	эмульсия
		0,24	7105	1705	0,24	5305	1273	эмульсия
		0,24	4263	1023	0,24	3183	764	эмульсия

Таблица 3.38 Корончатые свёрла 3/5/7xD (SECO CrownLoc с твердосплавной коронкой)

Каталож. № 232090; 232092; 232094 с коронкой 232080; 232082
Число эффективных режущих кромок 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c			∅ 10,00 – 13,99				∅ 14,00 – 15,99			
			[м/мин]			f		n	v_f	f		n	v_f
						мин.	макс.			мин.	макс.		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]		[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]		[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	70	85	100	0,27	0,32	2081	666	0,30	0,35	1804	541
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	100	130	0,27	0,32	2449	784	0,30	0,35	2122	637
2.0	Автоматные стали	< 850	80	90	130	0,20	0,30	2204	661	0,22	0,32	1910	420
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	40	50	90	0,15	0,25	1224	306	0,15	0,26	1061	159
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	80	85	120	0,20	0,30	2081	624	0,22	0,32	1804	397
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	50	65	80	0,20	0,30	1592	477	0,22	0,32	1379	303
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	40	60	120	0,15	0,30	1469	441	0,15	0,32	1273	191
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	40	60	120	0,15	0,30	1469	441	0,15	0,32	1273	191
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	40	50	90	0,15	0,25	1224	306	0,15	0,26	1061	159
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	60	70	110	0,20	0,30	1714	514	0,22	0,32	1485	327
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	40	60	120	0,15	0,30	1469	441	0,15	0,32	1273	191
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	30	45	90	0,12	0,25	1102	275	0,12	0,26	955	115
7.0	Азотируемые стали	< 1000	80	85	120	0,20	0,30	2081	624	0,22	0,32	1804	397
7.1	Азотируемые стали	> 1000	30	40	80	0,12	0,24	979	235	0,12	0,24	849	102
8.0	Инструментал. стали	< 850	80	85	120	0,20	0,30	2081	624	0,22	0,32	1804	397
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	50	60	90	0,15	0,25	1469	367	0,15	0,26	1273	191
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	40	70	0,15	0,25	979	245	0,15	0,26	849	127
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	40	60	120	0,15	0,30	1469	441	0,15	0,32	1273	191
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	30	40	80	0,12	0,24	979	235	0,12	0,24	849	102
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	30	40	80	0,12	0,24	979	235	0,12	0,24	849	102
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	30	40	80	0,12	0,24	979	235	0,12	0,24	849	102
11.0	Износост. констр. стали	1350	30	40	80	0,12	0,24	979	235	0,12	0,24	849	102
11.1	Износост. констр. стали	1800	30	40	80	0,12	0,24	979	235	0,12	0,24	849	102
12.0	Пружинные стали	< 1500	30	55	120	0,12	0,30	1347	404	0,12	0,32	1167	140
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	60	70	90	0,10	0,14	1714	240	0,12	0,16	1485	178
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	60	65	90	0,10	0,14	1592	223	0,12	0,16	1379	166
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	50	55	80	0,10	0,14	1347	189	0,12	0,16	1167	140
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	40	50	100	0,15	0,30	1224	367	0,15	0,32	1061	159
14.0	Спец. сплавы	< 1200	15	25	40	0,07	0,13	612	80	0,08	0,15	531	42
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–				–				–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–				–				–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–				–				–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–				–				–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	45	60	0,13	0,20	1102	220	0,16	0,24	955	153
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	45	60	0,13	0,20	1102	220	0,16	0,24	955	153
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	150	160	250	0,35	0,55	3918	2155	0,40	0,60	3395	1385
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		150	160	250	0,35	0,55	3918	2155	0,40	0,60	3395	1385
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		100	125	200	0,35	0,55	3061	1683	0,40	0,60	2653	1061
18.0	Медь, низколегир.	< 400	150	200	250	0,35	0,55	4897	2693	0,40	0,60	4244	1698
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	150	200	250	0,35	0,55	4897	2693	0,40	0,60	4244	1698
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	150	200	0,35	0,55	3673	2020	0,40	0,60	3183	1273
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	100	150	200	0,35	0,55	3673	2020	0,40	0,60	3183	1273
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100	150	200	0,35	0,55	3673	2020	0,40	0,60	3183	1273
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	100	150	200	0,35	0,55	3673	2020	0,40	0,60	3183	1273
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	100	140	200	0,35	0,55	3428	1885	0,40	0,60	2971	1188
19.0	Графит			–				–				–	
20.0	Термопласт			–				–				–	
20.1	Реактопласт			–				–				–	
20.2	Стекло- и углепластик			–				–				–	

∅ 16,00 – 17,99					∅ 18,00 – 19,99					∅ 20,00 – 25,4					Коронка сверла Кат. №
f			n	v_f	f			n	v_f	f			n	v_f	
мин.		макс.			мин.		макс.			мин.		макс.			
[мм/об]			[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]			[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]			[об/мин]	[мм/мин]	
0,32	–	0,37	1592	589	0,32	–	0,37	1424	527	0,32	–	0,37	1176	435	232080
0,32	–	0,37	1872	693	0,32	–	0,37	1675	620	0,32	–	0,37	1384	512	232080
0,25	–	0,35	1685	590	0,25	–	0,35	1508	528	0,25	–	0,30	1246	436	232080
0,15	–	0,28	936	262	0,15	–	0,30	838	251	0,15	–	0,30	692	208	232080
0,25	–	0,35	1592	557	0,25	–	0,35	1424	498	0,25	–	0,35	1176	412	232080
0,25	–	0,35	1217	426	0,25	–	0,35	1089	381	0,25	–	0,35	900	315	232080
0,15	-	0,35	1123	393	0,15	–	0,35	1005	352	0,15	-	0,35	830	291	232080
0,15	–	0,35	1123	393	0,15	–	0,35	1005	352	0,15	–	0,35	830	291	232080
0,15	–	0,28	936	262	0,15	–	0,30	838	251	0,15	–	0,30	692	208	232080
0,25	–	0,35	1311	459	0,25	–	0,35	1173	410	0,25	–	0,35	969	339	232080
0,15	–	0,35	1123	393	0,15	–	0,35	1005	352	0,15	–	0,35	830	291	232080
0,12	–	0,28	843	236	0,12	–	0,30	754	226	0,12	–	0,30	623	187	232080, 232082
0,25	–	0,35	1592	557	0,25	–	0,35	1424	498	0,25	–	0,35	1176	412	232080
0,12	–	0,26	749	195	0,12	–	0,28	670	188	0,12	–	0,28	554	155	232082
0,25	–	0,35	1592	557	0,25	–	0,35	1424	498	0,25	–	0,35	1176	412	232080
0,15	–	0,28	1123	315	0,15	–	0,30	1005	302	0,15	–	0,30	830	249	232080
0,15	–	0,28	749	210	0,15	–	0,30	670	201	0,15	–	0,30	554	166	232080
0,15	–	0,35	1123	393	0,15	–	0,35	1005	352	0,15	–	0,35	830	291	232080
0,12	–	0,26	749	195	0,12	–	0,28	670	188	0,12	–	0,28	554	155	232082
0,12	–	0,26	749	195	0,12	–	0,28	670	188	0,12	–	0,28	554	155	232082
0,12	–	0,26	749	195	0,12	–	0,28	670	188	0,12	–	0,28	554	155	232082
0,12	–	0,26	749	195	0,12	–	0,28	670	188	0,12	–	0,28	554	155	232082
0,12	–	0,35	1030	360	0,12	–	0,35	921	322	0,12	–	0,35	761	266	232080, 232082
0,12	–	0,16	1311	210	0,14	–	0,18	1173	211	0,14	–	0,18	969	174	232082
0,12	–	0,16	1217	195	0,14	–	0,18	1089	196	0,14	–	0,18	900	162	232082
0,12	–	0,16	1030	165	0,14	–	0,18	921	166	0,14	–	0,18	761	137	232082
0,15	–	0,35	936	328	0,15	–	0,35	838	293	0,15	–	0,35	692	242	232082
0,10		0,18	468	84	0,10		0,18	419	75	0,10		0,18	346	62	232082
	–		–			–		–			–		–		–
	–		–			–		–			–		–		–
	–		–			–		–			–		–		–
	–		–			–		–			–		–		–
0,18		0,27	843	227	0,18		0,27	754	204	0,18		0,27	623	168	232082
0,18		0,27	843	227	0,18		0,27	754	204	0,18		0,27	623	168	232082
0,40	–	0,60	2996	1798	0,45	–	0,65	2681	1742	0,45	–	0,65	2214	1439	232082
0,40	–	0,60	2996	1798	0,45	–	0,65	2681	1742	0,45	–	0,65	2214	1439	232082
0,40	–	0,60	2341	1404	0,45	–	0,65	2094	1361	0,45	–	0,65	1730	1124	232082
0,40	–	0,60	3745	2247	0,45	–	0,65	3351	2178	0,45	–	0,65	2768	1799	232082
0,40	–	0,60	3745	2247	0,45	–	0,65	3351	2178	0,45	–	0,65	2768	1799	232082
0,40	–	0,60	2809	1685	0,45	–	0,65	3351	2178	0,45	–	0,65	2076	1349	232082
0,40	–	0,60	2809	1685	0,45	–	0,65	2513	1633	0,45	–	0,65	2076	1349	232082
0,40	–	0,60	2809	1685	0,45	–	0,65	2513	1633	0,45	–	0,65	2076	1349	232082
0,40	–	0,60	2809	1685	0,45	–	0,65	2513	1633	0,45	–	0,65	2076	1349	232082
0,40	–	0,60	2621	1573	0,45	–	0,65	2345	1525	0,45	–	0,65	1938	1259	232082
	–		–			–		–			–		–		
	–		–			–		–			–		–		–
	–		–			–		–			–		–		–
	–		–			–		–			–		–		–

Таблица 3.39 **GARANT – Сборные свёрла с СМП 3xD MTC**

Каталож. № **232300; 232302 с СМП 232400–232780**

Число эффективных режущих кромок **1**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	< ∅ 14,0 – 19,5 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	∅ 20,0 – 24,5 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	275	300	0,08	5226	418	0,10	3934	393
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	275	300	0,08	5226	418	0,13	3934	511
2.0	Автоматные стали	< 850	250	275	300	0,08	5226	418	0,13	3934	511
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	215	250	0,08	4086	327	0,13	3076	400
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	215	250	0,08	4086	327	0,13	3076	400
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	215	250	0,08	4086	327	0,13	3076	400
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	100	125	150	0,07	2375	166	0,12	1788	215
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	125	150	0,07	2375	166	0,12	1788	215
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	125	150	0,05	2375	119	0,10	1788	179
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	250	275	300	0,08	5226	418	0,13	3934	511
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	100	125	150	0,08	2375	190	0,13	1788	232
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	125	150	0,05	2375	119	0,10	1788	179
7.0	Азотируемые стали	< 1000	100	125	150	0,07	2375	166	0,12	1788	215
7.1	Азотируемые стали	> 1000	100	125	150	0,05	2375	119	0,10	1788	179
8.0	Инструментал. стали	< 850	100	125	150	0,08	2375	190	0,13	1788	232
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	100	125	150	0,07	2375	166	0,12	1788	215
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	125	150	0,05	2375	119	0,10	1788	179
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	125	150	0,07	2375	166	0,12	1788	215
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	100	125	150	0,05	2375	119	0,10	1788	179
11.1	Износост. констр. стали	1800	100	125	150	0,05	2375	119	0,08	1788	143
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	70	90	0,05	1330	67	0,10	1001	100
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	150	165	180	0,06	3136	188	0,08	2361	189
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	150	165	180	0,06	3136	188	0,08	2361	189
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	150	165	180	0,06	3136	188	0,08	2361	189
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	150	165	180	0,05	3136	157	0,07	2361	165
14.0	Спец. сплавы	< 1200	100	125	150	0,09	2375	214	0,13	1788	232
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	150	175	200	0,08	3326	266	0,14	2504	350
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	150	175	200	0,08	3326	266	0,14	2504	350
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	150	175	200	0,08	3326	266	0,14	2504	350
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	150	175	200	0,06	3326	200	0,12	2504	300
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	100	125	150	0,05	2375	119	0,10	1788	179
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	100	125	150	0,05	2375	119	0,08	1788	143
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	300	350	380	0,06	6651	399	0,10	5007	501
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		180	200	230	0,06	3801	228	0,10	2861	286
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180	200	230	0,05	3801	190	0,08	2861	229
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–			–	
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600		–			–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–			–	
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600		–			–			–	
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850		–			–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–			–	
19.0	Графит		100	150	200	0,08	2851	228	0,13	2146	279
20.0	Термопласт		100	150	200	0,08	2851	228	0,13	2146	279
20.1	Реактопласт		100	150	200	0,08	2851	228	0,13	2146	279
20.2	Стекло- и углепластик		100	150	200	0,08	2851	228	0,13	2146	279

Примечание —Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

Внимание: При выходе сверла отпадает тонкая пластинка материала. Если заготовка вращается, существует опасность травмирования.

∅ 25 – 36			∅ 37 – 44		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,12	2870	344	0,12	2161	259
0,14	2870	402	0,14	2161	303
0,14	2870	402	0,14	2161	303
0,14	2244	314	0,14	1690	237
0,14	2244	314	0,14	1690	237
0,14	2244	314	0,14	1690	237
0,13	1305	170	0,13	982	128
0,13	1305	170	0,13	982	128
0,12	1305	157	0,12	982	118
0,14	2870	402	0,14	2161	303
0,14	1305	183	0,14	982	138
0,12	1305	157	0,12	982	118
0,13	1305	170	0,13	982	128
0,12	1305	157	0,12	982	118
0,14	1305	183	0,14	982	138
0,13	1305	170	0,13	982	128
0,12	1305	157	0,12	982	118
0,13	1305	170	0,13	982	128
	–			–	
	–			–	
	–			–	
0,12	1305	157	0,14	982	138
0,10	1305	130	0,12	982	118
0,12	731	88	0,14	550	77
0,12	1722	207	0,12	1297	156
0,12	1722	207	0,12	1297	156
0,12	1722	207	0,12	1297	156
0,10	1722	172	0,10	1297	130
0,14	1305	183	0,14	982	138
0,20	1826	365	0,25	1375	344
0,20	1826	365	0,25	1375	344
0,20	1826	365	0,25	1375	344
0,18	1826	329	0,22	1375	303
0,12	1305	157	0,14	982	138
0,10	1305	130	0,12	982	118
0,12	3653	438	0,14	2751	385
0,12	2087	250	0,14	1572	220
0,10	2087	209	0,12	1572	189
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
0,14	1565	219	0,16	1179	189
0,14	1565	219	0,16	1179	189
0,14	1565	219	0,16	1179	189
0,14	1565	219	0,16	1179	189

Таблица 3.40 KOMET – Сборные свёрла с СМП 2xD/3xD/4xD (KUB Quatron)

Каталож. № **235500; 235502, 235503, 235505, 235507 с СМП 236520–236575**

Число эффективных режущих кромок **2**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 14 – 17,5 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	∅ 17,6 – 27 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	260	300	320	0,10	6063	606	0,12	4282	514
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	210	250	270	0,12	5053	606	0,16	3568	571
2.0	Автоматные стали	< 850	260	300	320	0,14	6063	849	0,18	4282	771
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	210	250	270	0,12	5053	606	0,16	3568	571
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	230	250	0,12	4648	558	0,16	3283	525
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	170	200	220	0,12	4042	485	0,16	2855	457
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	170	200	220	0,12	4042	485	0,16	2855	457
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	170	200	220	0,12	4042	485	0,16	2855	457
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	130	160	180	0,10	3234	323	0,14	2284	320
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	190	220	240	0,12	4446	534	0,16	3140	502
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	170	200	220	0,12	4042	485	0,16	2855	457
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	130	160	180	0,10	3234	323	0,14	2284	320
7.0	Азотируемые стали	< 1000	170	200	220	0,12	4042	485	0,16	2855	457
7.1	Азотируемые стали	> 1000	130	160	180	0,10	3234	323	0,14	2284	320
8.0	Инструментал. стали	< 850	190	220	240	0,12	4446	534	0,16	3140	502
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	130	160	180	0,10	3234	323	0,14	2248	320
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	130	150	0,08	2627	210	0,12	1856	223
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	80	100	130	0,08	2021	162	0,10	1427	143
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	50	60	70	0,06	1213	73	0,08	856	69
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	60	70	0,06	1213	73	0,08	856	69
11.1	Износост. констр. стали	1800	40	50	55	0,06	1011	61	0,08	714	57
12.0	Пружинные стали	< 1500	100	130	150	0,05	2627	131	0,06	1856	111
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	150	180	200	0,08	3638	291	0,12	2569	308
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	140	160	170	0,08	3234	259	0,12	2284	274
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	130	150	160	0,08	3032	243	0,12	2141	257
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	140	160	180	0,06	3234	194	0,10	2284	228
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	60	70	0,06	1213	73	0,10	856	86
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	180	200	220	0,16	4042	647	0,20	2855	571
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	180	200	220	0,14	4042	566	0,18	2855	514
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	140	160	180	0,14	3234	453	0,18	2284	411
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	120	140	150	0,14	2829	396	0,18	1998	360
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	80	90	0,06	1617	97	0,10	1142	114
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	50	60	70	0,06	1213	73	0,08	856	69
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	550	600	620	0,08	12126	970	0,10	8564	856
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		250	300	320	0,10	6063	606	0,14	4282	600
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		200	250	270	0,12	5053	606	0,16	3568	571
18.0	Медь, низколегир.	< 400	240	280	300	0,14	5659	792	0,18	3997	719
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	240	280	300	0,14	5659	792	0,18	3997	719
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	240	280	300	0,12	5659	679	0,14	3997	560
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	350	400	420	0,12	8084	970	0,14	5710	799
18.4	Бронза, короткоструж.	650 - 850	350	400	420	0,12	8084	970	0,14	5710	799
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	350	370	0,12	7074	849	0,14	4996	699
18.6	Бронза, длинноструж.	850 - 1200	250	300	320	0,12	6063	728	0,14	4282	600
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–	

Примечание — Для сверления отверстий большего диаметра необходимо проверить мощность станка. Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла, начального значения скорости резания и максимальной подачи f.

Внимание: При выходе сверла отпадает тонкая пластинка материала. Если заготовка вращается, существует опасность травмирования.

∅ 27,1– 33			∅ 33,1 – 44			∅ 44,1 – 65		
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
0,14	3178	445	0,16	2477	396	0,18	1929	347
0,20	2648	530	0,25	2064	516	0,28	1608	450
0,25	3178	794	0,30	2477	743	0,33	1929	637
0,20	2648	530	0,25	2064	516	0,28	1608	450
0,20	2436	487	0,25	1899	475	0,28	1479	414
0,20	2119	424	0,25	1651	413	0,28	1286	360
0,20	2119	424	0,25	1651	413	0,28	1286	360
0,20	2119	424	0,25	1651	413	0,28	1286	360
0,16	1695	271	0,18	1321	238	0,20	1029	206
0,20	2330	466	0,25	1817	454	0,28	1415	396
0,20	2119	424	0,25	1651	413	0,28	1286	360
0,16	1695	271	0,18	1321	238	0,20	1029	206
0,20	2119	424	0,25	1651	413	0,28	1286	360
0,16	1695	271	0,18	1321	238	0,20	1029	206
0,20	2330	466	0,25	1817	454	0,28	1415	396
0,16	1695	271	0,18	1321	238	0,20	1029	206
0,14	1377	193	0,16	1073	172	0,18	836	150
0,12	1059	127	0,14	826	116	0,15	643	96
0,10	636	64	0,12	495	59	0,13	386	50
	–			–			–	
	–			–			–	
0,10	636	64	0,12	495	59	0,13	386	50
0,10	530	53	0,12	413	50	0,13	322	42
0,08	1377	110	0,10	1073	107	0,11	836	42
0,14	1907	267	0,16	1486	238	0,18	1157	208
0,14	1695	237	0,16	1321	211	0,18	1029	185
0,14	1589	222	0,16	1239	198	0,18	965	174
0,12	1695	203	0,14	1321	185	0,15	1029	154
0,12	636	76	0,14	495	69	0,15	386	58
0,25	2119	530	0,30	1651	495	0,33	1286	424
0,22	2119	466	0,25	1651	413	0,28	1286	360
0,22	1695	373	0,25	1321	330	0,28	1029	288
0,22	1483	326	0,25	1156	289	0,28	900	252
0,12	847	102	0,14	661	92	0,15	514	77
0,10	636	64	0,12	495	59	0,13	386	50
0,12	6356	763	0,14	4945	694	0,15	3858	579
0,16	3178	508	0,18	2477	446	0,20	1929	386
0,20	2648	530	0,25	2064	516	0,28	1608	450
0,22	2966	653	0,25	2312	578	0,28	1801	504
0,22	2966	653	0,25	2312	578	0,22	1801	504
0,16	2966	475	0,20	2312	462	0,28	1801	396
0,20	4273	847	0,25	3303	826	0,28	2572	720
0,20	4273	847	0,25	3303	826	0,28	2572	720
0,16	3707	593	0,20	2890	578	0,22	2251	495
0,16	3178	508	0,20	2477	495	0,22	1929	424
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 3.41 **KOMET – Сборные свёрла с СМП 3xD (KUB Trigon)**

Каталож. № **236630; 236635 с СМП 236740–237050**

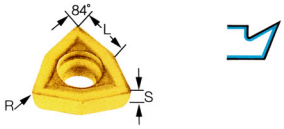
Число эффективных режущих кромок **1**

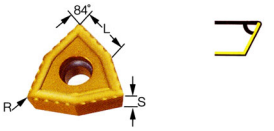
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	< ∅ 19,9 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	∅ 20,0 – 24,9 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	∅ 25 – 36 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	275	300	0,07	4399	308	0,09	3899	351	0,10	2870	287
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	215	250	0,08	3439	275	0,13	3048	396	0,14	2244	314
2.0	Автоматные стали	< 850	260	280	300	0,13	4479	582	0,15	3970	596	0,16	2922	468
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	215	250	0,08	3439	275	0,13	3048	396	0,14	2244	314
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	215	250	0,08	3439	275	0,13	3048	396	0,14	2244	314
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	215	250	0,08	3439	275	0,13	3048	396	0,14	2244	314
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	140	170	200	0,07	2719	190	0,13	2410	313	0,14	1774	248
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	250	275	300	0,07	4399	308	0,09	3899	351	0,10	2870	287
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	215	250	0,08	3439	275	0,13	3048	396	0,14	2244	314
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	180	215	250	0,08	3439	275	0,13	3048	396	0,14	2244	314
7.0	Азотируемые стали	< 1000	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
7.1	Азотируемые стали	> 1000	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	170	200	0,07	2719	190	0,13	2410	313	0,14	1774	248
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	20	40	60	0,05	640	32	0,08	567	45	0,08	417	33
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	20	40	60	0,05	640	32	0,08	567	45	0,08	417	33
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	20	40	60	0,05	640	32	0,08	567	45	0,08	417	33
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	70	90	0,05	1120	56	0,08	993	79	0,08	731	58
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	70	90	0,05	1120	56	0,08	993	79	0,08	731	58
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	70	90	0,05	1120	56	0,08	993	79	0,08	731	58
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
14.0	Спец. сплавы	< 1200	150	165	180	0,09	2639	238	0,13	2339	304	0,14	1722	241
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	150	175	200	0,13	2799	364	0,15	2481	372	0,16	1826	292
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	150	175	200	0,13	2799	364	0,15	2481	372	0,16	1826	292
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100	125	150	0,10	1999	200	0,13	1772	230	0,14	1305	183
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	125	150	0,10	1999	200	0,13	1772	230	0,14	1305	183
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	100	125	150	0,05	1999	100	0,08	1772	142	0,10	1305	130
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		350		0,06	5598	336	0,10	4963	496	0,12	3653	483
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			200		0,08	3199	256	0,13	2836	369	0,14	2087	292
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			200		0,10	3199	320	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.0	Медь, низколегир.	< 400	150	200	250	0,08	3199	256	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	150	200	250	0,13	3199	416	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	150	200	250	0,13	3199	416	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	150	200	250	0,13	3199	416	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	150	200	250	0,13	3199	416	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	150	200	250	0,13	3199	416	0,13	2836	369	0,14	2087	292
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	150	200	250	0,13	3199	416	0,13	2836	369	0,14	2087	292
19.0	Графит		100	150	200	0,08	2399	192	0,13	2127	276	0,14	1565	219
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

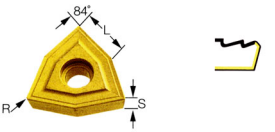
Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для самого большого диаметра сверла и начального значения скорости резания.

Внимание: При выходе сверла отпадает тонкая пластинка материала. Если заготовка вращается, существует опасность травмирования.

∅ 37 – 44,9			> ∅ 45		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,10	2138	214	0,12	1945	233
0,14	1671	234	0,16	1521	243
0,16	2176	348	0,02	1981	40
0,14	1671	234	0,16	1521	243
0,14	1671	234	0,16	1521	243
0,14	1671	234	0,16	1521	243
0,14	1321	185	0,16	1203	192
0,10	972	97	0,12	884	106
0,10	972	97	0,12	884	106
0,10	2138	214	0,12	1945	233
0,14	1671	234	0,16	1521	243
0,14	1671	234	0,16	1521	243
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,14	1321	185	0,16	1203	192
0,10	972	97	0,12	884	106
0,10	972	97	0,12	884	106
0,10	972	97	0,12	844	106
0,10	311	31	0,10	283	28
0,10	311	31	0,10	283	28
0,10	311	31	0,10	283	28
0,08	544	44	0,10	495	50
0,08	544	44	0,10	495	50
0,08	544	44	0,10	495	50
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,14	1283	180	0,14	1167	163
0,16	1360	218	0,20	1238	248
0,16	1360	218	0,20	1238	248
0,14	972	136	0,16	884	141
0,14	972	136	0,16	884	141
0,10	972	97	0,12	884	106
0,10	972	97	0,12	884	106
0,10	2721	272	0,12	2476	297
0,16	1555	249	0,16	1415	226
0,16	1555	249	0,16	1415	226
0,16	1555	249	0,16	1415	226
0,14	1555	218	0,16	1415	226
0,14	1555	218	0,16	1415	226
0,14	1555	218	0,16	1415	226
0,14	1555	218	0,16	1415	226
0,14	1555	218	0,16	1415	226
0,14	1555	218	0,16	1415	226
0,16	1166	187	0,16	1061	170
	–			–	
	–			–	
	–			–	







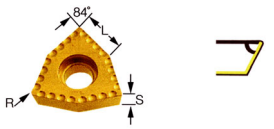


Таблица 3.42 KOMET – Сборные свёрла с СМП 6xD/8xD (KUB Centron)

Каталож. № **236652; 236654 с коронкой 236650**

Число эффективных режущих кромок **1**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]			∅ до 25,0			∅ до 32,0		
			мин.	нач.	макс.	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200	250	270	0,06	3183	191	0,06	2487	149
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	160	200	220	0,08	2546	204	0,10	1989	199
2.0	Автоматные стали	< 850	120	250	270	0,10	3183	318	0,12	2487	298
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120	180	200	0,08	2292	183	0,10	1790	179
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	160	200	220	0,08	2546	204	0,10	1989	199
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	180	200	0,10	2292	229	0,12	1790	215
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	160	180	0,08	2037	163	0,10	1592	159
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120	160	180	0,06	2037	122	0,10	1592	159
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	140	160	0,06	1783	107	0,10	1393	139
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	140	180	200	0,08	2292	183	0,10	1790	179
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120	160	180	0,06	2037	122	0,10	1592	159
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	140	160	0,06	1783	107	0,08	1393	111
7.0	Азотируемые стали	< 1000	100	140	160	0,06	1783	143	0,12	1393	139
7.1	Азотируемые стали	> 1000	80	120	140	0,06	1528	92	0,10	1194	95
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	160	180	0,10	2037	204	0,12	1592	191
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	100	140	160	0,08	1783	143	0,12	1393	139
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	60	100	120	0,06	1273	76	0,08	995	80
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	60	80	100	0,06	1019	61	0,08	796	64
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	40	80	100	0,04	1019	41	0,06	796	48
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	140	180	200	0,06	2292	138	0,08	1790	143
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	160	180	0,06	2037	122	0,08	1592	127
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	160	180	0,08	2037	163	0,10	1592	159
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	80	120	120	0,06	1528	92	0,08	1194	95
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	120	180	200	0,12	2292	275	0,14	1790	251
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	100	160	180	0,10	2037	204	0,12	1592	191
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	80	140	160	0,10	1783	178	0,12	1393	167
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	80	120	140	0,08	1528	122	0,10	1194	119
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	250	300	350	0,05	3820	191	0,05	2984	149
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		200	250	270	0,05	3183	159	0,08	2487	199
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	160	200	0,08	2037	163	0,10	1592	159
18.0	Медь, низколегир.	< 400	200	250	300	0,05	3183	159	0,08	2487	199
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	120	200	220	0,10	2546	255	0,12	1989	239
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200	250	270	0,05	3183	159	0,08	2487	199
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	200	250	270	0,10	3183	318	0,14	2487	348
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	120	160	180	0,08	2037	163	0,10	1592	159
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	200	250	300	0,05	3183	159	0,08	2487	199
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	120	140	160	0,05	1783	89	0,08	1393	111
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		60	120	140	0,05	1528	76	0,05	1194	60

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для максимального диаметра сверла, начального значения скорости резания и подачи f.

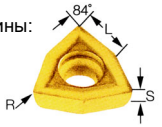
∅ до 45,0			Увеличение ∅ до 64,0		
f	n	v_f	f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
0,08	1768	141	0,10	1243	124
0,10	1415	141	0,12	995	119
0,12	1768	212	0,14	1243	174
0,12	1273	153	0,14	895	125
0,10	1415	141	0,12	995	119
0,12	1273	153	0,12	895	107
0,10	1132	113	0,12	796	95
0,12	1132	136	0,14	796	111
0,12	990	119	0,14	696	97
0,12	1273	153	0,14	895	125
0,12	1132	136	0,12	796	95
0,10	990	99	0,12	696	84
0,12	990	119	0,14	696	97
0,10	849	85	0,12	597	72
0,12	1132	136	0,14	796	111
0,12	990	119	0,14	696	97
0,10	707	71	0,12	497	60
0,10	566	57	0,12	398	48
	–			–	
	–			–	
	–			–	
0,08	566	45	0,10	398	40
	–			–	
	–			–	
0,08	1273	102	0,10	895	90
0,10	1132	113	0,12	796	95
0,12	1132	136	0,14	796	111
0,10	849	85	0,12	597	72
	–			–	
0,14	1273	178	0,16	895	143
0,12	1132	136	0,14	796	111
0,12	990	119	0,14	696	97
0,10	849	85	0,12	597	72
	–			–	
	–			–	
0,05	2122	106	0,14	1492	209
0,08	1768	141	0,10	1243	124
0,12	1132	136	0,14	796	111
0,08	1768	141	0,10	1243	124
0,12	1415	170	0,14	995	139
0,08	1768	141	0,10	1243	124
0,14	1768	248	0,16	1243	199
0,12	1132	136	0,14	796	111
0,10	1768	177	0,12	1243	149
0,08	990	79	0,10	696	70
	–			–	
	–			–	
	–			–	
0,05	849	42	0,07	597	42

Коронка сверла:

Центровочная вершина:

Направляющие зубья:

Сменные пластины:



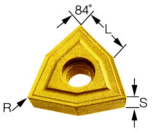


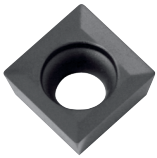
Таблица 3.43 GARANT – Борштанги с фиксируемым размером

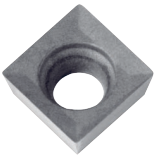
Каталож. № 217200; 217220 с СМП 217230; 217235

Число режущих кромок1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм^2]	f_z [мм/зуб]	Твёрдосплавный хвостовик 7xD v_c мин.	[м/мин]	макс.	Стальной хвостовик 6xD v_c мин.	[м/мин]	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	0,1	100	– 140		50	– 60	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	0,1	100	– 140		50	– 60	
2.0	Автоматные стали	< 850	0,1	100	– 140		50	– 60	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	0,1	100	– 140		50	– 60	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	0,1	100	– 140		50	– 60	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	0,1	100	– 140		50	– 60	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	0,1	100	– 140		50	– 60	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	0,1	100	– 140		40	– 60	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	0,1	100	– 140		40	– 60	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	0,1	100	– 140		50	– 60	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	0,1	100	– 140		50	– 60	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	0,1	100	– 140		50	– 60	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	0,1	40	– 90		40	– 60	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	0,1	40	– 90		40	– 60	
8.0	Инструментал. стали	< 850	0,1	100	– 140		50	– 60	
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	0,1	100	– 140		40	– 60	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	0,1	100	– 140		40	– 60	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–		–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	0,1	40	– 90		40	– 60	
11.1	Износост. констр. стали	1800	0,1	40	– 90		40	– 60	
12.0	Пружинные стали	< 1500	0,1	100	– 140		40	– 60	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	0,1	100	– 140		50	– 60	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	0,1	100	– 140		50	– 60	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	0,1	100	– 140		50	– 60	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	0,1	100	– 140		40	– 60	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	0,1	40	– 90		40	– 60	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	0,1	100	– 140		50	– 60	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	0,1	100	– 140		50	– 60	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	0,1	100	– 140		50	– 60	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	0,1	100	– 140		50	– 60	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–		–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–		–			–	
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	0,1	100	– 140		50	– 60	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		0,1	100	– 140		50	– 60	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–		–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–		–			–	
19.0	Графит		–		–			–	
20.0	Термопласт		–		–			–	
20.1	Реактопласт		–		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–	

Примечание —В комбинации с эксцентриковой зажимной втулкой № 217240 и 217245 для растачивания





Твёрдосплавный хвостовик 3xD			Стальной хвостовик 3xD		
	v_c			v_c	
мин.	[м/мин]	макс.	мин.	[м/мин]	макс.
200	–	300	150	–	250
200	–	300	150	–	250
200	–	300	150	–	250
200	–	300	150	–	250
200	–	300	150	–	250
200	–	300	150	–	250
200	–	300	150	–	250
150	–	250	150	–	200
150	–	250	150	–	200
150	–	250	150	–	200
150	–	250	150	–	200
150	–	250	150	–	200
40	–	90	40	–	60
40	–	90	40	–	60
150	–	250	150	–	200
40	–	90	40	–	90
40	–	90	40	–	90
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
40	–	90	40	–	90
40	–	90	40	–	90
40	–	90	40	–	90
150	–	250	150	–	200
150	–	250	150	–	200
150	–	250	150	–	200
40	–	90	40	–	90
40	–	90	40	–	60
150	–	280	150	–	200
150	–	280	150	–	200
150	–	280	150	–	200
150	–	280	150	–	200
	–			–	
	–			–	
150	–	280	150	–	200
150	–	280	150	–	200
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	

Таблица 3.44 **KOMET – Черновая расточная головка G01 с осевой регулировкой (твёрдый сплав)**

Каталож. № 236680; 236682 с держателем 236685; 236686
Число держателей 2
СМП WOEX

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	СМП WOEX									
			Черновая обработка с припуском ap = 1 ... 9 мм **Комбинированная черновая обработка** с припуском ap = 2 ... 18 мм									
			v_c [м/мин]			∅ 24 – 32			∅ 30 – 41			∅ 39 – 53		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	**Констр. стали общего назн.**	**< 500**	180 –	**200** –	220	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
1.1	**Констр. стали общего назн.**	**500 – 850**	180 –	**200** –	220	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
2.0	**Автоматные стали**	**< 850**	160 –	**180** –	200	0,20	2046	409	0,24	1614	387	0,30	1246	374
						0,10	2046	205	0,12	1614	194	0,15	1246	187
2.1	**Автоматные стали**	**850 – 1000**	160 –	**180** –	190	0,20	2046	409	0,24	1614	387	0,30	1246	374
						0,10	2046	205	0,12	1614	194	0,15	1246	187
3.0	**Нелег. улучш. стали**	**< 700**	180 –	**200** –	220	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
3.1	**Нелег. улучш. стали**	**700 – 850**	180 –	**200** –	220	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
3.2	**Нелег. улучш. стали**	**850 – 1000**	120 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
4.0	**Лег. улучш. стали**	**850 – 1000**	120 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
4.1	**Лег. улучш. стали**	**1000 – 1200**	120 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
5.0	**Нелег. цементир. стали**	**< 750**	180 –	**200** –	220	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
6.0	**Лег. цементир. стали**	**< 1000**	180 –	**200** –	210	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
6.1	**Лег. цементир. стали**	**> 1000**	120 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
7.0	**Азотируемые стали**	**< 1000**	120 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
7.1	**Азотируемые стали**	**> 1000**	120 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
8.0	**Инструментал. стали**	**< 850**	180 –	**200** –	210	0,20	2274	455	0,24	1793	430	0,30	1384	415
						0,10	2274	227	0,12	1793	215	0,15	1384	208
8.1	**Инструментал. стали**	**850 – 1100**	130 –	**140** –	150	0,20	1592	318	0,24	1255	301	0,30	969	291
						0,10	1592	159	0,12	1255	151	0,15	969	145
8.2	**Инструментал. стали**	**1100 – 1400**	110 –	**120** –	130	0,12	1364	164	0,20	1076	215	0,24	830	199
						0,06	1364	82	0,10	1076	108	0,12	830	100
9.0	**Быстрореж. стали**	**830 – 1200**	–			–			–			–		
10.0	**Закалённые стали**	**45–55 HRC**	–			–			–			–		
10.1	**Закалённые стали**	**55–60 HRC**	–			–			–			–		
10.2	**Закалённые стали**	**60–67 HRC**	–			–			–			–		
11.0	**Износост. констр. стали**	**1350**	–			–			–			–		
11.1	**Износост. констр. стали**	**1800**	–			–			–			–		
12.0	**Пружинные стали**	**< 1500**	–			–			–			–		

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
Внимание: При использовании надставок необходимо снижение скорости резания.

∅ 51 – 71			∅ 64 – 91			∅ 83– 124			∅ 109 – 167			∅ 139 – 215		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	939	376	0,50	739	370	0,60	554	332	0,60	415	249	0,60	324	194
0,20	939	188	0,25	739	185	0,30	554	166	0,30	415	125	0,30	324	97
0,40	939	376	0,50	739	370	0,60	554	332	0,60	415	249	0,60	324	194
0,20	939	188	0,25	739	185	0,30	554	166	0,30	415	125	0,30	324	97
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,25	821	205	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258	0,60	323	194	0,60	252	151
0,20	731	146	0,25	575	144	0,30	431	129	0,30	323	97	0,30	252	76
0,30	626	188	0,40	493	197	0,40	369	148	0,50	277	138	0,50	216	108
0,15	626	94	0,20	493	99	0,20	369	74	0,25	277	69	0,25	216	54
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	

Таблица 3.44 (продолжение) **KOMET – Черновая расточная головка G01 с осевой регулировкой (твёрдый сплав)**

Каталож. № **236680; 236682 с держателем 236685; 236686**
Число держателей **2**
СМП **WOEX**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	СМП WOEX											
			Черновая обработка с припуском ap = 1 ... 9 мм **Комбинированная черновая обработка** с припуском ap = 2 ... 18 мм											
			v_c [м/мин]			∅ 24 – 32			∅ 30 – 41			∅ 39 – 53		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	110	120	130	0,14	1364	191	0,18	1076	194	0,24	830	199
						0,07	1364	95	0,09	1076	97	0,12	830	100
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	110	120	130	0,14	1364	191	0,18	1076	194	0,24	830	199
						0,07	1364	95	0,09	1076	97	0,12	830	100
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	80	90	100	0,10	1023	102	0,14	807	113	0,20	623	125
						0,05	1023	51	0,07	807	56	0,10	623	62
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	80	90	100	0,10	1023	102	0,14	807	113	0,20	623	125
						0,05	1023	51	0,07	807	56	0,10	623	62
14.0	Спец. сплавы	< 1200	40	50	55	0,10	568	57	0,16	448	72	0,20	346	69
						0,05	568	28	0,08	448	36	0,10	346	35
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	160	180	200	0,24	2046	491	0,30	1614	484	0,50	1246	623
						0,12	2046	246	0,15	1614	242	0,25	1246	311
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	160	180	200	0,24	2046	491	0,30	1614	484	0,50	1246	623
						0,12	2046	246	0,15	1614	242	0,25	1246	311
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	130	140	150	0,24	1592	382	0,30	1255	377	0,50	969	484
						0,12	1592	191	0,15	1255	188	0,25	969	242
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	90	100	110	0,20	1137	227	0,24	897	215	0,30	692	208
						0,10	1137	114	0,12	897	108	0,15	692	104
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	40	50	60	0,12	568	68	0,16	448	72	0,20	346	69
						0,06	568	34	0,08	448	36	0,10	346	35
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	40	50	55	0,12	568	68	0,16	448	72	0,20	346	69
						0,06	568	34	0,08	448	36	0,10	346	35
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	220	250	280	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180	200	220	0,24	2274	546	0,30	1793	538	0,50	1384	692
						0,12	2274	273	0,15	1793	269	0,25	1384	346
18.0	Медь, низколегир.	< 400	220	250	280	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	230	250	270	0,24	2842	682	0,30	2242	672	0,50	1730	865
						0,12	2842	341	0,15	2242	336	0,25	1730	432
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласты			–			–			–			–	
20.1	Реактопласты			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
При использовании надставок необходимо снижение скорости резания.

∅ 51 – 71			∅ 64 – 91			∅ 83– 124			∅ 109 – 167			∅ 139 – 215		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,24	626	150	0,30	493	148	0,40	369	148	0,40	277	111	0,40	216	86
0,12	626	75	0,15	493	74	0,20	369	74	0,20	277	55	0,20	216	43
0,24	626	150	0,30	493	148	0,40	369	148	0,40	277	111	0,40	216	86
0,12	626	75	0,15	493	74	0,20	369	74	0,20	277	55	0,20	216	43
0,20	470	94	0,24	370	89	0,30	277	83	0,30	208	62	0,30	162	49
0,10	470	47	0,12	370	44	0,15	277	42	0,15	208	31	0,15	162	24
0,20	470	94	0,24	370	89	0,30	277	83	0,30	208	62	0,30	162	49
0,10	470	47	0,12	370	44	0,15	277	42	0,15	208	31	0,15	162	24
0,24	261	63	0,24	205	49	0,30	154	46	0,30	115	35	0,40	90	36
0,12	261	31	0,12	205	25	0,15	154	23	0,15	115	17	0,20	90	18
0,50	939	470	0,60	739	444	0,70	554	388	0,70	415	291	0,60	324	194
0,25	939	235	0,30	739	222	0,35	554	194	0,35	415	145	0,30	324	97
0,50	939	470	0,60	739	444	0,70	554	388	0,70	415	291	0,60	324	194
0,25	939	235	0,30	739	222	0,35	554	194	0,35	415	145	0,30	324	97
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301	0,70	323	226	0,60	252	151
0,25	731	183	0,30	575	173	0,35	431	151	0,35	323	113	0,30	252	76
0,40	522	209	0,50	411	205	0,60	308	185	0,60	231	138	0,70	180	126
0,20	522	104	0,25	411	103	0,30	308	92	0,30	231	69	0,35	180	63
0,24	261	63	0,24	205	49	0,30	154	46	0,30	115	35	0,40	90	36
0,12	261	31	0,12	205	25	0,15	154	23	0,15	115	17	0,20	90	18
0,24	261	63	0,24	205	49	0,30	154	46	0,30	115	35	0,40	90	36
0,12	261	31	0,12	205	25	0,15	154	23	0,15	115	17	0,20	90	18
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431	0,70	461	323	0,70	360	252
0,25	1044	261	0,30	821	246	0,35	615	215	0,35	461	161	0,35	360	126
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538	0,70	577	404	0,70	450	315
0,25	1305	326	0,30	1027	308	0,35	769	269	0,35	577	202	0,35	450	157
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	

Таблица 3.44 (продолжение) **KOMET – Черновая расточная головка G01 с осевой регулировкой (твёрдый сплав)**

Каталож. № **236680; 236682 с держателем 236688**
Число держателей **2**
СМП **CCMT**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	СМП CCMT											
			Черновая обработка с припуском ap = 1 ... 9 мм **Комбинированная черновая обработка** с припуском ap = 2 ... 18 мм											
			v_c [м/мин]			∅ 24 – 32			∅ 30 – 41			∅ 39 – 53		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	**Констр. стали общего назн.**	**< 500**	180	**200**	220	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
1.1	**Констр. стали общего назн.**	**500 – 850**	180	**200**	220	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
2.0	**Автоматные стали**	**< 850**	160	**180**	200	0,16	2046	327	0,16	1614	258	0,16	1246	199
						0,08	2046	164	0,08	1614	129	0,08	1246	100
2.1	**Автоматные стали**	**850 – 1000**	160	**180**	190	0,16	2046	327	0,16	1614	258	0,16	1246	199
						0,08	2046	164	0,08	1614	129	0,08	1246	100
3.0	**Нелег. улучш. стали**	**< 700**	180	**200**	220	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
3.1	**Нелег. улучш. стали**	**700 – 850**	180	**200**	220	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
3.2	**Нелег. улучш. стали**	**850 – 1000**	120	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1255	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1255	88	0,07	969	68
4.0	**Лег. улучш. стали**	**850 – 1000**	120	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1255	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1255	88	0,07	969	68
4.1	**Лег. улучш. стали**	**1000 – 1200**	120	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1255	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1255	88	0,07	969	68
5.0	**Нелег. цементир. стали**	**< 750**	180	**200**	220	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
6.0	**Лег. цементир. стали**	**< 1000**	180	**200**	210	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
6.1	**Лег. цементир. стали**	**> 1000**	120	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1255	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1255	88	0,07	969	68
7.0	**Азотируемые стали**	**< 1000**	120	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1255	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1255	88	0,07	969	68
7.1	**Азотируемые стали**	**> 1000**	120	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1255	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1255	88	0,07	969	68
8.0	**Инструментал. стали**	**< 850**	180	**200**	210	0,16	2274	364	0,16	1793	287	0,16	1384	221
						0,08	2274	182	0,08	1793	143	0,08	1384	111
8.1	**Инструментал. стали**	**850 – 1100**	130	**140**	150	0,14	1592	223	0,14	1252	176	0,14	969	136
						0,07	1592	111	0,07	1252	88	0,07	969	68
8.2	**Инструментал. стали**	**1100 – 1400**	110	**120**	130	0,14	1364	191	0,14	1076	151	0,14	830	116
						0,07	1364	95	0,07	1076	75	0,07	830	58
9.0	**Быстрореж. стали**	**830 – 1200**	–			–			–			–		
10.0	**Закалённые стали**	**45–55 HRC**	–			–			–			–		
10.1	**Закалённые стали**	**55–60 HRC**	–			–			–			–		
10.2	**Закалённые стали**	**60–67 HRC**	–			–			–			–		
11.0	**Износост. констр. стали**	**1350**	–			–			–			–		
11.1	**Износост. констр. стали**	**1800**	–			–			–			–		
12.0	**Пружинные стали**	**< 1500**	–			–			–			–		

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
При использовании надставок необходимо снижение скорости резания.

∅ 51 – 71			∅ 64 – 91			∅ 83– 124			∅ 109 – 167			∅ 139 – 215		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,20	939	188	0,20	739	148	0,30	554	166	0,30	415	125	0,30	324	97
0,10	939	94	0,10	739	74	0,15	554	83	0,15	415	62	0,15	324	49
0,20	939	188	0,20	739	148	0,30	554	166	0,30	415	125	0,30	324	97
0,10	939	94	0,10	739	74	0,15	554	83	0,15	415	62	0,15	324	49
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,10	1044	104	0,10	821	82	0,15	615	92	0,15	461	69	0,15	360	54
0,16	731	117	0,16	575	92	0,24	431	103	0,24	323	78	0,24	252	60
0,08	731	58	0,08	575	46	0,12	431	52	0,12	323	39	0,12	252	30
0,16	626	100	0,16	493	79	0,20	369	74	0,20	277	55	0,20	216	43
0,08	626	50	0,08	493	39	0,10	369	37	0,10	277	28	0,10	216	22
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	

Таблица 3.44 (продолжение) **KOMET – Черновая расточная головка G01 с осевой регулировкой (твёрдый сплав)**

Каталож. № **236680; 236682 с держателем 236688**
Число держателей **2**
СМП **CCMT**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	СМП CCMT											
			Черновая обработка с припуском ap = 1 ... 9 мм **Комбинированная черновая обработка** с припуском ap = 2 ... 18 мм											
			v_c [м/мин]			∅ 24 – 32			∅ 30 – 41			∅ 39 – 53		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
13.0	**Нерж. сернист. стали**	**< 700**	110	**120**	130	0,14	1364	191	0,14	1076	151	0,14	830	116
						0,07	1364	95	0,07	1076	75	0,07	830	58
13.1	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 700**	110	**120**	130	0,12	1364	164	0,12	1076	129	0,12	830	100
						0,06	1364	82	0,06	1076	65	0,06	830	50
13.2	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 850**	80	**90**	100	0,10	1023	102	0,10	807	81	0,10	623	62
						0,05	1023	51	0,05	807	40	0,05	623	31
13.3	**Нерж. мартенситн. стали**	**< 1100**	80	**90**	100	0,10	1023	102	0,10	807	81	0,10	623	62
						0,05	1023	51	0,05	807	40	0,05	623	31
14.0	**Спец. сплавы**	**< 1200**		**–**			–			–			–	
15.0	**Чугун (СЧ)**	**< 180 HB**	160	**180**	200	0,20	2046	409	0,20	1614	323	0,20	1246	249
						0,10	2046	205	0,10	1614	161	0,10	1246	125
15.1	**Чугун (СЧ)**	**> 180 HB**	160	**180**	200	0,20	2046	409	0,20	1614	323	0,20	1246	249
						0,10	2046	205	0,10	1614	161	0,10	1246	125
15.2	**Чугун (ВЧ, КЧ)**	**> 180 HB**	130	**140**	150	0,20	1592	318	0,20	1255	251	0,20	969	194
						0,10	1592	159	0,10	1255	126	0,10	969	97
15.3	**Чугун (ВЧ, КЧ)**	**> 260 HB**	90	**100**	110	0,14	1137	159	0,14	897	126	0,14	692	97
						0,07	1137	80	0,07	897	63	0,07	692	48
16.0	**Титан, титановые сплавы**	**< 850**		**–**			–			–			–	
16.1	**Титан, титановые сплавы**	**850 – 1200**		**–**			–			–			–	
17.0	**Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg**	**до 350**	220	**250**	280	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
17.1	**Алюм. сплавы, короткоструж.**		230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
17.2	**Лит. алюм. сплавы >10% Si**		180	**200**	220	0,30	2274	682	0,30	1793	538	0,30	1384	415
						0,15	2274	341	0,15	1793	269	0,15	1384	208
18.0	**Медь, низколегир.**	**< 400**	220	**250**	280	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
18.1	**Латунь, короткоструж.**	**< 600**	230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
18.2	**Латунь, длинноструж.**	**< 600**	230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
18.3	**Бронза, короткоструж.**	**< 600**	230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
18.4	**Бронза, короткоструж.**	**650 – 850**	230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
18.5	**Бронза, длинноструж.**	**< 850**	230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
18.6	**Бронза, длинноструж.**	**850 – 1200**	230	**250**	270	0,30	2842	853	0,30	2242	672	0,30	1730	519
						0,15	2842	426	0,15	2242	336	0,15	1730	259
19.0	**Графит**			–			–			–			–	
20.0	**Термопласты**			–			–			–			–	
20.1	**Реактопласты**			–			–			–			–	
20.2	**Стекло- и углепластик**			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.
При использовании надставок необходимо снижение скорости резания.

∅ 51 – 71			∅ 64 – 91			∅ 83– 124			∅ 109 – 167			∅ 139 – 215		
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
0,16	626	100	0,16	493	79	0,24	369	89	0,24	277	66	0,24	216	52
0,08	626	50	0,08	493	39	0,12	369	44	0,12	277	33	0,12	216	26
0,14	626	88	0,14	493	69	0,24	369	89	0,24	277	66	0,24	216	52
0,07	626	44	0,07	493	35	0,12	369	44	0,12	277	33	0,12	216	26
0,12	470	56	0,12	370	44	0,20	277	55	0,20	208	42	0,20	162	32
0,06	470	28	0,06	370	22	0,10	277	28	0,10	208	21	0,10	162	16
0,12	470	56	0,12	370	44	0,20	277	55	0,20	208	42	0,20	162	32
0,06	470	28	0,06	370	22	0,10	277	28	0,10	208	21	0,10	162	16
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
0,30	939	282	0,30	739	222	0,50	554	277	0,50	415	208	0,50	324	162
0,15	939	141	0,15	739	111	0,25	554	138	0,25	415	104	0,25	324	81
0,30	939	282	0,30	739	222	0,50	554	277	0,50	415	208	0,50	324	162
0,15	939	141	0,15	739	111	0,25	554	138	0,25	415	104	0,25	324	81
0,30	731	219	0,30	575	173	0,50	431	215	0,50	323	161	0,50	252	126
0,15	731	110	0,15	575	86	0,25	431	108	0,25	323	81	0,25	252	63
0,20	522	104	0,20	411	82	0,40	308	123	0,40	231	92	0,40	180	72
0,10	522	52	0,10	411	41	0,20	308	62	0,20	231	46	0,20	180	36
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1044	417	0,40	821	329	0,60	615	369	0,60	461	277	0,60	360	216
0,20	1044	209	0,20	821	164	0,30	615	185	0,30	461	138	0,30	360	108
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
0,40	1305	522	0,40	1027	411	0,60	769	461	0,60	577	346	0,60	450	270
0,20	1305	261	0,20	1027	205	0,30	769	231	0,30	577	173	0,30	450	135
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	
	–			–			–			–			–	

Таблица 3.45 **KOMET – Черновая расточная головка G01 без осевой регулировки (твёрдый сплав)**

Каталож. № 236680; 236682 с держателем 236685; 236686
Число держателей 2
СМП WOEX

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	СМП WOEX											
			Черновая обработка с припуском ap = 1 ... 9 мм											
			v_c [м/мин]			∅ 24 – 32			∅ 30 – 41			∅ 39 – 53		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	180	200	220	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	200	220	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
2.0	Автоматные стали	< 850	160	180	200	0,24	2046	491	0,24	1614	387	0,30	1246	374
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	160	180	190	0,24	2046	491	0,24	1614	387	0,30	1246	374
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	200	220	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	200	220	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	200	220	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	200	210	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
7.1	Азотируемые стали	> 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
8.0	Инструментал. стали	< 850	180	200	210	0,24	2274	546	0,24	1793	430	0,30	1384	415
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	130	140	150	0,24	1592	382	0,24	1255	301	0,30	969	291
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	110	120	130	0,20	1364	273	0,20	1076	215	0,24	830	199
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	110	120	130	0,18	1364	246	0,24	1076	258	0,24	830	199
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	110	120	130	0,18	1364	246	0,24	1076	258	0,24	830	199
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	80	90	100	0,14	1023	143	0,20	807	161	0,20	623	125
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	80	90	100	0,14	1023	143	0,20	807	161	0,20	623	125
14.0	Спец. сплавы	< 1200	40	50	55	0,16	568	91	0,20	448	90	0,20	346	69
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	160	180	200	0,30	2046	614	0,50	1614	807	0,50	1246	623
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	160	180	200	0,30	2046	614	0,50	1614	807	0,50	1246	623
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	130	140	150	0,30	1592	477	0,50	1255	628	0,50	969	484
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	90	100	110	0,24	1137	273	0,30	897	269	0,30	692	208
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	40	50	60	0,16	568	91	0,20	448	90	0,20	346	69
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	40	50	55	0,16	568	91	0,20	448	90	0,20	346	69
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	220	250	280	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180	200	220	0,30	2274	682	0,50	1793	897	0,50	1384	692
18.0	Медь, низколегир.	< 400	220	250	280	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	230	250	270	0,30	2842	853	0,50	2242	1121	0,50	1730	865
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 51 – 71			∅ 64 – 91			∅ 83– 124		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	939	376	0,50	739	370	0,60	554	332
0,40	939	376	0,50	739	370	0,60	554	332
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,40	1044	417	0,50	821	411	0,60	615	369
0,40	731	292	0,50	575	288	0,60	431	258
0,30	626	188	0,40	493	197	0,40	369	148
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
0,24	626	150	0,30	493	148	0,40	369	148
0,24	626	150	0,30	493	148	0,40	369	148
0,20	470	94	0,24	370	89	0,30	277	83
0,20	470	94	0,24	370	89	0,30	277	83
0,24	261	63	0,24	205	49	0,30	154	46
0,50	939	470	0,60	739	444	0,70	544	388
0,50	939	470	0,60	739	444	0,70	544	388
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,40	522	209	0,50	411	205	0,60	308	185
0,24	261	63	0,24	205	49	0,30	154	46
0,24	261	63	0,24	205	49	0,30	154	46
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
0,50	1305	652	0,60	1027	616	0,70	769	538
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 3.45 (продолжение) **KOMET – Черновая расточная головка G01 без осевой регулировки (твёрдый сплав)**

Каталож. № **236680; 236682 с держателем 236684**
Число держателей **2**
СМП **SOEX**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	СМП SOEX											
			Черновая обработка с припуском ap = 1 ... 9 мм											
			v_c [м/мин]			∅ 24 – 32			∅ 30 – 41			∅ 39 – 53		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	180	200	220	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	200	220	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
2.0	Автоматные стали	< 850	160	180	200	0,24	2046	491	0,28	1614	452	0,40	1246	498
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	160	180	190	0,24	2046	491	0,28	1614	452	0,40	1246	498
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	200	220	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	200	220	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	200	220	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	200	210	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
7.1	Азотируемые стали	> 1000	120	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
8.0	Инструментал. стали	< 850	180	200	210	0,24	2274	546	0,28	1793	502	0,40	1384	554
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	130	140	150	0,24	1592	382	0,28	1255	351	0,40	969	388
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	110	120	130	0,20	1364	273	0,24	1076	258	0,30	830	249
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	110	120	130	0,20	1364	273	0,24	1076	258	0,30	830	249
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	110	120	130	0,20	1364	273	0,24	1076	258	0,30	830	249
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	80	90	100	0,20	1023	205	0,24	807	194	0,30	623	187
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	80	90	100	0,20	1023	205	0,24	807	194	0,30	623	187
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	160	180	200	0,30	2046	614	0,40	1614	646	0,50	1246	623
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	160	180	200	0,30	2046	614	0,40	1614	646	0,50	1246	623
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	130	140	150	0,30	1592	477	0,40	1255	502	0,50	969	484
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	90	100	110	0,24	1137	273	0,30	897	269	0,40	692	277
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	220	250	280	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
17.1	Алюм. сплавы, коротструж.		230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180	200	220	0,30	2274	682	0,40	1793	717	0,50	1384	692
18.0	Медь, низколегир.	< 400	220	250	280	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
18.1	Латунь, коротструж.	< 600	230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
18.3	Бронза, коротструж.	< 600	230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
18.4	Бронза, коротструж.	650 – 850	230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	230	250	270	0,30	2842	853	0,40	2242	897	0,50	1730	865
19.0	Графит			–			–			–			–	
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра сверла и начального значения скорости резания.

∅ 51 – 71			∅ 64 – 91			∅ 83– 124		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	939	470	0,60	739	444	0,70	554	388
0,50	939	470	0,60	739	444	0,70	554	388
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,50	1044	522	0,60	821	493	0,70	615	431
0,50	731	365	0,60	575	345	0,70	431	301
0,40	626	250	0,50	493	246	0,50	369	185
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
0,40	626	250	0,50	493	246	0,50	369	185
0,40	626	250	0,50	493	246	0,50	369	185
0,40	470	188	0,50	370	185	0,50	277	138
0,40	470	188	0,50	370	185	0,50	277	138
	–			–			–	
0,60	939	564	0,70	739	518	0,80	544	443
0,60	939	564	0,70	739	518	0,80	544	443
0,60	731	438	0,70	575	403	0,80	431	344
0,40	522	209	0,50	411	205	0,60	308	185
	–			–			–	
	–			–			–	
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1044	626	0,70	821	575	0,80	615	492
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
0,60	1305	783	0,70	1027	719	0,80	769	615
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 3.46 KOMET – Расточная головка с микрометрической резцовой вставкой (B301/M302)

Каталож. № 238301 с использованием 238310
Число эффективных режущих кромок 1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	< ∅ 29,5 – 50			∅ 47 – 83		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	300	0,08	3237	259	0,10	2032	203
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	0,08	2698	216	0,12	1693	203
2.0	Автоматные стали	< 850	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	250	0,08	2698	216	0,12	1693	203
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	200	0,06	2158	129	0,10	1355	135
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,06	2158	129	0,10	1355	135
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	200	0,06	2158	129	0,10	1355	135
7.0	Азотируемые стали	< 1000	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
7.1	Азотируемые стали	> 1000	200	0,06	2158	129	0,10	1355	135
8.0	Инструментал. стали	< 850	240	0,08	2590	207	0,10	1625	163
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	200	0,06	2158	129	0,10	1355	135
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	200	0,06	2158	129	0,10	1355	135
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,06	1295	78	0,08	813	65
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	90	0,06	971	58	0,08	610	49
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	90	0,06	971	58	0,08	610	49
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,06	540	32	0,08	339	27
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	0,06	540	32	0,08	339	27
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,06	540	32	0,08	339	27
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	200	0,08	2158	173	0,10	1355	135
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	200	0,08	2158	173	0,10	1355	135
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	180	0,06	1942	117	0,10	1219	122
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	120	0,06	1295	78	0,10	813	81
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,06	540	32	0,08	339	27
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	240	0,15	2590	388	0,20	1625	325
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	200	0,15	2158	324	0,20	1355	271
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	0,10	1942	194	0,15	1219	183
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	0,10	1726	173	0,15	1084	163
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	0,06	324	19	0,08	203	16
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	0,06	324	19	0,08	203	16
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	380	0,08	4100	328	0,12	2574	309
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	0,10	2698	270	0,15	1693	254
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	300	0,10	3237	324	0,15	2032	305
19.0	Графит		–		–			–	
20.0	Термопласт		–		–			–	
20.1	Реактопласт		–		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для минимального диаметра сверла.

∅ 79 – 199		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,15	1209	181
0,20	1007	201
0,25	1209	302
0,20	1007	201
0,20	967	193
0,20	967	193
0,20	967	193
0,20	967	193
0,15	806	121
0,20	967	193
0,15	806	121
0,15	806	121
0,20	967	193
0,15	806	121
0,20	967	193
0,15	806	121
0,15	806	121
0,12	484	58
0,10	363	36
0,10	363	36
	–	
0,10	201	20
0,10	201	20
0,10	201	20
0,15	806	121
0,15	806	121
0,15	725	109
0,15	484	73
0,10	201	20
0,30	967	290
0,30	806	242
0,25	725	181
0,25	645	161
0,10	121	12
0,10	121	12
0,15	1531	230
0,20	1209	242
0,20	1007	201
0,20	1209	242
0,20	1209	242
0,20	1209	242
0,20	1209	242
0,20	1209	242
0,20	1209	242
0,20	1209	242
	–	
	–	
	–	
	–	

Таблица 3.47 **KOMET – Система расточных головок с микрометрической регулировкой M03 Speed**

Каталож. № **238350 с 238355; 238370 с 238372 и 238374**
Число эффективных режущих кромок **1**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	< ∅ 24,8 – 39			∅ 38 – 63		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	300	0,08	3851	308	0,08	2513	201
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	0,08	3209	257	0,08	2094	168
2.0	Автоматные стали	< 850	300	0,08	3851	308	0,08	2513	201
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	250	0,08	3209	257	0,08	2094	168
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	240	0,08	3080	246	0,08	2010	161
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	240	0,08	3080	246	0,08	2010	161
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,08	3080	246	0,08	2010	161
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,08	3080	246	0,08	2010	161
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	200	0,06	2567	154	0,06	1675	101
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	0,08	3080	264	0,08	2010	161
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,06	2567	154	0,06	1675	101
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	200	0,06	2567	154	0,06	1675	101
7.0	Азотируемые стали	< 1000	240	0,08	3080	264	0,08	2010	161
7.1	Азотируемые стали	> 1000	200	0,06	2567	154	0,06	1675	101
8.0	Инструментал. стали	< 850	240	0,08	3080	246	0,08	2010	161
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	200	0,06	2567	154	0,06	1675	101
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	200	0,06	2567	154	0,06	1675	101
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,06	1540	92	0,06	1005	60
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	90	0,06	1155	69	0,06	754	45
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	90	0,06	1155	69	0,06	754	45
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,06	642	39	0,06	419	25
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	0,06	642	39	0,06	419	25
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,06	642	39	0,06	419	25
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	200	0,08	2567	205	0,08	1675	134
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	200	0,08	2567	205	0,08	1675	134
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	180	0,06	2310	139	0,06	1508	90
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	120	0,06	1540	92	0,06	1005	60
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,06	642	39	0,06	419	25
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	240	0,15	3080	462	0,15	2010	302
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	200	0,15	2567	385	0,15	1675	251
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	0,10	2310	231	0,10	1508	151
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	0,10	2054	205	0,10	1340	134
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	0,06	385	23	0,06	251	15
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	0,06	385	23	0,06	251	15
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	380	0,08	4877	390	0,08	3183	255
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	0,10	3209	321	0,10	2094	209
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	300	0,10	3851	385	0,10	2513	251
19.0	Графит		–		–			–	
20.0	Термопласт		–		–			–	
20.1	Реактопласт		–		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для минимального диаметра сверла.

∅ 62– 103			∅ 100 – 206		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,10	1540	154	0,10	955	95
0,12	1284	154	0,12	796	95
0,10	1540	154	0,10	955	95
0,12	1284	154	0,12	796	95
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	1232	123	0,10	764	76
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,08	616	49	0,08	382	31
0,08	462	37	0,08	286	23
0,08	462	37	0,08	286	23
	–			–	
0,08	257	21	0,08	159	13
0,08	257	21	0,08	159	13
0,08	257	21	0,08	159	13
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	1027	103	0,10	637	64
0,10	924	92	0,10	573	57
0,10	616	62	0,10	382	38
0,08	257	21	0,08	159	13
0,20	1232	246	0,20	764	153
0,20	1027	205	0,20	637	127
0,15	924	139	0,15	573	86
0,15	821	123	0,15	509	76
0,10	154	12	0,10	95	8
0,10	154	12	0,10	95	8
0,15	1951	234	0,15	1210	145
0,20	1540	231	0,20	955	143
0,20	1284	193	0,20	796	119
0,20	1540	231	0,20	955	143
0,20	1540	231	0,20	955	143
0,20	1540	231	0,20	955	143
0,20	1540	231	0,20	955	143
0,20	1540	231	0,20	955	143
0,20	1540	231	0,20	955	143
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	

Таблица 3.48 Набор для прецизионной расточки M05

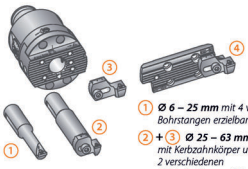
Каталож. № 238390

Число эффективных режущих кромок 1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	< ∅ 6,0 – 7,9			∅ 8,0 – 11,9		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	300	0,04	15915	637	0,07	11937	836
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	0,04	13263	531	0,06	9947	597
2.0	Автоматные стали	< 850	300	0,04	15915	637	0,07	11937	836
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	250	0,04	13263	531	0,06	9947	597
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	250	0,04	13263	531	0,06	9947	597
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	250	0,04	13263	531	0,06	9947	597
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,03	12732	382	0,06	9549	573
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	250	0,04	13263	531	0,06	9947	597
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	240	0,03	12732	382	0,06	9549	573
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	250	0,04	263	531	0,06	9947	597
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	240	0,03	12732	382	0,06	9549	573
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	200	0,03	10610	318	0,05	7958	398
7.0	Азотируемые стали	< 1000	240	0,03	12732	382	0,06	9549	573
7.1	Азотируемые стали	> 1000	200	0,03	10610	318	0,05	7958	398
8.0	Инструментал. стали	< 850	240	0,03	12732	382	0,06	9549	573
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	200	0,03	10610	318	0,05	7958	398
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	200	0,03	10610	318	0,05	7958	398
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,02	6366	127	0,04	4775	191
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	90		–		0,05	3581	179
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	90		–		0,05	3581	179
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,01	2653	27	0,04	1989	80
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	0,01	2653	27	0,04	1989	80
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,01	2653	27	0,04	1989	80
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	200	0,01	10610	106	0,05	7958	398
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	200	0,01	10610	106	0,05	7958	398
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	180	0,01	9549	358	0,05	7162	573
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	120	0,01	6366	64	0,04	4775	191
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,01	2653	27	0,04	1989	80
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	240	0,05	12732	637	0,10	9549	955
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	240	0,05	12732	637	0,10	9549	955
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	0,04	9549	382	0,08	7162	573
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	0,04	8488	340	0,08	6366	509
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	0,01	1592	16	0,04	1194	48
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	0,01	1592	16	0,04	1194	48
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400	0,02	21221	424	0,06	15915	955
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350	0,05	18568	928	0,08	13926	1114
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		300	0,05	15915	796	0,08	11937	955
18.0	Медь, низколегир.	< 400	400	0,05	21221	1061	0,08	15915	1273
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	400	0,05	21221	1061	0,08	15915	1273
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	400	0,05	21221	1061	0,08	15915	1273
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	400	0,05	21221	1061	0,08	15915	1273
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	400	0,05	21221	1061	0,08	15915	1273
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	0,05	15915	796	0,08	11937	955
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	300	0,05	15915	796	0,08	11937	955
19.0	Графит		–		–			–	
20.0	Термопласт		–		–			–	
20.1	Реактопласт		–		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для минимального диаметра сверла.

∅ 12 – 25			∅ 25 – 44			∅ 44 – 93			∅ 90 – 125		
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
0,10	7958	796	0,08	3820	306	0,10	2170	217	0,10	1061	106
0,12	6631	796	0,08	3183	255	0,12	1809	217	0,12	884	106
0,12	7958	955	0,10	3820	382	0,10	2170	326	0,15	1061	159
0,12	6631	796	0,08	3183	255	0,12	1809	217	0,12	884	106
0,12	6631	796	0,08	3183	255	0,12	1809	217	0,12	884	106
0,12	6631	796	0,08	3183	255	0,12	1809	217	0,12	884	106
0,12	6366	637	0,08	3056	244	0,10	1736	174	0,10	849	85
0,12	6631	796	0,08	3183	255	0,12	1809	217	0,12	884	106
0,10	6366	637	0,08	3056	244	0,10	1736	174	0,10	849	85
0,12	6631	796	0,08	3183	255	0,12	1809	217	0,12	884	106
0,10	6366	637	0,08	3056	244	0,10	1736	174	0,10	849	85
0,10	5305	531	0,08	2546	153	0,10	1447	145	0,10	707	71
0,10	6366	637	0,08	3056	244	0,10	1736	174	0,10	849	85
0,10	5305	531	0,06	2546	153	0,10	1447	145	0,10	707	71
0,10	6366	637	0,08	3056	244	0,10	1736	174	0,10	849	85
0,10	5305	531	0,06	2546	153	0,10	1447	145	0,10	707	71
0,10	5305	531	0,06	2546	153	0,10	1447	145	0,10	707	71
0,08	3183	255	0,06	1528	92	0,08	868	69	0,08	424	34
0,08	2387	191	0,06	1146	69	0,08	651	52	0,08	318	25
0,08	2387	191	0,06	1146	69	0,08	651	52	0,08	318	25
	–			–			–			–	
0,08	1326	106	0,06	637	38	0,08	362	29	0,08	177	14
0,08	1326	106	0,06	637	38	0,08	362	29	0,08	177	14
0,08	1326	106	0,06	637	38	0,08	362	29	0,08	177	14
0,10	5305	531	0,08	2546	204	0,10	1447	145	0,10	707	71
0,10	5305	531	0,08	2546	204	0,10	1447	145	0,10	707	71
0,10	4775	477	0,06	2292	138	0,10	1302	130	0,10	637	64
0,08	3183	255	0,06	1528	92	0,10	868	87	0,10	424	42
0,08	1326	106	0,06	637	38	0,08	362	29	0,08	177	14
0,15	6366	955	0,15	3056	458	0,20	1736	347	0,20	849	170
0,15	6366	955	0,15	3056	458	0,20	1736	347	0,20	849	170
0,15	4775	716	0,10	2292	229	0,15	1302	195	0,15	637	95
0,15	4244	637	0,10	2037	204	0,15	1157	174	0,15	566	85
0,08	796	64	0,06	382	23	0,08	217	17	0,08	106	8
0,08	796	64	0,06	382	23	0,08	217	17	0,08	106	8
0,10	10610	1061	0,08	5093	407	0,12	2894	347	0,12	1415	170
0,12	9284	1114	0,10	4456	446	0,15	2532	380	0,15	1238	186
0,12	7958	955	0,10	3820	382	0,15	2170	326	0,15	1061	159
0,15	10610	1592	0,10	5093	509	0,15	2894	434	0,15	1415	212
0,15	10610	1592	0,10	5093	509	0,15	2894	434	0,15	1415	212
0,15	10610	1592	0,10	5093	509	0,15	2894	434	0,15	1415	212
0,15	10610	1592	0,10	5093	509	0,15	2894	434	0,15	1415	212
0,15	10610	1592	0,10	5093	509	0,15	2894	434	0,15	1415	212
0,15	7958	1194	0,10	3820	382	0,15	2170	326	0,15	1061	159
0,15	7958	1194	0,10	3820	382	0,15	2170	326	0,15	1061	159
	–			–			–			–	
	–			–			–			–	
	–			–			–			–	
	–			–			–			–	



① ***Ø 6 – 25 mm*** *mit 4 verschiedenen Bohrstangen erzielbar.*

② + ③ ***Ø 25 – 63 mm*** *mit Kerbzahnkörper und 2 verschiedenen Plattenhaltern erzielbar.*

④ ***Ø 90 – 125 mm*** *mit Brücke und Plattenhalter erzielbar.*

Таблица 3.49 KOMET – Набор для прецизионного растачивания M020

Каталож. № 238400

Число эффективных режущих кромок 1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	< ∅ 5,6 – 6,5			∅ 7,9 – 11		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	300	0,04	17052	682	0,07	12088	846
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	0,04	14210	568	0,06	10073	604
2.0	Автоматные стали	< 850	300	0,04	17052	682	0,07	12088	846
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	250	0,04	14210	568	0,06	10073	604
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	240	0,03	13642	409	0,06	9670	580
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	240	0,03	13642	409	0,06	9670	580
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,03	13642	409	0,06	9670	580
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	240	0,03	13642	409	0,06	9670	580
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	200	0,03	11368	341	0,06	8085	403
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	0,03	13642	409	0,06	9670	580
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,03	11368	341	0,05	8085	403
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	200	0,03	11368	341	0,05	8085	403
7.0	Азотируемые стали	< 1000	240	0,03	13642	409	0,05	9670	580
7.1	Азотируемые стали	> 1000	200	0,03	11368	341	0,05	8085	403
8.0	Инструментал. стали	< 850	240	0,03	13642	409	0,06	9670	580
8.1	Инструментал. стали	850– 1100	200	0,03	11368	341	0,05	8085	403
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	200	0,03	11368	341	0,05	8085	403
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,02	6821	136	0,04	4835	193
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	90		–		0,05	3626	181
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	90		–		0,05	3626	181
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,01	2842	28	0,04	2015	81
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	0,01	2842	28	0,04	2015	81
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,01	2842	28	0,04	2015	81
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	200	0,01	11368	114	0,05	8085	403
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	200	0,01	11368	114	0,05	8085	403
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	180	0,01	10231	102	0,05	7253	363
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	120	0,01	6821	68	0,04	4835	193
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,01	2842	28	0,04	2015	81
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	240	0,05	13642	682	0,10	9670	967
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	200	0,05	11368	568	0,10	8085	806
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	0,04	10231	409	0,08	7253	580
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	0,04	9095	364	0,08	6447	516
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	0,01	1705	17	0,04	1209	48
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	0,01	1705	17	0,04	1209	48
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	380	0,02	21600	432	0,06	15311	919
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	0,05	14210	711	0,08	10073	806
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	300	0,05	17052	853	0,08	12088	967
19.0	Графит		–		–			–	
20.0	Термопласт		–		–			–	
20.1	Реактопласт		–		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–	

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для минимального диаметра сверла.

∅ 10,9 – 32		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,10	8761	876
0,12	7301	876
0,10	8761	876
0,12	7301	876
0,10	7009	701
0,10	7009	701
0,10	7009	701
0,10	7009	701
0,10	5841	584
0,10	7009	701
0,10	5841	584
0,10	5841	584
0,10	7009	701
0,10	5841	584
0,10	7009	701
0,10	5841	584
0,10	5841	584
0,08	3504	280
0,08	2628	210
0,08	2628	210
	–	
0,08	1460	117
0,08	1460	117
0,08	1460	117
0,10	5841	584
0,10	5841	584
0,10	5256	526
0,08	3504	280
0,08	1460	117
0,15	7009	1051
0,15	5841	876
0,15	5256	788
0,15	4672	701
0,08	876	70
0,08	876	70
0,10	11097	1110
0,12	8761	1051
0,12	7301	876
0,12	8761	1051
0,12	8761	1051
0,12	8761	1051
0,12	8761	1051
0,12	8761	1051
0,12	8761	1051
0,12	8761	1051
	–	
	–	
	–	
	–	

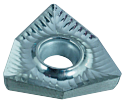
Таблица 3.50 GARANT – Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» 1,5xD/2,25xD

Каталож. № 268900; 268901; 268905; 268906 с СМП 268910–268962

Число эффективных режущих кромок 1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	HU70AL ALU	HB7120 SM	HB7130 UNI	∅ 8					
						f	HU70AL		HB7120		HB7130	
			v_c [м/мин]	v_c [м/мин]	v_c [м/мин]		n	v_f	n	v_f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин. нач. макс.	мин. нач. макс.	мин. нач. макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	180 – 220 – 320	160 – 200 – 280	0,035	–		8754	306	7958	279
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	150 – 200 – 300	140 – 190 – 260	0,035	–		7958	279	7560	265
2.0	Автоматные стали	< 850	–	180 – 230 – 350	160 – 220 – 300	0,035	–		9151	320	8754	306
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	160 – 210 – 320	140 – 190 – 280	0,035	–		8356	292	7560	265
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	170 – 200 – 300	120 – 180 – 250	0,035	–		7958	279	7162	251
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	150 – 180 – 255	70 – 120 – 150	0,035	–		7162	251	4775	167
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	100 – 140 – 200	70 – 110 – 180	0,035	–		5570	195	4377	153
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	80 – 130 – 160	70 – 110 – 180	0,035	–		5173	181	4377	153
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	70 – 110 – 140	50 – 90 – 150	0,035	–		4377	153	3581	125
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	150 – 180 – 250	80 – 120 – 200	0,035	–		7162	251	4775	167
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	120 – 150 – 200	70 – 110 – 180	0,035	–		5968	209	4377	153
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	90 – 130 – 160	70 – 120 – 150	0,035	–		5173	181	4775	167
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	130 – 160 – 215	50 – 100 – 180	0,035	–		6366	223	3979	139
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	80 – 110 – 140	50 – 80 – 120	0,035	–		4377	153	3183	111
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	120 – 140 – 180	70 – 120 – 150	0,035	–		5570	195	4775	167
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	100 – 120 – 160	60 – 110 – 140	0,035	–		4775	167	4377	153
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	70 – 110 – 120	50 – 90 – 100	0,035	–		4377	153	3581	125
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–		–		–		–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–		–		–		–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–		–		–		–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–		–		–		–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–		–		–		–	
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–		–		–		–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–		–		–		–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	90 – 120 – 160	90 – 120 – 160	0,035	–		4775	167	4775	167
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	100 – 140 – 200	80 – 110 – 150	0,035	–		5570	195	4377	153
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	100 – 140 – 200	50 – 90 – 125	0,035	–		5570	196	3581	125
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	70 – 110 – 120	40 – 65 – 90	0,035	–		4377	153	2586	91
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–		–		–		–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–	–	–		–		–		–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–	–	–		–		–		–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–		–		–		–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–		–		–		–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–		–		–		–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–		–		–		–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400 – **600** – 2400	–	–	0,050	23873	1194	–		–	
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		240 – **400** – 950	–	–	0,050	15915	796	–		–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		160 – **300** – 800	–	–	0,050	11937	597	–		–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	200 – **350** – 520	–	–	0,050	13926	696	–		–	
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	200 – **400** – 800	–	–	0,050	15915	796	–		–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200 – **350** – 600	–	–	0,050	13926	696	–		–	
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	120 – **200** – 320	–	–	0,050	7958	398	–		–	
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	100 – **190** – 280	–	–	0,050	7560	378	–		–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	100 – **180** – 230	–	–	0,050	7162	358	–		–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	80 – **110** – 180	–	–	0,050	4377	219	–		–	
19.0	Графит		–	–	–		–		–		–	
20.0	Термопласт		–	–	–		–		–		–	
20.1	Реактопласт		–	–	–		–		–		–	
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–		–		–		–	

Примечание — При обработке материалов повышенной прочности (ЛЪ 1000 Н/мм²) врезание начинайте с минимальной подачей (f = 0,01/0,2 мм), а после врезания на 1 мм увеличивайте подачу до табличного значения.
Режимы резания при точении см. в таблице 9.22 (глава «Точение»).



∅ 10 – 11							∅ 15						
f	HU70AL		HB7120		HB7130		f	HU70AL		HB7120		HB7130	
	n	v_f	n	v_f	n	v_f		n	v_f	n	v_f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]
0,040	–		6366	255	5787	231	0,060	–		4669	280	4244	255
0,040	–		5787	231	5498	220	0,060	–		4244	255	4032	242
0,040	–		6656	266	6366	255	0,060	–		4881	293	4669	280
0,040	–		6077	243	5498	220	0,060	–		4456	267	4032	242
0,040	–		5787	231	5209	208	0,060	–		4244	255	3820	229
0,040	–		5209	208	3472	139	0,060	–		3820	229	2546	153
0,040	–		4051	162	3183	127	0,060	–		2971	178	2334	140
0,040	–		3762	150	3183	127	0,060	–		2759	166	2334	140
0,040	–		3183	127	2604	104	0,060	–		2334	140	1910	115
0,040	–		5209	208	3472	139	0,060	–		3820	229	2546	153
0,040	–		4341	174	3183	127	0,060	–		3183	191	2334	140
0,040	–		3762	150	3472	139	0,060	–		2759	166	2546	153
0,040	–		4630	185	2894	116	0,060	–		3395	204	2122	127
0,040	–		3183	127	2315	93	0,060	–		2334	140	1698	102
0,040	–		4051	162	3472	139	0,060	–		2971	178	2546	153
0,040	–		3472	139	3183	127	0,060	–		2546	153	2334	140
0,040	–		3183	127	2604	104	0,060	–		2334	140	1910	115
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
0,040	–		3472	139	3472	139	0,060	–		2546	153	2546	153
0,040	–		4051	162	3183	127	0,060	–		2971	178	2334	140
0,040	–		4051	162	2604	104	0,060	–		2971	178	1910	115
0,040	–		3183	127	1881	75	0,060	–		2334	140	1379	83
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
0,055	17362	955	–		–		0,085	12732	1082	–		–	
0,055	11575	637	–		–		0,085	8488	722	–		–	
0,055	8681	477	–		–		0,085	6366	541	–		–	
0,055	10128	557	–		–		0,085	7427	631	–		–	
0,055	11575	637	–		–		0,085	8488	722	–		–	
0,055	10128	557	–		–		0,085	7427	631	–		–	
0,055	5787	318	–		–		0,085	4244	361	–		–	
0,055	5498	302	–		–		0,085	4032	343	–		–	
0,055	5209	286	–		–		0,085	3820	325	–		–	
0,055	3183	175	–		–		0,085	2334	198	–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–	

Таблица 3.50 (продолжение)

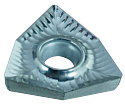
GARANT – Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» 1,5xD/2,25xD

Каталож. № **268900; 268901; 268905; 268906 с СМП 268910–268962**

Число эффективных режущих кромок **1**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	HU70AL ALU			HB7120 SM			HB7130 UNI			∅ 18					
			v_c [м/мин]			v_c [м/мин]			v_c [м/мин]			f	HU70AL		HB7120		HB7130	
													n	v_f	n	v_f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	**Констр. стали общего назн.**	**< 500**	–			180	220	320	160	200	280	0,080	–		3890	311	3537	283
1.1	**Констр. стали общего назн.**	**500 – 850**	–			150	200	300	140	190	260	0,080	–		3537	283	3360	269
2.0	**Автоматные стали**	**< 850**	–			180	230	350	160	220	300	0,080	–		4067	325	3890	311
2.1	**Автоматные стали**	**850 – 1000**	–			160	210	320	140	190	280	0,080	–		3714	297	3360	269
3.0	**Нелег. улучш. стали**	**< 700**	–			170	200	300	120	180	250	0,080	–		3537	283	3183	255
3.1	**Нелег. улучш. стали**	**700 – 850**	–			150	180	255	70	120	150	0,080	–		3183	255	2122	170
3.2	**Нелег. улучш. стали**	**850 – 1000**	–			100	140	200	70	110	180	0,080	–		2476	198	1945	156
4.0	**Лег. улучш. стали**	**850 – 1000**	–			80	130	160	70	110	180	0,080	–		2299	184	1945	156
4.1	**Лег. улучш. стали**	**1000 – 1200**	–			70	110	140	50	90	150	0,080	–		1945	156	1592	127
5.0	**Нелег. цементир. стали**	**< 750**	–			150	180	250	80	120	200	0,080	–		3183	255	2122	170
6.0	**Лег. цементир. стали**	**< 1000**	–			120	150	200	70	110	180	0,080	–		2653	212	1945	156
6.1	**Лег. цементир. стали**	**> 1000**	–			90	130	160	70	120	150	0,080	–		2299	184	2122	170
7.0	**Азотируемые стали**	**< 1000**	–			130	160	215	50	100	180	0,080	–		2829	226	1768	141
7.1	**Азотируемые стали**	**> 1000**	–			80	110	140	50	80	120	0,080	–		1945	156	1415	113
8.0	**Инструментал. стали**	**< 850**	–			120	140	180	70	120	150	0,080	–		2476	198	2122	170
8.1	**Инструментал. стали**	**850 – 1100**	–			100	1270	160	60	110	140	0,080	–		2122	170	1945	156
8.2	**Инструментал. стали**	**1100 – 1400**	–			70	110	120	50	90	100	0,080	–		1945	156	1592	127
9.0	**Быстрореж. стали**	**830 – 1200**	–			–			–				–		–		–	
10.0	**Закалённые стали**	**45–55 HRC**	–			–			–				–		–		–	
10.1	**Закалённые стали**	**55–60 HRC**	–			–			–				–		–		–	
10.2	**Закалённые стали**	**60–67 HRC**	–			–			–				–		–		–	
11.0	**Износост. констр. стали**	**1350**	–			–			–				–		–		–	
11.1	**Износост. констр. стали**	**1800**	–			–			–				–		–		–	
12.0	**Пружинные стали**	**< 1500**	–			–			–				–		–		–	
13.0	**Нерж. сернист. стали**	**< 700**	–			90	120	160	90	120	160	0,035	–		2122	170	2122	170
13.1	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 700**	–			100	140	200	80	110	150	0,035	–		2476	198	1945	156
13.2	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 850**	–			100	140	200	50	90	125	0,035	–		2476	198	1592	127
13.3	**Нерж. мартенситн. стали**	**< 1100**	–			70	110	120	40	65	90	0,035	–		1945	156	1149	92
14.0	**Спец. сплавы**	**< 1200**	–			–			–				–		–		–	
15.0	**Чугун (СЧ)**	**< 180 HB**	–			–			–				–		–		–	
15.1	**Чугун (СЧ)**	**> 180 HB**	–			–			–				–		–		–	
15.2	**Чугун (ВЧ, КЧ)**	**> 180 HB**	–			–			–				–		–		–	
15.3	**Чугун (ВЧ, КЧ)**	**> 260 HB**	–			–			–				–		–		–	
16.0	**Титан, титановые сплавы**	**< 850**	–			–			–				–		–		–	
16.1	**Титан, титановые сплавы**	**850 – 1200**	–			–			–				–		–		–	
17.0	**Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg**	**до 350**	400	600	2400	–			–			0,115	10610	1220	–		–	
17.1	**Алюм. сплавы, короткоструж.**		240	400	950	–			–			0,115	7074	813	–		–	
17.2	**Лит. алюм. сплавы >10% Si**		160	300	800	–			–			0,115	5305	610	–		–	
18.0	**Медь, низколегир.**	**< 400**	200	350	520	–			–			0,115	6189	712	–		–	
18.1	**Латунь, короткоструж.**	**< 600**	200	400	800	–			–			0,115	7074	813	–		–	
18.2	**Латунь, длинноструж.**	**< 600**	200	350	520	–			–			0,115	6189	712	–		–	
18.3	**Бронза, короткоструж.**	**< 600**	120	200	320	–			–			0,115	3537	407	–		–	
18.4	**Бронза, короткоструж.**	**650 – 850**	100	190	280	–			–			0,115	3360	386	–		–	
18.5	**Бронза, длинноструж.**	**< 850**	100	180	230	–			–			0,115	3183	366	–		–	
18.6	**Бронза, длинноструж.**	**850 – 1200**	80	110	180	–			–			0,115	1945	224	–		–	
19.0	**Графит**		–			–			–				–		–		–	
20.0	**Термопласт**		–			–			–				–		–		–	
20.1	**Реактопласт**		–			–			–				–		–		–	
20.2	**Стекло- и углепластик**		–			–			–				–		–		–	

Примечание — При обработке материалов повышенной прочности (≥ 1000 Н/мм²) врезание начинайте с минимальной подачей (f = 0,01/0,2 мм), а после врезания на 1 мм увеличивайте подачу до табличного значения.
Режимы резания при точении см. в таблице 9.22 (глава «Точение»).



∅ 20						∅ 26						∅ 33					
f	HU70AL		HB7120		HB7130	f	HU70AL		HB7120		HB7130	f	HU70AL		HB7120		HB7130
	n	v_f	n	v_f	n	v_f		n	v_f	n	v_f	n	v_f		n	v_f	n	v_f		n	v_f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]
0,09	–		3501	315	3183	286	0,12	–		2693	323	2449	294	0,15	–		2122	318	1929	289
0,09	–		3183	286	3024	272	0,12	–		2449	294	2326	279	0,15	–		1929	289	1833	275
0,09	–		3661	329	3501	315	0,12	–		2816	338	2693	323	0,15	–		2219	333	2122	318
0,09	–		3342	301	3024	272	0,12	–		2571	309	2326	279	0,15	–		2026	304	1833	275
0,09	–		3183	386	2865	258	0,12	–		2449	294	2204	264	0,15	–		1929	289	1736	260
0,09	–		2865	258	1910	172	0,12	–		2204	264	1469	176	0,15	–		1736	260	1157	174
0,09	–		2228	201	1751	158	0,12	–		1714	206	1347	162	0,15	–		1350	203	1061	159
0,09	–		2069	186	1751	158	0,12	–		1592	191	1347	162	0,15	–		1254	188	1061	159
0,09	–		1751	158	1432	129	0,12	–		1347	162	1102	132	0,15	–		1061	159	868	130
0,09	–		2865	258	1910	172	0,12	–		2204	264	1469	176	0,15	–		1736	260	1157	174
0,09	–		2387	215	1751	158	0,12	–		1836	220	1347	162	0,15	–		1447	217	1061	159
0,09	–		2069	186	1910	172	0,12	–		1592	191	1469	176	0,15	–		1254	188	1157	174
0,09	–		2546	229	1592	143	0,12	–		1959	235	1224	147	0,15	–		1543	231	965	145
0,09	–		1751	158	1273	115	0,12	–		1347	162	979	118	0,15	–		1061	159	772	116
0,09	–		2228	201	1910	172	0,12	–		1714	206	1469	176	0,15	–		1350	203	1157	174
0,09	–		1910	172	1751	158	0,12	–		1469	176	1347	162	0,15	–		1157	174	1061	159
0,09	–		1751	158	1432	129	0,12	–		1347	162	1102	132	0,15	–		1061	159	868	130
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
0,09	–		1910	172	1910	172	0,12	–		1469	176	1469	176	0,15	–		1157	174	1157	174
0,09	–		2228	201	1751	158	0,12	–		1714	206	1347	162	0,15	–		1350	203	1061	159
0,09	–		2228	201	1432	129	0,12	–		1714	206	1102	132	0,15	–		1350	203	868	130
0,09	–		1751	158	1035	93	0,12	–		1347	162	796	95	0,15	–		1061	159	627	94
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–		–	
0,13	9549	1241	–		–		0,18	7346	1322	–		–		0,22	5787	1273	–		–	
0,13	6366	828	–		–		0,18	4897	881	–		–		0,22	3858	849	–		–	
0,13	4775	621	–		–		0,18	3673	661	–		–		0,22	2894	637	–		–	
0,13	5570	724	–		–		0,18	4285	771	–		–		0,22	3376	743	–		–	
0,13	6366	828	–		–		0,18	4897	881	–		–		0,22	3858	849	–		–	
0,13	5570	724	–		–		0,18	4285	771	–		–		0,22	3376	743	–		–	
0,13	3183	414	–		–		0,18	2449	441	–		–		0,22	1929	424	–		–	
0,13	3024	393	–		–		0,18	2326	419	–		–		0,22	1833	403	–		–	
0,13	2865	372	–		–		0,18	2204	397	–		–		0,22	1736	382	–		–	
0,13	1751	228	–		–		0,18	1347	242	–		–		0,22	1061	233	–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–	
	–		–		–			–		–		–			–		–		–	

Оглавление

Перечень таблиц – Режимы резания резьбонарезными инструментами 295
Обзор – Ручные и машинные метчики – для сквозных отверстий 296
Обзор – Машинные метчики – для глухих отверстий 298
Обзор – Машинные бесстружечные метчики и резьбовые фрезы 300
Система микросмазки 301
Виды резьбы 302
Параметры резьбы 302
Таблицы диаметров отверстий под резьбу 304

1 Способы образования резьбы 308

2 Нарезание резьбы метчиками 308

2.1 Способы 308
2.2 Форма метчиков 309
2.3 Износ и стойкость режущего инструмента, выраженная длиной резания 309
2.4 Срезание припуска и формирование профиля резьбы 310
2.5 Силы и мощность, затрачиваемая на резание 311
2.6 Ориентировочные режимы резания 312

3 Формирование резьбы 312

4 Резьбофрезерование 314

4.1 Принцип резьбофрезерования гребенчатой фрезой 314
4.2 Расчёт основного машинного времени 314
4.3 Особенности использования резьбовых фрез 315
4.4 Резьбофрезерование сверлящей резьбофрезой 316
4.5 Резьбофрезерование концевыми резьбофрезами 318
4.6 Резьбофрезерование с использованием сменной многогранной пластины 320
4.7 Фрезерование циркулярными и резьбовыми фрезами с использованием многогранных и треугольных СМП 323

5 Нарезание резьбы резцом 326

5.1 Типы профилей 326
5.1.1 Полный профиль 326
5.1.2 Неполный профиль 326
5.1.3 Полупрофиль 327
5.2 Выбор метода врезания 327
5.2.1 Радиальное врезание 327
5.2.2 Одностороннее боковое врезание 328
5.2.3 Двустороннее боковое врезание 328
5.2.4 Число резов (проходов) 329
5.3 Выбор схемы удаления припуска и подкладной пластины 329

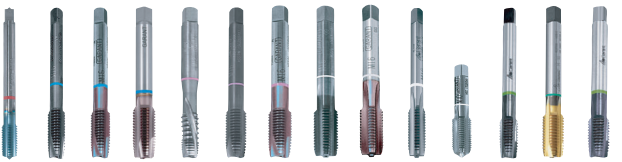
5.4 Пример нарезания резьбы резцом M16 x 2 332
5.5 Основное машинное время при нарезании резьбы резцом 333
5.6 Решение проблем при нарезании резьбы резцом 334
5.7 Рекомендации по использованию инструмента GARANT для нарезания резьбы 335
5.8 Размеры для нарезания резьбы резцом 336

Перечень таблиц – Режимы резания резьбонарезными инструментами

		Инструментальный материал/покрытие	№ табл.	С.
Нарезание резьбы метчиками	Машинные метчики для обработки закалённых сталей	Твёрдый сплав	4.1	312
Резьбофрезе-рование	Резьбовые фрезы с зенкующей ступенью	Твёрдый сплав/TiAlN	4.2	317
	Концевые резьбовые фрезы	Твёрдый сплав/TiAlN	4.3	319
	Концевые резьбовые фрезы с зенкующей ступенью для закалённых сталей	Твёрдый сплав/TiAlN	4.4	320
	Резьбовые фрезы с СМП с внутренним охлаждением	Твёрдый сплав/TiCN	4.7	322
	Циркулярные и резьбовые фрезы с многогранными и треугольными СМП	Твёрдый сплав	4.8	325
Нарезание резьбы резцом	GARANT Нарезание резьбы резьбовыми резцами	Твёрдый сплав	4.13	335

Обзор – Ручные и машинные метчики – для сквозных отверстий

Вид резьбы ▶		M			M-LH	MF	G	BSW	UNC	UNF	M		
Цветное кольцо ▶													
Артикульный №		130150	130400	130450	130460	130470	130550	130670	130700	130750	131100	131120	131140
для сквозного отверстия		3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD
для глухого отверстия		3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD			3xD
Заборная часть (форма)		A/D/C	A/D/C	A/D/C	A/D/C	D/C	D/C	A/D/C	D/C	D/C	B	B	C
Допуск		6H	6H	6HX	6H	6H	ISO228	средний	2B	2B	6H	6H	6HX
Инструментальный материал		HSS	HSS/E	HSS/E	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS/E	HSS-PM	HM
Покрытие				nitriet							vap.	h.chrom	
Каналы для охлаждения													
Диапазон размеров		1 – 30	2 – 20	2 – 16	3 – 20	2 – 50	1/8"–2"	1/8"–1"	Nr.2–1"	Nr.6–7/8"	1,6 – 24	2 – 20	3 – 12
Страница	ISO	82	83	83	83	84	85	85	86	86	87	87	87
Алюм., длинностружк.	N	○			○	○	○	○	○	○	9 – 16	16 – 40	
Алюм., короткостружк.	N	○			○	○	○	○	○	○	9 – 16	16 – 40	20 – 50
Алюм. литьё > 10 %Si	N	○	○	○	○	○	○	○	○	○		14 – 31	16 – 40
Сталь < 500 Н/мм²	P	•			•	•	•	•	•	•	9 – 20	23 – 30	25 – 35
Сталь < 750 Н/мм²	P	•	•		•	•	•	•	•	•			
Сталь < 900 Н/мм²	P	•	•		•	•	•	•	•	•			
Сталь < 1100 Н/мм²	P		○	•									
Сталь < 1400 Н/мм²	P			•									
Сталь > 45HRC	H												
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M		•										
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M		○										
Ti > 850 Н/мм²	S		•										
СЧ(ВЧ)	K	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
CuZn9–1625–3118–35	N										9 – 16	25 – 31	18 – 35
Графит и G(C) FK, реактопл.	N	○	○	○	○	○	○	○	○	○			5 – 30
UNI		○	○		○	○	○	○	○	○			



Вид резьбы ▶		M												
Цветное кольцо ▶														
Артикульный №		132080	132150	132160	132170	132400	132420	132450	132500	132550	132570	132600	132640	132700	132720
для сквозного отверстия		2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD	3xD
для глухого отверстия		2xD							3xD	3xD	3xD	3xD			
Заборная часть (форма)		D	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	B	CS	B
Допуск		6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6H	6H	6H	6H
Инструментальный материал		VHM	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS-PM	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E
Покрытие		TiAlN	vap.	TiCN	TiCN		nitriet	TiCN	nitriet	TiCN			vap.	TiN	TiCN
Каналы для охлаждения BO															
Диапазон размеров		3 – 12	2 – 24	1,6 – 24	1,6 – 20	2,5 – 16	2 – 24	3 – 24	2 – 20	2 – 20	3 – 16	2 – 10	1 – 30	3 – 16	3 – 16
Страница	ISO	94	95	95	96	96	97	97	98	98	98	98	99	99	99
Алюм., длинностружк.	N														
Алюм., короткостружк.	N		9 – 16	10 – 21	16 – 40	10 – 19		10 – 21					9 – 16	10 – 21	10 – 21
Алюм. литьё > 10 %Si	N					10 – 19									
Сталь < 500 Н/мм²	P		9 – 20	9 – 30	23 – 30			9 – 30					9 – 20	9 – 30	9 – 30
Сталь < 750 Н/мм²	P		9 – 20	8 – 30	15 – 30			8 – 30					9 – 20	8 – 30	8 – 30
Сталь < 900 Н/мм²	P		9 – 20	8 – 30	15 – 30	9 – 26	9 – 26	8 – 30					9 – 20	8 – 30	8 – 30
Сталь < 1100 Н/мм²	P					6 – 11	6 – 11						4 – 8	6 – 11	6 – 11
Сталь < 1400 Н/мм²	P					2 – 5	2 – 5								
Сталь > 45 HRC	H	1 – 4													
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M		4 – 9	5 – 11	8 – 10			5 – 11					4 – 9	5 – 11	5 – 11
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M			4 – 8	5 – 9			4 – 8							
Ti > 850 Н/мм²	S					2 – 6	2 – 6	2 – 6							
СЧ(ВЧ)	K								6 – 15	8 – 21	10 – 21	6 – 15			
CuZn	N		9 – 16	10 – 21	25 – 31			10 – 21	9 – 16	10 – 21	10 – 30	9 – 16	9 – 16	10 – 21	10 – 21
Графит и G(C) FK, реактопл.	N	5 – 30				5 – 28	5 – 28								
UNI			○	○	○	○		○					•	•	•

• **/жирным шрифтом = очень хорошо подходит;** ○ /стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

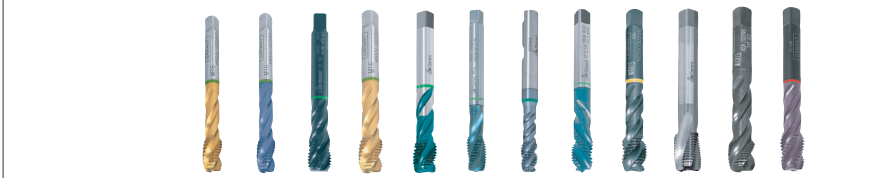
								M								
131150 – 131200	131250	131280	131290	131300 – 131350	131450	131650	131700	131750	131760	131800	131850	131900	131920	131930	131950	132050
2×D	2×D	3×D	3×D	2×D	2×D	2×D	2×D	2×D	3×D	2×D	3×D	2×D	3×D	3×D	1,5×D	1,5×D
															1,5×D	1,5×D
B	C	B	CS	B	B	B	D	D	B	A	B	B	B	B	C	C
6H	6H	6H	6H	6G	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6HX	6HX	6HX	6HX
HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E
	TiN												vap.	TiCN		TiN
																IK
1 – 36	3 – 20	3 – 20	3 – 20	2 – 20	2 – 16	2 – 20	2 – 30	3 – 12	3 – 20	2 – 16	2 – 20	3 – 20	2 – 24	3 – 24	2,5 – 20	6 – 16
88	88	89	89	89	90	90	91	91	91	92	92	93	93	93	94	94
9 – 16	10 – 21	10 – 19	10 – 19	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16				
												9 – 16				
9 – 20	9 – 30	9 – 26	9 – 26	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 30		
9 – 20	8 – 30	9 – 26	9 – 26	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	8 – 30	9 – 20	8 – 30
		9 – 26	9 – 26								9 – 20	9 – 20	9 – 20	8 – 30	9 – 20	8 – 30
		6 – 11	6 – 11									4 – 8	4 – 8	6 – 11	4 – 8	6 – 11
															2 – 4	2 – 5
						6 – 11	6 – 11	6 – 11	6 – 11	6 – 11	6 – 11					
											9 – 16	9 – 16				
		○	○			○	○	○	○	○	○	○				

M		M-LH			MF					MF-LH	G			UNC	UNF	PG
132730	132740	132800	132830	132835	132860	132862	132870	132880	132900	133010	133300	133320	133325	133350	133400	133450
3×D	3×D	3×D	2×D	2×D	2×D	2×D	3×D	3×D	3×D	2×D	1,5×D	2×D	2×D	3×D	3×D	3×D
						2×D		3×D		2×D		2×D				3×D
B	B	B	B	CS	B	D	B	C	B	C	B	D	B	B	B	D
6H	6H	6H	6H	6H	6H	6HX	6HX	6HX	6H	6H	ISO228	ISO228	ISO228	2B	2B	
HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	VHM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	VHM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E
TiAlN	TiCN	vap.		TiN	TiCN	TiAlN	vap.	nitriet	TiN			TiAlN	vap.			
IK																
6 – 20	3 – 20	3 – 24	2 – 63	5 – 24	3 – 30	8 – 12	4 – 24	4 – 22	3 – 30	8 – 16	1/8" – 1"	1/8" – 1/4"	1/8" – 1"	Nr.4 – 1"	Nr.10 – 1"	7 – 36
99	100	100	101	101	102	102	103	103	104	104	105	105	105	106	106	107
16 – 40	10 – 21	9 – 16	9 – 16	16 – 40			9 – 16		10 – 21	9 – 16	9 – 16		9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16
23 – 30	9 – 30	9 – 20	9 – 20	23 – 30			9 – 20		9 – 30	9 – 20	9 – 20		9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20
15 – 30	8 – 30	9 – 20	9 – 20	15 – 30	8 – 30		9 – 20		8 – 30	9 – 20	9 – 20		9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20
15 – 30	8 – 30	9 – 20			8 – 30		9 – 20		8 – 30	9 – 20			9 – 20			
11 – 15	6 – 11	4 – 8			6 – 11				6 – 11							
						1 – 4						1 – 4				
8 – 12	5 – 11	4 – 9					4 – 9		5 – 11				4 – 9			4 – 9
								6 – 11								
25 – 31	10 – 21	9 – 16					9 – 16	9 – 16	10 – 21				9 – 16			9 – 16
						5 – 30						5 – 30				
•	•	•				○			•				○			○

• **/жирным шрифтом = очень хорошо подходит;** ○ /стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Обзор – Машинные метчики – для глухих отверстий

Вид резьбы ▶		M											
Цветное кольцо ▶													
Артикульный №		134200	134250	134270	134600	134620	134650	134660	134670	134851	135100	135150	135290
для глухого отверстия		3×D	3×D	2×D	2×D	3×D	2×D	3×D	3×D	3×D	3×D	3×D	2×D
Заборная часть (форма)		C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	C	C
Допуск		6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H
Инструментальный материал		HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	VHM
Покрытие			vap.	h.chrom					vap.	vap.	TiN	vap.	
Каналы для охлаждения													BO
Диапазон размеров		2 – 10	1,6 – 24	1,6 – 20	2 – 30	3 – 20	3 – 12	3 – 20	4 – 20	2 – 30	3 – 20	2 – 20	6 – 12
Страница	ISO	107	108	108	109	109	110	110	110	111	111	111	112
Алюм., длинноструж.	N	9 – 16	9 – 16	16 – 40									
Алюм., короткоструж.	N	9 – 16	9 – 16	16 – 40	9 – 16	10 – 19	9 – 16	9 – 16	10 – 19	9 – 16	10 – 21	9 – 16	
Алюм. литьё > 10 % Si	N			14 – 31									
Сталь < 500 Н/мм²	P		9 – 20	23 – 30	9 – 20	9 – 26	9 – 20	9 – 20	9 – 26	9 – 20	9 – 30	9 – 20	30 – 50
Сталь < 750 Н/мм²	P				9 – 20	9 – 26	9 – 20	9 – 20	9 – 26	9 – 20	8 – 30	9 – 20	20 – 40
Сталь < 900 Н/мм²	P					9 – 26			9 – 26	9 – 20	8 – 30	9 – 20	25 – 35
Сталь < 1100 Н/мм²	P					6 – 11			5 – 10				
Сталь < 1400 Н/мм²	P												
Сталь > 45HRC	H												
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M								5 – 10				
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M												
Ti > 850 Н/мм²	S												
СЧ(ВЧ)	K							6 – 11		6 – 11	6 – 21	6 – 11	
CuZn	N		9 – 16	25 – 31					10 – 19	9 – 16	10 – 21	9 – 16	
Графит и G(C) FK, реактопл.	N												5 – 30
UNI								○	•				



Вид резьбы ▶		M							M-LH	MF			
Цветное кольцо ▶													
Артикульный №		135900	135950	136050	136150	136155	136160	136170	136180	136210	136250	136260	136270
для глухого отверстия		3×D	3×D	3×D	3×D	3×D	3×D	3×D	3×D	2×D	2×D	2×D	2×D
Заборная часть (форма)		C	C	E	E	C	C	C	C	C	D	C	C
Допуск		6H	6H	6H	6H	6G	6H	6H	6H	6H	6H	6H	6H
Инструментальный материал		HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E
Покрытие		TiN	TiCN	vap.	TiN	TiAlN	TiAlN	TiCN	vap.	vap.		vap.	TiCN
Каналы для охлаждения							BO						
Диапазон размеров		2 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	6 – 16	3 – 20	3 – 24	3 – 24	4 – 36	3 – 30	4 – 24
C.	ISO	116	116	116	116	116	116	117	117	118	118	119	119
Алюм., длинноструж.	N									9 – 16			
Алюм., короткоструж.	N	10 – 21	10 – 21	9 – 16	10 – 21	16 – 40	16 – 40	10 – 21	9 – 16	9 – 16	9 – 16	9 – 16	
Алюминиевое литьё > 10 % Si	N												
Сталь < 500 Н/мм²	P	9 – 30	9 – 30	9 – 20	9 – 30	23 – 30	23 – 30	9 – 30	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 30
Сталь < 750 Н/мм²	P	8 – 30	8 – 30	9 – 20	8 – 30	15 – 30	15 – 30	8 – 30	9 – 20		9 – 20	9 – 20	8 – 30
Сталь < 900 Н/мм²	P	8 – 30	8 – 30	9 – 20	8 – 30	15 – 30	15 – 30	8 – 30	9 – 20		9 – 20	9 – 20	8 – 30
Сталь < 1100 Н/мм²	P	6 – 11	6 – 11	4 – 8	6 – 11	11 – 15	11 – 15	6 – 11	4 – 8				6 – 11
Сталь < 1400 Н/мм²	P												
Сталь > 45HRC	H												
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	5 – 11	5 – 11	4 – 9	5 – 11	8 – 12	8 – 12	5 – 11	4 – 9				
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M												
Ti > 850 Н/мм²	S												
СЧ(ВЧ)	K											6 – 11	
CuZn	N	10 – 21	10 – 21	9 – 16	10 – 21	25 – 31	25 – 31	10 – 21	9 – 16	9 – 16		9 – 16	
Графит и G(C) FK, реактопл.	N												
UNI		•	•	•	•	•	•	•	•			○	

• **/жирным шрифтом = очень хорошо подходит;** ○ /стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

	M											
135300	135320	135360	135370	135375	135450 – 135550	135600	135650	135700	135730	135750	135760	135850
2xD	2xD	2xD	2xD	3xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	3xD
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
6H	6H	6H	6H	6H	6H	6G	6H	6H	6H	6HX	6HX	6H
HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS-PM	HSS-PM	HSS/E
vap.	TiCN	vap.	TiCN	TiN/vap.	vap.	vap.	vap.	TiCN	TiCN	vap.	TiCN	vap.
2 – 24	3 – 24	3 – 24	3 – 24	4 – 24	2 – 30	2 – 20	2 – 24	3 – 24	2 – 20	2 – 20	2 – 20	2 – 30
112	112	113	113	113	114	114	114	114	115	115	115	116
					9 – 16	9 – 16	9 – 16	10 – 21	16 – 40			9 – 16
9 – 20	9 – 30			23 – 30	9 – 20	9 – 20	9 – 20	9 – 30	23 – 30			9 – 20
9 – 20	8 – 30	9 – 20	8 – 30	15 – 30	9 – 20	9 – 20	9 – 20	8 – 30	15 – 30			9 – 20
9 – 20	8 – 30	9 – 20	8 – 30	15 – 30	9 – 20	9 – 20	9 – 20	8 – 30	15 – 30	9 – 26	15 – 30	9 – 20
4 – 8	6 – 11	4 – 8	6 – 11	11 – 15						6 – 11	11 – 15	4 – 8
		2 – 4	2 – 5	6 – 13						2 – 5	7 – 8	
					4 – 9	4 – 9	4 – 9	5 – 11	8 – 10			4 – 9
							3 – 6	4 – 8	5 – 9			
				4 – 7						2 – 6	4 – 7	
					9 – 16	9 – 16	9 – 16	10 – 21	25 – 31			9 – 16
												•

	MF			G						UNC	UNF	NPT
137050	137055	137150	137340	137350	137410	137450	137700	137800	137860	138000	138100
2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD
C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	C	C
6H	6HX	6H	ISO228	ISO228	ISO228	ISO228	ISO228	ISO228	2B	2B	
HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS/E	HSS-PM
vap.	vap.	TiN	h.chrom	vap.	TiCN	vap.	TiCN	TiN			TiAlN
4 – 24	5 – 16	4 – 30	1/8″– 1″	1/8″– 2″	1/8″– 1″	1/8″– 1″	1/8″– 1.1/4″	1/8″– 1/2″	Nr.4 – 1″	Nr.10 – 1″	1/8″– 1″
120	120	121	121	121	122	122	122	122	123	123	123
			16 – 40								
9 – 16		10 – 21	16 – 40	9 – 16		9 – 16	10 – 21	10 – 21	9 – 16	9 – 16	
			14 – 31								
9 – 20		9 – 30	23 – 30	9 – 20		9 – 20	9 – 30	9 – 30	9 – 20	9 – 20	
9 – 20		8 – 30		9 – 20	15 – 30	9 – 20	8 – 30	8 – 30	9 – 20	9 – 20	
9 – 20	9 – 26	8 – 30		9 – 20	15 – 30	9 – 20	8 – 30	8 – 30			15 – 30
	6 – 11	6 – 11			11 – 15			6 – 11			11 – 15
	2 – 5				6 – 8						6 – 8
4 – 9		5 – 11				4 – 9	5 – 11	5 – 11			
							4 – 8				
	2 – 6										
9 – 16		10 – 21	25 – 31	9 – 16		9 – 16	10 – 21	10 – 21			
		•						•			

• **/жирным шрифтом = очень хорошо подходит;** ○ /стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Обзор – Машинные бесстружечные метчики и резьбовые фрезы

Вид резьбы ►		M										MF		G	
Цветное кольцо ►															
ный №		139110	139120	139140	139145	139150	139160	139162	139165	139240	139242 – 139244	139245	139360	139410	139460
профиля резьбы		4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD	4xD
ная канавка					Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка	Канавка
(форма)		C	C	C	C	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C
		6HX	6HX	6GX	6HX	6HX	6HX	6HX	6HX	6GX	6HX	6HX	6HX	ISO228	ISO228
нтальный материал		HSS-PM	HSS/E	HSS/E	HSS-PM	HSS-PM	HSS/E	HSS-PM	HSS-PM	HSS/E	VHM	HSS-PM	HSS/E	HSS-PM	HSS/E
ие		TiN	TiAlN	TiAlN	TiAlN-S	TiN	TiAlN	TiN	TiAlN-S	TiAlN	TiAlN	TiN	TiAlN	TiN	TiAlN
для охлаждения									BO		BO				
он размеров		2 – 16	1 – 16	2 – 12	2 – 16	2 – 16	2 – 16	3 – 16	5 – 12	2 – 12	3 – 12	8 – 20	6 – 20	1/8"–1/2"	1/8"–1/2"
ца	ISO	124	124	124	125	125	125	125	125	125	126	127	127	127	127
длинноструж.	N				15 – 31						25 – 40				
короткоструж.	N		15 – 31	15 – 31	15 – 31		15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	30 – 50		15 – 31		15 – 31
итьё > 10 %Si	N										25 – 40				
500 Н/мм²	P	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31	40 – 70	15 – 31	15 – 31	15 – 31	15 – 31
750 Н/мм²	P	14 – 30	14 – 30	14 – 30		14 – 30	14 – 30	14 – 30	14 – 30	14 – 30	40 – 60	14 – 30	14 – 30	14 – 30	14 – 30
900 Н/мм²	P		14 – 30	14 – 30			14 – 30	14 – 30	14 – 30	14 – 30	25 – 50		14 – 30		14 – 30
1100 Н/мм²	P										20 – 40				
1400 Н/мм²	P														
45HRC	H														
аль < 900 Н/мм²	M	6 – 15	6 – 15	6 – 15		6 – 15	6 – 15	6 – 15	6 – 15	6 – 15		6 – 15	6 – 15	6 – 15	6 – 15
аль > 900 Н/мм²	M														
Н/мм²	S														
	K														
	N		9 – 15	9 – 15			9 – 15	9 – 15	9 – 15	9 – 15			9 – 15		9 – 15
G(C) FK, реактопл.	N														
			•	•			•	•	•	•			•		•

Вид резьбы ►		Резьбовые фрезы		Концевая резьбовая фреза ъъ											
		M		M				MF		G		UNC	UNF	NPT	
Цветное кольцо ►															
ный №		139480	139510 – 139515	139650	139652	139655 – 139658	139660	139670	139685 – 139688	139710	139720	139725	139726	139730	
профиля резьбы		2xD	1,5 – 2xD	2xD	1,5xD	1,5 – 2xD	2,5xD	2xD	1,5 – 2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	2xD	
ящая ступень		90°	90°		90°	90°	90°		90°		90°	90°	90°	90°	
нтальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	
тие		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	
для охлаждения		BO	BO	BO		BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	
он размеров		6 – 18	4 – 14	3 – 24	1 – 16	4 – 20	5 – 12	2,5 – 24	8 – 16	1/16"–1"	1/8"–1/4"	1/4"–3/4"	1/4"–3/4"	1/8	3/8
а материалов	ISO	Ориентировочные значения скорости резания Vc=м/мин / Подача на зуб *fz = мм/зуб													
длинноструж.	N	250/0,075		220/0,065		220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	
короткоструж.	N	250/0,075	220/0,065	220/0,065		220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	
итьё > 10 %Si	N	250/0,075	220/0,065	220/0,065		220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	220/0,065	
< 750 Н/мм²	P	200/0,065		80/0,065		80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	
< 900 Н/мм²	P	200/0,065		80/0,065		80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	
< 1100 Н/мм²	P	200/0,065				80/0,065			80/0,065		80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	
< 1400 Н/мм²	P	175/0,040				80/0,065			80/0,065		80/0,065	80/0,065	80/0,065	80/0,065	
< 1400 Н/мм²	P	150/0,040			30/0,025	60/0,025			60/0,025		60/0,025	60/0,025	60/0,025	60/0,025	
> 45HRC	H	65/0,025			35/0,010										
аль < 900 Н/мм²	M	150/0,040		50/0,040		50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	
аль > 900 Н/мм²	M	150/0,040				50/0,040			50/0,040		50/0,040	50/0,040	50/0,040	50/0,040	
Н/мм	S					60/0,030	60/0,030		60/0,030		60/0,030	60/0,030	60/0,030	60/0,030	
	K	250/0,065	90/0,065	88/0,065		88/0,065	88/0,065	88/0,065	88/0,065	88/0,065	88/0,065	88/0,065	88/0,065	88/0,065	
	N		330/0,040	225/0,065		225/0,065	225/0,065	225/0,065	225/0,065	225/0,065	225/0,065	225/0,065	225/0,065	225/0,065	
G(C) FK, реактопл.	N	280/0,065		100/0,065		100/0,065	100/0,065	100/0,065	100/0,065	100/0,065	100/0,065	100/0,065	100/0,065	100/0,065	
		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

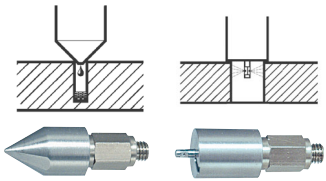
ым шрифтом = очень хорошо подходит; ○ /стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо *Подача относится к контуру

Система микросмазки

Исполнение: Прочный корпус из нержавеющей стали с **3-камерной гидравлической системой для точного дозирования** смазки.

Преимущества:
- → Простота использования в многоцелевом обрабатывающем центре
- → Отказ от трудоёмкой и неточной ручной смазки
- → Максимальная стойкость и надёжность для всех машинных метчиков
- → Подходит для подачи всех смазочных масел для нарезания резьбы вязкостью до 570 мм^2/с

На рисунке показано использование форсунок типа GL типа DL



Применение: В многоцелевом обрабатывающем центре **горизонтально и вертикально используемая система микросмазки** является составной частью технологического процесса. Масло **гидромеханическим способом** точно распределяется, поступая из ёмкости через форсунку (микрораспределитель или микроинжектор) по стенке отверстия под резьбу. При этом масло требуется в минимальном количестве и используется в оптимальном режиме. Система микросмазки не допускает отрицательного влияния на консистенцию эмульсии в многоцелевом обрабатывающем центре. Тем самым она избавляет от необходимости использования значительно более дорогой эмульсии с содержанием смазки не менее 8 %, которая требуется для нарезания резьбы с соблюдением соответствующей технологии.

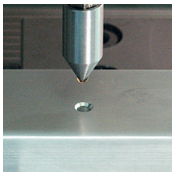
Типы форсунок: **Тип GL** (микроинжектор) для глухих отверстий до M2,5
Тип DL (микрораспределитель) для глухих и сквозных отверстий до M12

Пример: рекомендуемое количество масла для отверстий под резьбу						
Диаметр отверстия под резьбу [мм]	1	3	5	10	20	30
Объём масла [µл]	8	30	50	80	120	150
Подача по оси Z [мм]	0,05	0,15	0,25	0,4	0,6	0,75

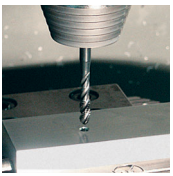
Система микросмазки дает существенные преимущества:

Сверление и зенкование заготовки

Непрерывность процесса обработки и, следовательно, экономия времени



Точное и экономное использование смазки для нарезания резьбы – автоматически в горизонтальном и вертикальном положениях, а также одинаково для типов GL и DL

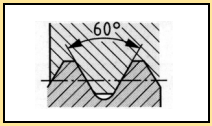
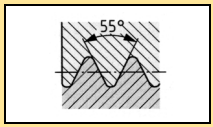
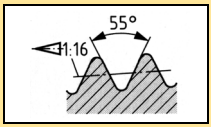
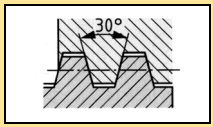
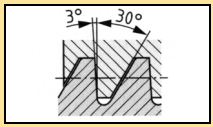
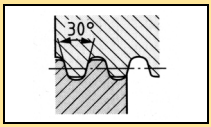


Идеальная подготовка к нарезанию резьбы с соблюдением соответствующей технологии

Виды резьбы

Многочисленные виды резьбы различаются соответственно своему назначению по профилю, числу ниток, шагу, размеру, сбегу и конусности.

По стандарту DIN 202 следующие **виды резьбы** могут быть разделены по основным областям применения:

Наименование	Профиль	Наименование	Применение
Метрическая резьба по стандарту ISO		M M20; M20x1	Основная резьба, мелкая резьба
Цилиндрическая трубная резьба		G G 1¼	Наружная резьба для труб, внутренняя резьба для труб
		Rp Rp 1/8	
Коническая трубная резьба		R R ¾	Наружная резьба для труб
Метрическая трапецеидальная резьба по стандарту ISO		Tr Tr 40x7	Общего назначения
Метрическая упорная резьба		S S 48x8	
Цилиндрическая круглая резьба		Rd Rd 40x1/6	

Параметры резьбы

- **Номинальный диаметр** = наружный диаметр
  На винтах измеряется по вершинам резьбы
- **Внутренний диаметр резьбы**
  Измеряется по дну впадины резьбы

- **Средний диаметр резьбы**
  Расстояние между средними линиями профиля (примерно в центре номинального и внутреннего диаметров резьбы).
  При изготовлении резьбы средний диаметр резьбы измеряется при помощи измерительного наконечника или микрометра.
- **Ход**
  Высота винтовой линии параллельно оси винта.
  В метрической резьбе это путь, пройденный за один оборот, т. е. расстояние между двумя вершинами резьбы в мм.
  В дюймовой резьбе, напротив, ход означает число ниток резьбы на 1 дюйм.
- **Угол подъёма**

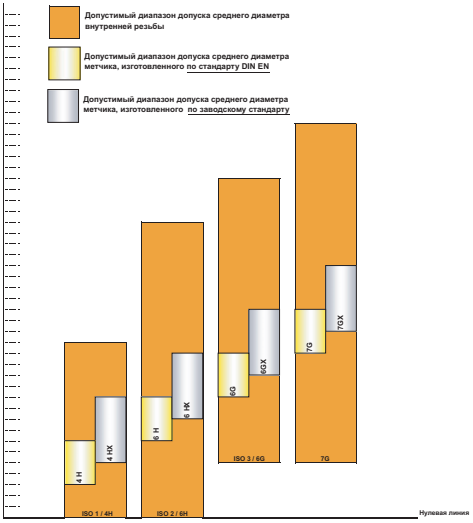
$$\alpha = arctan \frac{Шаг\ резьбы}{Средний\ диаметр\ резьбы \cdot \pi}$$

- **Шаг t**
  В многозаходных резьбах - расстояние между двумя засечками резьбы.
  Как правило, он рассчитывается следующим образом:

$$t = \frac{Шаг\ резьбы}{Число\ ниток}$$

  В однозаходных резьбах шаг = ходу.

Расположение полей допусков среднего диаметра резьбы метчиков



Таблицы диаметров отверстий под резьбу для метчиков и бесстружечных метчиков:

DIN 13 Метрическая мелкая резьба

M	Шаг резьбы	Внутр. Ø резьбы гайки Доп. ISO2 (6H)	Ø отверстия под резьбу DIN 336	Ø сверла
	мм	мм макс.	мм	мм
1	0,25	*0,785	0,75	0,9
1,1	0,25	*0,885	0,85	1
1,2	0,25	*0,985	0,95	1,1
1,4	0,3	*1,142	1,10	1,25
1,6	0,35	1,321	1,25	1,45
1,8	0,35	1,521	1,45	1,65
2	0,4	1,679	1,6	1,85
2,2	0,45	1,838	1,75	2
2,5	0,45	2,138	2,05	2,3
3	0,5	2,599	2,5	2,80
3,5	0,6	3,010	2,9	3,25
4	0,7	3,422	3,3	3,70
4,5	0,75	3,878	3,7	
5	0,8	4,334	4,2	4,65
6	1	5,153	5	5,55
7	1	6,153	6	
8	1,25	6,912	6,8	7,45
9	1,25	7,912	7,8	
10	1,5	8,676	8,5	9,35
11	1,5	9,676	9,5	
12	1,75	10,441	10,2	11,20
14	2	12,210	12	13,10
16	2	14,210	14	15,10
18	2,5	15,744	15,5	16,90
20	2,5	17,744	17,5	18,90
22	2,5	19,744	19,5	
24	3	21,252	21	
27	3	24,252	24	
30	3,5	26,771	26,5	
33	3,5	29,771	29,5	
36	4	32,270	32	
39	4	35,270	35	
42	4,5	37,799	37,5	
45	4,5	40,799	40,5	
48	5	43,297	43	
52	5	47,297	47	
56	5,5	50,796	50,5	
60	5,5	54,796	54,5	
64	6	58,305	58	
68	6	62,305	62	

*) Поле допуска ISO1 (4H)

(старый профиль DIN, средний доп.)

1,7	0,35	1,346	1,3	1,55
2,3	0,4	1,920	1,9	2,1
2,6	0,45	2,176	2,1	2,4

ISO Метрическая резьба ISO DIN 13

MF	Внутр. Ø резьбы гайки Доп. ISO2 (6H)	Ø отверстия под резьбу DIN 336	Ø сверла
	мм макс.	мм	мм
2x0,25	*1,774	1,75	
2,2x0,25	*1,974	1,95	
2,3x0,25	2,071	2,05	
2,5x0,35	*2,184	2,15	
2,6x0,35	2,252	2,20	
3x0,35	*2,684	2,65	
3,5x0,35	*3,184	3,15	
4x0,35	*3,684	3,65	
4x0,5	3,599	3,50	3,8
5x0,5	4,599	4,50	4,8
6x0,5	5,599	5,50	5,8
6x0,75	5,378	5,20	5,65
7x0,75	6,378	6,20	
8x0,5	7,599	7,50	
8x0,75	7,378	7,20	7,65
8x1	7,153	7	7,55
9x0,75	8,378	8,20	
9x1	8,153	8	
10x0,5	9,599	9,50	
10x0,75	9,378	9,20	
10x1	9,153	9	9,55
10x1,25	8,912	8,80	
11x1	10,153	10	
12x0,75	11,378	11,20	
12x1	11,153	11	11,55
12x1,25	10,912	10,80	
12x1,5	10,676	10,50	11,35
13x1	12,153	12	
14x1	13,153	13	
14x1,25	12,912	12,80	
14x1,5	12,676	12,50	13,35
15x1	14,153	14	
15x1,5	13,676	13,50	
16x1	15,153	15	15,55
16x1,5	14,676	14,50	15,35
18x1	17,153	17	17,55
18x1,5	16,676	16,50	17,35
18x2	16,210	16	
20x1	19,153	19	19,55
20x1,5	18,676	18,50	19,35
20x2	18,210	18	
22x1	21,153	21	
22x1,5	20,676	20,50	21,35
22x2	20,210	20	

*) Поле допуска ISO1 (4H)

MF	Внутр. Ø резьбы гайки Доп. ISO2 (6H)	Ø отверстия под резьбу DIN 336	Ø сверла
	мм макс.	мм	мм
24x1	23,153	23	
24x1,5	22,676	22,50	23,35
24x2	22,210	22	
25x1	24,153	24	
25x1,5	23,676	23,50	
26x1,5	24,676	24,50	25,35
27x1,5	25,676	25,50	
27x2	25,210	25	
28x1,5	26,676	26,50	27,35
28x2	26,210	26	
30x1	29,153	29	
30x1,5	28,676	28,50	29,35
30x2	28,210	28	
32x1,5	30,676	30,50	
33x1,5	31,676	31,50	
33x2	31,210	31	
34x1,5	32,676	32,50	
35x1,5	33,676	33,50	
36x1,5	34,676	34,50	
36x2	34,210	34	
36x3	33,252	33	
38x1,5	36,676	36,50	
39x1,5	37,676	37,50	
39x2	37,210	37	
39x3	36,252	36	
40x1,5	38,676	38,50	
40x2	38,210	38	
40x3	37,252	37	
42x1,5	40,676	40,50	
42x2	40,210	40	
42x3	39,252	39	
45x1,5	43,676	43,50	
45x2	43,210	43	
45x3	42,252	42	
48x1,5	46,676	46,50	
48x2	46,210	46	
48x3	45,252	45	
50x1,5	48,676	48,50	
50x2	48,210	48	
50x3	47,252	47	
52x1,5	50,676	50,50	
52x2	50,210	50	
52x3	49,252	49	
63x1,5	61,676	61,5	

Поле допусков для внутреннего диаметра резьбы при формировании резьбы (по стандарту DIN 13, часть 50)

Исходя из условий прочности, при формировании резьбы не требуется соблюдать допуски для внутреннего диаметра резьбы класса 6H; класс допусков 7H удовлетворяет требованию, согласно которому наложение профилей резьбы болта и резьбы гайки не должно быть ниже 0,32 x P. Кроме того, резьба, изготовленная формированием, вследствие непрерывной ориентации волокон и полученного наклёпа, как правило, обладает более высокой прочностью по сравнению с нарезанной резьбой.

Таблицы диаметров отверстий под резьбу для метчиков и бесстружечных метчиков:

Трубная резьба Витворта DIN ISO 228/1

G	Число ниток	Наруж. Ø резьбы	Внутр. Ø резьбы гайки	Ø отверстия под резьбу	Ø сверла
	ниток/1“	мм	макс. мм	мм	мм
G 1/8“	28	9,728	8,848	8,8	9,25
G 1/4“	19	13,157	11,890	11,8	12,55
G 3/8“	19	16,662	15,395	15,25	16,05
G 1/2“	14	20,955	19,172	19	20,05
G 5/8“	14	22,911	21,128	21	
G 3/4“	14	26,441	24,658	24,5	
G 7/8“	14	30,201	28,418	28,25	
G 1“	11	33,249	30,931	30,75	
G 1 1/8“	11	37,897	35,579	35,3	
G 1 1/4“	11	41,910	35,592	39,25	
G 1 3/8“	11	44,323	42,005	41,7	
G 1 1/2“	11	47,803	45,485	45,25	
G 1 3/4“	11	53,746	51,428	51,1	
G 2“	11	59,614	57,296	57	
G 2 1/4“	11	65,710	63,392	63,1	
G 2 1/2“	11	75,184	72,866	72,6	
G 2 3/4“	11	81,534	79,216	78,9	
G 3“	11	87,884	85,566	85,3	
G 3 1/4“	11	93,980	91,662	91,5	
G 3 1/2“	11	100,330	98,012	97,7	
G 3 3/4“	11	106,680	104,362	104	
G 4“	11	113,030	110,712	110,4	

Резьба Витворта BS 84

BSW	Число ниток	Наруж. Ø резьбы	Внутр. Ø резьбы гайки	Ø отверстия под резьбу
	ниток/1“	мм	макс. мм	мм
1/16“	60	1,612	1,231	1,15
3/32“	48	2,409	1,910	1,8
1/8“	40	3,203	2,590	2,6
5/32“	32	4,003	3,211	3,1
3/16“	24	4,796	3,744	3,6
7/32“	24	5,595	4,538	4,4
1/4“	20	6,389	5,224	5,1
5/16“	18	7,977	6,661	6,5
3/8“	16	9,575	8,052	7,9
7/16“	14	11,167	9,379	9,3
1/2“	12	12,755	10,610	10,5
9/16“	12	14,343	12,176	12
5/8“	11	15,930	13,598	13,5
3/4“	10	19,105	16,538	16,5
7/8“	9	22,280	19,411	19,25
1“	8	25,469	22,185	22
1 1/8“	7	28,644	24,879	24,75
1 1/4“	7	31,819	28,054	27,75
1 3/8“	6	35,008	30,555	30,2
1 1/2“	6	38,184	33,730	33,5
1 5/8“	5	41,359	35,921	35,5
1 3/4“	5	44,534	39,096	38,5
1 7/8“	4 1/2	47,717	41,648	41,5
2“	4 1/2	50,892	44,823	44,5
2 1/4“	4	57,242	50,420	50
2 1/2“	4	63,592	56,770	56,6
2 3/4“	3 1/2	69,942	62,108	62
3“	3 1/2	76,292	68,459	68

Таблицы диаметров отверстий под резьбу для метчиков:

Америк. крупная резьба ASME B1.1.

UNC	Наруж. Ø резьбы мм	Внутр. Ø резьбы гайки Доп. 3B макс.мм	Ø отверстия под резьбу мм
№ 1 – 64	1,854	1,582	1,55
№ 2 – 56	2,184	1,872	1,85
№ 3 – 48	2,515	2,146	2,1
№ 4 – 40	2,845	2,385	2,35
№ 5 – 40	3,175	2,697	2,65
№ 6 – 32	3,505	2,896	2,85
№ 8 – 32	4,166	3,528	3,5
№ 10 – 24	4,826	3,950	3,9
№ 12 – 24	5,486	4,590	4,5
1/4“ – 20	6,350	5,250	5,1
5/16“ – 18	7,938	6,680	6,6
3/8“ – 16	9,525	8,082	8
7/16“ – 14	11,112	9,441	9,4
1/2“ – 13	12,700	10,881	10,8
9/16“ – 12	14,288	12,301	12,2
5/8“ – 11	15,875	13,693	13,5
3/4“ – 10	19,050	16,624	16,5
7/8“ – 9	22,225	19,520	19,5
1“ – 8	25,400	22,344	22,25
1 1/8“ – 7	28,575	25,082	25
1 1/4“ – 7	31,750	28,258	28
1 3/8“ – 6	34,925	30,851	30,75
1 1/2“ – 6	38,100	34,026	34
1 3/4“ – 5	44,450	39,560	39,5
2“ – 4 1/2	50,800	45,367	45
2 1/4“ – 4 1/2	57,150	51,717	51,5
2 1/2“ – 4	63,500	57,389	57,25
2 3/4“ – 4	69,850	63,739	63,5
3“ – 4	76,200	70,089	70
3 1/4“ – 4	82,550	76,439	76,2
3 1/2“ – 4	88,900	82,789	82,6
3 3/4“ – 4	95,250	89,139	88,9
4“ – 4	101,600	95,489	95,25

Америк. мелкая резьба ASME B1.1.

UNF	Наруж. Ø резьбы мм	Внутр. Ø резьбы гайки Доп. 3B макс. мм	Ø отверстия под резьбу мм
Nr. 0 – 80	1,524	1,306	1,25
Nr. 1 – 72	1,854	1,613	1,55
Nr. 2 – 64	2,184	1,913	1,9
Nr. 3 – 56	2,515	2,197	2,15
Nr. 4 – 48	2,845	2,459	2,4
Nr. 5 – 44	3,175	2,741	2,7
Nr. 6 – 40	3,505	3,012	2,95
Nr. 8 – 36	4,166	3,597	3,5
Nr.10 – 32	4,826	4,168	4,1
Nr.12 – 28	5,486	4,717	4,7
1/4“ – 28	6,350	5,563	5,5
5/16“ – 24	7,938	6,995	6,9
3/8“ – 24	9,525	8,565	8,5
7/16“ – 20	11,112	9,947	9,9
1/2“ – 20	12,700	11,524	11,5
9/16“ – 18	14,288	12,969	12,9
5/8“ – 18	15,875	14,554	14,5
3/4“ – 16	19,050	17,546	17,5
7/8“ – 14	22,225	20,493	20,4
1“ – 12	25,400	23,363	23,25
1 1/8“ – 12	28,575	26,538	26,5
1 1/4“ – 12	31,750	29,713	29,5
1 3/8“ – 12	34,925	32,888	32,75
1 1/2“ – 12	38,100	36,063	36

Таблицы диаметров отверстий под резьбу для метчиков:

Резьба трубная электротехническая DIN 40 430

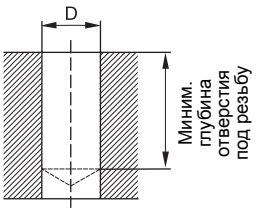
Pg	Число ниток	Наружн. Ø резьбы	Внутр. Ø резьбы гайки	Ø отверстия под резьбу
	нитки/1“	мм	мм макс.	мм
Pg 7	20	12,5	11,43	11,4
Pg 9	18	15,2	14,01	14
Pg 11	18	18,6	17,41	17,25
Pg 13,5	18	20,4	19,21	19
Pg 16	18	22,5	21,31	21,25
Pg 21	16	28,3	27,03	27
Pg 29	16	37,0	35,73	35,5
Pg 36	16	47,0	45,73	45,5
Pg 42	16	54,0	52,73	52,5
Pg 48	16	59,3	58,03	58

Америк. коническая трубная резьба конус 1:16

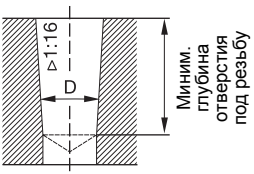
NPT	Число ниток	Ø отверстия под резьбу D *без применения развёртки	Ø отверстия под резьбу D **с применением конусной развёртки	Мин. глубина отверстия под резьбу
	нитки/1“	мм	мм	мм
1/16“	27	6,15	5,95	12
1/8“	27	8,5	8,25	12
1/4“	18	11	10,75	17,5
3/8“	18	14,5	14,1	17,6
1/2“	14	17,85	17,5	22,9
3/4“	14	23,2	22,7	23
1“	11 1/2	29	28,6	27,4
1 1/4“	11 1/2	37,8	37,3	28,1
1 1/2“	11 1/2	44	43,4	28,4
2“	11 1/2	56	55,5	28,4

согласно ANSI B1.20.1 для резьбы с уплотнительным средством

* Черновое сверление цилиндр. отверстия без применения развёртки



**Черновое сверление цилиндр. отверстия и развёртывание под конус (1:16)



1 Способы образования резьбы

Образование резьбы производится следующими основными способами:

- Нарезание резьбы метчиками
- Формирование резьбы
- Резьбофрезерование
- Нарезание резьбы резцом

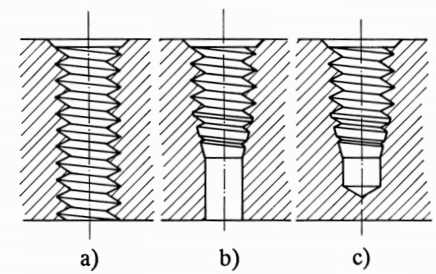
2 Нарезание резьбы метчиками

2.1 Описание

Нарезание резьбы метчиком – это растачивание (рассверливание) метчиком для формирования внутренней резьбы.

Наиболее просто выполняется нарезание резьбы в сквозных отверстиях. Для этого подходит инструмент с длинной заборной частью, обеспечивающий малые силы резания. Отвод стружки может производиться в направлении сверления. Отсутствует опасность поломки инструмента при реверсировании.

При нарезании резьбы в сквозных отверстиях со сбегом (см. *рис. 4.1*) при реверсировании, напротив, следует учитывать максимальное значение вращающего момента.



a) Резьба в сквозном отверстии
b) Резьба со сбегом в сквозном отверстии
c) Резьба в глухом отверстии

При нарезании резьбы в глухих отверстиях к инструменту предъявляются дополнительные требования, так как стружка не может отводиться в направлении сверления, а должна отводиться в обратном направлении через стружечную канавку. При этом она создает дополнительное препятствие для подачи СОЖ.

Рис. 4.1 Форма сбега резьбы

2.2 Форма метчиков

Форма метчика должна в первую очередь соответствовать виду стружки (мелкая или длинная стружка) и направлению её отвода (вперёд или назад). Некоторые формы представлены на *рис. 4.2*.

A) метчик с прямой канавкой для сквозных отверстий

B) как A), но с поднутрением для стали

C) метчик с левой спиральной канавкой для сквозных отверстий в длинностружечных материалах

D) метчик с прямой канавкой для обработки закалённых сталей

E) метчик с правой спиральной канавкой для глухих отверстий в стали

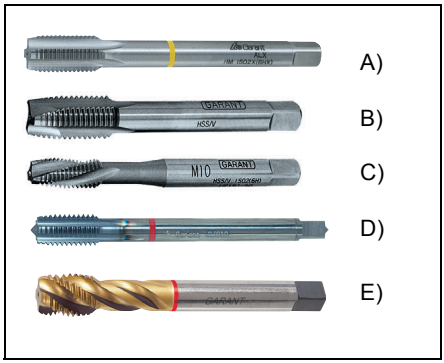


Рис. 4.2 Форма различных метчиков GARANT

2.3 Износ и стойкость режущего инструмента, выраженная длиной резания

Одной из основных проблем при нарезании является выкрашивание режущей кромки. Оно может происходить в заборной или центрирующей части как при поступательном, так и при обратном вращении инструмента. Выкрашивание при поступательном вращении происходит, как правило, в результате защемления мелкой стружки. Выкрашивание режущей кромки при обратном вращении обычно связано со сваркой давлением на задних поверхностях и со срезом основания стружки при реверсировании.

Стойкость метчиков, выраженная длиной резания, зависит от измеримых критериев качества получаемой резьбы, например:

- средний диаметр резьбы
- внутренний диаметр резьбы
- шероховатость боковых поверхностей резьбы
- шаг резьбы
- момент резания или потребляемая мощность.

2.4 Срезание припуска и формирование профиля резьбы

Форма поперечного сечения стружки A задается распределением резов, которое представлено на *рис. 4.3* (трехзубый метчик). Угол врезания ϑ определяет наклон отдельных резов и количество витков резьбы, z_g по которым распределяется заборная часть.

$$\cos\vartheta = \frac{h}{h'}$$

ϑ Угол врезания
h Толщина срезаемого слоя
h' Высота отдельного поперечного сечения

$$z_g = \frac{H \cdot \Delta H}{P \tan\vartheta}$$

(уравн. 4.1)

Z_g Количество витков резьбы
H Высота профиля резьбы
ΔH Величина H
P Шаг резьбы
ϑ Угол врезания

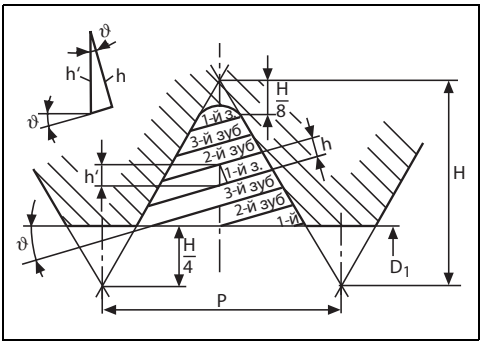


Рис. 4.3 Распределение поперечного сечения стружки в витке резьбы по режущим кромкам трехзубого метчика

При этом высота профиля резьбы H должна уменьшиться на величину ΔH (см. *рис. 4.3*).

$$\Delta H = \frac{H}{8} + \frac{H}{4}$$

Высота отдельного поперечного сечения h' получается по формуле:

$$h' = \frac{P}{z} \cdot \tan\vartheta$$

P Шаг резьбы
Z Число режущих кромок
ϑ Угол врезания или угол в плане

и толщина срезаемого слоя h :

$$h = h' \cdot \cos\vartheta = \frac{P}{z} \cdot \sin\vartheta$$

(уравн. 4.2)

Общее **поперечное сечение стружки** A рассчитывается по площади резьбы за вычетом обоих небольших внутренних и наружных углов резьбы.

$$A = 0{,}4 \cdot P^2$$

A Поперечное сечение стружки
P Шаг резьбы

(уравн. 4.3)

2.5 Силы и мощность, затрачиваемая на резание

Расчёт силы резания F_c производится следующим образом:

$$F_C = \frac{1}{z} \cdot A \cdot k_C \cdot f_{Gs} \cdot K_{Ver}$$

(уравн. 4.4)

z Число режущих кромок
A Поперечное сечение стружки
k_c Удельная сила резания (см. *уравн . 2.14*)
f_{Gs} Технологический коэффициент для нарезания резьбы
K_{Ver} Поправочный коэффициент износа (см. *таблицу 2.12*)

Влияние различных параметров резания (боковое трение, передний угол, скорость резания, дополнительная деформация стружки и т. д.) учитывается через технологический коэффициент f_{Gs}. Данный коэффициент составляет:

- для чугуна
- для стали

f_{Gs} = 1,1
f_{Gs} в зависимости от диаметра резьбы (см. *рис. 4.4*)

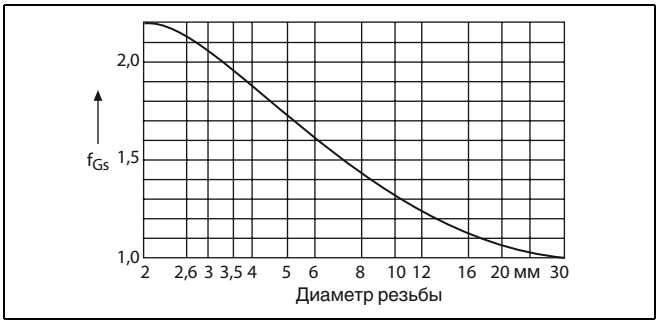


Рис. 4.4 Определение технологического коэффициента для нарезания резьбы метчиком

Расчёт момента резания M_c и мощности P_c, расходуемой на резание, производится по следующей формуле:

$$M_C = F_C \cdot z \cdot \frac{D_2}{2}$$

(уравн. 4.5)

M_c Момент резания [Н•м]
F_c Касательная составляющая силы резания
Z Число режущих кромок
D_2 Средний диаметр резьбы

или

$$M = \frac{2,5}{8000} \cdot k_c \cdot P^2 \cdot D$$

M Вращающий момент [Н•м]
k_c Удельн. сила резания [Н/мм^2]
P Шаг резьбы [мм]
D Диаметр резьбы [мм]

В формуле для вращающего момента учтён износ инструмента (коэффициент 2,5). Для нового инструмента коэффициент 2,5 не учитывается.

$$P_C = \frac{M_C \cdot n}{9554}$$

P_c Расходуемая мощность на резание [кВт]
n Частота вращения [об/мин]

(уравн. 4.6)

2.6 Ориентировочные режимы резания

Таблица 4.1 GARANT – Машинные метчики (VHM) для обработки закалённых сталей

Каталож. № 132080; 132862; 133320

Группа обрабатываемых материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Нарезание резьбы v_c [м/мин] мин.	начальн.	макс.	Размер	n [об/мин]
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	2	3	4	M 3	318
						M 4	239
						M 5	191
						M 6	159
						M 8	119
						M 10	95
						M 12	80
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	1	2	3	M 3	212
						M 4	159
						M 5	127
						M 6	106
						M 8	80
						M 10	64
						M 12	53

Указания в отношении использования машинных метчиков VHM:

Использовать только с компенсирующим патроном, в том числе на станках с синхронизированным приводом шпинделя.

Рекомендация:
- внутренний диаметр резьбы прим. на 0,1 - 0,2 мм больше, чем стандартный внутр. диаметр резьбы по DIN для сверления
- обязательно использовать смазочное масло
- после выполнения каждой операции производить чистку метчика
- соблюдать рекомендуемую скорость резания

3 Формирование резьбы

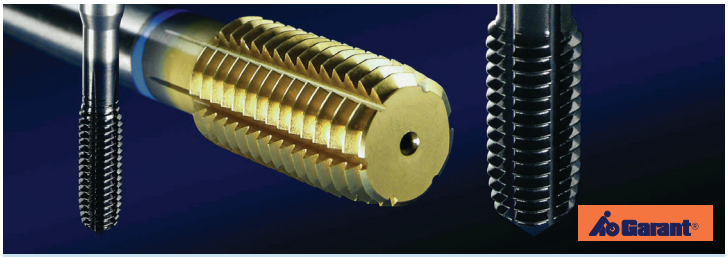
Вращающий момент определяется следующим образом:

$$M = \frac{3,5}{8000} \cdot k_c \cdot P^2 \cdot D$$

(уравн. 4.7)

M Вращающий момент [Н•м]
kc Удельная сила резания [Н/мм^2]
P Шаг резьбы [мм]
D Диаметр резьбы [мм]

В формуле для вращающего момента учтён износ инструмента (коэффициент 3,5). Для нового инструмента вместо коэфф. 3,5 следует вводить коэфф. 2,5.

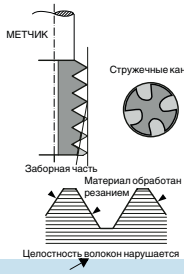


Бесстружечный метчик

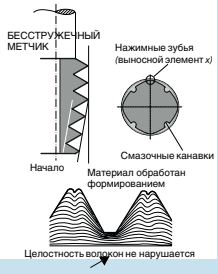
Информация

Сравнение нарезания резьбы / формирования резьбы:

Нарезание резьбы



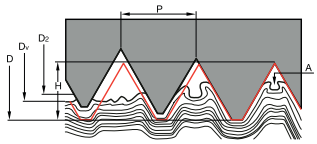
Формирование резьбы



Геометрия инструмента

R_1 = средний Ø резьбы
R_2 = номинальный Ø

Характер течения пластического деформирования



D = номинальный Ø
D_2 = средний Ø резьбы
D_v = Ø сверла
H = высота профиля
P = шаг резьбы
A = формовочная впадина (гребень)

Условия

- **Материалы, обладающие высокой деформируемостью**
  К ним относятся почти все цветные металлы, алюминий и алюминиевые сплавы, в том числе короткостружечные с предельным удлинением 1 - 3 %. Пластической деформации поддаются очень многие марки стали, даже улучшенные стали до 900 Н/мм². Однако границы применения могут быть определены только в ходе практических испытаний.
- **Смазка**
  При формировании резьбы особенно важное значение имеют хорошие антифрикционные свойства. При обработке, содержащие графит бесстружечными метчиками необходимо использовать маслянистые СОЖ или масла, либо вводить в применяемую смазку соответствующие добавки.
  Бесстружечные метчики с покрытием дают очень хорошие результаты при обработке различных материалов также с использованием эмульсии.
- **Диаметр отверстия больше,** чем диаметр отверстия под резьбу при нарезании резьбы со снятием стружки. Профиль полученной резьбы сформирован не полностью. Однако степень перекрытия профиля составляет 70 – 75 %.

Преимущества бесстружечного изготовления резьбы

- Для получения резьбы в сквозных и глухих отверстиях требуется только **1** инструмент.
- Снижение расходов за счет увеличения стойкости и скоростей резания
- Отсутствие проблем со стружкой.
- Резьба не может быть подрезана.
- Целостность волокон не нарушается, что обеспечивает повышение прочности и стойкости к нагрузкам.
- Повышение качества поверхности сторон профиля резьбы.
- **Для резьбы в глубоких отверстиях (до 4xD).**

Указание по применению:

- Диаметр предварительного сверления: ∅ отвер. под резьбу = наруж. ∅ резьбы – 0,54 x шаг
  Указание: При формировании резьбы в стали следует прибавить значение 0,1 мм.
- Скорость резания: $v_{c\ min} \approx 20$ м/мин
  Скорость резания в 3 раза выше по сравнению с нарезанием резьбы метчиками (→ лучше текучие свойства материала при более высоких v_c)

4 Резьбофрезерование

4.1 Принцип резьбофрезерования гребенчатой фрезой

Гребенчатые фрезы GARANT могут быть использованы для нарезания как наружной, так и внутренней резьбы. Быстрорежущая фреза врезается в заготовку на всю глубину, в то время как заготовка медленно вращается. Принцип резьбообразования представлен на *рис. 4.5*.

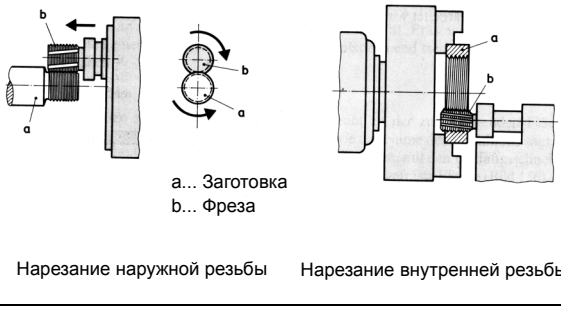


Рис. 4.5 Резьбофрезерование гребенчатой фрезой

4.2 Расчёт основного машинного времени

При фрезеровании для расчёта основного машинного времени t_h используется следующее общее уравнение (см. также уравнение 3.18):

$$t_h = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$$

t_h Основное машинное время [мин]
L Общее перемещение инструмента [мм] (уравн. 4.8)
i Число резов (витков)
v_f Скорость подачи [мм/мин]
f Подача [мм/об]
n Частота вращения [мин$^{-1}$]

При **резьбофрезеровании гребенчатой фрезой** для пускового перемещения фрезы ($\frac{1}{6}d \cdot \pi$) действительны следующие уравнения:

$$L = \frac{7}{6} \cdot d \cdot \pi$$

L Общее перемещение инструмента [мм](уравн. 4.9)
d Диаметр резьбы [мм]

$$t_h = \frac{7d \cdot \pi}{6f \cdot n}$$

t_h Основное машинное время [мин]
d Наружный диаметр резьбы [мм] (уравн. 4.10)
f Подача [мм/об]
n Частота вращения [об/мин]

4.3 Особенности использования резьбовых фрез

При резьбофрезеровании на станках с КЧПУ необходимо принимать во внимание, что на большей части станков программируемая скорость подачи ориентирована на центр инструмента. При линейном перемещении скорости подачи в центре и на режущих кромках идентичны. Однако в случае вращательного движения наблюдается значительная разница скоростей подачи, которые можно рассчитать с помощью следующих уравнений (см. также *рис. 4.6*).

Для **нарезания внутренней резьбы**:

$$v_{f2} = \frac{v_{f1} \cdot (d_i - D_{wz})}{d_i}$$

v_{f2} Скорость подачи в центре инструмента [мм/мин]
v_{f1} Скорость подачи на режущей кромке [мм/мин]
d_i Диаметр внутренней резьбы [мм]
D_{wz} Диаметр фрезы [мм] (уравн. 4.11)

Для **нарезания наружной резьбы**:

$$v_{f2} = \frac{v_{f1} \cdot (d_a - D_{wz})}{d_a}$$

v_{f2} Скорость подачи в центре инструмента [мм/мин]
v_{f1} Скорость подачи на режущей кромке [мм/мин]
d_a Диаметр наружной резьбы [мм]
D_{wz} Диаметр фрезы [мм] (уравн. 4.12)

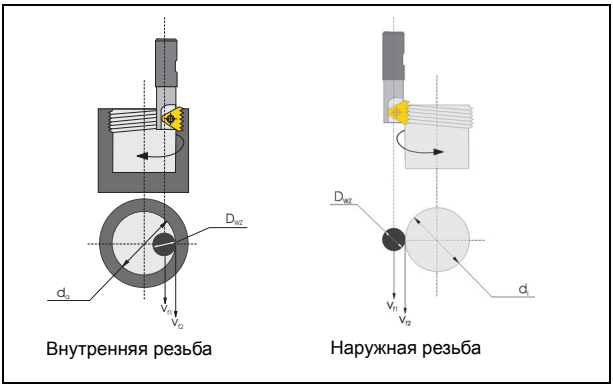
Кроме того, для обоих вариантов нарезания резьбы действительны следующие зависимости:

$$v_{f1} = f_z \cdot n \cdot z$$

v_{f1} Скорость подачи на режущей кромке [мм/мин]
f_z Подача на режущую кромку [мм/мин] (уравн. 4.13)
n Частота вращения [об/мин]
z Число режущих кромок

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_{wz} \cdot \pi}$$

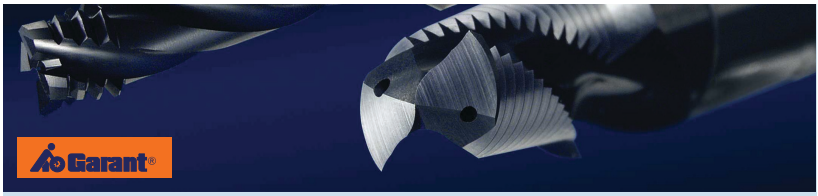
n Частота вращения [об/мин]
v_c Скорость резания [м/мин] (уравн. 4.14)
D_{wz} Диаметр фрезы [мм]



Внутренняя резьба Наружная резьба

Рис. 4.6 Геометрия нарезания внутренней и наружной резьбы фрезой

4.4 Резьбофрезерование сверлящей резьбофрезой



Резьбовые фрезы

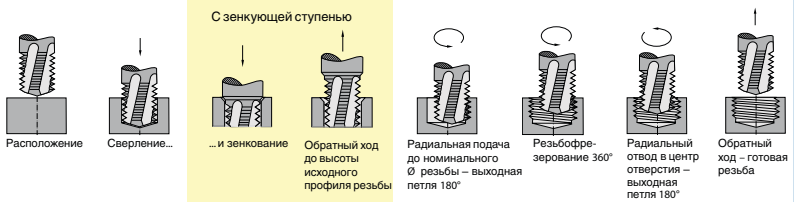
Информация

Последовательность обработки циркулярной резьбовой фрезой **(№ 139480):**

Материалы	Скорость рез. v_c м/мин	* Подача f_z мм
Стали, хорошо поддающиеся обработке резанием, до 900 Н/мм²	150 – 250	0,05 – 0,08
Улучшенные, жаропрочные стали до 1100 Н/мм²	100 – 200	0,03 – 0,05
Инструментальные стали	100 – 200	0,03 – 0,05
Нержавеющие стали	100 – 200	0,03 – 0,05
Серый чугун	200 – 300	0,05 – 0,08
Алюминиевые сплавы	200 – 300	0,05 – 0,10
Инструментальные стали 35 – 45 HRc	80 – 85	0,02 – 0,03
Инструментальные стали 45 – 55 HRc	75 – 80	0,02 – 0,03
Инструментальные стали 55 – 62 HRc	70 – 75	0,02

* подача относится к контуру

Последовательность обработки резьбовой фрезой по алюминию и чугуну **(№ 139510 – 139515):**



Ориентировочные значения скорости резания и подачи:

	Алюминиевые сплавы	Серый чугун	Чугун с шаровидным графитом
Скорость резания при сверлении V_c (м/мин)	100 – 400	50 – 120	50 – 100
f (мм/об) ≤ M6	0,10 – 0,20	0,10 – 0,20	0,10 – 0,20
f (мм/об) ≤ M12	0,12 – 0,35	0,10 – 0,30	0,10 – 0,20
Скорость резания при фрезеровании V_c (м/мин)	100 – 400	50 – 120	50 – 100
f_z (мм/зуб) ≤ M6	0,03 – 0,07	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04
f_z (мм/зуб) ≤ M12	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	0,05 – 0,08

Если программой станка с КЧПУ не предусмотрена команда для подачи при наружном фрезеровании, данный параметр можно рассчитать по следующей формуле:

$$F_{\text{наружная фреза}} = n \times z \times f_z$$

$$F_{\text{подача в центре}} = \frac{n \times z \times f_z \times 2_e}{AD_M}$$

F = Подача (мм/мин)
n = Частота вращения (об/мин)
Z = Число зубьев
f_z = Подача фрезы (мм/зуб)
e = Эксцентриситет (мм)
AD_M = Наружный диаметр гайки (мм)

Преимущества:

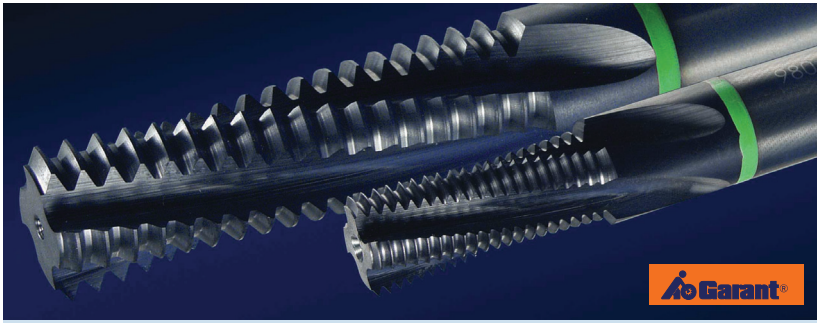
- Для получения резьбы **в сквозных и глухих отверстиях** требуется только 1 инструмент.
- **При помощи 1 инструмента за одну операцию можно изготовить отверстие, произвести зенкование и нарезать внутреннюю резьбу.**
- **Сокращение более чем на 50 % основного машинного времени** за счет увеличения скорости резания и подачи.
- **Не требуется смена инструмента, что означает экономию времени.**
- **Отсутствуют проблемы со стружкой** – образуется только короткая стружка, которая вымывается из СОЖ отверстия
- **Легко можно изготовить резьбу, с отклонениями допуска,** размером больше или меньше номинального.
- Очень высокая степень чистоты обработки поверхности резьбы

Таблица 4.2 **GARANT – Резьбовые фрезы с зенкующей ступенью (VHM/TiAlN)**
Каталож. № **139510; 139515**
Число режущих кромок **2**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Сверление								Резьбофрезерование							Зенкерование и зенкование
			v_c [м/мин]			d	n	f_z [мм/зуб]		$v_{f\,max}$	v_c [м/мин]			Размер	n	f_z [мм/зуб]		$v_{f\,max}$	d max
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм]	[об/мин]	мин.	макс.	[мм/мин]	мин.	начн.	макс.		[об/мин]	мин.	макс.	[мм/мин]	[мм]
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	50	90	120	3,30	8.681	0,10	- 0,20	1.736	50	90	120	M 4	7.162	0,04	- 0,08	573	4,5
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB				4,20	6.821			1.364				M 5	5.730			458	5,5
						5,00	5.730			1.146				M 6	4.775			382	6,6
						6,75	4.244	0,10	- 0,30	1.273				M 8	3.581	0,10	- 0,20	716	9,0
						8,50	3.370			1.011				M 10	2.865			573	11,0
						10,25	2.795			838				M 12	2.387			477	13,5
						12,00	2.387			716				M 14	2.046			409	15,5
						14,00	2.046			614				M 16	1.790			358	17,5
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	50	70	100	3,30	6.752	0,10	- 0,20	1.350	50	70	100	M 4	5.570	0,04	- 0,08	446	4,5
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB				4,20	5.305			1.061				M 5	4.456			357	5,5
						5,00	4.456			891				M 6	3.714			297	6,6
						6,75	3.301			660				M 8	2.785	0,10	- 0,16	446	9,0
						8,50	2.621			524				M 10	2.228			357	11,0
						10,25	2.174			435				M 12	1.857			297	13,5
						12,00	1.857			371				M 14	1.592			255	15,5
						14,00	1.592			318				M 16	1.393			223	17,5
17.0	Ал. длинноструж.; Деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	100	220	400	3,30	21.221	0,10	- 0,20	4.244	100	220	400	M 4	17.507	0,06	- 0,14	2.451	4,5
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.					4,20	16.673			3.335				M 5	14.006			1.961	5,5
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si					5,00	14.006			2.801				M 6	11.671			1.634	6,6
						6,75	10.375	0,12	- 0,35	3.631				M 8	8.754	0,10	- 0,20	1.751	9,0
						8,50	8.239			2.884				M 10	7.003			1.401	11,0
						10,25	6.832			2.391				M 12	5.836			1.167	13,5
						12,00	5.836			2.042				M 14	5.002			1.000	15,5
						14,00	5.002			1.751				M 16	4.377			875	17,5
20.0	Термопласты		60	80	120	3,30	7.717	0,10	- 0,20	1.543	60	80	120	M 4	6.366	0,03	- 0,06	382	4,5
20.1	Реактопласты					4,20	6.063	(0,10	- 0,15)	1.213				M 5	5.093	(0,03	- 0,06)	306	5,5
20.2	(стекло- и углепластик)		(60	70	80)	5,00	5.093			1.019	(60	70	80)	M 6	4.244			255	6,6
						6,75	3.773	0,12	- 0,35	1.320				M 8	3.183	0,06	- 0,10	318	9,0
						8,50	2.996	(0,12	- 0,22)	1.049				M 10	2.546	(0,05	- 0,10)	255	11,0
						10,25	2.484			870				M 12	2.122			212	13,5
						12,00	2.122			743				M 14	1.819			182	15,5
						14,00	1.819			637				M 16	1.592			159	17,5

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи vf получают из скорости резания vc при пуске и максимальной подачи на зуб fz.
Значения в скобках для пластмасс действительны для группы обрабатываемых материалов 20.2. Значения частоты вращения и скорости подачи для группы 20.2 не рассчитывались.

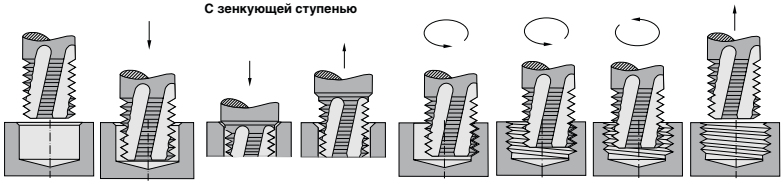
4.5 Резьбофрезерование концевыми резьбофрезами



Концевая резьбовая фреза
Последовательность обработки

Информация

С зенкующей ступенью



Расположение | Осевая подача до высоты исходного профиля резьбы | Зенкование | Обратный ход до высоты исходного профиля резьбы | Радиальная подача до номинального Ø резьбы – входная петля 180° | Резьбофрезерование 360° | Радиальный отвод в центр отверстия – выходная петля 180° | Обратный ход – готовая резьба

Ориентировочные значения скорости резания и подачи:

	Алюминиевый сплав	Серый чугун	Нелегированные стали	Нержавеющие стали	Чугун с шаровидным графитом	Титановый сплав
Скорость резания при фрезеровании V_C(м/мин)	100 – 400	50 – 120	50 – 100	25 – 75	50 – 100	20 – 60
f_z (мм/зуб) ≤ M6	0,03 – 0,07	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04	0,01 – 0,02	0,02 – 0,04	0,01 – 0,02
f_z (мм/зуб) ≤ M12	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	0,04 – 0,06	0,02 – 0,03	0,05 – 0,08	0,02 – 0,04

Если программой станка с КЧПУ не предусмотрена команда для подачи при наружном фрезеровании, данный параметр можно рассчитать по следующей формуле:

$$F_{\text{наружная фреза}} = n \times z \times f_z$$

$$F_{\text{в центре подача}} = \frac{n \times z \times f_z \times 2_e}{AD_M}$$

F = Подача (мм/мин)
n = Частота вращения (об/мин)
Z = Число зубьев
f_z = Подача фрезы (мм/зуб)
e = Эксцентриситет (мм)
AD_M = Наружный диаметр гайки (мм)

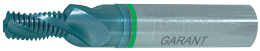
Преимущества:

- Для получения **резьбы в сквозных и глухих отверстиях** требуется только 1 инструмент.
- **Сокращение основного машинного времени** за счет увеличения скорости резания и подачи.
- **Сокращение затрат времени на смену инструмента.**
- Требуется только 1 инструмент для **правой и левой резьбы,** а также для различных допусков.
- Легкая обработка **материалов, плохо поддающихся резанию.**
- **Отсутствие проблем со стружкой,** поскольку короткая стружка образуется только в результате обработки фрезой.

Таблица 4.3 **Концевые резьбовые фрезы GARANT (VHM/TiAlN)**

Каталож. № **139650; 139655; 139658; 139660; 139670; 139685; 139688; 139710; 139720; 139725; 139726; 139730**

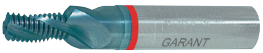
Число режущих кромок **от 3 до 5**



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Резьбофрезерование								Зенкерование и зенкование
			v_c [м/мин]			Размер	n [об/мин]	f_z [мм/зуб]		$v_{f\,max}$ [мм/мин]	d max [мм]
		[Н/мм²]	мин.	начальн.	макс.			мин.	макс.		
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	50	80	100	M 4	6.366	0,06	0,12	764	4,5
1.1	Констр. стали общего назн.	500–850				M 5	5.093			611	5,5
2.0	Автоматные стали	< 850				M 6	4.244			509	6,6
2.1	Автоматные стали	850–1000				M 8	3.138	0,12	0,18	573	9,0
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700				M 10	2.546			458	11,0
3.1	Нелег. улучш. стали	700–850				M 12	2.122	0,18	0,24	509	13,5
3.2	Нелег. улучш. стали	850–1000				M 14	1.819	0,24	0,32	437	15,5
						M 16	1.592			382	17,5
						M 20	1.273	0,30	0,40	306	24,0
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	50	80	M 4	3.979	0,03	0,06	239	4,5
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700				M 5	3.183			191	5,5
13.1	Нерж. Мартенситн. стали	<1100				M 6	2.653			159	6,6
						M 8	3.979	0,06	0,12	477	9,0
						M 10	3.183			382	11,0
						M 12	1.326	0,09	0,18	239	13,5
						M 14	1.137	0,12	0,24	205	15,5
						M 16	995			179	17,5
						M 20	796	0,15	0,30	143	24,0
15.0	Чугун (СЧ)	> 180 HB	75	100	150	M 4	7.958	0,06	0,12	955	4,5
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB				M 5	6.366			764	5,5
						M 6	5.305			637	6,6
						M 8	3.979	0,18	0,30	1.194	9,0
						M 10	3.183			955	11,0
						M 12	2.653	0,24	0,45	1.194	13,5
						M 14	2.274	0,32	0,60	1.023	15,5
						M 16	1.989			895	17,5
						M 20	1.592	0,40	0,75	716	24,0
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	50	75	100	M 4	5.968	0,03	0,06	716	4,5
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB				M 5	4.775			573	5,5
						M 6	3.979			477	6,6
						M 8	2.984	0,03	0,09	537	9,0
						M 10	2.387			430	11,0
						M 12	1.989	0,06	0,15	477	13,5
						M 14	1.705	0,08	0,20	409	15,5
						M 16	1.492			358	17,5
						M 20	1.194	0,10	0,25	286	24,0
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	40	60	80	M 4	4.775	0,03	0,06	286	4,5
16.1	Титан, титановые сплавы	850–1200				M 5	3.820			229	5,5
						M 6	3.183			191	6,6
						M 8	2.387	0,03	0,09	215	9,0
						M 10	1.910			172	11,0
						M 12	1.592	0,06	0,15	239	13,5
						M 14	1.364	0,08	0,20	205	15,5
						M 16	1.194			179	17,5
						M 20	955	0,10	0,25	143	24,0
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	100	220	400	M 4	17.507	0,09	0,21	3.676	4,5
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.					M 5	14.006			2.941	5,5
17.2	Лит. алюм. сплав >10 % Si					M 6	11.671			2.451	6,6
						M 8	8.754	0,15	0,24	2.101	9,0
						M 10	7.003			1.681	11,0
						M 12	5.836	0,18	0,30	1.751	13,5
						M 14	5.002	0,24	0,40	1.501	15,5
						M 16	4.377			1.313	17,5
						M 20	3.501	0,30	0,50	1.050	24,0
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	200	225	300	M 4	17.905	0,09	0,15	2.686	4,5
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850				M 5	14.324			2.149	5,5
						M 6	11.937			1.790	6,6
						M 8	8.952	0,12	0,15	1.343	9,0
						M 10	7.162			1.074	11,0
						M 12	5.968	0,15	0,24	1.432	13,5
						M 14	5.116	0,20	0,32	1.228	15,5
						M 16	4.476			1.074	17,5
						M 20	3.581	0,25	0,40	859	24,0

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи vf получаем из скорости резания vc при пуске и максимальной подачи на зуб fz.

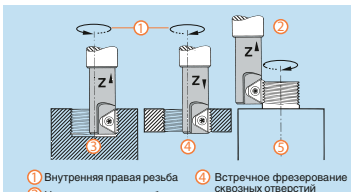
Таблица 4.4 **GARANT – Концевые резьбовые фрезы VHM с зенкующей ступенью для закалённых сталей**



Каталож. № 139652

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Номин. диаметр	Число зубьев	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача при зенковании f_s [мм/об]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]	Срезание припуска и формирование профиля резьбы
10.0	**Закалённые стали**	**45–55 HRC**	M1	2	25	0,006	0,002	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M2	2	25	0,008	0,004	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M3	3	30	0,008	0,006	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M4	4	30	0,012	0,008	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M5	4	30	0,015	0,010	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M6	4	35	0,015	0,012	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M8	4	35	0,020	0,015	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M10	5	40	0,020	0,017	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M12	5	40	0,020	0,018	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M14	5	40	0,022	0,020	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M16	5	45	0,022	0,022	двойной радиальный (2/3–1/3)
10.1	**Закалённые стали**	**55–60 HRC**	M1	2	20	0,004	0,002	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M2	2	20	0,004	0,003	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M3	3	25	0,006	0,004	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M4	4	25	0,006	0,005	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M5	4	25	0,008	0,006	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M6	4	30	0,010	0,008	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M8	4	30	0,015	0,010	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M10	5	35	0,015	0,012	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M12	5	35	0,017	0,015	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M14	5	40	0,018	0,018	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M16	5	40	0,020	0,020	двойной радиальный (2/3–1/3)
10.2	**Закалённые стали**	**60–67 HRC**	M1	2	15	0,003	0,001	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M2	2	15	0,003	0,002	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M3	3	20	0,005	0,003	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M4	4	20	0,005	0,004	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M5	4	20	0,006	0,005	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M6	4	25	0,006	0,006	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M8	4	25	0,010	0,008	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M10	5	30	0,012	0,010	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M12	5	30	0,014	0,012	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M14	5	30	0,015	0,015	двойной радиальный (2/3–1/3)
			M16	5	30	0,018	0,018	двойной радиальный (2/3–1/3)

4.6 Резьбофрезерование с использованием сменной многогранной пластины



Резьбовые фрезы с СМП применяются на станках с ЧПУ и в многоцелевых обрабатывающих центрах, которые благодаря трёхкоординатному ЧПУ позволяют осуществлять винтовую интерполяцию.

Рис. 4.7 Последовательность обработки при резьбофрезеровании с использованием СМП

Их преимущество заключается в универсальности применения, например:

- Для нарезания внутренней и наружной резьбы
- Для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях
- Для нарезания цилиндрической и конической резьбы
- Методами попутного или встречного фрезерования и за счёт изменения аксиального направления подачи может быть получена резьба почти всех существующих на практике видов.
- Не представляет трудности нарезание резьбы с изменением допусков.
- В зависимости от материала подходит для обработки сталей, чугуна, алюминиевых сплавов и цветных металлов.
- Отсутствуют проблемы со стружкой – образуется только мелкая стружка.
- Слабое усилие резания – важно при обработке тонкостенных заготовок.

Полезная длина инстру-мента (размер) [мм]	**Шаг резьбы [мм]**	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4
	Эффективный диаметр [мм]	**Минимальный диаметр отверстия [мм]**										
12	11,5	12	12,5	13,2	13,9	14,5	15,1					
20	11,5	12	12,5	13,2	13,9	14,5	15,1					
22	17	17,6	18,2	19	19,6	20	20,5	21				
43	20	20,7	21,4	22	22,6	23	23,5	24				
25	22	22,7	23,4	24	24,6	25	25,5	26				
52	30	30,7	31,4	32	32,8	33,5	34,1	34,6	36,6	39	42	45
92	30	30,7	31,4	32	32,8	33,5	34,1	34,6	36,6	39	42	45
58	37	38	38,6	39,5	40,4	41	41,5	42	44	46,5	49	52
98	37	38	38,6	39,5	40,4	41	41,5	42	44	46,5	49	52

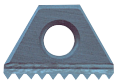
Таблица 4.5 Минимальные диаметры отверстий

Полезная длина инструмента (размер) [мм]	**Число ниток [на дюйм]**	19	14	11
	Эффективный диаметр [мм]	**Минимальный диаметр отверстия [мм]**		
12	11,5	13,9	15,1	
20	11,5	13,9	15,1	
22	17	19,6	20,5	21,5
43	20	22,6	23,5	24,5
25	22	24,6	25,5	26,5
52	30	32,8	34,1	35,6
92	30	32,8	34,1	35,6
58	37	40,4	41,5	43
98	37	40,4	41,5	43

Таблица 4.6 Минимальные диаметры отверстий

Таблица 4.7 **GARANT – Резьбовые фрезы с СМП с внутренним охлаждением (HM/TiCN)**

Каталож. № 139780
Число СМП 1



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Резьбофрезерование v_c [м/мин] мин.	начальн.	макс.	f_z [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	150	160	180	0,1-0,15
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	100	120	150	0,08-0,1
2.0	Автоматные стали	< 850	150	160	180	0,1-0,15
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	100	120	150	0,08-0,1
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120	150	200	0,08-0,1
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	100	130	160	0,08-0,1
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	100	130	160	0,04-0,08
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	120	150	0,08-0,1
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	80	90	110	0,04-0,08
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	90	110	0,04-0,08
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	80	90	110	0,04-0,08
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80	90	110	0,04-0,08
7.0	Азотируемые стали	< 1000	80	90	110	0,04-0,08
7.1	Азотируемые стали	> 1000		–		–
8.0	Инструментал. стали	< 850	80	90	110	0,04-0,08
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100		–		–
8.0	Инструментал. стали	1100 – 1400		–		–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–		–
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC		–		–
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC		–		–
10.2	Закалённые стали	60-67 HRC		–		–
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–
12.0	Пружинные стали	<1500		–		–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	130	150	180	0,03-0,05
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	100	120	150	0,02-0,03
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		–		–
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	130	150	180	0,03-0,05
14.0	Спец. сплавы	<1200		–		–
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	130	140	160	0,12-0,15
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	130	140	160	0,12-0,15
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100	110	130	0,1-0,12
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	110	130	0,1-0,12
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. ал. сплав.; Mg	до 350	250	260	280	0,15-0,2
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		220	230	250	0,12-0,14
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		180	200	220	0,1-0,12
18.0	Медь, низколегир.	< 400	220	230	250	0,12-0,14
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	100	110	130	0,04-0,08
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	160	180	200	0,08-0,1
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	100	110	130	0,04-0,08
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–		–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	220	230	250	0,12-0,14
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–
19.0	Графит			–		–
20.0	Термопласт		220	240	270	0,12-0,15
20.1	Реактопласт		220	240	270	0,12-0,15
20.2	Стекло- и углепластик		100	110	130	0,04-0,08

4.7 Фрезерование циркулярными и резьбовыми фрезами с использованием многогранных и треугольных СМП

Циркулярные фрезы нового поколения позволяют изготавливать с высокой точностью

- пазы под пружинные стопорные кольца,
- метрическую внутреннюю резьбу по стандарту ISO,
- трубную резьбу Витворта

в различных деталях. Многоугольное соединение между режущей пластиной и фрезой обеспечивает значительное повышение рентабельности обработки. В результате:

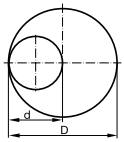
- увеличение стойкости,
- повышение производительности,
- увеличение подачи и
- сокращение затрат времени на обработку.

Ниже представлен обзор рекомендаций по использованию.

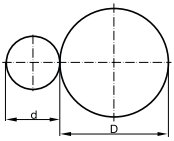
Циркулярное фрезерование с использованием многогранных и треугольных СМП

Информация

Внутреннее фрезерование

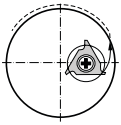


Наружное фрезерование

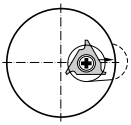


Идеальное соотношение диаметров отверстия инструмента 2:1 обеспечивает уменьшение угла обхвата и, тем самым, ровное движение инструмента. **Рекомендуется попутное фрезерование.**

Врезание по дуге

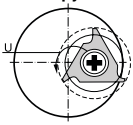


Прямое врезание

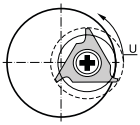


По возможности врезание всегда следует производить по дуге. При прямом врезании использовать только 1/3 подачи и только после достижения глубины прорезания обрабатывать с полной подачей.

Запрограммированная тангенциальная подача относительно середины инструмента



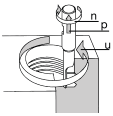
Эффективная подача относительно наруж. Ø инструмента



Всегда следить за фактической подачей (эффективной подачей) по наружному диаметру инструмента.

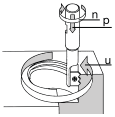
Резьбофрезерование

Внутренняя резьба



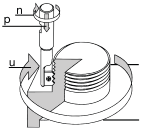
Правая резьба (попутное фрезерование)

Внутренняя резьба



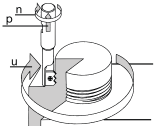
Левая резьба (попутное фрезерование)

Наружная резьба



Правая резьба (попутное фрезерование)

Наружная резьба



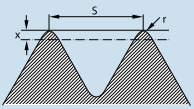
Левая резьба (попутное фрезерование)

По возможности производить обработку надлежит попутным фрезерованием. Если длина резьбы должна быть больше длины пластины, можно добавить. Если врезание производится по дуге, необходимо учитывать аксиальную подачу (соответственно шагу резьбы).

n = направление вращения фрезы всегда правое
p = аксиальное направление подачи (1 об/шаг)
u = радиальное направление подачи

Поправка для нарезания внутренней резьбы

Примечание – Внутренняя резьба задается через номинальный размер. Для изготовления калиброванной резьбы необходимо следующее:
Радиус фрезы измеряется через радиус закругления (r) и вводится в программу управления за вычетом поправки X для соответствующего шага (S)



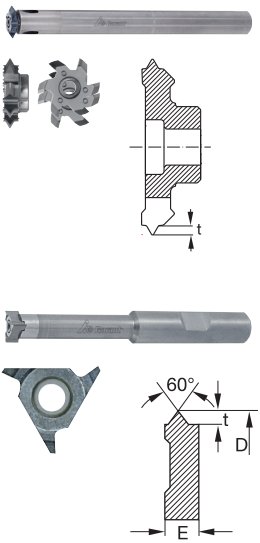
Шаг резьбы	0,50	0,75	0,80	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
Поправка	0,017	0,031	0,035	0,036	0,045	0,052	0,059	0,076	0,091	0,104	0,129	0,143	0,166	0,181	0,205	0,219

Таблица 4.8 **GARANT – Циркулярные и резьбовые фрезы с многогранными и треугольными СМП**

Каталож. № **217250; 217252; 217400; 217405**

Для твердосплавных фрез величину подачи на зуб (fz) надлежит умножить на следующий коэффициент:
Исполнение L (длинные): x0,5 **Исполнение XL (экстрадлинные): x0,4**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Многогранные СМП P16/P26		Треугольные СМП 04, 03, 02, 01	
			v_c	f_z	v_c	f_z
		[Н/мм^2]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	250	0,05 – 0,25	260	0,05 – 0,12
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	0,05 – 0,25	220	0,05 – 0,12
2.0	Автоматные стали	< 850	180	0,05 – 0,25	220	0,05 – 0,12
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120	0,05 – 0,25	180	0,05 – 0,12
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	0,05 – 0,25	220	0,05 – 0,12
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120	0,05 – 0,25	180	0,05 – 0,12
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	0,05 – 0,25	100	0,05 – 0,12
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	0,05 – 0,25	100	0,05 – 0,12
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	0,05 – 0,25	80	0,05 – 0,12
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	0,05 – 0,25	220	0,05 – 0,12
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120	0,05 – 0,25	180	0,05 – 0,12
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80	0,05 – 0,25	80	0,05 – 0,12
7.0	Азотируемые стали	< 1000	100	0,05 – 0,25	100	0,05 – 0,12
7.1	Азотируемые стали	> 1000	80	0,05 – 0,25	80	0,05 – 0,12
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	0,05 – 0,25	180	0,05 – 0,12
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100	0,05 – 0,25	100	0,05 – 0,12
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	0,05 – 0,25	80	0,05 – 0,12
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,05 – 0,25	100	0,05 – 0,12
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	60	0,05 – 0,15	60	0,05 – 0,10
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	45	0,05 – 0,10	45	0,05 – 0,08
10.2	Закалённые стали	60-67 HRC	30	0,05 – 0,08	30	0,05 – 0,08
11.0	Износост. констр. стали	1350	80	0,05 – 0,15	80	0,05 – 0,12
11.1	Износост. констр. стали	1800	60	0,05 – 0,15	60	0,05 – 0,12
12.0	Пружинные стали	<1500	80	0,05 – 0,15	80	0,03 – 0,08
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	120	0,05 – 0,15	130	0,05 – 0,12
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	0,05 – 0,15	130	0,05 – 0,12
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	0,05 – 0,15	130	0,05 – 0,12
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	120	0,05 – 0,15	120	0,05 – 0,12
14.0	Спец. сплавы	<1200	60	0,05 – 0,15	100	0,05 – 0,12
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	140	0,05 – 0,25	140	0,05 – 0,12
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	120	0,05 – 0,25	120	0,05 – 0,12
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	0,05 – 0,25	120	0,05 – 0,12
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	0,05 – 0,25	100	0,05 – 0,12
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	0,01 – 0,08	120	0,01 – 0,05
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	60	0,01 – 0,08	100	0,01 – 0,05
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. ал. сплав.; Mg	до 350	400	0,15 – 0,40	600	0,05 –0,25
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		300	0,15 – 0,40	500	0,05 – 0,25
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		250	0,15 – 0,40	400	0,05 – 0,25
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	0,15 – 0,40	500	0,05 – 0,25
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	400	0,15 – 0,40	300	0,05 – 0,25
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	400	0,15 – 0,40	400	0,05 – 0,25
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	400	0,15 – 0,40	300	0,05 - 0,25
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	400	0,15 – 0,40	220	0,05 – 0,25
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	0,15 – 0,40	300	0,05 – 0,25
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	250	0,15 – 0,40	220	0,05 – 0,25
19.0	Графит		–	–	–	–
20.0	Термопласт		400	0,15 – 0,40	600	0,05 – 0,25
20.1	Реактопласт		300	0,15 – 0,40	500	0,05 – 0,25
20.2	Стекло- и углепластик		250	0,15 – 0,40	400	0,05 – 0,25



Примечание – Значения подачи на зуб fz в зависимости от производительности станка.
СМП небольших размеров использовать с меньшей подачей на зуб.

5 Нарезание резьбы резцом

Для нарезания резьбы резцом в основном используется инструмент с резьбонарезными пластинами. Профиль пластины соответствует форме резьбы. Подачу следует выбирать соответственно шагу резьбы. Нарезание резьбы резцом в зависимости от вида резьбы, шага резьбы и вида материала осуществляется за несколько проходов.

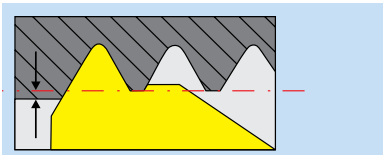
Для **нарезания внутренней резьбы резцом** при небольших диаметрах отверстия следует использовать державки с плотным посадочным местом пластины или цельные инструменты (напр.: системы UniTurn, см. главу «Токарная обработка»).

5.1 Типы профилей

Существуют следующие основные типы профиля резьбонарезных пластин:

5.1.1 Полный профиль

При помощи резьбонарезных пластин полного профиля резьба может быть изготовлена в точном соответствии с определённым стандартом. При этом производится совместная обработка внутреннего диаметра внутренней резьбы и наружного диаметра наружной резьбы. Для каждого профиля и каждого шага требуется отдельная пластина. Для шлифованных режущих пластин следует соблюдать припуск ок. 0,03 мм. Это позволяет в основном изготавливать резьбу без заусенцев (относится к головке зуба резьбы).

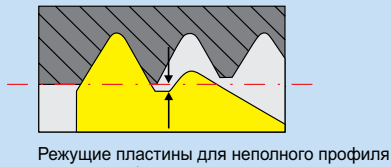


Пластины полного профиля нарезают всю резьбу наружным или внутренним □, без грата и без доводочных операций. Таким образом уменьшается число рабочих ходов. Изготовление калиброванной резьбы согласно DIN/ISO.

Рис. 4.8 Пластины полного профиля

5.1.2 Неполный профиль

При помощи отдельной резьбонарезной пластины неполного профиля может быть изготовлена резьба с разным шагом. Однако при этом необходимо учитывать, что не производится совместная обработка внутреннего диаметра внутренней резьбы и наружного диаметра наружной резьбы. Радиус головки режущих пластин неполного профиля меньше, чем у сопоставимых пластин с полным профилем и поэтому не соответствует точно стандарту. Из-за меньшего радиуса при вершине при определённых условиях возможно снижение стойкости.



Режущие пластины для неполного профиля покрывают большой диапазон шага. Но с их помощью не нарезается калиброванная резьба по DIN/ISO, т. к. радиус профиля шага не адаптирован.

Рис. 4.9 Пластины неполного профиля

5.1.3 Полупрофиль

Рис. 4.10 Пластины с полупрофилем

Резьбонарезные пластины с полупрофилем, как правило, используются для очень большого шага (более 8 мм) и для трапецеидального профиля. При работе с пластинами с полупрофилем происходит снижение высокого вращающего момента во время последних резов, что уменьшает вероятность появления следов дробления. Это достигается за счёт наклона выступа профиля режущей пластины на пять градусов. В результате этого получается фаска на кромке. Совместная обработка внутреннего диаметра внутренней резьбы и наружного диаметра наружной резьбы при помощи пластин с полупрофилем не производится.

5.2 Выбор метода врезания

Выбор метода врезания может оказывать существенное влияние на результат обработки. В основном речь идет о смещении, которое происходит при каждом проходе по оси Z (ось резьбы). От выбора метода врезания прежде всего зависят:

- образование стружки;
- износ режущих кромок;
- качество резьбы;
- стойкость.

На практике выбор **характера подачи** определяется:

- типом станка;
- геометрией режущих кромок;
- видом обрабатываемого материала;
- шагом резьбы и
- собственно процессом нарезания резьбы.

5.2.1 Радиальное врезание

Радиальное врезание происходит без смещения начального положения по оси Z. Это простейший метод, который хорошо подходит для ручных станков. Подача осуществляется перпендикулярно оси обточки. В результате обработки резанием на обеих боковых поверхностях профиля при каждом проходе образуется V-образная стружка, что приводит к снижению надёжности контроля стружки. Ещё одним недостатком является увеличение склонности к вибрации по мере обхвата пластины.

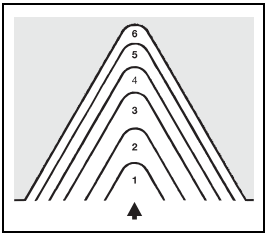


Рис. 4.11 Радиальное врезание

При радиальном врезании происходит равномерный износ режущей кромки с обеих сторон.

Радиальное врезание **рекомендуется**:

- при шаге менее 1,0 мм или менее 24 нитки на дюйм
- при обработке закалённых сталей, так как возникает минимальное трение на режущей кромке
- при обработке материалов, упрочнённых холодным способом (особенно аустенитных нержавеющих сталей)
- при обработке короткостружечных материалов (лучший характер подачи)

5.2.2 Одностороннее боковое врезание

Большинство токарных станков с КЧПУ запрограммированы на данный метод. **Одностороннее боковое врезание** происходит за счёт смещения по оси Z в направлении подачи; данный метод чаще всего используется на практике. Так как неудобная V-образная стружка образуется только при первом проходе, отвод стружки хорошо контролируется.

Рис. 4.12 Одностороннее боковое врезание

Рекомендуется данный метод:

- при шаге более 1,0 мм или более 24 нитки на дюйм
- при изготовлении трапецеидальной резьбы
- в качестве способа устранения вибрации, так как основной объём стружки образуется в направлении подачи
- для контролируемого стружкообразования

Так как данное **врезание происходит параллельно стороне профиля резьбы**, при данном популярном способе обработки могут возникать такие проблемы, как повышенное трение на стороне, противоположной подаче (режущая пластина не производит здесь обработку). Еще одним недостатком является сложность выполнения программирования режима покадровой отработки и, тем самым, в качестве условия, один цикл резьбы для обработки.

Модифицированное одностороннее боковое врезание:

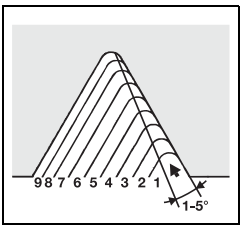


Рис. 4.13 Модифицированное одностороннее боковое врезание

Данный способ врезания отличается от рассмотренного выше одностороннего бокового врезания тем, что **подача происходит не параллельно боковой поверхности**. Угол подачи уменьшен по сравнению с углом профиля резьбы прим. на 1–5°. Благодаря этому данный характер врезания имеет все преимущества вышеуказанного одностороннего бокового врезания и при этом лишён недостатка, заключающегося в повышенном трении. За счёт модификации всегда имеется определённый припуск на противоположной стороне. Поэтому профильная пластина производит резание и больше не вызывает трения.

5.2.3 Двустороннее боковое врезание

Распределение обработки происходит по обеим сторонам. При двустороннем боковом врезании исходная точка прохода поочередно смещается по оси Z в плюсовом и минусовом направлениях. Данный метод обеспечивает значительную стойкость режущего инструмента за счёт равномерного износа вдоль режущей кромки. В данном случае недостатком также является сложность выполнения программирования режима покадровой отработки и, тем самым, в качестве условия, один цикл резьбы для обработки.

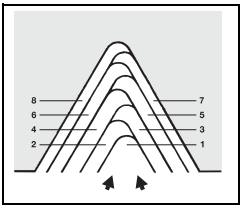


Рис. 4.14 Чередование сторон

Рекомендуется данный метод:

- при очень большом шаге
- при очень острых профилях резьбы
- при обработке длинностружечных материалов.

5.2.4 Число резов (проходов)

При нарезании резцом резьба изготавливается в несколько проходов. *Таблица 4.9* содержит значения для числа проходов при нарезании резьбы резцом. Данные учитывают различные материалы. Следующие свойства деталей могут оказывать **влияние на выбор числа проходов**:

- прочность или твёрдость обрабатываемого материала
- склонность к наклёпу материала
- качество крепления детали
- шаг (ход у однозаходной резьбы) резьбы

Часто данное число бывает предусмотрено программой станка (нарезание резьбы резцом). При этом необходимо учитывать следующее:

- При 1-ом резе глубина резания должна быть менее 0,5 мм во избежание появления зазубрин на режущей кромке.
- Число резов следует увеличить на 2–3 при нарезании внутренней резьбы, обработке нержавеющих сталей, применении кермета.

Шаг [мм]	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Ниток на дюйм	48	32	24	20	16	14	12	10	8	7	6	5,5	5
Число проходов	4–6	4–7	4–8	5–9	6–10	7–12	7–12	8–14	9–16	10–18	11–18	11–19	12–20

Таблица 4.9 Число резов (проходов)

Чистовые проходы выполняются после нарезания резьбы и предназначены для повышения качества боковых поверхностей резьбы. Минимальный припуск на радиус не должен быть меньше 0,015 мм. **Холостых проходов** по возможности надлежит избегать, поскольку они в основном только производят развёртывание и, следовательно, вызывают более интенсивный износ.

5.3 Выбор схемы удаления припуска и подкладной пластины

Способ обработки определяет, каким образом будет изготовлена резьба. Независимо от того, о внутренней или наружной резьбе идет речь, существуют четыре основные возможности.

В направлении патрона:

- Правая резьба при помощи резьбонарезной пластины справа и держатель справа
- Левая резьба при помощи резьбонарезной пластины слева и держатель слева

В направлении центра токарного станка:

- Правая резьба при помощи резьбонарезной пластины слева и держатель слева
- Левая резьба при помощи резьбонарезной пластины справа и держатель справа

Многочисленные факторы влияют на **выбор соответствующего способа обработки**. Важнейшими из них являются:

- форма и материал детали;
- имеющийся в распоряжении инструмент;
- тип станка и рабочие параметры;
- правая или левая резьба.

Общей задачей при нарезании резьбы резцом является **противодействие силам резания**, которые направлены через посадочное место пластины и резцедержатель на станину. Это особенно важно при повышенных силах резания, которые возникают, например, при большом шаге. При среднем и мелком шаге, напротив, основную роль играют непрерывный отвод стружки и высокая устойчивость.

В отдельных случаях может потребоваться **изменение способа обработки**. Причинами могут быть, например, особенности станка или проблемы со стружкой при нарезании внутренней резьбы. В связи с этим необходимо изменить следующие условия во избежание повреждений и снижения стойкости.

1) *Направление подачи:* Если ранее подача осуществлялась в направлении главного шпинделя, то теперь обработка будет производиться от главного шпинделя в направлении центра задней бабки или заднего шпинделя.
2) *Направление вращения:* Изменение направления вращения шпинделя, например, с правого на левое.
3) *Угол наклона:* Данное условие имеет важное значение. Например, угол наклона меняется с +1,5° на –1,5°. Это может быть осуществлено путём замены подкладной пластины. Если при нарезании внутренней резьбы используется расточная державка без подкладной пластины, возможны особые решения, если не может быть применён альтернативный вариант с подкладными пластинами.
4) *Резьбонарезная пластина:* Во избежание деформации резьбы использовавшаяся до сих пор правая пластина заменяется левой.
5) *Инструмент:* Правая резьба изготавливается при помощи левого инструмента или левая резьба при помощи правого инструмента.

После выбора способа обработки **определяется угол подъёма** изготавливаемой резьбы. Данный угол определяет, какую подкладную пластину надлежит использовать. Подкладная пластина определяет **угол наклона** α для резьбонарезной пластины в держателе.

Для достижения максимальной точности профиля, равномерного износа режущей пластины и повышения качества поверхности угол наклона СМП α должен максимально точно совпадать с углом подъёма резьбы β. В идеальном случае угол α равен углу β. Зависимости между углом подъёма, углом наклона и видом подкладной пластины представлены на *рис. 4.15*.

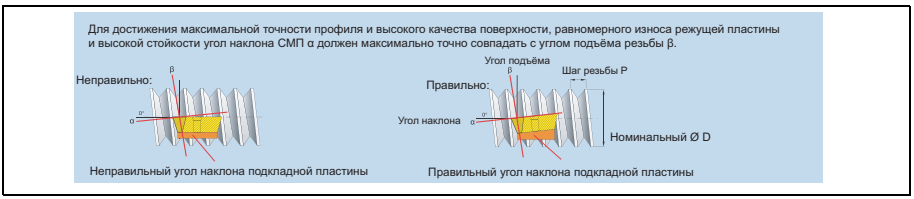


Рис. 4.15 Угол наклона СМП

Неправильно выбранная подкладная пластина и, следовательно, неправильный угол наклона - наиболее распространенная причина возникновения **проблем** при нарезании резьбы резцом. Правильный угол наклона обеспечивает необходимый задний угол профиля. Если эти углы разные или недостаточные, это приводит к возникновению повышенной теплоты трения, что, в свою очередь, повышает интенсивность износа и, в крайнем случае, вызывает вибрацию.

Стандартные держатели GARANT поставляются с подкладными пластинами с результирующим углом наклона 1,5°. Данная подкладная пластина пригодна для выполнения более 85 % возможных операций.

Нарезание **внутренней резьбы** является более сложной и трудоёмкой операцией по сравнению с нарезанием наружной резьбы, что в первую очередь объясняется влиянием стружки. К дополнительным факторам, которые могут влиять на процесс обработки, относятся, например, длина вылета, глухие отверстия или материалы, плохо поддающиеся резанию. Особенно важен правильный выбор подачи. Подача на проход должна составлять от 0,06 мм до макс. 0,2 мм. Если на расточный резец во время обработки действуют слишком большие силы, возможно, требуется изменить режим посредством регулировки высоты центра. Для изготовления точной по размеру резьбы (за пределами стандартного диапазона) могут быть использованы **подкладные пластины с поправочным углом**. Правильный угол наклона очень просто определяется по формуле или по графику (см. *рис. 4.16*) (см. также «Пример использования» в 5.4).

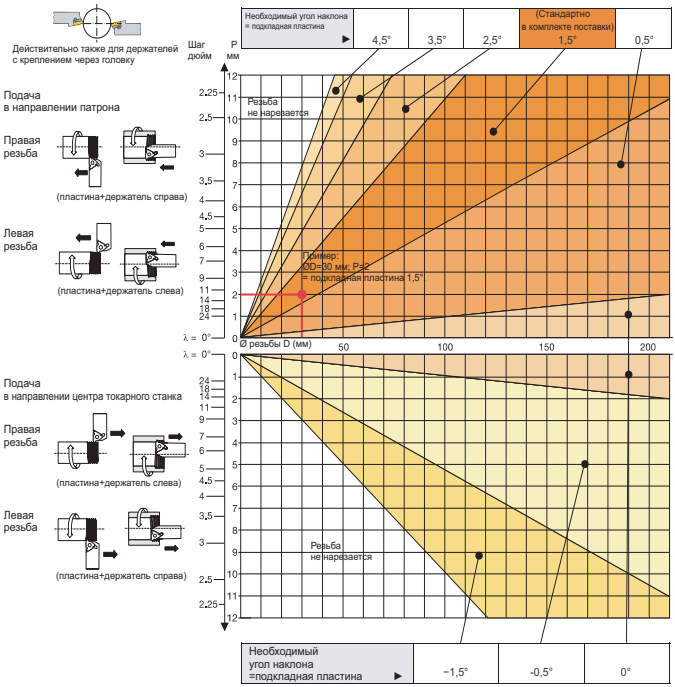


Рис. 4.16 Определение правильного угла наклона по графику

Определение корригированного угла наклона по формуле:

Метрическая:Дюймовая:

$$\alpha = \frac{20 \cdot P}{D} \qquad \alpha = \frac{508}{D \cdot P}$$

(уравн. 4.15)

α Угол уклона [°]
P Шаг резьбы
D Номинальный диаметр [мм]

5.4 Пример нарезания резьбы резцом M16 x 2

Решение задачи нарезания резьбы резцом в 3 этапа – очень просто при помощи **Cutting Pilot**:

1.Имеющаяся информация:

Вид резьбы:	Метрическая наружная резьба 60° по стандарту ISO
Размер резьбы:	M16 x 2 (шаг = размер)
Исполнение резьбы:	Правая резьба
	Размер пластины 16 (для имеющегося держателя)
	Полный профиль
Материал:	Сталь 1.2301 (900 Н/мм^2)

2.Рекомендации по обработке при помощи Cutting Pilot:

Скорость резания:	130 м/мин
Метод врезания:	продольное
Число проходов:	7–12
Тип охлаждения:	с охлаждением
Характер реза:	непрерывный

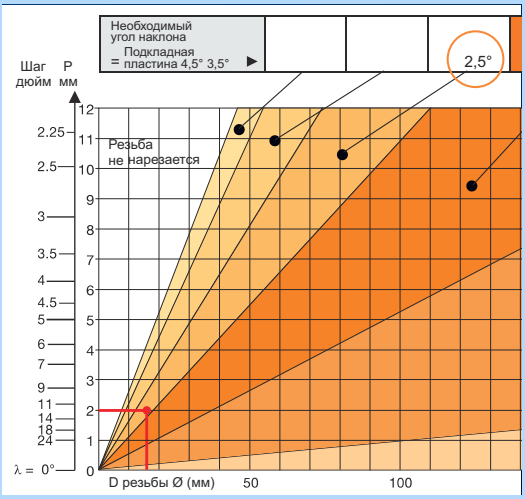
3.Контроль угла наклона (важно для получения точной и оптимальной резьбы):

Варианты

- Определение угла наклона по формуле:
  шаг резьбы P = 2, номинальный диаметр D = 16 мм

$$\text{Угол наклона} = \frac{20 \cdot P}{D} = \frac{20 \cdot 2}{16} = 2,5°$$

- Определение по графику (см. также *рис. 4.16*)



5.5 Основное машинное время при нарезании резьбы резцом

Нарезание резьбы резцами – это продольное точение фасонным резцом, при котором величина подачи соответствует требуемому шагу резьбы. Только при нарезании многозаходной резьбы учитывается также число витков. Расчёт **основного машинного времени t_h** производится следующим образом:

$$t_h = \frac{L \cdot i \cdot g}{p \cdot n}$$

t_h	Основное машинное время [мин]	
L	Общее перемещение инструмента [мм]	
i	Число резов	
p	Шаг резьбы [мм]	(уравн. 4.16)
n	Частота вращения [мин$^{-1}$]	
g	Число ниток резьбы	

Число резов *i* рассчитывается по высоте исходного профиля резьбы t и глубине резания a_p.

$$i = \frac{t}{a_p}$$

t	Высота исходного профиля резьбы [мм]	
a_p	Глубина резания [мм]	(уравн. 4.17)

Соответствующие значения **высоты исходного профиля резьбы t** указаны в *таблице 4.11* и **глубины резания a_p** в *таблице 4.12*.

Резьба	**M8**	**M10**	**M12**	**M16**	**M20**	**M24**	**M27**	**M30**
Высота исходного профиля резьбы t [мм]	0,81	0,97	1,13	1,29	1,62	1,95	1,95	2,27

Таблица 4.10 Значения высоты исходного профиля метрической резьбы по стандарту DIN 13

Обработка	**Метрическая резьба и резьба Витворта**	**Трапецеидальная резьба**
Черновая обработка	a_p = 0,1 ... 0,2 мм	a_p = 0,05 ... 0,1 мм
Получистовая обработка	a_p = 0,05 мм	a_p = 0,03 ... 0,05 мм
Ориентировочное значение	$a_p = \sqrt{\frac{d}{40}}$ [мм]	*d* наружный диаметр резьбы

Таблица 4.11 Значения глубины резания a_p при нарезании резьбы обдирочным и чистовым резцом

5.6 Решение проблем при нарезании резьбы резцом

	Проблема
1	Выкрашивание режущей кромки
2	Износ задней поверхности режущей части
3	Выкрашивание
4	Пластическая деформация
5	Нарост на режущей кромке
6	Вибрации
7	Низкое качество поверхности
8	Недостаточная ломкость стружки

1	2	3	4	5	6	7	8	Способы устранения
	●		●					Используйте более износостойкий инструментальный материал
●		●						Используйте более вязкий инструментальный материал
							●	Сократите число проходов
●			●					Увеличьте число проходов
●					●			Проверьте высоту центров
						●		Установите поперечную подачу
●	●	●				●		Установите модифицированное одностороннее боковое врезание
	●		●		●			Уменьшите скорость резания
				●		●		Увеличьте скорость резания
							●	Улучшите подвод СОЖ
			●					Увеличьте расход СОЖ
				●				Не используйте СОЖ
●		●						Обеспечьте более высокую степень устойчивости
	●							Увеличьте подачу на проход
	●							Проверьте правильность установки опорной пластины
			●		●			Проверьте диаметр заготовки
				●				Используйте инструментальный материал с покрытием
						●		Проверьте правильность выбора опорной пластины

Таблица 4.12 Проблемы, причины неисправностей и способы их устранения при нарезании резьбы резцом

5.7 Рекомендации по использованию резцов GARANT для нарезания резьбы

Таблица 4.13 **270700–271035**
Каталожный номер **с держателем 272010–272165**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм]	Инструментальный материал твёрдый сплав			
			HB 7010		HB 7020	
			v_c [м/мин]	СОЖ	v_c [м/мин]	СОЖ
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	70 – 150 – 200	масло/эмульсия	100 – 160 – 220	масло/эмульсия
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70 – 150 – 200	масло/эмульсия	100 – 160 – 220	масло/эмульсия
2.0	Автоматные стали	< 850	70 – 130 – 180	масло/эмульсия	100 – 160 – 200	масло/эмульсия
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	70 – 130 – 150	масло/эмульсия	90 – 150 – 200	масло/эмульсия
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	70 – 140 – 200	масло/эмульсия	100 – 160 – 200	масло/эмульсия
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	70 – 130 – 180	масло/эмульсия	100 – 120 – 200	масло/эмульсия
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50 – 100 – 160	масло/эмульсия	90 – 130 – 180	масло/эмульсия
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50 – 100 – 150	масло/эмульсия	70 – 110 – 160	масло/эмульсия
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	45 – 80 – 120	масло/эмульсия	60 – 90 – 140	масло/эмульсия
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70 – 150 – 180	масло/эмульсия	90 – 160 – 180	масло/эмульсия
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	70 – 100 – 160	масло/эмульсия	70 – 120 – 180	масло/эмульсия
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50 – 90 – 120	масло/эмульсия	70 – 100 – 140	масло/эмульсия
7.0	Азотируемые стали	< 1000	70 – 100 – 160	масло/эмульсия	70 – 100 – 150	масло/эмульсия
7.1	Азотируемые стали	> 1000	50 – 90 – 130	масло/эмульсия	70 – 90 – 150	масло/эмульсия
8.0	Инструментал. стали	< 850	50 – 120 – 150	масло/эмульсия	90 – 130 – 180	масло/эмульсия
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50 – 100 – 130	масло/эмульсия	70 – 90 – 130	масло/эмульсия
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	50 – 90 – 120	масло/эмульсия	50 – 70 – 120	масло/эмульсия
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	40 – 70 – 100	масло/эмульсия	45 – 80 – 120	масло/эмульсия
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	25 – 30 – 50	масло/эмульсия	20 – 40 – 70	масло/эмульсия
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	-	15 – 25 – 40	масло/эмульсия
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	-	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	50 – 65 – 100	масло/эмульсия	50 – 75 – 120	масло/эмульсия
11.1	Износост. констр. стали	1800	50 – 65 – 100	масло/эмульсия	50 – 75 – 120	масло/эмульсия
12.0	Пружинные стали	<1500	50 – 70 – 120	масло/эмульсия	50 – 90 – 140	масло/эмульсия
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	80 – 120 – 180	масло/эмульсия	60 – 90 – 120	масло/эмульсия
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	60 – 100 – 150	масло/эмульсия	60 – 90 – 160	масло/эмульсия
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	60 – 120 – 150	масло/эмульсия	50 – 90 – 140	масло/эмульсия
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	70 – 110 – 120	масло/эмульсия	50 – 80 – 120	масло/эмульсия
14.0	Спец. сплавы	<1200	25 – 65 – 100	масло/эмульсия	25 – 50 – 90	масло/эмульсия
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	80 – 150 – 220	масло/эмульсия	60 – 140 – 185	масло/эмульсия
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	80 – 150 – 220	масло/эмульсия	60 – 120 – 185	масло/эмульсия
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	80 – 120 – 150	масло/эмульсия	90 – 120 – 185	масло/эмульсия
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	80 – 100 – 130	масло/эмульсия	90 – 120 – 150	масло/эмульсия
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	40 – 70 – 120	масло/эмульсия
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	25 – 50 – 100	масло/эмульсия
17.0	Ал. длинноструж., деформ. алюм. сплав, Mg	до 350	100 – 250 – 350	масло/эмульсия	–	масло/эмульсия
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		100 – 250 – 350	масло/эмульсия	–	масло/эмульсия
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		75 – 150 – 250	масло/эмульсия	60 – 180 – 200	масло/эмульсия
18.0	Медь, низколегир.	< 400	120 – 220 – 350	масло/эмульсия	100 – 150 – 300	масло/эмульсия
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	75 – 140 – 250	масло/эмульсия	75 – 120 – 200	масло/эмульсия
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	75 – 140 – 250	масло/эмульсия	75 – 120 – 200	масло/эмульсия
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	75 – 120 – 200	масло/эмульсия	75 – 120 – 200	масло/эмульсия
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	75 – 120 – 200	масло/эмульсия	75 – 120 – 200	масло/эмульсия
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	75 – 120 – 200	масло/эмульсия	90 – 120 – 200	масло/эмульсия
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	90 – 100 – 200	масло/эмульсия	90 – 120 – 200	масло/эмульсия
19.0	Графит		–	–	–	–
20.0	Термопласт		70 – 120 – 350	эмульсия	–	–
20.1	Реактопласт		70 – 120 – 350	эмульсия	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		40 – 90 – 130	эмульсия	30 – 80 – 120	эмульсия

Основная резьба ISO (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H(4H)						Резьба болта 6gv(4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
1	**0,25**	1,000	0,838	0,883	0,729	0,774	0,135	1,000	0,958	0,838	0,804	0,693	0,649	0,153	0,036	5,4
1,1	**0,25**	1,100	0,938	0,983	0,829	0,874	0,135	1,100	1,058	0,938	0,904	0,793	0,749	0,153	0,036	4,8
1,2	**0,25**	1,200	1,038	1,083	0,929	0,974	0,135	1,200	1,158	1,038	1,004	0,893	0,849	0,153	0,036	4,4
1,4	**0,3**	1,400	1,205	1,253	1,075	1,128	0,162	1,400	1,352	1,205	1,169	1,032	0,984	0,184	0,043	4,5
1,6	**0,35**	1,600	1,373	1,458	1,221	1,321	0,189	1,581	1,496	1,354	1,291	1,152	1,076	0,215	0,051	4,6
1,8	**0,35**	1,800	1,573	1,658	1,421	1,521	0,189	1,781	1,696	1,554	1,491	1,352	1,276	0,215	0,051	4,1
2	**0,4**	2,000	1,740	1,830	1,567	1,679	0,217	1,981	1,886	1,721	1,654	1,490	1,407	0,245	0,058	4,2
2,2	**0,45**	2,200	1,908	2,003	1,713	1,838	0,244	2,180	2,080	1,888	1,817	1,628	1,540	0,276	0,065	4,3
2,5	**0,45**	2,500	2,208	2,303	2,013	2,138	0,244	2,480	2,380	2,188	2,117	1,928	1,840	0,276	0,065	3,7
3	**0,5**	3,000	2,675	2,775	2,459	2,599	0,271	2,980	2,874	2,655	2,580	2,367	2,273	0,307	0,072	3,4
3,5	**0,6**	3,500	3,110	3,222	2,850	3,010	0,325	3,479	3,354	3,089	3,004	2,743	2,635	0,368	0,087	3,5
4	**0,7**	4,000	3,545	3,663	3,242	3,422	0,379	3,978	3,838	3,523	3,433	3,119	3,002	0,429	0,101	3,6
4,5	**0,75**	4,500	4,013	4,131	3,688	3,878	0,406	4,478	4,338	3,991	3,901	3,558	3,439	0,460	0,108	3,4
5	**0,8**	5,000	4,480	4,605	4,134	4,334	0,433	4,976	4,826	4,456	4,361	3,995	3,869	0,491	0,115	3,3
6	**1**	6,000	5,350	5,500	4,917	5,153	0,541	5,974	5,794	5,324	5,212	4,747	4,596	0,613	0,144	3,4
7	**1**	7,000	6,350	6,500	5,917	6,153	0,541	6,974	6,794	6,324	6,212	5,747	5,596	0,613	0,144	2,9
8	**1,25**	8,000	7,188	7,348	6,647	6,912	0,677	7,972	7,760	7,160	7,042	6,438	6,272	0,767	0,180	3,2
9	**1,25**	9,000	8,188	8,348	7,647	7,912	0,677	8,972	8,760	8,160	8,042	7,438	7,272	0,767	0,180	2,8
10	**1,5**	10,000	9,026	9,206	8,376	8,676	0,812	9,968	9,732	8,994	8,862	8,128	7,938	0,920	0,217	3,0
11	**1,5**	11,000	10,026	10,206	9,376	9,676	0,812	10,968	10,732	9,994	9,862	9,128	8,938	0,920	0,217	2,7
12	**1,75**	12,000	10,863	11,063	10,106	10,441	0,947	11,966	11,701	10,829	10,679	9,819	9,602	1,073	0,253	2,9
14	**2**	14,000	12,701	12,913	11,835	12,210	1,083	13,962	13,682	12,663	12,503	11,508	11,271	1,227	0,289	2,9
16	**2**	16,000	14,701	14,913	13,835	14,210	1,083	15,962	15,682	14,663	14,503	13,508	13,271	1,227	0,289	2,5
18	**2,5**	18,000	16,376	16,600	15,294	15,744	1,353	17,958	17,623	16,334	16,164	14,891	14,625	1,534	0,361	2,8
20	**2,5**	20,000	18,376	18,600	17,294	17,744	1,353	19,958	19,623	18,334	18,164	16,891	16,625	1,534	0,361	2,5
22	**2,5**	22,000	20,376	20,600	19,294	19,744	1,353	21,958	21,623	20,334	20,164	18,891	18,625	1,534	0,361	2,2
24	**3**	24,000	22,051	22,316	20,752	21,252	1,624	23,952	23,577	22,003	21,803	20,271	19,955	1,840	0,433	2,5
27	**3**	27,000	25,051	25,316	23,752	24,252	1,624	26,952	26,577	25,003	24,803	23,271	22,955	1,840	0,433	2,2
30	**3,5**	30,000	27,727	28,007	26,211	26,771	1,895	29,947	29,522	27,674	27,462	25,653	25,306	2,147	0,505	2,3
33	**3,5**	33,000	30,727	31,007	29,211	29,771	1,895	32,947	32,522	30,674	30,462	28,653	28,306	2,147	0,505	2,1
36	**4**	36,000	33,402	33,702	31,670	32,270	2,165	35,940	35,465	33,342	33,118	31,033	30,655	2,454	0,577	2,2
39	**4**	39,000	36,402	36,702	34,670	35,270	2,165	38,940	38,465	36,342	36,118	34,033	33,655	2,454	0,577	2,0
42	**4,5**	42,000	39,077	39,392	37,129	37,799	2,436	41,937	41,437	39,014	38,778	36,416	36,007	2,760	0,650	2,1
45	**4,5**	45,000	42,077	42,392	40,129	40,799	2,436	44,937	44,437	42,014	41,778	39,416	39,007	2,760	0,650	2,0
48	**5**	48,000	44,752	45,087	42,587	43,297	2,707	47,929	47,399	44,681	44,431	41,795	41,352	3,067	0,722	2,0
52	**5**	52,000	48,752	49,087	46,587	47,297	2,707	51,929	51,399	48,681	48,431	45,795	45,352	3,067	0,722	1,9
56	**5,5**	56,000	52,428	52,783	50,046	50,796	2,977	55,925	55,365	52,353	52,088	49,177	48,700	3,374	0,794	1,9
60	**5,5**	60,000	56,428	56,783	54,046	54,796	2,977	59,925	59,365	56,353	56,088	53,177	52,700	3,374	0,794	1,8
64	**6**	64,000	60,103	60,478	57,505	58,305	3,248	63,920	63,320	60,023	59,743	56,559	56,048	3,680	0,866	1,8
68	**6**	68,000	64,103	64,478	61,505	62,305	3,248	67,920	67,320	64,023	63,743	60,559	60,048	3,680	0,866	1,7

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)							
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
1	0,2	1,000	0,870	0,910	0,783	0,821	0,108	1,000	0,964	0,870	0,840	0,755	0,718	0,123	0,029	4,2
1,1	0,2	1,100	0,970	1,010	0,883	0,921	0,108	1,100	1,064	0,970	0,940	0,855	0,818	0,123	0,029	3,7
1,2	0,2	1,200	1,070	1,110	0,983	1,021	0,108	1,200	1,164	1,070	1,040	0,955	0,918	0,123	0,029	3,4
1,4	0,2	1,400	1,270	1,310	1,183	1,221	0,108	1,400	1,364	1,270	1,240	1,155	1,118	0,123	0,029	2,9
1,4	0,25	1,400	1,238	1,283	1,129	1,174	0,135	1,400	1,358	1,238	1,204	1,093	1,049	0,153	0,036	3,7
1,6	0,2	1,600	1,470	1,512	1,383	1,421	0,108	1,583	1,527	1,453	1,403	1,338	1,281	0,123	0,029	2,5
1,6	0,25	1,600	1,438	1,486	1,329	1,374	0,135	1,582	1,515	1,420	1,364	1,275	1,209	0,153	0,036	3,2
1,8	0,2	1,800	1,670	1,712	1,583	1,621	0,108	1,783	1,727	1,653	1,603	1,538	1,481	0,123	0,029	2,2
1,8	0,25	1,800	1,638	1,686	1,529	1,574	0,135	1,782	1,715	1,620	1,564	1,475	1,409	0,153	0,036	2,8
2	0,2	2,000	1,870	1,912	1,783	1,821	0,108	1,983	1,927	1,853	1,803	1,738	1,681	0,123	0,029	2,0
2	0,25	2,000	1,838	1,886	1,729	1,774	0,135	1,982	1,915	1,820	1,764	1,675	1,609	0,153	0,036	2,5
2	0,35	2,000	1,773	1,858	1,621	1,721	0,189	1,981	1,896	1,754	1,691	1,552	1,476	0,215	0,051	3,6
2,2	0,2	2,200	2,070	2,112	1,983	2,021	0,108	2,183	2,127	2,053	2,003	1,938	1,881	0,123	0,029	1,8
2,2	0,25	2,200	2,038	2,086	1,929	1,974	0,135	2,182	2,115	2,020	1,964	1,875	1,809	0,153	0,036	2,3
2,2	0,35	2,200	1,973	2,058	1,821	1,921	0,189	2,181	2,096	1,954	1,891	1,752	1,676	0,215	0,051	3,2
2,5	0,2	2,500	2,370	2,412	2,283	2,321	0,108	2,483	2,427	2,353	2,303	2,238	2,181	0,123	0,029	1,5
2,5	0,25	2,500	2,338	2,386	2,229	2,274	0,135	2,482	2,415	2,320	2,264	2,175	2,109	0,153	0,036	2,0
2,5	0,35	2,500	2,273	2,358	2,121	2,221	0,189	2,481	2,396	2,254	2,191	2,052	1,976	0,215	0,051	2,8
3	0,2	3,000	2,870	2,915	2,783	2,821	0,108	2,983	2,927	2,853	2,800	2,738	2,678	0,123	0,029	1,3
3	0,25	3,000	2,838	2,888	2,729	2,774	0,135	2,982	2,915	2,820	2,760	2,675	2,605	0,153	0,036	1,6
3	0,35	3,000	2,773	2,829	2,621	2,684	0,189	2,981	2,896	2,754	2,687	2,552	2,472	0,215	0,051	2,3
3,5	0,2	3,500	3,370	3,415	3,283	3,321	0,108	3,483	3,427	3,353	3,300	3,238	3,178	0,123	0,029	1,1
3,5	0,25	3,500	3,338	3,388	3,229	3,274	0,135	3,482	3,415	3,320	3,260	3,175	3,105	0,153	0,036	1,4
3,5	0,35	3,500	3,273	3,329	3,121	3,184	0,189	3,481	3,396	3,254	3,187	3,052	2,972	0,215	0,051	2,0
3,5	0,5	3,500	3,175	3,275	2,959	3,099	0,271	3,480	3,374	3,155	3,080	2,867	2,773	0,307	0,072	2,9
4	0,2	4,000	3,870	3,915	3,783	3,821	0,108	3,983	3,927	3,853	3,800	3,738	3,678	0,123	0,029	0,9
4	0,25	4,000	3,838	3,888	3,729	3,774	0,135	3,982	3,915	3,820	3,760	3,675	3,605	0,153	0,036	1,2
4	0,35	4,000	3,773	3,829	3,621	3,684	0,189	3,981	3,896	3,754	3,687	3,552	3,472	0,215	0,051	1,7
4	0,5	4,000	3,675	3,775	3,459	3,599	0,271	3,980	3,874	3,655	3,580	3,367	3,273	0,307	0,072	2,5
4,5	0,2	4,500	4,370	4,415	4,283	4,321	0,108	4,483	4,427	4,353	4,300	4,238	4,178	0,123	0,029	0,8
4,5	0,25	4,500	4,338	4,388	4,229	4,274	0,135	4,482	4,415	4,320	4,260	4,175	4,105	0,153	0,036	1,1
4,5	0,35	4,500	4,273	4,329	4,121	4,184	0,189	4,481	4,396	4,254	4,187	4,052	3,972	0,215	0,051	1,5
4,5	0,5	4,500	4,175	4,275	3,959	4,099	0,271	4,480	4,374	4,155	4,080	3,867	3,773	0,307	0,072	2,2
5	0,2	5,000	4,870	4,915	4,783	4,821	0,108	4,983	4,927	4,853	4,800	4,738	4,678	0,123	0,029	0,8
5	0,25	5,000	4,838	4,888	4,729	4,774	0,135	4,982	4,915	4,820	4,760	4,675	4,605	0,153	0,036	0,9
5	0,35	5,000	4,773	4,829	4,621	4,684	0,189	4,981	4,896	4,754	4,687	4,552	4,472	0,215	0,051	1,3
5	0,5	5,000	4,675	4,775	4,459	4,599	0,271	4,980	4,874	4,655	4,580	4,367	4,273	0,307	0,072	1,9
5	0,75	5,000	4,513	4,631	4,188	4,378	0,406	4,978	4,838	4,491	4,401	4,058	3,939	0,460	0,108	3,0
5,5	0,2	5,500	5,370	5,415	5,283	5,321	0,108	5,483	5,427	5,353	5,300	5,238	5,178	0,123	0,029	0,7
5,5	0,25	5,500	5,338	5,388	5,229	5,274	0,135	5,482	5,415	5,320	5,260	5,175	5,105	0,153	0,036	0,9
5,5	0,35	5,500	5,273	5,329	5,121	5,184	0,189	5,481	5,396	5,254	5,187	5,052	4,972	0,215	0,051	1,2
5,5	0,5	5,500	5,175	5,275	4,959	5,099	0,271	5,480	5,374	5,155	5,080	4,867	4,773	0,307	0,072	1,8
5,5	0,75	5,500	5,013	5,131	4,688	4,878	0,406	5,478	5,338	4,991	4,901	4,558	4,439	0,460	0,108	2,7
6	0,2	6,000	5,870	5,918	5,783	5,821	0,108	5,983	5,927	5,853	5,797	5,738	5,675	0,123	0,029	0,6
6	0,25	6,000	5,838	5,891	5,729	5,774	0,135	5,982	5,915	5,820	5,757	5,675	5,602	0,153	0,036	0,8
6	0,35	6,000	5,773	5,833	5,621	5,684	0,189	5,981	5,896	5,754	5,683	5,552	5,468	0,215	0,051	1,1
6	0,5	6,000	5,675	5,787	5,459	5,599	0,271	5,980	5,874	5,655	5,570	5,367	5,263	0,307	0,072	1,6
6	0,75	6,000	5,513	5,645	5,188	5,378	0,406	5,978	5,838	5,491	5,391	5,058	4,929	0,460	0,108	2,5
6,5	0,2	6,500	6,370	6,418	6,283	6,321	0,108	6,483	6,427	6,353	6,297	6,238	6,175	0,123	0,029	0,6
6,5	0,25	6,500	6,338	6,391	6,229	6,274	0,135	6,482	6,415	6,320	6,257	6,175	6,102	0,153	0,036	0,7
6,5	0,35	6,500	6,273	6,333	6,121	6,184	0,189	6,481	6,396	6,254	6,183	6,052	5,968	0,215	0,051	1,0

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
6,5	0,5	6,500	6,175	6,287	5,959	6,099	0,271	6,480	6,374	6,155	6,070	5,867	5,763	0,307	0,072	1,5
6,5	0,75	6,500	6,013	6,145	5,688	5,878	0,406	6,478	6,338	5,991	5,891	5,558	5,429	0,460	0,108	2,3
7	0,2	7,000	6,870	6,918	6,783	6,821	0,108	6,983	6,927	6,853	6,797	6,738	6,675	0,123	0,029	0,5
7	0,25	7,000	6,838	6,891	6,729	6,774	0,135	6,982	6,915	6,820	6,757	6,675	6,602	0,153	0,036	0,7
7	0,35	7,000	6,773	6,833	6,621	6,684	0,189	6,981	6,896	6,754	6,683	6,552	6,468	0,215	0,051	0,9
7	0,5	7,000	6,675	6,787	6,459	6,599	0,271	6,980	6,874	6,655	6,570	6,367	6,263	0,307	0,072	1,4
7	0,75	7,000	6,513	6,645	6,188	6,378	0,406	6,978	6,838	6,491	6,391	6,058	5,929	0,460	0,108	2,1
7,5	0,2	7,500	7,370	7,418	7,283	7,321	0,108	7,483	7,427	7,353	7,297	7,238	7,175	0,123	0,029	0,5
7,5	0,25	7,500	7,338	7,391	7,229	7,274	0,135	7,482	7,415	7,320	7,257	7,175	7,102	0,153	0,036	0,6
7,5	0,35	7,500	7,273	7,333	7,121	7,184	0,189	7,481	7,396	7,254	7,183	7,052	6,968	0,215	0,051	0,9
7,5	0,5	7,500	7,175	7,287	6,959	7,099	0,271	7,480	7,374	7,155	7,070	6,867	6,763	0,307	0,072	1,3
7,5	0,75	7,500	7,013	7,145	6,688	6,878	0,406	7,478	7,338	6,991	6,891	6,558	6,429	0,460	0,108	1,9
7,5	1	7,500	6,850	7,000	6,417	6,653	0,541	7,474	7,294	6,824	6,712	6,247	6,096	0,613	0,144	2,7
8	0,2	8,000	7,870	7,918	7,783	7,821	0,108	7,983	7,927	7,853	7,797	7,738	7,675	0,123	0,029	0,5
8	0,25	8,000	7,838	7,891	7,729	7,774	0,135	7,982	7,915	7,820	7,757	7,675	7,602	0,153	0,036	0,6
8	0,35	8,000	7,773	7,833	7,621	7,684	0,189	7,981	7,896	7,754	7,683	7,552	7,468	0,215	0,051	0,8
8	0,5	8,000	7,675	7,787	7,459	7,599	0,271	7,980	7,874	7,655	7,570	7,367	7,263	0,307	0,072	1,2
8	0,75	8,000	7,513	7,645	7,188	7,378	0,406	7,978	7,838	7,491	7,391	7,058	6,929	0,460	0,108	1,8
8	1	8,000	7,350	7,500	6,917	7,153	0,541	7,974	7,794	7,324	7,212	6,747	6,596	0,613	0,144	2,5
8,5	0,2	8,500	8,370	8,418	8,283	8,321	0,108	8,483	8,427	8,353	8,297	8,238	8,175	0,123	0,029	0,4
8,5	0,25	8,500	8,338	8,391	8,229	8,274	0,135	8,482	8,415	8,320	8,257	8,175	8,102	0,153	0,036	0,5
8,5	0,35	8,500	8,273	8,333	8,121	8,184	0,189	8,481	8,396	8,254	8,183	8,052	7,968	0,215	0,051	0,8
8,5	0,5	8,500	8,175	8,287	7,959	8,099	0,271	8,480	8,374	8,155	8,070	7,867	7,763	0,307	0,072	1,1
8,5	0,75	8,500	8,013	8,145	7,688	7,878	0,406	8,478	8,338	7,991	7,891	7,558	7,429	0,460	0,108	1,7
8,5	1	8,500	7,850	8,000	7,417	7,653	0,541	8,474	8,294	7,824	7,712	7,247	7,096	0,613	0,144	2,3
9	0,2	9,000	8,870	8,918	8,783	8,821	0,108	8,983	8,927	8,853	8,797	8,738	8,675	0,123	0,029	0,4
9	0,25	9,000	8,838	8,891	8,729	8,774	0,135	8,982	8,915	8,820	8,757	8,675	8,602	0,153	0,036	0,5
9	0,35	9,000	8,773	8,833	8,621	8,684	0,189	8,981	8,896	8,754	8,683	8,552	8,468	0,215	0,051	0,7
9	0,5	9,000	8,675	8,787	8,459	8,599	0,271	8,980	8,874	8,655	8,570	8,367	8,263	0,307	0,072	1,1
9	0,75	9,000	8,513	8,645	8,188	8,378	0,406	8,978	8,838	8,491	8,391	8,058	7,929	0,460	0,108	1,6
9	1	9,000	8,350	8,500	7,917	8,153	0,541	8,974	8,794	8,324	8,212	7,747	7,596	0,613	0,144	2,2
9,5	0,2	9,500	9,370	9,418	9,283	9,321	0,108	9,483	9,427	9,353	9,297	9,238	9,175	0,123	0,029	0,4
9,5	0,25	9,500	9,338	9,391	9,229	9,274	0,135	9,482	9,415	9,320	9,257	9,175	9,102	0,153	0,036	0,5
9,5	0,35	9,500	9,273	9,333	9,121	9,184	0,189	9,481	9,396	9,254	9,183	9,052	8,968	0,215	0,051	0,7
9,5	0,5	9,500	9,175	9,287	8,959	9,099	0,271	9,480	9,374	9,155	9,070	8,867	8,763	0,307	0,072	1,0
9,5	0,75	9,500	9,013	9,145	8,688	8,878	0,406	9,478	9,338	8,991	8,891	8,558	8,429	0,460	0,108	1,5
9,5	1	9,500	8,850	9,000	8,417	8,653	0,541	9,474	9,294	8,824	8,712	8,247	8,096	0,613	0,144	2,1
10	0,2	10,000	9,870	9,918	9,783	9,821	0,108	9,983	9,927	9,853	9,797	9,738	9,675	0,123	0,029	0,4
10	0,25	10,000	9,838	9,891	9,729	9,774	0,135	9,982	9,915	9,820	9,757	9,675	9,602	0,153	0,036	0,5
10	0,35	10,000	9,773	9,833	9,621	9,684	0,189	9,981	9,896	9,754	9,683	9,552	9,468	0,215	0,051	0,7
10	0,5	10,000	9,675	9,787	9,459	9,599	0,271	9,980	9,874	9,655	9,570	9,367	9,263	0,307	0,072	0,9
10	0,75	10,000	9,513	9,645	9,188	9,378	0,406	9,978	9,838	9,491	9,391	9,058	8,929	0,460	0,108	1,4
10	1	10,000	9,350	9,500	8,917	9,153	0,541	9,974	9,794	9,324	9,212	8,747	8,596	0,613	0,144	1,9
10	1,25	10,000	9,188	9,348	8,647	8,912	0,677	9,972	9,760	9,160	9,042	8,438	8,272	0,767	0,180	2,5
10,5	0,35	10,500	10,273	10,333	10,121	10,184	0,189	10,481	10,396	10,254	10,183	10,052	9,968	0,215	0,051	0,6
10,5	0,5	10,500	10,175	10,287	9,959	10,099	0,271	10,480	10,374	10,155	10,070	9,867	9,763	0,307	0,072	0,9
10,5	0,75	10,500	10,013	10,145	9,688	9,878	0,406	10,478	10,338	9,991	9,891	9,558	9,429	0,460	0,108	1,4
10,5	1	10,500	9,850	10,000	9,417	9,653	0,541	10,474	10,294	9,824	9,712	9,247	9,096	0,613	0,144	1,9
11	0,35	11,000	10,773	10,833	10,621	10,684	0,189	10,981	10,896	10,754	10,683	10,552	10,468	0,215	0,051	0,6
11	0,5	11,000	10,675	10,787	10,459	10,599	0,271	10,980	10,874	10,655	10,570	10,367	10,263	0,307	0,072	0,9
11	0,75	11,000	10,513	10,645	10,188	10,378	0,406	10,978	10,838	10,491	10,391	10,058	9,929	0,460	0,108	1,3

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

		Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								
Номинальный диаметр	Шаг	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
11	**1**	11,000	10,350	10,500	9,917	10,153	0,541	10,974	10,794	10,324	10,212	9,747	9,596	0,613	0,144	1,8
11,5	**0,35**	11,500	11,273	11,340	11,121	11,184	0,189	11,481	11,396	11,254	11,174	11,052	10,959	0,215	0,051	0,6
11,5	**0,5**	11,500	11,175	11,293	10,959	11,099	0,271	11,480	11,374	11,155	11,065	10,867	10,758	0,307	0,072	0,8
11,5	**0,75**	11,500	11,013	11,153	10,688	10,878	0,406	11,478	11,338	10,991	10,885	10,558	10,423	0,460	0,108	1,2
11,5	**1**	11,500	10,850	10,010	10,417	10,653	0,541	11,474	11,294	10,824	10,706	10,247	10,090	0,613	0,144	1,8
12	**0,35**	12,000	11,773	11,840	11,621	11,684	0,189	11,981	11,896	11,754	11,674	11,552	11,459	0,215	0,051	0,5
12	**0,5**	12,000	11,675	11,793	11,459	11,599	0,271	11,980	11,874	11,655	11,565	11,367	11,258	0,307	0,072	0,8
12	**0,75**	12,000	11,513	11,630	11,188	11,378	0,406	11,978	11,838	11,491	11,385	11,058	10,923	0,460	0,108	1,2
12	**1**	12,000	11,350	11,510	10,917	11,153	0,541	11,974	11,794	11,324	11,206	10,747	10,590	0,613	0,144	1,6
12	**1,25**	12,000	11,188	11,368	10,647	10,912	0,677	11,972	11,760	11,160	11,028	10,438	10,258	0,767	0,180	2,0
12	**1,5**	12,000	11,026	11,216	10,376	10,676	0,812	11,968	11,732	10,994	10,854	10,128	9,930	0,920	0,217	2,5
12,5	**0,35**	12,500	12,273	12,340	12,121	12,184	0,189	12,481	12,396	12,254	12,174	12,052	11,959	0,215	0,051	0,5
12,5	**0,5**	12,500	12,175	12,293	11,959	12,099	0,271	12,480	12,374	12,155	12,065	11,867	11,758	0,307	0,072	0,7
12,5	**0,75**	12,500	12,013	12,153	11,688	11,878	0,406	12,478	12,338	11,991	11,885	11,558	11,423	0,460	0,108	1,1
12,5	**1**	12,500	11,850	12,010	11,417	11,653	0,541	12,474	12,294	11,824	11,706	11,247	11,090	0,613	0,144	1,5
13	**0,35**	13,000	12,773	12,840	12,621	12,684	0,189	12,981	12,896	12,754	12,674	12,552	12,459	0,215	0,051	0,5
13	**0,5**	13,000	12,675	12,793	12,459	12,599	0,271	12,980	12,874	12,655	12,565	12,367	12,258	0,307	0,072	0,7
13	**0,75**	13,000	12,513	12,653	12,188	12,378	0,406	12,978	12,838	12,491	12,385	12,058	11,923	0,460	0,108	1,1
13	**1**	13,000	12,350	12,510	11,917	12,153	0,541	12,974	12,794	12,324	12,206	11,747	11,590	0,613	0,144	1,5
13	**1,5**	13,000	12,026	12,216	11,376	11,676	0,812	12,968	12,732	11,994	11,854	11,128	10,930	0,920	0,217	2,3
13,5	**0,35**	13,500	13,273	13,340	13,121	13,184	0,189	13,481	13,396	13,254	13,174	13,052	12,959	0,215	0,051	0,5
13,5	**0,5**	13,500	13,175	13,293	12,959	13,099	0,271	13,480	13,374	13,155	13,065	12,867	12,758	0,307	0,072	0,7
13,5	**0,75**	13,500	13,013	13,153	12,688	12,878	0,406	13,478	13,338	12,991	12,885	12,558	12,423	0,460	0,108	1,1
13,5	**1**	13,500	12,850	13,010	12,417	12,653	0,541	13,474	13,294	12,824	12,706	12,247	12,090	0,613	0,144	1,4
14	**0,35**	14,000	13,773	13,840	13,621	13,684	0,189	13,981	13,896	13,754	13,674	13,552	13,459	0,215	0,051	0,5
14	**0,5**	14,000	13,675	13,793	13,459	13,599	0,271	13,980	13,874	13,655	13,565	13,367	13,258	0,307	0,072	0,7
14	**0,75**	14,000	13,513	13,653	13,188	13,378	0,406	13,978	13,838	13,491	13,385	13,058	12,923	0,460	0,108	1,0
14	**1**	14,000	13,350	13,510	12,917	13,153	0,541	13,974	13,794	13,324	13,206	12,747	12,590	0,613	0,144	1,4
14	**1,5**	14,000	13,026	13,216	12,376	12,676	0,812	13,968	13,732	12,994	12,854	12,128	11,930	0,920	0,217	2,1
14,5	**0,35**	14,500	14,273	14,340	14,121	14,184	0,189	14,481	14,396	14,254	14,174	14,052	13,959	0,215	0,051	0,4
14,5	**0,5**	14,500	14,175	14,293	13,959	14,099	0,271	14,480	14,374	14,155	14,065	13,867	13,758	0,307	0,072	0,6
14,5	**0,75**	14,500	14,013	14,153	13,688	13,878	0,406	14,478	14,338	13,991	13,885	13,558	13,423	0,460	0,108	1,0
14,5	**1**	14,500	13,850	14,010	13,417	13,653	0,541	14,474	14,294	13,824	13,706	13,247	13,090	0,613	0,144	1,3
15	**0,35**	15,000	14,773	14,840	14,621	14,684	0,189	14,981	14,896	14,754	14,674	14,552	14,459	0,215	0,051	0,4
15	**0,5**	15,000	14,675	14,793	14,459	14,599	0,271	14,980	14,874	14,655	14,565	14,367	14,258	0,307	0,072	0,6
15	**0,75**	15,000	14,513	14,653	14,188	14,378	0,406	14,978	14,838	14,491	14,385	14,058	13,923	0,460	0,108	0,9
15	**1**	15,000	14,350	14,510	13,917	14,153	0,541	14,974	14,794	14,324	14,206	13,747	13,590	0,613	0,144	1,3
15	**1,5**	15,000	14,026	14,216	13,376	13,676	0,812	14,968	14,732	13,994	13,854	13,128	12,930	0,920	0,217	1,9
15,5	**0,35**	15,500	15,273	15,340	15,121	15,184	0,189	15,481	15,396	15,254	15,174	15,052	14,959	0,215	0,051	0,4
15,5	**0,5**	15,500	15,175	15,293	14,959	15,099	0,271	15,480	15,374	15,155	15,065	14,867	14,758	0,307	0,072	0,6
16	**0,35**	16,000	15,773	15,840	15,621	15,684	0,189	15,981	15,896	15,754	15,674	15,552	15,459	0,215	0,051	0,4
16	**0,5**	16,000	15,675	15,793	15,459	15,599	0,271	15,980	15,874	15,655	15,565	15,367	15,258	0,307	0,072	0,6
16	**0,75**	16,000	15,513	15,653	15,188	15,378	0,406	15,978	15,838	15,491	15,385	15,058	14,923	0,460	0,108	0,9
16	**1**	16,000	15,350	15,510	14,917	15,153	0,541	15,974	15,794	15,324	15,206	14,747	14,590	0,613	0,144	1,2
16	**1,5**	16,000	15,026	15,216	14,376	14,676	0,812	15,968	15,732	14,994	14,854	14,128	13,930	0,920	0,217	1,8
16,5	**0,5**	16,500	16,175	16,293	15,959	16,099	0,271	16,480	16,374	16,155	16,065	15,867	15,758	0,307	0,072	0,6
17	**0,35**	17,000	16,773	16,840	16,621	16,684	0,189	16,981	16,896	16,754	16,674	16,552	16,459	0,215	0,051	0,4
17	**0,5**	17,000	16,675	16,793	16,459	16,599	0,271	16,980	16,874	16,655	16,565	16,367	16,258	0,307	0,072	0,5
17	**0,75**	17,000	16,513	16,653	16,188	16,378	0,406	16,978	16,838	16,491	16,385	16,058	15,923	0,460	0,108	0,8
17	**1**	17,000	16,350	16,510	15,917	16,153	0,541	16,974	16,794	16,324	16,206	15,747	15,590	0,613	0,144	1,1
17	**1,5**	17,000	16,026	16,216	15,376	15,676	0,812	16,968	16,732	15,994	15,854	15,128	14,930	0,920	0,217	1,7

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
17	2	17,000	15,701	15,913	14,835	15,210	1,083	16,962	16,682	15,663	15,503	14,508	14,271	1,227	0,289	2,3
17,5	0,5	17,500	17,175	17,293	16,959	17,099	0,271	17,480	17,374	17,155	17,065	16,867	16,758	0,307	0,072	0,5
18	0,35	18,000	17,773	17,840	17,621	17,684	0,189	17,981	17,896	17,754	17,674	17,552	17,459	0,215	0,051	0,4
18	0,5	18,000	17,675	17,793	17,459	17,599	0,271	17,980	17,874	17,655	17,565	17,367	17,258	0,307	0,072	0,5
18	0,75	18,000	17,513	17,653	17,188	17,378	0,406	17,978	17,838	17,491	17,385	17,058	16,923	0,460	0,108	0,8
18	1	18,000	17,350	17,510	16,917	17,153	0,541	17,974	17,794	17,324	17,206	16,747	16,590	0,613	0,144	1,1
18	1,5	18,000	17,026	17,216	16,376	16,676	0,812	17,968	17,732	16,994	16,854	16,128	15,930	0,920	0,217	1,6
18	2	18,000	16,701	16,913	15,835	16,210	1,083	17,962	17,682	16,663	16,503	15,508	15,271	1,227	0,289	2,2
18,5	0,5	18,500	18,175	18,293	17,959	18,099	0,271	18,480	18,374	18,155	18,065	17,867	17,758	0,307	0,072	0,5
19	0,35	19,000	18,773	18,840	18,621	18,684	0,189	18,981	18,896	18,754	18,674	18,552	18,459	0,215	0,051	0,3
19	0,5	19,000	18,675	18,793	18,459	18,599	0,271	18,980	18,874	18,655	18,565	18,367	18,258	0,307	0,072	0,5
19	0,75	19,000	18,513	18,653	18,188	18,378	0,406	18,978	18,838	18,491	18,385	18,058	17,923	0,460	0,108	0,7
19	1	19,000	18,350	18,510	17,917	18,153	0,541	18,974	18,794	18,324	18,206	17,747	17,590	0,613	0,144	1,0
19	1,5	19,000	18,026	18,216	17,376	17,676	0,812	18,968	18,732	17,994	17,854	17,128	16,930	0,920	0,217	1,5
19	2	19,000	17,701	17,913	16,835	17,210	1,083	18,962	18,682	17,663	17,503	16,508	16,271	1,227	0,289	2,1
19,5	0,5	19,500	19,175	19,293	18,959	19,099	0,271	19,480	19,374	19,155	19,065	18,867	18,758	0,307	0,072	0,5
20	0,35	20,000	19,773	19,840	19,621	19,684	0,189	19,981	19,896	19,754	19,674	19,552	19,459	0,215	0,051	0,3
20	0,5	20,000	19,675	19,793	19,459	19,599	0,271	19,980	19,874	19,655	19,565	19,367	19,258	0,307	0,072	0,5
20	0,75	20,000	19,513	19,653	19,188	19,378	0,406	19,978	19,838	19,491	19,385	19,058	18,923	0,460	0,108	0,7
20	1	20,000	19,350	19,510	18,917	19,153	0,541	19,974	19,794	19,324	19,206	18,747	18,590	0,613	0,144	0,9
20	1,5	20,000	19,026	19,216	18,376	18,676	0,812	19,968	19,732	18,994	18,854	18,128	17,930	0,920	0,217	1,4
20	2	20,000	18,701	18,913	17,835	18,210	1,083	19,962	19,682	18,663	18,503	17,508	17,271	1,227	0,289	1,9
20,5	0,5	20,500	20,175	20,293	19,959	20,099	0,271	20,480	20,374	20,155	20,065	19,867	19,758	0,307	0,072	0,5
21	0,35	21,000	20,773	20,840	20,621	20,684	0,189	20,981	20,896	20,754	20,674	20,552	20,459	0,215	0,051	0,3
21	0,5	21,000	20,675	20,793	20,459	20,599	0,271	20,980	20,874	20,655	20,565	20,367	20,258	0,307	0,072	0,4
21	0,75	21,000	20,513	20,653	20,188	20,378	0,406	20,978	20,838	20,491	20,385	20,058	19,923	0,460	0,108	0,7
21	1	21,000	20,350	20,510	19,917	20,153	0,541	20,974	20,794	20,324	20,206	19,747	19,590	0,613	0,144	0,9
21	1,5	21,000	20,026	20,216	19,376	19,676	0,812	20,968	20,732	19,994	19,854	19,128	18,930	0,920	0,217	1,4
21	2	21,000	19,701	19,913	18,835	19,210	1,083	20,962	20,682	19,663	19,503	18,508	18,271	1,227	0,289	1,9
21,5	0,5	21,500	21,175	21,293	20,959	21,099	0,271	21,480	21,374	21,155	21,065	20,867	20,758	0,307	0,072	0,4
22	0,35	22,000	21,773	21,840	21,621	21,684	0,189	21,981	21,896	21,754	21,674	21,552	21,459	0,215	0,051	0,3
22	0,5	22,000	21,675	21,793	21,459	21,599	0,271	21,980	21,874	21,655	21,565	21,367	21,258	0,307	0,072	0,4
22	0,75	22,000	21,513	21,653	21,188	21,378	0,406	21,978	21,838	21,491	21,385	21,058	20,923	0,460	0,108	0,6
22	1	22,000	21,350	21,510	20,917	21,153	0,541	21,974	21,794	21,324	21,206	20,747	20,590	0,613	0,144	0,9
22	1,5	22,000	21,026	21,216	20,376	20,676	0,812	21,968	21,732	20,994	20,854	20,128	19,930	0,920	0,217	1,3
22	2	22,000	20,701	20,913	19,835	20,210	1,083	21,962	21,682	20,663	20,503	19,508	19,271	1,227	0,289	1,8
22,5	0,5	22,500	22,175	22,300	21,959	22,099	0,271	22,480	22,374	22,155	22,060	21,867	21,753	0,307	0,072	0,4
23	0,35	23,000	22,773	22,844	22,621	22,684	0,189	22,981	22,896	22,754	22,669	22,552	22,454	0,215	0,051	0,3
23	0,5	23,000	22,675	22,800	22,459	22,599	0,271	22,980	22,874	22,655	22,560	22,367	22,253	0,307	0,072	0,4
23	0,75	23,000	22,513	22,663	22,188	22,378	0,406	22,978	22,838	22,491	22,379	22,058	21,917	0,460	0,108	0,6
23	1	23,000	22,350	22,520	21,917	22,153	0,541	22,974	22,794	22,324	22,199	21,747	21,583	0,613	0,144	0,8
23	1,5	23,000	22,026	22,226	21,376	21,676	0,812	22,968	22,732	21,994	21,844	21,128	20,920	0,920	0,217	1,2
23	2	23,000	21,701	21,925	20,835	21,210	1,083	22,962	22,682	21,663	21,493	20,508	20,261	1,227	0,289	1,7
23,5	0,5	23,500	23,175	23,300	22,959	23,099	0,271	23,480	23,374	23,155	23,060	22,867	22,753	0,307	0,072	0,4
24	0,35	24,000	23,773	23,844	23,621	23,684	0,189	23,981	23,896	23,754	23,669	23,552	23,454	0,215	0,051	0,3
24	0,5	24,000	23,675	23,800	23,459	23,599	0,271	23,980	23,874	23,655	23,560	23,367	23,253	0,307	0,072	0,4
24	0,75	24,000	23,513	23,663	23,188	23,378	0,406	23,978	23,838	23,491	23,379	23,058	22,917	0,460	0,108	0,6
24	1	24,000	23,350	23,520	22,917	23,153	0,541	23,974	23,794	23,324	23,199	22,747	22,583	0,613	0,144	0,8
24	1,5	24,000	23,026	23,226	22,376	22,676	0,812	23,968	23,732	22,994	22,844	22,128	21,920	0,920	0,217	1,2
24	2	24,000	22,701	22,925	21,835	22,210	1,083	23,962	23,682	22,663	22,493	21,508	21,261	1,227	0,289	1,6
24,5	0,5	24,500	24,175	24,300	23,959	24,099	0,271	24,480	24,374	24,155	24,060	23,867	23,753	0,307	0,072	0,4

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

		Резьба гайки 6 H(4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								
Номинальный диаметр	Шаг резьбы	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
25	**0,35**	25,000	24,773	24,844	24,621	24,684	0,189	24,981	24,896	24,754	24,669	24,552	24,454	0,215	0,051	0,3
25	**0,5**	25,000	24,675	24,800	24,459	24,599	0,271	24,980	24,874	24,655	24,560	24,367	24,253	0,307	0,072	0,4
25	**0,75**	25,000	24,513	24,663	24,188	24,378	0,406	24,978	24,838	24,491	24,379	24,058	23,917	0,460	0,108	0,6
25	**1**	25,000	24,350	24,520	23,917	24,153	0,541	24,974	24,794	24,324	24,199	23,747	23,583	0,613	0,144	0,7
25	**1,5**	25,000	24,026	24,226	23,376	23,676	0,812	24,968	24,732	23,994	23,844	23,128	22,920	0,920	0,217	1,1
25	**2**	25,000	23,701	23,925	22,835	23,210	1,083	24,962	24,682	23,663	23,493	22,508	22,261	1,227	0,289	1,5
25,5	**0,5**	25,500	25,175	25,300	24,959	25,099	0,271	25,480	25,374	25,155	25,060	24,867	24,753	0,307	0,072	0,4
26	**0,35**	26,000	25,773	25,844	25,621	25,684	0,189	25,981	25,896	25,754	25,669	25,552	25,454	0,215	0,051	0,2
26	**0,5**	26,000	25,675	25,800	25,459	25,599	0,271	25,980	25,874	25,655	25,560	25,367	25,253	0,307	0,072	0,4
26	**0,75**	26,000	25,513	25,663	25,188	25,378	0,406	25,978	25,838	25,491	25,379	25,058	24,917	0,460	0,108	0,5
26	**1**	26,000	25,350	25,520	24,917	25,153	0,541	25,974	25,794	25,324	25,199	24,747	24,583	0,613	0,144	0,7
26	**1,5**	26,000	25,026	25,226	24,376	24,676	0,812	25,968	25,732	24,994	24,844	24,128	23,920	0,920	0,217	1,1
26	**2**	26,000	24,701	24,925	23,835	24,210	1,083	25,962	25,682	24,663	24,493	23,508	23,261	1,227	0,289	1,5
26,5	**0,5**	26,500	26,175	26,300	25,959	26,099	0,271	26,480	26,374	26,155	26,060	25,867	25,753	0,307	0,072	0,3
27	**0,35**	27,000	26,773	26,844	26,621	26,684	0,189	26,981	26,896	26,754	26,669	26,552	26,454	0,215	0,051	0,2
27	**0,5**	27,000	26,675	26,800	26,459	26,599	0,271	26,980	26,874	26,655	26,560	26,367	26,253	0,307	0,072	0,3
27	**0,75**	27,000	26,513	26,663	26,188	26,378	0,406	26,978	26,838	26,491	26,379	26,058	25,917	0,460	0,108	0,5
27	**1**	27,000	26,350	26,520	25,917	26,153	0,541	26,974	26,794	26,324	26,199	25,747	25,583	0,613	0,144	0,7
27	**1,5**	27,000	26,026	26,226	25,376	25,676	0,812	26,968	26,732	25,994	25,844	25,128	24,920	0,920	0,217	1,1
27	**2**	27,000	25,701	25,925	24,835	25,210	1,083	26,962	26,682	25,663	25,493	24,508	24,261	1,227	0,289	1,4
27,5	**0,5**	27,500	27,175	27,300	26,959	27,099	0,271	27,480	27,374	27,155	27,060	26,867	26,753	0,307	0,072	0,3
28	**0,35**	28,000	27,773	27,844	27,621	27,684	0,189	27,981	27,896	27,754	27,669	27,552	27,454	0,215	0,051	0,2
28	**0,5**	28,000	27,675	27,800	27,459	27,599	0,271	27,980	27,874	27,655	27,560	27,367	27,253	0,307	0,072	0,3
28	**0,75**	28,000	27,513	27,663	27,188	27,378	0,406	27,978	27,838	27,491	27,379	27,058	26,917	0,460	0,108	0,5
28	**1**	28,000	27,350	27,520	26,917	27,153	0,541	27,974	27,794	27,324	27,199	26,747	26,583	0,613	0,144	0,7
28	**1,5**	28,000	27,026	27,226	26,376	26,676	0,812	27,968	27,732	26,994	26,844	26,128	25,920	0,920	0,217	1,0
28	**2**	28,000	26,701	26,925	25,835	26,210	1,083	27,962	27,682	26,663	26,493	25,508	25,261	1,227	0,289	1,4
28	**3**	28,000	26,051	26,316	24,752	25,252	1,624	27,952	27,577	26,003	25,803	24,271	23,955	1,840	0,433	2,1
28,5	**0,5**	28,500	28,175	28,300	27,959	28,099	0,271	28,480	28,374	28,155	28,060	27,867	27,753	0,307	0,072	0,3
29	**0,35**	29,000	28,773	28,844	28,621	28,684	0,189	28,981	28,896	28,754	28,669	28,552	28,454	0,215	0,051	0,2
29	**0,5**	29,000	28,675	28,800	28,459	28,599	0,271	28,980	28,874	28,655	28,560	28,367	28,253	0,307	0,072	0,3
29	**0,75**	29,000	28,513	28,663	28,188	28,378	0,406	28,978	28,838	28,491	28,379	28,058	27,917	0,460	0,108	0,5
29	**1**	29,000	28,350	28,520	27,917	28,153	0,541	28,974	28,794	28,324	28,199	27,747	27,583	0,613	0,144	0,6
29	**1,5**	29,000	28,026	28,226	27,376	27,676	0,812	28,968	28,732	27,994	27,844	27,128	26,920	0,920	0,217	1,0
29,5	**0,5**	29,500	29,175	29,300	28,959	29,099	0,271	29,480	29,374	29,155	29,060	28,867	28,753	0,307	0,072	0,3
30	**0,35**	30,000	29,773	29,844	29,621	29,684	0,189	29,981	29,896	29,754	29,669	29,552	29,454	0,215	0,051	0,2
30	**0,5**	30,000	29,675	29,800	29,459	29,599	0,271	29,980	29,874	29,655	29,560	29,367	29,253	0,307	0,072	0,3
30	**0,75**	30,000	29,513	29,663	29,188	29,378	0,406	29,978	29,838	29,491	29,379	29,058	28,917	0,460	0,108	0,5
30	**1**	30,000	29,350	29,520	28,917	29,153	0,541	29,974	29,794	29,324	29,199	28,747	28,583	0,613	0,144	0,6
30	**1,5**	30,000	29,026	29,226	28,376	28,676	0,812	29,968	29,732	28,994	28,844	28,128	27,920	0,920	0,217	0,9
30	**2**	30,000	28,701	28,925	27,835	28,210	1,083	29,962	29,682	28,663	28,493	27,508	27,261	1,227	0,289	1,3
30	**3**	30,000	28,051	28,316	26,752	27,252	1,624	29,952	29,577	28,003	27,803	26,271	25,955	1,840	0,433	1,9
30,5	**0,5**	30,500	30,175	30,300	29,959	30,099	0,271	30,480	30,374	30,155	30,060	29,867	29,753	0,307	0,072	0,3
31	**0,35**	31,000	30,773	30,844	30,621	30,684	0,189	30,981	30,896	30,754	30,669	30,552	30,454	0,215	0,051	0,2
31	**0,5**	31,000	30,675	30,800	30,459	30,599	0,271	30,980	30,874	30,655	30,560	30,367	30,253	0,307	0,072	0,3
31	**0,75**	31,000	30,513	30,663	30,188	30,378	0,406	30,978	30,838	30,491	30,379	30,058	29,917	0,460	0,108	0,4
31	**1**	31,000	30,350	30,520	29,917	30,153	0,541	30,974	30,794	30,324	30,199	29,747	29,583	0,613	0,144	0,6
31	**1,5**	31,000	30,026	30,226	29,376	29,676	0,812	30,968	30,732	29,994	29,844	29,128	28,920	0,920	0,217	0,9
31,5	**0,5**	31,500	31,175	31,300	30,959	31,099	0,271	31,480	31,374	31,155	31,060	30,867	30,753	0,307	0,072	0,3
32	**0,35**	32,000	31,773	31,844	31,621	31,684	0,189	31,981	31,896	31,754	31,669	31,552	31,454	0,215	0,051	0,2
32	**0,5**	32,000	31,675	31,800	31,459	31,599	0,271	31,980	31,874	31,655	31,560	31,367	31,253	0,307	0,072	0,3

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
32	**0,75**	32,000	31,513	31,663	31,188	31,378	0,406	31,978	31,838	31,491	31,379	31,058	30,917	0,460	0,108	0,4
32	**1**	32,000	31,350	31,520	30,917	31,153	0,541	31,974	31,794	31,324	31,199	30,747	30,583	0,613	0,144	0,6
32	**1,5**	32,000	31,026	31,226	30,376	30,676	0,812	31,968	31,732	30,994	30,844	30,128	29,920	0,920	0,217	0,9
32	**2**	32,000	30,701	30,925	29,835	30,210	1,083	31,962	31,682	30,663	30,493	29,508	29,261	1,227	0,289	1,2
32	**3**	32,000	30,051	30,316	28,752	29,252	1,624	31,952	31,577	30,003	29,803	28,271	27,955	1,840	0,433	1,8
32,5	**0,5**	32,500	32,175	32,300	31,959	32,099	0,271	32,480	32,374	32,155	32,060	31,867	31,753	0,307	0,072	0,3
33	**0,35**	33,000	32,773	32,844	32,621	32,684	0,189	32,981	32,896	32,754	32,669	32,552	32,454	0,215	0,051	0,2
33	**0,5**	33,000	32,675	32,800	32,459	32,599	0,271	32,980	32,874	32,655	32,560	32,367	32,253	0,307	0,072	0,3
33	**0,75**	33,000	32,513	32,663	32,188	32,378	0,406	32,978	32,838	32,491	32,379	32,058	31,917	0,460	0,108	0,4
33	**1**	33,000	32,350	32,520	31,917	32,153	0,541	32,974	32,794	32,324	32,199	31,747	31,583	0,613	0,144	0,6
33	**1,5**	33,000	32,026	32,226	31,376	31,676	0,812	32,968	32,732	31,994	31,844	31,128	30,920	0,920	0,217	0,9
33	**2**	33,000	31,701	31,925	30,835	31,210	1,083	32,962	32,682	31,663	31,493	30,508	30,261	1,227	0,289	1,2
33	**3**	33,000	31,051	31,316	29,752	30,252	1,624	32,952	32,577	31,003	30,803	29,271	28,955	1,840	0,433	1,8
33,5	**0,5**	33,500	33,175	33,300	32,959	33,099	0,271	33,480	33,374	33,155	33,060	32,867	32,753	0,307	0,072	0,3
34	**0,35**	34,000	33,773	33,844	33,621	33,684	0,189	33,981	33,896	33,754	33,669	33,552	33,454	0,215	0,051	0,2
34	**0,5**	34,000	33,675	33,800	33,459	33,599	0,271	33,980	33,874	33,655	33,560	33,367	33,253	0,307	0,072	0,3
34	**0,75**	34,000	33,513	33,663	33,188	33,378	0,406	33,978	33,838	33,491	33,379	33,058	32,917	0,460	0,108	0,4
34	**1**	34,000	33,350	33,520	32,917	33,153	0,541	33,974	33,794	33,324	33,199	32,747	32,583	0,613	0,144	0,5
34	**1,5**	34,000	33,026	33,226	32,376	32,676	0,812	33,968	33,732	32,994	32,844	32,128	31,920	0,920	0,217	0,8
34	**2**	34,000	32,701	32,925	31,835	32,210	1,083	33,962	33,682	32,663	32,493	31,508	31,261	1,227	0,289	1,1
34	**3**	34,000	32,051	32,316	30,752	31,252	1,624	33,952	33,577	32,003	31,803	30,271	29,955	1,840	0,433	1,7
34,5	**0,5**	34,500	34,175	34,300	33,959	34,099	0,271	34,480	34,374	34,155	34,060	33,867	33,753	0,307	0,072	0,3
35	**0,35**	35,000	34,773	34,844	34,621	34,684	0,189	34,981	34,896	34,754	34,669	34,552	34,454	0,215	0,051	0,2
35	**0,5**	35,000	34,675	34,800	34,459	34,599	0,271	34,980	34,874	34,655	34,560	34,367	34,253	0,307	0,072	0,3
35	**0,75**	35,000	34,513	34,663	34,188	34,378	0,406	34,978	34,838	34,491	34,379	34,058	33,917	0,460	0,108	0,4
35	**1**	35,000	34,350	34,520	33,917	34,153	0,541	34,974	34,794	34,324	34,199	33,747	33,583	0,613	0,144	0,5
35	**1,5**	35,000	34,026	34,226	33,376	33,676	0,812	34,968	34,732	33,994	33,844	33,128	32,920	0,920	0,217	0,8
35	**2**	35,000	33,701	33,925	32,835	33,210	1,083	34,962	34,682	33,663	33,493	32,508	32,261	1,227	0,289	1,1
35	**3**	35,000	33,051	33,316	31,752	32,252	1,624	34,952	34,577	33,003	32,803	31,271	30,955	1,840	0,433	1,7
35,5	**0,5**	35,500	35,175	35,300	34,959	35,099	0,271	35,480	35,374	35,155	35,060	34,867	34,753	0,307	0,072	0,3
36	**0,35**	36,000	35,773	35,844	35,621	35,684	0,189	35,981	35,896	35,754	35,669	35,552	35,454	0,215	0,051	0,2
36	**0,5**	36,000	35,675	35,800	35,459	35,599	0,271	35,980	35,874	35,655	35,560	35,367	35,253	0,307	0,072	0,3
36	**0,75**	36,000	35,513	35,663	35,188	35,378	0,406	35,978	35,838	35,491	35,379	35,058	34,917	0,460	0,108	0,4
36	**1**	36,000	35,350	35,520	34,917	35,153	0,541	35,974	35,794	35,324	35,199	34,747	34,583	0,613	0,144	0,5
36	**1,5**	36,000	35,026	35,226	34,376	34,676	0,812	35,968	35,732	34,994	34,844	34,128	33,920	0,920	0,217	0,8
36	**2**	36,000	34,701	34,925	33,835	34,210	1,083	35,962	35,682	34,663	34,493	33,508	33,261	1,227	0,289	1,1
36	**3**	36,000	34,051	34,316	32,752	33,252	1,624	35,952	35,577	34,003	33,803	32,271	31,955	1,840	0,433	1,6
36,5	**0,5**	36,500	36,175	36,300	35,959	36,099	0,271	36,480	36,374	36,155	36,060	35,867	35,753	0,307	0,072	0,3
37	**0,35**	37,000	36,773	36,844	36,621	36,684	0,189	36,981	36,896	36,754	36,669	36,552	36,454	0,215	0,051	0,2
37	**0,5**	37,000	36,675	36,800	36,459	36,599	0,271	36,980	36,874	36,655	36,560	36,367	36,253	0,307	0,072	0,2
37	**0,75**	37,000	36,513	36,663	36,188	36,378	0,406	36,978	36,838	36,491	36,379	36,058	35,917	0,460	0,108	0,4
37	**1**	37,000	36,350	36,520	35,917	36,153	0,541	36,974	36,794	36,324	36,199	35,747	35,583	0,613	0,144	0,5
37	**1,5**	37,000	36,026	36,226	35,376	35,676	0,812	36,968	36,732	35,994	35,844	35,128	34,920	0,920	0,217	0,8
37,5	**0,5**	37,500	37,175	37,300	36,959	37,099	0,271	37,480	37,374	37,155	37,060	36,867	36,753	0,307	0,072	0,2
38	**0,35**	38,000	37,773	37,844	37,621	37,684	0,189	37,981	37,896	37,754	37,669	37,552	37,454	0,215	0,051	0,2
38	**0,5**	38,000	37,675	37,800	37,459	37,599	0,271	37,980	37,874	37,655	37,560	37,367	37,253	0,307	0,072	0,2
38	**0,75**	38,000	37,513	37,663	37,188	37,378	0,406	37,978	37,838	37,491	37,379	37,058	36,917	0,460	0,108	0,4
38	**1**	38,000	37,350	37,520	36,917	37,153	0,541	37,974	37,794	37,324	37,199	36,747	36,583	0,613	0,144	0,5
38	**1,5**	38,000	37,026	37,226	36,376	36,676	0,812	37,968	37,732	36,994	36,844	36,128	35,920	0,920	0,217	0,7
38	**2**	38,000	36,701	36,925	35,835	36,210	1,083	37,962	37,682	36,663	36,493	35,508	35,261	1,227	0,289	1,0
38	**3**	38,000	36,051	36,316	34,752	35,252	1,624	37,952	37,577	36,003	35,803	34,271	33,955	1,840	0,433	1,5

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
38,5	**0,5**	38,500	38,175	38,300	37,959	38,099	0,271	38,480	38,374	38,155	38,060	37,867	37,753	0,307	0,072	0,2
39	**0,35**	39,000	38,773	38,844	38,621	38,684	0,189	38,981	38,896	38,754	38,669	38,552	38,454	0,215	0,051	0,2
39	**0,5**	39,000	38,675	38,800	38,459	38,599	0,271	38,980	38,874	38,655	38,560	38,367	38,253	0,307	0,072	0,2
39	**0,75**	39,000	38,513	38,663	38,188	38,378	0,406	38,978	38,838	38,491	38,379	38,058	37,917	0,460	0,108	0,4
39	**1**	39,000	38,350	38,520	37,917	38,153	0,541	38,974	38,794	38,324	38,199	37,747	37,583	0,613	0,144	0,5
39	**1,5**	39,000	38,026	38,226	37,376	37,676	0,812	38,968	38,732	37,994	37,844	37,128	36,920	0,920	0,217	0,7
39	**2**	39,000	37,701	37,925	36,835	37,210	1,083	38,962	38,682	37,663	37,493	36,508	36,261	1,227	0,289	1,0
39	**3**	39,000	37,051	37,316	35,752	36,252	1,624	38,952	38,577	37,003	36,803	35,271	34,955	1,840	0,433	1,5
39,5	**0,5**	39,500	39,175	39,300	38,959	39,099	0,271	39,480	39,374	39,155	39,060	38,867	38,753	0,307	0,072	0,2
40	**0,35**	40,000	39,773	39,844	39,621	39,684	0,189	39,981	39,896	39,754	39,669	39,552	39,454	0,215	0,051	0,2
40	**0,5**	40,000	39,675	39,800	39,459	39,599	0,271	39,980	39,874	39,655	39,560	39,367	39,253	0,307	0,072	0,2
40	**0,75**	40,000	39,513	39,663	39,188	39,378	0,406	39,978	39,838	39,491	39,379	39,058	38,917	0,460	0,108	0,3
40	**1**	40,000	39,350	39,520	38,917	39,153	0,541	39,974	39,794	39,324	39,199	38,747	38,583	0,613	0,144	0,5
40	**1,5**	40,000	39,026	39,226	38,376	38,676	0,812	39,968	39,732	38,994	38,844	38,128	37,920	0,920	0,217	0,7
40	**2**	40,000	38,701	38,925	37,835	38,210	1,083	39,962	39,682	38,663	38,493	37,508	37,261	1,227	0,289	0,9
40	**3**	40,000	38,051	38,316	36,752	37,252	1,624	39,952	39,577	38,003	37,803	36,271	35,955	1,840	0,433	1,4
40	**4**	40,000	37,402	37,702	35,670	36,270	2,165	39,940	39,465	37,342	37,118	35,033	34,655	2,454	0,577	1,9
40,5	**0,5**	40,500	40,175	40,300	39,959	40,099	0,271	40,480	40,374	40,155	40,060	39,867	39,753	0,307	0,072	0,2
41	**0,5**	41,000	40,675	40,800	40,459	40,599	0,271	40,980	40,874	40,655	40,560	40,367	40,253	0,307	0,072	0,2
41	**0,75**	41,000	40,513	40,663	40,188	40,378	0,406	40,978	40,838	40,491	40,379	40,058	39,917	0,460	0,108	0,3
41,5	**0,5**	41,500	41,175	41,300	40,959	41,099	0,271	41,480	41,374	41,155	41,060	40,867	40,753	0,307	0,072	0,2
42	**0,35**	42,000	41,773	41,844	41,621	41,684	0,189	41,981	41,896	41,754	41,669	41,552	41,454	0,215	0,051	0,2
42	**0,5**	42,000	41,675	41,800	41,459	41,599	0,271	41,980	41,874	41,655	41,560	41,367	41,253	0,307	0,072	0,2
42	**0,75**	42,000	41,513	41,663	41,188	41,378	0,406	41,978	41,838	41,491	41,379	41,058	40,917	0,460	0,108	0,3
42	**1**	42,000	41,350	41,520	40,917	41,153	0,541	41,974	41,794	41,324	41,199	40,747	40,583	0,613	0,144	0,4
42	**1,5**	42,000	41,026	41,226	40,376	40,676	0,812	41,968	41,732	40,994	40,844	40,128	39,920	0,920	0,217	0,7
42	**2**	42,000	40,701	40,925	39,835	40,210	1,083	41,962	41,682	40,663	40,493	39,508	39,261	1,227	0,289	0,9
42	**3**	42,000	40,051	40,316	38,752	39,252	1,624	41,952	41,577	40,003	39,803	38,271	37,955	1,840	0,433	1,4
42	**4**	42,000	39,402	39,702	37,670	38,270	2,165	41,940	41,465	39,342	39,118	37,033	36,655	2,454	0,577	1,9
42,5	**0,5**	42,500	42,175	42,300	41,959	42,099	0,271	42,480	42,374	42,155	42,060	41,867	41,753	0,307	0,072	0,2
43	**0,5**	43,000	42,675	42,800	42,459	42,599	0,271	42,980	42,874	42,655	42,560	42,367	42,253	0,307	0,072	0,2
43	**0,75**	43,000	42,513	42,663	42,188	42,378	0,406	42,978	42,838	42,491	42,379	42,058	41,917	0,460	0,108	0,3
43,5	**0,5**	43,500	43,175	43,300	42,959	43,099	0,271	43,480	43,374	43,155	43,060	42,867	42,753	0,307	0,072	0,2
44	**0,5**	44,000	43,675	43,800	43,459	43,599	0,271	43,980	43,874	43,655	43,560	43,367	43,253	0,307	0,072	0,2
44	**0,75**	44,000	43,513	43,663	43,188	43,378	0,406	43,978	43,838	43,491	43,379	43,058	42,917	0,460	0,108	0,3
44	**1**	44,000	43,350	43,520	42,917	43,153	0,541	43,974	43,794	43,324	43,199	42,747	42,583	0,613	0,144	0,4
44,5	**0,5**	44,500	44,175	44,300	43,959	44,099	0,271	44,480	44,374	44,155	44,060	43,867	43,753	0,307	0,072	0,2
45	**0,35**	45,000	44,773	44,844	44,621	44,684	0,189	44,981	44,896	44,754	44,669	44,552	44,454	0,215	0,051	0,1
45	**0,5**	45,000	44,675	44,800	44,459	44,599	0,271	44,980	44,874	44,655	44,560	44,367	44,253	0,307	0,072	0,2
45	**0,75**	45,000	44,513	44,663	44,188	44,378	0,406	44,978	44,838	44,491	44,379	44,058	43,917	0,460	0,108	0,3
45	**1**	45,000	44,350	44,520	43,917	44,153	0,541	44,974	44,794	44,324	44,199	43,747	43,583	0,613	0,144	0,4
45	**1,5**	45,000	44,026	44,226	43,376	43,676	0,812	44,968	44,732	43,994	43,844	43,128	42,920	0,920	0,217	0,6
45	**2**	45,000	43,701	43,925	42,835	43,210	1,083	44,962	44,682	43,663	43,493	42,508	42,261	1,227	0,289	0,8
45	**3**	45,000	43,051	43,316	41,752	42,252	1,624	44,952	44,577	43,003	42,803	41,271	40,955	1,840	0,433	1,3
45	**4**	45,000	42,402	42,702	40,670	41,270	2,165	44,940	44,465	42,342	42,118	40,033	39,655	2,454	0,577	1,7
45,5	**0,5**	45,500	45,175	45,287	44,959	45,071	0,271	45,480	45,374	45,155	45,049	44,867	44,742	0,307	0,072	0,2
46	**0,5**	46,000	45,675	45,787	45,459	45,571	0,271	45,980	45,874	45,655	45,549	45,367	45,242	0,307	0,072	0,2
46	**0,75**	46,000	45,513	45,673	45,188	45,378	0,406	45,978	45,838	45,491	45,373	45,058	44,911	0,460	0,108	0,3
46,5	**0,5**	46,500	46,175	46,287	45,959	46,071	0,271	46,480	46,374	46,155	46,049	45,867	45,742	0,307	0,072	0,2
47	**0,5**	47,000	46,675	46,787	46,459	46,571	0,271	46,980	46,874	46,655	46,549	46,367	46,242	0,307	0,072	0,2
47	**0,75**	47,000	46,513	46,673	46,188	46,378	0,406	46,978	46,838	46,491	46,373	46,058	45,911	0,460	0,108	0,3

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
47,5	**0,5**	47,500	47,175	47,287	46,959	47,071	0,271	47,480	47,374	47,155	47,049	46,867	46,742	0,307	0,072	0,2
48	**0,35**	48,000	47,773	47,848	47,621	47,684	0,189	48,000	47,947	47,773	47,717	47,571	47,502	0,215	0,051	0,1
48	**0,5**	48,000	47,675	47,787	47,459	47,571	0,271	47,980	47,874	47,655	47,549	47,367	47,242	0,307	0,072	0,2
48	**0,75**	48,000	47,513	47,673	47,188	47,378	0,406	47,978	47,838	47,491	47,373	47,058	46,911	0,460	0,108	0,3
48	**1**	48,000	47,350	47,530	46,917	47,153	0,541	47,974	47,794	47,324	47,184	46,747	46,568	0,613	0,144	0,4
48	**1,5**	48,000	47,026	47,238	46,376	46,676	0,812	47,968	47,732	46,994	46,834	46,128	45,910	0,920	0,217	0,6
48	**2**	48,000	46,701	46,937	45,835	46,210	1,083	47,962	47,682	46,663	46,483	45,508	45,251	1,227	0,289	0,8
48	**3**	48,000	46,051	46,331	44,752	45,252	1,624	47,952	47,577	46,003	45,791	44,271	43,943	1,840	0,433	1,2
48	**4**	48,000	45,402	45,717	43,670	44,270	2,165	47,940	47,465	45,342	45,106	43,033	42,643	2,454	0,577	1,6
48,5	**0,5**	48,500	48,175	48,287	47,959	48,071	0,271	48,480	48,374	48,155	48,049	47,867	47,742	0,307	0,072	0,2
49	**0,5**	49,000	48,675	48,787	48,459	48,571	0,271	48,980	48,874	48,655	48,549	48,367	48,242	0,307	0,072	0,2
49	**0,75**	49,000	48,513	48,673	48,188	48,378	0,406	48,978	48,838	48,491	48,373	48,058	47,911	0,460	0,108	0,3
49,5	**0,5**	49,500	49,175	49,287	48,959	49,071	0,271	49,480	49,374	49,155	49,049	48,867	48,742	0,307	0,072	0,2
50	**0,35**	50,000	49,773	49,848	49,621	49,684	0,189	50,000	49,947	49,773	49,717	49,571	49,502	0,215	0,051	0,1
50	**0,5**	50,000	49,675	49,787	49,459	49,571	0,271	49,980	49,874	49,655	49,549	49,367	49,242	0,307	0,072	0,2
50	**0,75**	50,000	49,513	49,673	49,188	49,378	0,406	49,978	49,838	49,491	49,373	49,058	48,911	0,460	0,108	0,3
50	**1**	50,000	49,350	49,530	48,917	49,153	0,541	49,974	49,794	49,324	49,184	48,747	48,568	0,613	0,144	0,4
50	**1,5**	50,000	49,026	49,238	48,376	48,676	0,812	49,968	49,732	48,994	48,834	48,128	47,910	0,920	0,217	0,6
50	**2**	50,000	48,701	48,937	47,835	48,210	1,083	49,962	49,682	48,663	48,483	47,508	47,251	1,227	0,289	0,7
50	**3**	50,000	48,051	48,331	46,752	47,252	1,624	49,952	49,577	48,003	47,791	46,271	45,943	1,840	0,433	1,1
50	**4**	50,000	47,402	47,717	45,670	46,270	2,165	49,940	49,465	47,342	47,106	45,033	44,643	2,454	0,577	1,5
51	**0,5**	51,000	50,675	50,787	50,459	50,571	0,271	50,980	50,874	50,655	50,549	50,367	50,242	0,307	0,072	0,2
51	**0,75**	51,000	50,513	50,673	50,188	50,378	0,406	50,978	50,838	50,491	50,373	50,058	49,911	0,460	0,108	0,3
52	**0,5**	52,000	51,675	51,787	51,459	51,571	0,271	51,980	51,874	51,655	51,549	51,367	51,242	0,307	0,072	0,2
52	**0,75**	52,000	51,513	51,673	51,188	51,378	0,406	51,978	51,838	51,491	51,373	51,058	50,911	0,460	0,108	0,3
52	**1**	52,000	51,350	51,530	50,917	51,153	0,541	51,974	51,794	51,324	51,184	50,747	50,568	0,613	0,144	0,4
52	**1,5**	52,000	51,026	51,238	50,376	50,676	0,812	51,968	51,732	50,994	50,834	50,128	49,910	0,920	0,217	0,5
52	**2**	52,000	50,701	50,937	49,835	50,210	1,083	51,962	51,682	50,663	50,483	49,508	49,251	1,227	0,289	0,7
52	**3**	52,000	50,051	50,331	48,752	49,252	1,624	51,952	51,577	50,003	49,791	48,271	47,943	1,840	0,433	1,1
52	**4**	52,000	49,402	49,717	47,670	48,270	2,165	51,940	51,465	49,342	49,106	47,033	46,643	2,454	0,577	1,5
53	**0,5**	53,000	52,675	52,787	52,459	52,571	0,271	52,980	52,874	52,655	52,549	52,367	52,242	0,307	0,072	0,2
53	**0,75**	53,000	52,513	52,673	52,188	52,378	0,406	52,978	52,838	52,491	52,373	52,058	51,911	0,460	0,108	0,3
54	**0,5**	54,000	53,675	53,787	53,459	53,571	0,271	53,980	53,874	53,655	53,549	53,367	53,242	0,307	0,072	0,2
54	**0,75**	54,000	53,513	53,673	53,188	53,378	0,406	53,978	53,838	53,491	53,373	53,058	52,911	0,460	0,108	0,3
55	**0,5**	55,000	54,675	54,787	54,459	54,571	0,271	54,980	54,874	54,655	54,549	54,367	54,242	0,307	0,072	0,2
55	**0,75**	55,000	54,513	54,673	54,188	54,378	0,406	54,978	54,838	54,491	54,373	54,058	53,911	0,460	0,108	0,3
55	**1**	55,000	54,350	54,530	53,917	54,153	0,541	54,974	54,794	54,324	54,184	53,747	53,568	0,613	0,144	0,3
55	**1,5**	55,000	54,026	54,238	53,376	53,676	0,812	54,968	54,732	53,994	53,834	53,128	52,910	0,920	0,217	0,5
55	**2**	55,000	53,701	53,937	52,835	53,210	1,083	54,962	54,682	53,663	53,483	52,508	52,251	1,227	0,289	0,7
55	**3**	55,000	53,051	53,331	51,752	52,252	1,624	54,952	54,577	53,003	52,791	51,271	50,943	1,840	0,433	1,0
55	**4**	55,000	52,402	52,717	50,670	51,270	2,165	54,940	54,465	52,342	52,106	50,033	49,643	2,454	0,577	1,4
56	**0,5**	56,000	55,675	55,787	55,459	55,571	0,271	55,980	55,874	55,655	55,549	55,367	55,242	0,307	0,072	0,2
56	**0,75**	56,000	55,513	55,673	55,188	55,378	0,406	55,978	55,838	55,491	55,373	55,058	54,911	0,460	0,108	0,2
56	**1**	56,000	55,350	55,530	54,917	55,153	0,541	55,974	55,794	55,324	55,184	54,747	54,568	0,613	0,144	0,3
56	**1,5**	56,000	55,026	55,238	54,376	54,676	0,812	55,968	55,732	54,994	54,834	54,128	53,910	0,920	0,217	0,5
56	**2**	56,000	54,701	54,937	53,835	54,210	1,083	55,962	55,682	54,663	54,483	53,508	53,251	1,227	0,289	0,7
56	**3**	56,000	54,051	54,331	52,752	53,252	1,624	55,952	55,577	54,003	53,791	52,271	51,943	1,840	0,433	1,0
56	**4**	56,000	53,402	53,717	51,670	52,270	2,165	55,940	55,465	53,342	53,106	51,033	50,643	2,454	0,577	1,4
57	**0,5**	57,000	56,675	56,787	56,459	56,571	0,271	56,980	56,874	56,655	56,549	56,367	56,242	0,307	0,072	0,2
57	**0,75**	57,000	56,513	56,673	56,188	56,378	0,406	56,978	56,838	56,491	56,373	56,058	55,911	0,460	0,108	0,2
58	**0,5**	58,000	57,675	57,787	57,459	57,571	0,271	57,980	57,874	57,655	57,549	57,367	57,242	0,307	0,072	0,2

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)							
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
58	0,75	58,000	57,513	57,673	57,188	57,378	0,406	57,978	57,838	57,491	57,373	57,058	56,911	0,460	0,108	0,2
58	1	58,000	57,350	57,530	56,917	57,153	0,541	57,974	57,794	57,324	57,184	56,747	56,568	0,613	0,144	0,3
58	1,5	58,000	57,026	57,238	56,376	56,676	0,812	57,968	57,732	56,994	56,834	56,128	55,910	0,920	0,217	0,5
58	2	58,000	56,701	56,937	55,835	56,210	1,083	57,962	57,682	56,663	56,483	55,508	55,251	1,227	0,289	0,6
58	3	58,000	56,051	56,331	54,752	55,252	1,624	57,952	57,577	56,003	55,791	54,271	53,943	1,840	0,433	1,0
58	4	58,000	55,402	55,717	53,670	54,270	2,165	57,940	57,465	55,342	55,106	53,033	52,643	2,454	0,577	1,3
59	0,5	59,000	58,675	58,787	58,459	58,571	0,271	58,980	58,874	58,655	58,549	58,367	58,242	0,307	0,072	0,2
59	0,75	59,000	58,513	58,673	58,188	58,378	0,406	58,978	58,838	58,491	58,373	58,058	57,911	0,460	0,108	0,2
60	0,5	60,000	59,675	59,787	59,459	59,571	0,271	59,980	59,874	59,655	59,549	59,367	59,242	0,307	0,072	0,2
60	0,75	60,000	59,513	59,673	59,188	59,378	0,406	59,978	59,838	59,491	59,373	59,058	58,911	0,460	0,108	0,2
60	1	60,000	59,350	59,530	58,917	59,153	0,541	59,974	59,794	59,324	59,184	58,747	58,568	0,613	0,144	0,3
60	1,5	60,000	59,026	59,238	58,376	58,676	0,812	59,968	59,732	58,994	58,834	58,128	57,910	0,920	0,217	0,5
60	2	60,000	58,701	58,937	57,835	58,210	1,083	59,962	59,682	58,663	58,483	57,508	57,251	1,227	0,289	0,6
60	3	60,000	58,051	58,331	56,752	57,252	1,624	59,952	59,577	58,003	57,791	56,271	55,943	1,840	0,433	0,9
60	4	60,000	57,402	57,717	55,670	56,270	2,165	59,940	59,465	57,342	57,106	55,033	54,643	2,454	0,577	1,3
61	0,5	61,000	60,675	60,787	60,459	60,571	0,271	60,980	60,874	60,655	60,549	60,367	60,242	0,307	0,072	0,2
61	0,75	61,000	60,513	60,673	60,188	60,378	0,406	60,978	60,838	60,491	60,373	60,058	59,911	0,460	0,108	0,2
62	0,5	62,000	61,675	61,787	61,459	61,571	0,271	61,980	61,874	61,655	61,549	61,367	61,242	0,307	0,072	0,1
62	0,75	62,000	61,513	61,673	61,188	61,378	0,406	61,978	61,838	61,491	61,373	61,058	60,911	0,460	0,108	0,2
62	1	62,000	61,350	61,530	60,917	61,153	0,541	61,974	61,794	61,324	61,184	60,747	60,568	0,613	0,144	0,3
62	1,5	62,000	61,026	61,238	60,376	60,676	0,812	61,968	61,732	60,994	60,834	60,128	59,910	0,920	0,217	0,4
62	2	62,000	60,701	60,937	59,835	60,210	1,083	61,962	61,682	60,663	60,483	59,508	59,251	1,227	0,289	0,6
62	3	62,000	60,051	60,331	58,752	59,252	1,624	61,952	61,577	60,003	59,791	58,271	57,943	1,840	0,433	0,9
62	4	62,000	59,402	59,717	57,670	58,270	2,165	61,940	61,465	59,342	59,106	57,033	56,643	2,454	0,577	1,2
63	0,5	63,000	62,675	62,787	62,459	62,571	0,271	62,980	62,874	62,655	62,549	62,367	62,242	0,307	0,072	0,1
63	0,75	63,000	62,513	62,673	62,188	62,378	0,406	62,978	62,838	62,491	62,373	62,058	61,911	0,460	0,108	0,2
64	0,5	64,000	63,675	63,787	63,459	63,571	0,271	63,980	63,874	63,655	63,549	63,367	63,242	0,307	0,072	0,1
64	0,75	64,000	63,513	63,673	63,188	63,378	0,406	63,978	63,838	63,491	63,373	63,058	62,911	0,460	0,108	0,2
64	1	64,000	63,350	63,530	62,917	63,153	0,541	63,974	63,794	63,324	63,184	62,747	62,568	0,613	0,144	0,3
64	1,5	64,000	63,026	63,238	62,376	62,676	0,812	63,968	63,732	62,994	62,834	62,128	61,910	0,920	0,217	0,4
64	2	64,000	62,701	62,937	61,835	62,210	1,083	63,962	63,682	62,663	62,483	61,508	61,251	1,227	0,289	0,6
64	3	64,000	62,051	62,331	60,752	61,252	1,624	63,952	63,577	62,003	61,791	60,271	59,943	1,840	0,433	0,9
64	4	64,000	61,402	61,717	59,670	60,270	2,165	63,940	63,465	61,342	61,106	59,033	58,643	2,454	0,577	1,2
65	0,5	65,000	64,675	64,787	64,459	64,571	0,271	64,980	64,874	64,655	64,549	64,367	64,242	0,307	0,072	0,1
65	0,75	65,000	64,513	64,673	64,188	64,378	0,406	64,978	64,838	64,491	64,373	64,058	63,911	0,460	0,108	0,2
65	1	65,000	64,350	64,530	63,917	64,153	0,541	64,974	64,794	64,324	64,184	63,747	63,568	0,613	0,144	0,3
65	1,5	65,000	64,026	64,238	63,376	63,676	0,812	64,968	64,732	63,994	63,834	63,128	62,910	0,920	0,217	0,4
65	2	65,000	63,701	63,937	62,835	63,210	1,083	64,962	64,682	63,663	63,483	62,508	62,251	1,227	0,289	0,6
65	3	65,000	63,051	63,331	61,752	62,252	1,624	64,952	64,577	63,003	62,791	61,271	60,943	1,840	0,433	0,9
65	4	65,000	62,402	62,717	60,670	61,270	2,165	64,940	64,465	62,342	62,106	60,033	59,643	2,454	0,577	1,2
66	0,75	66,000	65,513	65,673	65,188	65,378	0,406	65,978	65,838	65,491	65,373	65,058	64,911	0,460	0,108	0,2
67	0,75	67,000	66,513	66,673	66,188	66,378	0,406	66,978	66,838	66,491	66,373	66,058	65,911	0,460	0,108	0,2
68	0,5	68,000	67,675	67,787	67,459	67,571	0,271	67,980	67,874	67,655	67,549	67,367	67,242	0,307	0,072	0,1
68	0,75	68,000	67,513	67,673	67,188	67,378	0,406	67,978	67,838	67,491	67,373	67,058	66,911	0,460	0,108	0,2
68	1	68,000	67,350	67,530	66,917	67,153	0,541	67,974	67,794	67,324	67,184	66,747	66,568	0,613	0,144	0,3
68	1,5	68,000	67,026	67,238	66,376	66,676	0,812	67,968	67,732	66,994	66,834	66,128	65,910	0,920	0,217	0,4
68	2	68,000	66,701	66,937	65,835	66,210	1,083	67,962	67,682	66,663	66,483	65,508	65,251	1,227	0,289	0,5
68	3	68,000	66,051	66,331	64,752	65,252	1,624	67,952	67,577	66,003	65,791	64,271	63,943	1,840	0,433	0,8
68	4	68,000	65,402	65,717	63,670	64,270	2,165	67,940	67,465	65,342	65,106	63,033	62,643	2,454	0,577	1,1
69	0,75	69,000	68,513	68,673	68,188	68,378	0,406	68,978	68,838	68,491	68,373	68,058	67,911	0,460	0,108	0,2
70	0,5	70,000	69,675	69,787	69,459	69,571	0,271	69,980	69,874	69,655	69,549	69,367	69,242	0,307	0,072	0,1

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
70	**0,75**	70,000	69,513	69,673	69,188	69,378	0,406	69,978	69,838	69,491	69,373	69,058	68,911	0,460	0,108	0,2
70	**1**	70,000	69,350	69,530	68,917	69,153	0,541	69,974	69,794	69,324	69,184	68,747	68,568	0,613	0,144	0,3
70	**1,5**	70,000	69,026	69,238	68,376	68,676	0,812	69,968	69,732	68,994	68,834	68,128	67,910	0,920	0,217	0,4
70	**2**	70,000	68,701	68,937	67,835	68,210	1,083	69,962	69,682	68,663	68,483	67,508	67,251	1,227	0,289	0,5
70	**3**	70,000	68,051	68,331	66,752	67,252	1,624	69,952	69,577	68,003	67,791	66,271	65,943	1,840	0,433	0,8
70	**4**	70,000	67,402	67,717	65,670	66,270	2,165	69,940	69,465	67,342	67,106	65,033	64,643	2,454	0,577	1,1
70	**6**	70,000	66,103	66,478	63,505	64,305	3,248	69,920	69,780	66,023	65,743	62,559	62,048	3,680	0,866	1,7
72	**0,5**	72,000	71,675	71,787	71,459	71,571	0,271	71,980	71,874	71,655	71,549	71,367	71,242	0,307	0,072	0,1
72	**0,75**	72,000	71,513	71,673	71,188	71,378	0,406	71,978	71,838	71,491	71,373	71,058	70,911	0,460	0,108	0,2
72	**1**	72,000	71,350	71,530	70,917	71,153	0,541	71,974	71,794	71,324	71,184	70,747	70,568	0,613	0,144	0,3
72	**1,5**	72,000	71,026	71,238	70,376	70,676	0,812	71,968	71,732	70,994	70,834	70,128	69,910	0,920	0,217	0,4
72	**2**	72,000	70,701	70,937	69,835	70,210	1,083	71,962	71,682	70,663	70,483	69,508	69,251	1,227	0,289	0,5
72	**3**	72,000	70,051	70,331	68,752	69,252	1,624	71,952	71,577	70,003	69,791	68,271	67,943	1,840	0,433	0,8
72	**4**	72,000	69,402	69,717	67,670	68,270	2,165	71,940	71,465	69,342	69,106	67,033	66,643	2,454	0,577	1,1
72	**6**	72,000	68,103	68,478	65,505	66,305	3,248	71,920	71,320	68,023	67,743	64,559	64,048	3,680	0,866	1,6
75	**0,5**	75,000	74,675	74,787	74,459	74,571	0,271	74,980	74,874	74,655	74,549	74,367	74,242	0,307	0,072	0,1
75	**0,75**	75,000	74,513	74,673	74,188	74,378	0,406	74,978	74,838	74,491	74,373	74,058	73,911	0,460	0,108	0,2
75	**1**	75,000	74,350	74,530	73,917	74,153	0,541	74,974	74,794	74,324	74,184	73,747	73,568	0,613	0,144	0,2
75	**1,5**	75,000	74,026	74,238	73,376	73,676	0,812	74,968	74,732	73,994	73,834	73,128	72,910	0,920	0,217	0,4
75	**2**	75,000	73,701	73,937	72,835	73,210	1,083	74,962	74,682	73,663	73,483	72,508	72,251	1,227	0,289	0,5
75	**3**	75,000	73,051	73,331	71,752	72,252	1,624	74,952	74,577	73,003	72,791	71,271	70,943	1,840	0,433	0,7
75	**4**	75,000	72,402	72,717	70,670	71,270	2,165	74,940	74,465	72,342	72,106	70,033	69,643	2,454	0,577	1,0
76	**0,5**	76,000	75,675	75,787	75,459	75,571	0,271	75,980	75,874	75,655	75,549	75,367	75,242	0,307	0,072	0,1
76	**0,75**	76,000	75,513	75,673	75,188	75,378	0,406	75,978	75,838	75,491	75,373	75,058	74,911	0,460	0,108	0,2
76	**1**	76,000	75,350	75,530	74,917	75,153	0,541	75,974	75,794	75,324	75,184	74,747	74,568	0,613	0,144	0,2
76	**1,5**	76,000	75,026	75,238	74,376	74,676	0,812	75,968	75,732	74,994	74,834	74,128	73,910	0,920	0,217	0,4
76	**2**	76,000	74,701	74,937	73,835	74,210	1,083	75,962	75,682	74,663	74,483	73,508	73,251	1,227	0,289	0,5
76	**3**	76,000	74,051	74,331	72,752	73,252	1,624	75,952	75,577	74,003	73,791	72,271	71,943	1,840	0,433	0,7
76	**4**	76,000	73,402	73,717	71,670	72,270	2,165	75,940	75,465	73,342	73,106	71,033	70,643	2,454	0,577	1,0
76	**6**	76,000	72,103	72,478	69,505	70,305	3,248	75,920	75,320	72,023	71,743	68,559	68,048	3,680	0,866	1,5
78	**0,5**	78,000	77,675	77,787	77,459	77,571	0,271	77,980	77,874	77,655	77,549	77,367	77,242	0,307	0,072	0,1
78	**0,75**	78,000	77,513	77,673	77,188	77,378	0,406	77,978	77,838	77,491	77,373	77,058	76,911	0,460	0,108	0,2
78	**1**	78,000	77,350	77,530	76,917	77,153	0,541	77,974	77,794	77,324	77,184	76,747	76,568	0,613	0,144	0,2
78	**1,5**	78,000	77,026	77,238	76,376	76,676	0,812	77,968	77,732	76,994	76,834	76,128	75,910	0,920	0,217	0,4
78	**2**	78,000	76,701	76,937	75,835	76,210	1,083	77,962	77,682	76,663	76,483	75,508	75,251	1,227	0,289	0,5
78	**3**	78,000	76,051	76,331	74,752	75,252	1,624	77,952	77,577	76,003	75,791	74,271	73,943	1,840	0,433	0,7
78	**4**	78,000	75,402	75,717	73,670	74,270	2,165	77,940	77,465	75,342	75,106	73,033	72,643	2,454	0,577	1,0
80	**0,5**	80,000	79,675	79,787	79,459	79,571	0,271	79,980	79,874	79,655	79,549	79,367	79,242	0,307	0,072	0,1
80	**0,75**	80,000	79,513	79,673	79,188	79,378	0,406	79,978	79,838	79,491	79,373	79,058	78,911	0,460	0,108	0,2
80	**1**	80,000	79,350	79,530	78,917	79,153	0,541	79,974	79,794	79,324	79,184	78,747	78,568	0,613	0,144	0,2
80	**1,5**	80,000	79,026	79,238	78,376	78,676	0,812	79,968	79,732	78,994	78,834	78,128	77,910	0,920	0,217	0,3
80	**2**	80,000	78,701	78,937	77,835	78,210	1,083	79,962	79,682	78,663	78,483	77,508	77,251	1,227	0,289	0,5
80	**3**	80,000	78,051	78,331	76,752	77,252	1,624	79,952	79,577	78,003	77,791	76,271	75,943	1,840	0,433	0,7
80	**4**	80,000	77,402	77,717	75,670	76,270	2,165	79,940	79,465	77,342	77,106	75,033	74,643	2,454	0,577	0,9
80	**6**	80,000	76,103	76,478	73,505	74,305	3,248	79,920	79,320	76,023	75,743	72,559	72,048	3,680	0,866	1,4
82	**0,5**	82,000	81,675	81,787	81,459	81,571	0,271	81,980	81,874	81,655	81,549	81,367	81,242	0,307	0,072	0,1
82	**0,75**	82,000	81,513	81,673	81,188	81,378	0,406	81,978	81,838	81,491	81,373	81,058	80,911	0,460	0,108	0,2
82	**1**	82,000	81,350	81,530	80,917	81,153	0,541	81,974	81,794	81,324	81,184	80,747	80,568	0,613	0,144	0,2
82	**1,5**	82,000	81,026	81,238	80,376	80,676	0,812	81,968	81,732	80,994	80,834	80,128	79,910	0,920	0,217	0,3
82	**2**	82,000	80,701	80,937	79,835	80,210	1,083	81,962	81,682	80,663	80,483	79,508	79,251	1,227	0,289	0,5
82	**3**	82,000	80,051	80,331	78,752	79,252	1,624	81,952	81,577	80,003	79,791	78,271	77,943	1,840	0,433	0,7

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
82	**4**	82,000	79,402	79,717	77,670	78,270	2,165	81,940	81,465	79,342	79,106	77,033	76,643	2,454	0,577	0,9
85	**0,5**	85,000	84,675	84,787	84,459	84,571	0,271	84,980	84,874	84,655	84,549	84,367	84,242	0,307	0,072	0,1
85	**0,75**	85,000	84,513	84,673	84,188	84,378	0,406	84,978	84,838	84,491	84,373	84,058	83,911	0,460	0,108	0,2
85	**1**	85,000	84,350	84,530	83,917	84,153	0,541	84,974	84,794	84,324	84,184	83,747	83,568	0,613	0,144	0,2
85	**1,5**	85,000	84,026	84,238	83,376	83,676	0,812	84,968	84,732	83,994	83,834	83,128	82,910	0,920	0,217	0,3
85	**2**	85,000	83,701	83,937	82,835	83,210	1,083	84,962	84,682	83,663	83,483	82,508	82,251	1,227	0,289	0,4
85	**3**	85,000	83,051	83,331	81,752	82,252	1,624	84,952	84,577	83,003	82,791	81,271	80,943	1,840	0,433	0,7
85	**4**	85,000	82,402	82,717	80,670	81,270	2,165	84,940	84,465	82,342	82,106	80,033	79,643	2,454	0,577	0,9
85	**6**	85,000	81,103	81,478	78,505	79,305	3,248	84,920	84,320	81,023	80,743	77,559	77,048	3,680	0,866	1,3
88	**0,5**	88,000	87,675	87,787	87,459	87,571	0,271	87,980	87,874	87,655	87,549	87,367	87,242	0,307	0,072	0,1
88	**0,75**	88,000	87,513	87,673	87,188	87,378	0,406	87,978	87,838	87,491	87,373	87,058	86,911	0,460	0,108	0,2
88	**1**	88,000	87,350	87,530	86,917	87,153	0,541	87,974	87,794	87,324	87,184	86,747	86,568	0,613	0,144	0,2
88	**1,5**	88,000	87,026	87,238	86,376	86,676	0,812	87,968	87,732	86,994	86,834	86,128	85,910	0,920	0,217	0,3
88	**2**	88,000	86,701	86,937	85,835	86,210	1,083	87,962	87,682	86,663	86,483	85,508	85,251	1,227	0,289	0,4
88	**3**	88,000	86,051	86,331	84,752	85,252	1,624	87,952	87,577	86,003	85,791	84,271	83,943	1,840	0,433	0,6
88	**4**	88,000	85,402	85,717	83,670	84,270	2,165	87,940	87,465	85,342	85,106	83,033	82,643	2,454	0,577	0,9
90	**0,5**	90,000	89,675	89,787	89,459	89,571	0,271	89,980	89,874	89,655	89,549	89,367	89,242	0,307	0,072	0,1
90	**0,75**	90,000	89,513	89,673	89,188	89,378	0,406	89,978	89,838	89,491	89,373	89,058	88,911	0,460	0,108	0,2
90	**1**	90,000	89,350	89,530	88,917	89,153	0,541	89,974	89,794	89,324	89,184	88,747	88,568	0,613	0,144	0,2
90	**1,5**	90,000	89,026	89,238	88,376	88,676	0,812	89,968	89,732	88,994	88,834	88,128	87,910	0,920	0,217	0,3
90	**2**	90,000	88,701	88,937	87,835	88,210	1,083	89,962	89,682	88,663	88,483	87,508	87,251	1,227	0,289	0,4
90	**3**	90,000	88,051	88,331	86,752	87,252	1,624	89,952	89,577	88,003	87,791	86,271	85,943	1,840	0,433	0,6
90	**4**	90,000	87,402	87,717	85,670	86,270	2,165	89,940	89,465	87,342	87,106	85,033	84,643	2,454	0,577	0,8
90	**6**	90,000	86,103	86,478	83,505	84,305	3,248	89,920	89,320	86,023	85,743	82,559	82,048	3,680	0,866	1,3
92	**0,75**	92,000	91,513	91,693	91,188	91,378	0,406	91,978	91,838	91,491	91,359	91,058	90,897	0,460	0,108	0,1
92	**1**	92,000	91,350	91,550	90,917	91,153	0,541	91,974	91,794	91,324	91,174	90,747	90,558	0,613	0,144	0,2
92	**1,5**	92,000	91,026	91,250	90,376	90,676	0,812	91,968	91,732	90,994	90,824	90,128	89,900	0,920	0,217	0,3
92	**2**	92,000	90,701	90,951	89,835	90,210	1,083	91,962	91,682	90,663	90,473	89,508	89,241	1,227	0,289	0,4
92	**3**	92,000	90,051	90,351	88,752	89,252	1,624	91,952	91,577	90,003	89,779	88,271	87,931	1,840	0,433	0,6
92	**4**	92,000	89,402	89,737	87,670	88,270	2,165	91,940	91,465	89,342	89,092	87,033	86,629	2,454	0,577	0,8
95	**0,75**	95,000	94,513	94,693	94,188	94,378	0,406	94,978	94,838	94,491	94,359	94,058	93,897	0,460	0,108	0,1
95	**1**	95,000	94,350	94,550	93,917	94,153	0,541	94,974	94,794	94,324	94,174	93,747	93,558	0,613	0,144	0,2
95	**1,5**	95,000	94,026	94,250	93,376	93,676	0,812	94,968	94,732	93,994	93,824	93,128	92,900	0,920	0,217	0,3
95	**2**	95,000	93,701	93,951	92,835	93,210	1,083	94,962	94,682	93,663	93,473	92,508	92,241	1,227	0,289	0,4
95	**3**	95,000	93,051	93,351	91,752	92,252	1,624	94,952	94,577	93,003	92,779	91,271	90,931	1,840	0,433	0,6
95	**4**	95,000	92,402	92,737	90,670	91,270	2,165	94,940	94,465	92,342	92,092	90,033	89,629	2,454	0,577	0,8
95	**6**	95,000	91,103	91,503	88,505	89,305	3,248	94,920	94,320	91,023	90,723	87,559	87,028	3,680	0,866	1,2
98	**0,75**	98,000	97,513	97,693	97,188	97,378	0,406	97,978	97,838	97,491	97,359	97,058	96,897	0,460	0,108	0,1
98	**1**	98,000	97,350	97,550	96,917	97,153	0,541	97,974	97,794	97,324	97,174	96,747	96,558	0,613	0,144	0,2
98	**1,5**	98,000	97,026	97,250	96,376	96,676	0,812	97,968	97,732	96,994	96,824	96,128	95,900	0,920	0,217	0,3
98	**2**	98,000	96,701	96,951	95,835	96,210	1,083	97,962	97,682	96,663	96,473	95,508	95,241	1,227	0,289	0,4
98	**3**	98,000	96,051	96,351	94,752	95,252	1,624	97,952	97,577	96,003	95,779	94,271	93,931	1,840	0,433	0,6
98	**4**	98,000	95,402	95,737	93,670	94,270	2,165	97,940	97,465	95,342	95,092	93,033	92,629	2,454	0,577	0,8
100	**0,75**	100,000	99,513	99,693	99,188	99,378	0,406	99,978	99,838	99,491	99,359	99,058	98,897	0,460	0,108	0,1
100	**1**	100,000	99,350	99,550	98,917	99,153	0,541	99,974	99,794	99,324	99,174	98,747	98,558	0,613	0,144	0,2
100	**1,5**	100,000	99,026	99,250	98,376	98,676	0,812	99,968	99,732	98,994	98,824	98,128	97,900	0,920	0,217	0,3
100	**2**	100,000	98,701	98,951	97,835	98,210	1,083	99,962	99,682	98,663	98,473	97,508	97,241	1,227	0,289	0,4
100	**3**	100,000	98,051	98,351	96,752	97,252	1,624	99,952	99,577	98,003	97,779	96,271	95,931	1,840	0,433	0,6
100	**4**	100,000	97,402	97,737	95,670	96,270	2,165	99,940	99,465	97,342	97,092	95,033	94,629	2,454	0,577	0,7
100	**6**	100,000	96,103	96,503	93,505	94,305	3,248	99,920	99,320	96,023	95,723	92,559	92,028	3,680	0,866	1,1
102	**0,75**	102,000	101,513	101,693	101,188	101,378	0,406	101,978	101,838	101,491	101,359	101,058	100,897	0,460	0,108	0,1

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								Угол наклона подкладной пластины
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	
102	1	102,000	101,350	101,550	100,917	101,153	0,541	101,974	101,794	101,324	101,174	100,747	100,558	0,613	0,144	0,2
102	1,5	102,000	101,026	101,250	100,376	100,676	0,812	101,968	101,732	100,994	100,824	100,128	99,900	0,920	0,217	0,3
102	2	102,000	100,701	100,951	99,835	100,210	1,083	101,962	101,682	100,663	100,473	99,508	99,241	1,227	0,289	0,4
102	3	102,000	100,051	100,351	98,752	99,252	1,624	101,952	101,577	100,003	99,779	98,271	97,931	1,840	0,433	0,5
102	4	102,000	99,402	99,737	97,670	98,270	2,165	101,940	101,465	99,342	99,092	97,033	96,629	2,454	0,577	0,7
105	0,75	105,000	104,513	104,693	104,188	104,378	0,406	104,978	104,838	104,491	104,359	104,058	103,897	0,460	0,108	0,1
105	1	105,000	104,350	104,550	103,917	104,153	0,541	104,974	104,794	104,324	104,174	103,747	103,558	0,613	0,144	0,2
105	1,5	105,000	104,026	104,250	103,376	103,676	0,812	104,968	104,732	103,994	103,824	103,128	102,900	0,920	0,217	0,3
105	2	105,000	103,701	103,951	102,835	103,210	1,083	104,962	104,682	103,663	103,473	102,508	102,241	1,227	0,289	0,4
105	3	105,000	103,051	103,351	101,752	102,252	1,624	104,952	104,577	103,003	102,779	101,271	100,931	1,840	0,433	0,5
105	4	105,000	102,402	102,737	100,670	101,270	2,165	104,940	104,465	102,342	102,092	100,033	99,629	2,454	0,577	0,7
105	6	105,000	101,103	101,503	98,505	99,305	3,248	104,920	104,320	101,023	100,723	97,559	97,028	3,680	0,866	1,1
108	0,75	108,000	107,513	107,693	107,188	107,378	0,406	107,978	107,838	107,491	107,359	107,058	106,897	0,460	0,108	0,1
108	1	108,000	107,350	107,550	106,917	107,153	0,541	107,974	107,794	107,324	107,174	106,747	106,558	0,613	0,144	0,2
108	1,5	108,000	107,026	107,250	106,376	106,676	0,812	107,968	107,732	106,994	106,824	106,128	105,900	0,920	0,217	0,3
108	2	108,000	106,701	106,951	105,835	106,210	1,083	107,962	107,682	106,663	106,473	105,508	105,241	1,227	0,289	0,3
108	3	108,000	106,051	106,351	104,752	105,252	1,624	107,952	107,577	106,003	105,779	104,271	103,931	1,840	0,433	0,5
108	4	108,000	105,402	105,737	103,670	104,270	2,165	107,940	107,465	105,342	105,092	103,033	102,629	2,454	0,577	0,7
110	0,75	110,000	109,513	109,693	109,188	109,378	0,406	109,978	109,838	109,491	109,359	109,058	108,897	0,460	0,108	0,1
110	1	110,000	109,350	109,550	108,917	109,153	0,541	109,974	109,794	109,324	109,174	108,747	108,558	0,613	0,144	0,2
110	1,5	110,000	109,026	109,250	108,376	108,676	0,812	109,968	109,732	108,994	108,824	108,128	107,900	0,920	0,217	0,3
110	2	110,000	108,701	108,951	107,835	108,210	1,083	109,962	109,682	108,663	108,473	107,508	107,241	1,227	0,289	0,3
110	3	110,000	108,051	108,351	106,752	107,252	1,624	109,952	109,577	108,003	107,779	106,271	105,931	1,840	0,433	0,5
110	4	110,000	107,402	107,737	105,670	106,270	2,165	109,940	109,465	107,342	107,092	105,033	104,629	2,454	0,577	0,7
110	6	110,000	106,103	106,503	103,505	104,305	3,248	109,920	109,320	106,023	105,723	102,559	102,028	3,680	0,866	1,0
112	1	112,000	111,350	111,550	110,917	111,153	0,541	111,974	111,794	111,324	111,174	110,747	110,558	0,613	0,144	0,2
112	1,5	112,000	111,026	111,250	110,376	110,676	0,812	111,968	111,732	110,994	110,824	110,128	109,900	0,920	0,217	0,2
112	2	112,000	110,701	110,951	109,835	110,210	1,083	111,962	111,682	110,663	110,473	109,508	109,241	1,227	0,289	0,3
112	3	112,000	110,051	110,351	108,752	109,252	1,624	111,952	111,577	110,003	109,779	108,271	107,931	1,840	0,433	0,5
112	4	112,000	109,402	109,737	107,670	108,270	2,165	111,940	111,465	109,342	109,092	107,033	106,629	2,454	0,577	0,7
115	1	115,000	114,350	114,550	113,917	114,153	0,541	114,974	114,794	114,324	114,174	113,747	113,558	0,613	0,144	0,2
115	1,5	115,000	114,026	114,250	113,376	113,676	0,812	114,968	114,732	113,994	113,824	113,128	112,900	0,920	0,217	0,2
115	2	115,000	113,701	113,951	112,835	113,210	1,083	114,962	114,682	113,663	113,473	112,508	112,241	1,227	0,289	0,3
115	3	115,000	113,051	113,351	111,752	112,252	1,624	114,952	114,577	113,003	112,779	111,271	110,931	1,840	0,433	0,5
115	4	115,000	112,402	112,737	110,670	111,270	2,165	114,940	114,465	112,342	112,092	110,033	109,629	2,454	0,577	0,6
115	6	115,000	111,103	111,503	108,505	109,305	3,248	114,920	114,320	111,023	110,723	107,559	107,028	3,680	0,866	1,0
118	1	118,000	117,350	117,550	116,917	117,153	0,541	117,974	117,794	117,324	117,174	116,747	116,558	0,613	0,144	0,2
118	1,5	118,000	117,026	117,250	116,376	116,676	0,812	117,968	117,732	116,994	116,824	116,128	115,900	0,920	0,217	0,2
118	2	118,000	116,701	116,951	115,835	116,210	1,083	117,962	117,682	116,663	116,473	115,508	115,241	1,227	0,289	0,3
118	3	118,000	116,051	116,351	114,752	115,252	1,624	117,952	117,577	116,003	115,779	114,271	113,931	1,840	0,433	0,5
118	4	118,000	115,402	115,737	113,670	114,270	2,165	117,940	117,465	115,342	115,092	113,033	112,629	2,454	0,577	0,6
120	1	120,000	119,350	119,550	118,917	119,153	0,541	119,974	119,794	119,324	119,174	118,747	118,558	0,613	0,144	0,2
120	1,5	120,000	119,026	119,250	118,376	118,676	0,812	119,968	119,732	118,994	118,824	118,128	117,900	0,920	0,217	0,2
120	2	120,000	118,701	118,951	117,835	118,210	1,083	119,962	119,682	118,663	118,473	117,508	117,241	1,227	0,289	0,3
120	3	120,000	118,051	118,351	116,752	117,252	1,624	119,952	119,577	118,003	117,779	116,271	115,931	1,840	0,433	0,5
120	4	120,000	117,402	117,737	115,670	116,270	2,165	119,940	119,465	117,342	117,092	115,033	114,629	2,454	0,577	0,6
120	6	120,000	116,103	116,503	113,505	114,305	3,248	119,920	119,320	116,023	115,723	112,559	112,028	3,680	0,866	0,9
122	1	122,000	121,350	121,550	120,917	121,153	0,541	121,974	121,794	121,324	121,174	120,747	120,558	0,613	0,144	0,2
122	1,5	122,000	121,026	121,250	120,376	120,676	0,812	121,968	121,732	120,994	120,824	120,128	119,900	0,920	0,217	0,2
122	2	122,000	120,701	120,951	119,835	120,210	1,083	121,962	121,682	120,663	120,473	119,508	119,241	1,227	0,289	0,3
122	3	122,000	120,051	120,351	118,752	119,252	1,624	121,952	121,577	120,003	119,779	118,271	117,931	1,840	0,433	0,5

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

		Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)								
Номинальный диаметр	Шаг	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
122	4	122,000	119,402	119,737	117,670	118,270	2,165	121,940	121,465	119,342	119,092	117,033	116,629	2,454	0,577	0,6
125	1	125,000	124,350	124,550	123,917	124,153	0,541	124,974	124,794	124,324	124,174	123,747	123,558	0,613	0,144	0,1
125	1,5	125,000	124,026	124,250	123,376	123,676	0,812	124,968	124,732	123,994	123,824	123,128	122,900	0,920	0,217	0,2
125	2	125,000	123,701	123,951	122,835	123,210	1,083	124,962	124,682	123,663	123,473	122,508	122,241	1,227	0,289	0,3
125	3	125,000	123,051	123,351	121,752	122,252	1,624	124,952	124,577	123,003	122,779	121,271	120,931	1,840	0,433	0,4
125	4	125,000	122,402	122,737	120,670	121,270	2,165	124,940	124,465	122,342	122,092	120,033	119,629	2,454	0,577	0,6
125	6	125,000	121,103	121,503	118,505	119,305	3,248	124,920	124,320	121,023	120,723	117,559	117,028	3,680	0,866	0,9
128	1	128,000	127,350	127,550	126,917	127,153	0,541	127,974	127,794	127,324	127,174	126,747	126,558	0,613	0,144	0,1
128	1,5	128,000	127,026	127,250	126,376	126,676	0,812	127,968	127,732	126,994	126,824	126,128	125,900	0,920	0,217	0,2
128	2	128,000	126,701	126,951	125,835	126,210	1,083	127,962	127,682	126,663	126,473	125,508	125,241	1,227	0,289	0,3
128	3	128,000	126,051	126,351	124,752	125,252	1,624	127,952	127,577	126,003	125,779	124,271	123,931	1,840	0,433	0,4
128	4	128,000	125,402	125,737	123,670	124,270	2,165	127,940	127,465	125,342	125,092	123,033	122,629	2,454	0,577	0,6
130	1	130,000	129,350	129,550	128,917	129,153	0,541	129,974	129,794	129,324	129,174	128,747	128,558	0,613	0,144	0,1
130	1,5	130,000	129,026	129,250	128,376	128,676	0,812	129,968	129,732	128,994	128,824	128,128	127,900	0,920	0,217	0,2
130	2	130,000	128,701	128,951	127,835	128,210	1,083	129,962	129,682	128,663	128,473	127,508	127,241	1,227	0,289	0,3
130	3	130,000	128,051	128,351	126,752	127,252	1,624	129,952	129,577	128,003	127,779	126,271	125,931	1,840	0,433	0,4
130	4	130,000	127,402	127,737	125,670	126,270	2,165	129,940	129,465	127,342	127,092	125,033	124,629	2,454	0,577	0,6
130	6	130,000	126,103	126,503	123,505	124,305	3,248	129,920	129,320	126,023	125,723	122,559	122,028	3,680	0,866	0,9
130	8	130,000	124,804	125,254	121,340	122,340	4,330	129,900	129,190	124,704	124,369	120,085	119,442	4,907	1,155	1,2
132	1	132,000	131,350	131,550	130,917	131,153	0,541	131,974	131,794	131,324	131,174	130,747	130,558	0,613	0,144	0,1
132	1,5	132,000	131,026	131,250	130,376	130,676	0,812	131,968	131,732	130,994	130,824	130,128	129,900	0,920	0,217	0,2
132	2	132,000	130,701	130,951	129,835	130,210	1,083	131,962	131,682	130,663	130,473	129,508	129,241	1,227	0,289	0,3
132	3	132,000	130,051	130,351	128,752	129,252	1,624	131,952	131,577	130,003	129,779	128,271	127,931	1,840	0,433	0,4
132	4	132,000	129,402	129,737	127,670	128,270	2,165	131,940	131,465	129,342	129,092	127,033	126,629	2,454	0,577	0,6
135	1	135,000	134,350	134,550	133,917	134,153	0,541	134,974	134,794	134,324	134,174	133,747	133,558	0,613	0,144	0,1
135	1,5	135,000	134,026	134,250	133,376	133,676	0,812	134,968	134,732	133,994	133,824	133,128	132,900	0,920	0,217	0,2
135	2	135,000	133,701	133,951	132,835	133,210	1,083	134,962	134,682	133,663	133,473	132,508	132,241	1,227	0,289	0,3
135	3	135,000	133,051	133,351	131,752	132,252	1,624	134,952	134,577	133,003	132,779	131,271	130,931	1,840	0,433	0,4
135	4	135,000	132,402	132,737	130,670	131,270	2,165	134,940	134,465	132,342	132,092	130,033	129,629	2,454	0,577	0,6
135	6	135,000	131,103	131,503	128,505	129,305	3,248	134,920	134,320	131,023	130,723	127,559	127,028	3,680	0,866	0,8
138	1	138,000	137,350	137,550	136,917	137,153	0,541	137,974	137,794	137,324	137,174	136,747	136,558	0,613	0,144	0,1
138	1,5	138,000	137,026	137,250	136,376	136,676	0,812	137,968	137,732	136,994	136,824	136,128	135,900	0,920	0,217	0,2
138	2	138,000	136,701	136,951	135,835	136,210	1,083	137,962	137,682	136,663	136,473	135,508	135,241	1,227	0,289	0,3
138	3	138,000	136,051	136,351	134,752	135,252	1,624	137,952	137,577	136,003	135,779	134,271	133,931	1,840	0,433	0,4
138	4	138,000	135,402	135,737	133,670	134,270	2,165	137,940	137,465	135,342	135,092	133,033	132,629	2,454	0,577	0,5
140	1	140,000	139,350	139,550	138,917	139,153	0,541	139,974	139,794	139,324	139,174	138,747	138,558	0,613	0,144	0,1
140	1,5	140,000	139,026	139,250	138,376	138,676	0,812	139,968	139,732	138,994	138,824	138,128	137,900	0,920	0,217	0,2
140	2	140,000	138,701	138,951	137,835	138,210	1,083	139,962	139,682	138,663	138,473	137,508	137,241	1,227	0,289	0,3
140	3	140,000	138,051	138,351	136,752	137,252	1,624	139,952	139,577	138,003	137,779	136,271	135,931	1,840	0,433	0,4
140	4	140,000	137,402	137,737	135,670	136,270	2,165	139,940	139,465	137,342	137,092	135,033	134,629	2,454	0,577	0,5
140	6	140,000	136,103	136,503	133,505	134,305	3,248	139,920	139,320	136,023	135,723	132,559	132,028	3,680	0,866	0,8
140	8	140,000	134,804	135,254	131,340	132,340	4,330	139,900	139,190	134,704	134,369	130,085	129,442	4,907	1,155	1,1
142	1	142,000	141,350	141,550	140,917	141,153	0,541	141,974	141,794	141,324	141,174	140,747	140,558	0,613	0,144	0,1
142	1,5	142,000	141,026	141,250	140,376	140,676	0,812	141,968	141,732	140,994	140,824	140,128	139,900	0,920	0,217	0,2
142	2	142,000	140,701	140,951	139,835	140,210	1,083	141,962	141,682	140,663	140,473	139,508	139,241	1,227	0,289	0,3
142	3	142,000	140,051	140,351	138,752	139,252	1,624	141,952	141,577	140,003	139,779	138,271	137,931	1,840	0,433	0,4
142	4	142,000	139,402	139,737	137,670	138,270	2,165	141,940	141,465	139,342	139,092	137,033	136,629	2,454	0,577	0,5
145	1	145,000	144,350	144,550	143,917	144,153	0,541	144,974	144,794	144,324	144,174	143,747	143,558	0,613	0,144	0,1
145	1,5	145,000	144,026	144,250	143,376	143,676	0,812	144,968	144,732	143,994	143,824	143,128	142,900	0,920	0,217	0,2
145	2	145,000	143,701	143,951	142,835	143,210	1,083	144,962	144,682	143,663	143,473	142,508	142,241	1,227	0,289	0,3
145	3	145,000	143,051	143,351	141,752	142,252	1,624	144,952	144,577	143,003	142,779	141,271	140,931	1,840	0,433	0,4

ISO Мелкая резьба (M)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 6H (4H/5H)						Резьба болта 6g (4h)							
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Закругление	Угол наклона подкладной пластины
145	**4**	145,000	142,402	142,737	140,670	141,270	2,165	144,940	144,465	142,342	142,092	140,033	139,629	2,454	0,577	0,5
145	**6**	145,000	141,103	141,503	138,505	139,305	3,248	144,920	144,320	141,023	140,723	137,559	137,028	3,680	0,866	0,8
148	**1**	148,000	147,350	147,550	146,917	147,153	0,541	147,974	147,794	147,324	147,174	146,747	146,558	0,613	0,144	0,1
148	**1,5**	148,000	147,026	147,250	146,376	146,676	0,812	147,968	147,732	146,994	146,824	146,128	145,900	0,920	0,217	0,2
148	**2**	148,000	146,701	146,951	145,835	146,210	1,083	147,962	147,682	146,663	146,473	145,508	145,241	1,227	0,289	0,2
148	**3**	148,000	146,051	146,351	144,752	145,252	1,624	147,952	147,577	146,003	145,779	144,271	143,931	1,840	0,433	0,4
148	**4**	148,000	145,402	145,737	143,670	144,270	2,165	147,940	147,465	145,342	145,092	143,033	142,629	2,454	0,577	0,5
150	**1**	150,000	149,350	149,550	148,917	149,153	0,541	149,974	149,794	149,324	149,174	148,747	148,558	0,613	0,144	0,1
150	**1,5**	150,000	149,026	149,250	148,376	148,676	0,812	149,968	149,732	148,994	148,824	148,128	147,900	0,920	0,217	0,2
150	**2**	150,000	148,701	148,951	147,835	148,210	1,083	149,962	149,682	148,663	148,473	147,508	147,241	1,227	0,289	0,2
150	**3**	150,000	148,051	148,351	146,752	147,252	1,624	149,952	149,577	148,003	147,779	146,271	145,931	1,840	0,433	0,4
150	**4**	150,000	147,402	147,737	145,670	146,270	2,165	149,940	149,465	147,342	147,092	145,033	144,629	2,454	0,577	0,5
150	**6**	150,000	146,103	146,503	143,505	144,305	3,248	149,920	149,320	146,023	145,723	142,559	142,028	3,680	0,866	0,7
150	**8**	150,000	144,804	145,254	141,340	142,340	4,330	149,900	149,190	144,704	144,369	140,085	139,442	4,907	1,155	1,0

Трубная резьба (G)

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Ниток на дюйм	Шаг	Резьба гайки или болта						Допуски				
									Средний диаметр			Внутр. диаметр	Наруж. диаметр
			Наружн. Ø	Средний Ø	Внутр. Ø	Высота профиля	Угол подъёма	Закругление	Гайка	Болт A	Болт B	Гайка	Болт
1/16"	**28**	0,907	7,72	7,14	6,56	0,58	2,3	0,12	+0,107	-0,107	-0,214	+0,282	-0,214
1/8"	**28**	0,907	9,73	9,15	8,57	0,58	1,8	0,12	+0,107	-0,107	-0,214	+0,282	-0,214
1/4"	**19**	1,337	13,16	12,30	11,45	0,86	2,0	0,18	+0,125	-0,125	-0,250	+0,445	-0,250
3/8"	**19**	1,337	16,66	15,81	14,95	0,86	1,5	0,18	+0,125	-0,125	-0,250	+0,445	-0,250
1/2"	**14**	1,814	20,96	19,79	18,63	1,16	1,7	0,25	+0,142	-0,142	-0,284	+0,541	-0,284
5/8"	**14**	1,814	22,91	21,75	20,59	1,16	1,5	0,25	+0,142	-0,142	-0,284	+0,541	-0,284
3/4"	**14**	1,814	26,44	25,28	24,12	1,16	1,3	0,25	+0,142	-0,142	-0,284	+0,541	-0,284
7/8"	**14**	1,814	30,20	29,04	27,88	1,16	1,1	0,25	+0,142	-0,142	-0,284	+0,541	-0,284
1"	**11**	2,309	33,25	31,77	30,29	1,48	1,3	0,32	+0,180	-0,180	-0,360	+0,640	-0,360
1 1/8"	**11**	2,309	37,90	36,42	34,94	1,48	1,2	0,32	+0,180	-0,180	-0,360	+0,640	-0,360
1 1/4"	**11**	2,309	41,91	40,43	38,95	1,48	1,0	0,32	+0,180	-0,180	-0,360	+0,640	-0,360
1 1/2"	**11**	2,309	47,80	46,32	44,85	1,48	0,9	0,32	+0,180	-0,180	-0,360	+0,640	-0,360
1 3/4"	**11**	2,309	53,75	52,27	50,79	1,48	0,8	0,32	+0,180	-0,180	-0,360	+0,640	-0,360
2"	**11**	2,309	59,61	58,41	56,66	1,48	0,7	0,32	+0,180	-0,180	-0,360	+0,640	-0,360
2 1/4"	**11**	2,309	65,71	64,23	62,75	1,48	0,7	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
2 1/2"	**11**	2,309	75,18	73,71	72,23	1,48	0,6	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
2 3/4"	**11**	2,309	81,53	80,06	78,58	1,48	0,5	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
3"	**11**	2,309	87,88	86,41	84,93	1,48	0,5	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
3 1/2"	**11**	2,309	100,33	98,85	97,37	1,48	0,4	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
4"	**11**	2,309	113,03	111,55	110,07	1,48	0,4	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
4 1/2"	**11**	2,309	125,73	124,25	122,77	1,48	0,3	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
5"	**11**	2,309	138,43	136,95	135,37	1,48	0,3	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
5 1/2"	**11**	2,309	151,13	149,65	148,17	1,48	0,3	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434
6"	**11**	2,309	163,83	162,35	160,87	1,48	0,3	0,32	+0,217	-0,217	-0,434	+0,640	-0,434

Трапецеидальная резьба (Tr) ISO

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 7H						Резьба болта 7e								
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Угол наклона подкладной пластины	Зазор
8	1,5	8,300	7,250	7,474	6,500	6,690	0,900	8,000	7,850	7,183	7,013	6,200	5,921	0,900	3,776	0,2
9	1,5	9,300	8,250	8,474	7,500	7,690	0,900	9,000	8,850	8,183	8,013	7,200	6,921	0,900	3,318	0,2
9	2	9,500	8,000	8,250	7,000	7,236	1,250	9,000	8,820	7,929	7,739	6,500	6,191	1,250	4,562	0,3
10	1,5	10,300	9,250	9,474	8,500	8,690	0,900	10,000	9,850	9,183	9,013	8,200	7,921	0,900	2,959	0,2
10	2	10,500	9,000	9,250	8,000	8,236	1,250	10,000	9,820	8,929	8,739	7,500	7,191	1,250	4,055	0,3
11	2	11,500	10,000	10,250	9,000	9,236	1,250	11,000	10,820	9,929	9,739	8,500	8,191	1,250	3,649	0,3
11	3	11,500	9,500	9,780	8,000	8,315	1,750	11,000	10,764	9,415	9,203	7,500	7,150	1,750	5,762	0,3
12	2	12,500	11,000	11,265	10,000	10,236	1,250	12,000	11,820	10,929	10,729	9,500	9,179	1,250	3,316	0,3
12	3	12,500	10,500	10,800	9,000	9,315	1,750	12,000	11,764	10,415	10,191	8,500	8,135	1,750	5,212	0,3
14	2	14,500	13,000	13,265	12,000	12,236	1,250	14,000	13,820	12,929	12,729	11,500	11,179	1,250	2,806	0,3
14	3	14,500	12,500	12,800	11,000	11,315	1,750	14,000	13,764	12,415	12,191	10,500	10,135	1,750	4,378	0,3
16	2	16,500	15,000	15,265	14,000	14,236	1,250	16,000	15,820	14,929	14,729	13,500	13,179	1,250	2,432	0,3
16	4	16,500	14,000	14,355	12,000	12,375	2,250	16,000	15,700	13,905	13,640	11,500	11,074	2,250	5,210	0,3
18	2	18,500	17,000	17,265	16,000	16,236	1,250	18,000	17,820	16,929	16,729	15,500	15,179	1,250	2,146	0,3
18	4	18,500	16,000	16,355	14,000	14,375	2,250	18,000	17,700	15,905	15,640	13,500	13,074	2,250	4,559	0,3
20	2	20,500	19,000	19,265	18,000	18,236	1,250	20,000	19,820	18,929	18,729	17,500	17,179	1,250	1,920	0,3
20	4	20,500	18,000	18,355	16,000	16,375	2,250	20,000	19,700	17,905	17,640	15,500	15,074	2,250	4,053	0,3
22	3	22,500	20,500	20,835	19,000	19,315	1,750	22,000	21,764	20,415	20,191	18,500	18,135	1,750	2,667	0,3
22	5	22,500	19,500	19,875	17,000	17,450	2,750	22,000	21,665	19,394	19,114	16,500	16,044	2,750	4,677	0,3
22	8	23,000	18,000	18,475	14,000	14,630	4,500	22,000	21,550	17,868	17,513	13,000	12,424	4,500	8,103	0,5
24	3	24,500	22,500	22,835	21,000	21,315	1,750	24,000	23,764	22,415	22,165	20,500	20,103	1,750	2,432	0,3
24	5	24,500	21,500	21,900	19,000	19,450	2,750	24,000	23,665	21,394	21,094	18,500	18,019	2,750	4,241	0,3
24	8	25,000	20,000	20,500	16,000	16,630	4,500	24,000	23,550	19,868	19,493	15,000	14,399	4,500	7,292	0,5
26	3	26,500	24,500	24,835	23,000	23,315	1,750	26,000	25,764	24,415	24,165	22,500	22,103	1,750	2,233	0,3
26	5	26,500	23,500	23,900	21,000	21,450	2,750	26,000	25,665	23,394	23,094	20,500	20,019	2,750	3,880	0,3
26	8	27,000	22,000	22,500	18,000	18,630	4,500	26,000	25,550	21,868	21,493	17,000	16,399	4,500	6,630	0,5
28	3	28,500	26,500	26,835	25,000	25,315	1,750	28,000	27,764	26,415	26,165	24,500	24,103	1,750	2,065	0,3
28	5	28,500	25,500	25,900	23,000	23,450	2,750	28,000	27,665	25,394	25,094	22,500	22,019	2,750	3,576	0,3
28	8	29,000	24,000	24,500	20,000	20,630	4,500	28,000	27,550	23,868	23,493	19,000	18,399	4,500	6,078	0,5
30	3	30,500	28,500	28,835	27,000	27,315	1,750	30,000	29,764	28,415	28,165	26,500	26,103	1,750	1,920	0,3
30	6	31,000	27,000	27,450	24,000	24,500	3,500	30,000	29,625	26,882	26,547	23,000	22,463	3,500	4,052	0,5
30	10	31,000	25,000	25,530	20,000	20,710	5,500	30,000	29,470	24,850	24,450	19,000	18,350	5,500	7,294	0,5
32	3	32,500	30,500	30,835	29,000	29,315	1,750	32,000	31,764	30,415	30,165	28,500	28,103	1,750	1,794	0,3
32	6	33,000	29,000	29,450	26,000	26,500	3,500	32,000	31,625	28,882	28,547	25,000	24,463	3,500	3,773	0,5
32	10	33,000	27,000	27,530	22,000	22,710	5,500	32,000	31,470	26,850	26,450	21,000	20,350	5,500	6,754	0,5
34	3	34,500	32,500	32,835	31,000	31,315	1,750	34,000	33,764	32,415	32,165	30,500	30,103	1,750	1,683	0,3
34	6	35,000	31,000	31,450	28,000	28,500	3,500	34,000	33,625	30,882	30,547	27,000	26,463	3,500	3,530	0,5
34	10	35,000	29,000	29,530	24,000	24,710	5,500	34,000	33,470	28,850	28,450	23,000	22,350	5,500	6,289	0,5
36	3	36,500	34,500	34,835	33,000	33,315	1,750	36,000	35,764	34,415	34,165	32,500	32,103	1,750	1,586	0,3
36	6	37,000	33,000	33,450	30,000	30,500	3,500	36,000	35,625	32,882	32,547	29,000	28,463	3,500	3,316	0,5
36	10	37,000	31,000	31,530	26,000	26,710	5,500	36,000	35,470	30,850	30,450	25,000	24,350	5,500	5,883	0,5
38	3	38,500	36,500	36,835	35,000	35,315	1,750	38,000	37,764	36,415	36,165	34,500	34,103	1,750	1,499	0,3
38	7	39,000	34,500	34,975	31,000	31,560	4,000	38,000	37,575	34,375	34,020	30,000	29,431	4,000	3,700	0,5
38	10	39,000	33,000	33,530	28,000	28,710	5,500	38,000	37,470	32,850	32,450	27,000	26,350	5,500	5,527	0,5
40	3	40,500	38,500	38,835	37,000	37,315	1,750	40,000	39,764	38,415	38,165	36,500	36,103	1,750	1,421	0,3
40	7	41,000	36,500	36,975	33,000	33,560	4,000	40,000	39,575	36,375	36,020	32,000	31,431	4,000	3,497	0,5
40	10	41,000	35,000	35,530	30,000	30,710	5,500	40,000	39,470	34,850	34,450	29,000	28,350	5,500	5,211	0,5
42	3	42,500	40,500	40,835	39,000	39,315	1,750	42,000	41,764	40,415	40,165	38,500	38,103	1,750	1,351	0,3

Трапецеидальная резьба (Tr) ISO

(метрические значения)

		Резьба гайки 7H						Резьба болта 7e							
Номинальный диаметр	Шаг	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Угол наклона подкладной пластины	Зазор
42	**7**	43,000	38,500	38,975	35,000	35,560	4,000	42,000	41,575	38,375	38,020	34,000	33,431	4,000	3,316	0,5
42	**10**	43,000	37,000	37,530	32,000	32,710	5,500	42,000	41,470	36,850	36,450	31,000	30,350	5,500	4,929	0,5
44	**3**	44,500	42,500	42,835	41,000	41,315	1,750	44,000	43,764	42,415	42,165	40,500	40,103	1,750	1,287	0,3
44	**7**	45,000	40,500	40,975	37,000	37,560	4,000	44,000	43,575	40,375	40,020	36,000	35,431	4,000	3,152	0,5
44	**12**	45,000	38,000	38,560	32,000	32,800	6,500	44,000	43,400	37,830	37,405	31,000	30,309	6,500	5,760	0,5
46	**3**	46,500	44,500	44,855	43,000	43,315	1,750	46,000	45,764	44,415	44,150	42,500	42,084	1,750	1,229	0,3
46	**8**	47,000	42,000	42,530	38,000	38,630	4,500	46,000	45,550	41,868	41,468	37,000	36,368	4,500	3,474	0,5
46	**12**	47,000	40,000	40,630	34,000	34,800	6,500	46,000	45,400	39,830	39,355	33,000	32,246	6,500	5,471	0,5
48	**3**	48,500	46,500	46,855	45,000	45,315	1,750	48,000	47,764	46,415	46,150	44,500	44,084	1,750	1,177	0,3
48	**8**	49,000	44,000	44,530	40,000	40,630	4,500	48,000	47,550	43,868	43,468	39,000	38,368	4,500	3,316	0,5
48	**12**	49,000	42,000	42,630	36,000	36,800	6,500	48,000	47,400	41,830	41,355	35,000	34,246	6,500	5,210	0,5
50	**3**	50,500	48,500	48,855	47,000	47,315	1,750	50,000	49,764	48,415	48,150	46,500	46,084	1,750	1,128	0,3
50	**8**	51,000	46,000	46,530	42,000	42,630	4,500	50,000	49,550	45,868	45,468	41,000	40,368	4,500	3,172	0,5
50	**12**	51,000	44,000	44,630	38,000	38,800	6,500	50,000	49,400	43,830	43,355	37,000	36,246	6,500	4,974	0,5
52	**3**	52,500	50,500	50,855	49,000	49,315	1,750	52,000	51,764	50,415	50,150	48,500	48,084	1,750	1,083	0,3
52	**8**	53,000	48,000	48,530	44,000	44,630	4,500	52,000	51,550	47,868	47,468	43,000	42,368	4,500	3,039	0,5
52	**12**	53,000	46,000	46,630	40,000	40,800	6,500	52,000	51,400	45,830	45,355	39,000	38,246	6,500	4,757	0,5
55	**3**	55,500	53,500	53,855	52,000	52,315	1,750	55,000	54,764	53,415	53,150	51,500	51,084	1,750	1,023	0,3
55	**9**	56,000	50,500	51,060	46,000	46,670	5,000	55,000	54,500	50,360	49,935	45,000	44,329	5,000	3,250	0,5
55	**14**	57,000	48,000	48,670	41,000	41,900	8,000	55,000	54,330	47,820	47,320	39,000	38,195	8,000	5,318	1,0
60	**3**	60,500	58,500	58,855	57,000	57,315	1,750	60,000	59,764	58,415	58,150	56,500	56,084	1,750	0,935	0,3
60	**9**	61,000	55,500	56,060	51,000	51,670	5,000	60,000	59,500	55,360	54,935	50,000	49,329	5,000	2,957	0,5
60	**14**	62,000	53,000	53,670	46,000	46,900	8,000	60,000	59,330	52,820	52,320	44,000	43,195	8,000	4,817	1,0
65	**4**	65,500	63,000	63,400	61,000	61,375	2,250	65,000	64,700	62,905	62,605	60,500	60,030	2,250	1,158	0,3
65	**10**	66,000	60,000	60,560	55,000	55,710	5,500	65,000	64,470	59,850	59,425	54,000	53,319	5,500	3,040	0,5
65	**16**	67,000	57,000	57,710	49,000	50,000	9,000	65,000	64,290	56,810	56,280	47,000	46,147	9,000	5,118	1,0
70	**4**	70,500	68,000	68,400	66,000	66,375	2,250	70,000	69,700	67,905	67,605	65,500	65,030	2,250	1,073	0,3
70	**10**	71,000	65,000	65,560	60,000	60,710	5,500	70,000	69,470	64,850	64,425	59,000	58,319	5,500	2,806	0,5
70	**16**	72,000	62,000	62,710	54,000	55,000	9,000	70,000	69,290	61,810	61,280	52,000	51,147	9,000	4,706	1,0
75	**4**	75,500	73,000	73,400	71,000	71,375	2,250	75,000	74,700	72,905	72,605	70,500	70,030	2,250	0,999	0,3
75	**10**	76,000	70,000	70,560	65,000	65,710	5,500	75,000	74,470	69,850	69,425	64,000	63,319	5,500	2,605	0,5
75	**16**	77,000	67,000	67,710	59,000	60,000	9,000	75,000	74,290	66,810	66,280	57,000	56,147	9,000	4,355	1,0
80	**4**	80,500	78,000	78,400	76,000	76,375	2,250	80,000	79,700	77,905	77,605	75,500	75,030	2,250	0,935	0,3
80	**10**	81,000	75,000	75,560	70,000	70,710	5,500	80,000	79,470	74,850	74,425	69,000	68,319	5,500	2,432	0,5
80	**16**	82,000	72,000	72,710	64,000	65,000	9,000	80,000	79,290	71,810	71,280	62,000	61,147	9,000	4,052	1,0
85	**4**	85,500	83,000	83,400	81,000	81,375	2,250	85,000	84,700	82,905	82,605	80,500	80,030	2,250	0,879	0,3
85	**12**	86,000	79,000	79,630	73,000	73,800	6,500	85,000	84,400	78,830	78,355	72,000	71,246	6,500	2,770	0,5
85	**18**	87,000	76,000	76,750	67,000	68,120	10,000	85,000	84,200	75,800	75,240	65,000	64,100	10,000	4,319	1,0
90	**4**	90,500	88,000	88,400	86,000	86,375	2,250	90,000	89,700	87,905	87,605	85,500	85,030	2,250	0,829	0,3
90	**12**	91,000	84,000	84,630	78,000	78,800	6,500	90,000	89,400	83,830	83,355	77,000	76,246	6,500	2,605	0,5
90	**18**	92,000	81,000	81,750	72,000	73,120	10,000	90,000	89,200	80,800	80,240	70,000	69,100	10,000	4,052	1,0
95	**4**	95,500	93,000	93,425	91,000	91,375	2,250	95,000	94,700	92,905	92,590	90,500	90,011	2,250	0,784	0,3
95	**12**	96,000	89,000	89,670	83,000	83,800	6,500	95,000	94,400	88,830	88,330	82,000	81,215	6,500	2,459	0,5
95	**18**	97,000	86,000	86,800	77,000	78,120	10,000	95,000	94,200	85,800	85,200	75,000	74,050	10,000	3,817	1,0
100	**4**	100,500	98,000	98,425	96,000	96,375	2,250	100,000	99,700	97,905	97,590	95,500	95,011	2,250	0,744	0,3
100	**12**	101,000	94,000	94,670	88,000	88,800	6,500	100,000	99,400	93,830	93,330	87,000	86,215	6,500	2,328	0,5
100	**20**	102,000	90,000	90,800	80,000	81,180	11,000	100,000	99,150	89,788	89,188	78,000	77,038	11,000	4,052	1,0
105	**4**	105,500	103,000	103,425	101,000	101,375	2,250	105,000	104,700	102,905	102,590	100,500	100,011	2,250	0,708	0,3

Трапецеидальная резьба (Tr) ISO

(метрические значения)

Номинальный диаметр	Шаг	Резьба гайки 7H						Резьба болта 7e								
		Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Угол наклона подкладной пластины	Зазор
105	**12**	106,000	99,000	99,670	93,000	93,800	6,500	105,000	104,400	98,830	98,330	92,000	91,215	6,500	2,211	0,5
105	**20**	107,000	95,000	95,800	85,000	86,180	11,000	105,000	104,150	94,788	94,188	83,000	82,038	11,000	3,839	1,0
110	**4**	110,500	108,000	108,425	106,000	106,375	2,250	110,000	109,700	107,905	107,590	105,500	105,011	2,250	0,675	0,3
110	12	111,000	104,000	104,670	98,000	98,800	6,500	110,000	109,400	103,830	103,330	97,000	96,215	6,500	2,104	0,5
110	20	112,000	100,000	100,800	90,000	91,180	11,000	110,000	109,150	99,788	99,188	88,000	87,038	11,000	3,647	1,0
115	**6**	116,000	112,000	112,500	109,000	109,500	3,500	115,000	114,625	111,882	111,507	108,000	107,413	3,500	0,977	0,5
115	**14**	117,000	108,000	108,710	101,000	101,900	8,000	115,000	114,330	107,820	107,290	99,000	98,157	8,000	2,364	1,0
115	**22**	117,000	104,000	104,850	93,000	94,250	12,000	115,000	114,100	103,776	103,146	91,000	89,989	12,000	3,857	1,0
120	**6**	121,000	117,000	117,500	114,000	114,500	3,500	120,000	119,625	116,882	116,507	113,000	112,413	3,500	0,935	0,5
120	14	122,000	113,000	113,710	106,000	106,900	8,000	120,000	119,330	112,820	112,290	104,000	103,157	8,000	2,259	1,0
120	22	122,000	109,000	109,850	98,000	99,250	12,000	120,000	119,100	108,776	108,146	96,000	94,989	12,000	3,681	1,0
125	**6**	126,000	122,000	122,500	119,000	119,500	3,500	125,000	124,625	121,882	121,507	118,000	117,413	3,500	0,897	0,5
125	**14**	127,000	118,000	118,710	111,000	111,900	8,000	125,000	124,330	117,820	117,290	109,000	108,157	8,000	2,164	1,0
125	**22**	127,000	114,000	114,850	103,000	104,250	12,000	125,000	124,100	113,776	113,146	101,000	99,989	12,000	3,519	1,0
130	**6**	131,000	127,000	127,500	124,000	124,500	3,500	130,000	129,625	126,882	126,507	123,000	122,413	3,500	0,862	0,5
130	14	132,000	123,000	123,710	116,000	116,900	8,000	130,000	129,330	122,820	122,290	114,000	113,157	8,000	2,076	1,0
130	22	132,000	119,000	119,850	108,000	109,250	12,000	130,000	129,100	118,776	118,146	106,000	104,989	12,000	3,371	1,0
135	**6**	136,000	132,000	132,500	129,000	129,500	3,500	135,000	134,625	131,882	131,507	128,000	127,413	3,500	0,829	0,5
135	**14**	137,000	128,000	128,710	121,000	121,900	8,000	135,000	134,330	127,820	127,290	119,000	118,157	8,000	1,995	1,0
135	**24**	137,000	123,000	123,900	111,000	112,320	13,000	135,000	134,050	122,764	122,094	109,000	107,926	13,000	3,558	1,0
140	**6**	141,000	137,000	137,500	134,000	134,500	3,500	140,000	139,625	136,882	136,507	133,000	132,413	3,500	0,799	0,5
140	14	142,000	133,000	133,710	126,000	126,900	8,000	140,000	139,330	132,820	132,290	124,000	123,157	8,000	1,920	1,0
140	24	142,000	128,000	128,900	116,000	117,320	13,000	140,000	139,050	127,764	127,094	114,000	112,926	13,000	3,419	1,0
145	**6**	146,000	142,000	142,500	139,000	139,500	3,500	145,000	144,625	141,882	141,507	138,000	137,413	3,500	0,771	0,5
145	**14**	147,000	138,000	138,710	131,000	131,900	8,000	145,000	144,330	137,820	137,290	129,000	128,157	8,000	1,850	1,0
145	**24**	147,000	133,000	133,900	121,000	122,320	13,000	145,000	144,050	132,764	132,094	119,000	117,926	13,000	3,291	1,0
150	**6**	151,000	147,000	147,500	144,000	144,500	3,500	150,000	149,625	146,882	146,507	143,000	142,413	3,500	0,744	0,5
150	16	152,000	142,000	142,750	134,000	135,000	9,000	150,000	149,290	141,810	141,250	132,000	131,110	9,000	2,055	1,0
150	24	152,000	138,000	138,900	126,000	127,320	13,000	150,000	149,050	137,764	137,094	124,000	122,926	13,000	3,172	1,0
155	**6**	156,000	152,000	152,500	149,000	149,500	3,500	155,000	154,625	151,882	151,507	148,000	147,413	3,500	0,720	0,5
155	**16**	157,000	147,000	147,750	139,000	140,000	9,000	155,000	154,290	146,810	146,250	137,000	136,110	9,000	1,985	1,0
155	**24**	157,000	143,000	143,900	131,000	132,320	13,000	155,000	154,050	142,764	142,094	129,000	127,926	13,000	3,061	1,0
160	**6**	161,000	157,000	157,500	154,000	154,500	3,500	160,000	159,625	156,882	156,507	153,000	152,413	3,500	0,697	0,5
160	16	162,000	152,000	152,750	144,000	145,000	9,000	160,000	159,290	151,810	151,250	142,000	141,110	9,000	1,920	1,0
160	28	162,000	146,000	146,950	132,000	133,500	15,000	160,000	158,940	145,750	145,040	130,000	128,862	15,000	3,497	1,0
165	**6**	166,000	162,000	162,500	159,000	159,500	3,500	165,000	164,625	161,882	161,507	158,000	157,413	3,500	0,675	0,5
165	**16**	167,000	157,000	157,750	149,000	150,000	9,000	165,000	164,290	156,810	156,250	147,000	146,110	9,000	1,859	1,0
165	**28**	167,000	151,000	151,950	137,000	138,500	15,000	165,000	163,940	150,750	150,040	135,000	133,862	15,000	3,382	1,0
170	**6**	171,000	167,000	167,500	164,000	164,500	3,500	170,000	169,625	166,882	166,507	163,000	162,413	3,500	0,655	0,5
170	16	172,000	162,000	162,750	154,000	155,000	9,000	170,000	169,290	161,810	161,250	152,000	151,110	9,000	1,801	1,0
170	28	172,000	156,000	156,950	142,000	143,500	15,000	170,000	168,940	155,750	155,040	140,000	138,862	15,000	3,273	1,0
175	**8**	176,000	171,000	171,560	167,000	167,630	4,500	175,000	174,550	170,868	170,443	166,000	165,337	4,500	0,853	0,5
175	**16**	177,000	167,000	167,750	159,000	160,000	9,000	175,000	174,290	166,810	166,250	157,000	156,110	9,000	1,747	1,0
175	**28**	177,000	161,000	161,950	147,000	148,500	15,000	175,000	173,940	160,750	160,040	145,000	143,862	15,000	3,172	1,0
180	**8**	181,000	176,000	176,560	172,000	172,630	4,500	180,000	179,550	175,868	175,443	171,000	170,337	4,500	0,829	0,5
180	18	182,000	171,000	171,800	162,000	163,120	10,000	180,000	179,200	170,800	170,200	160,000	159,050	10,000	1,920	1,0
180	28	182,000	166,000	166,950	152,000	153,500	15,000	180,000	178,940	165,750	165,040	150,000	148,862	15,000	3,076	1,0
185	**8**	186,000	181,000	181,600	177,000	177,630	4,500	185,000	184,550	180,868	180,418	176,000	175,305	4,500	0,806	0,5

Трапецеидальная резьба (Tr) ISO

(метрические значения)

		Резьба гайки 7H						Резьба болта 7e								
Номинальный диаметр	Шаг	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Высота профиля	Угол наклона подкладной пластины	Зазор
185	**18**	187,000	176,000	176,850	167,000	168,120	10,000	185,000	184,200	175,800	175,170	165,000	164,013	10,000	1,865	1,0
185	**32**	187,000	169,000	170,060	153,000	154,600	17,000	185,000	183,880	168,735	167,935	151,000	149,735	17,000	3,453	1,0
190	**8**	191,000	186,000	186,600	182,000	182,630	4,500	190,000	189,550	185,868	185,418	181,000	180,305	4,500	0,784	0,5
190	**18**	192,000	181,000	181,850	172,000	173,120	10,000	190,000	189,200	180,800	180,170	170,000	169,013	10,000	1,814	1,0
190	**32**	192,000	174,000	175,060	158,000	159,600	17,000	190,000	188,880	173,735	172,935	156,000	154,735	17,000	3,354	1,0
195	**8**	196,000	191,000	191,600	187,000	187,630	4,500	195,000	194,550	190,868	190,418	186,000	185,305	4,500	0,764	0,5
195	**18**	197,000	186,000	186,850	177,000	178,120	10,000	195,000	194,200	185,800	185,170	175,000	174,013	10,000	1,765	1,0
195	**32**	197,000	179,000	180,060	163,000	164,600	17,000	195,000	193,880	178,735	177,935	161,000	159,735	17,000	3,260	1,0
200	**8**	201,000	196,000	196,600	192,000	192,630	4,500	200,000	199,550	195,868	195,418	191,000	190,305	4,500	0,744	0,5
200	**18**	202,000	191,000	191,850	182,000	183,120	10,000	200,000	199,200	190,800	190,170	180,000	179,013	10,000	1,719	1,0
200	**32**	202,000	184,000	185,060	168,000	169,600	17,000	200,000	198,880	183,735	182,935	166,000	164,735	17,000	3,172	1,0
210	**8**	211,000	206,000	206,600	202,000	202,630	4,500	210,000	209,550	205,868	205,418	201,000	200,305	4,500	0,708	0,5
210	**20**	212,000	200,000	200,900	190,000	191,180	11,000	210,000	209,150	199,788	199,118	188,000	186,950	11,000	1,824	1,0
210	**36**	212,000	192,000	193,120	174,000	175,800	19,000	210,000	208,750	191,720	190,870	172,000	170,657	19,000	3,419	1,0
220	**8**	221,000	216,000	216,600	212,000	212,630	4,500	220,000	219,550	215,868	215,418	211,000	210,305	4,500	0,675	0,5
220	**20**	222,000	210,000	210,900	200,000	201,180	11,000	220,000	219,150	209,788	209,118	198,000	196,950	11,000	1,737	1,0
220	**36**	222,000	202,000	203,120	184,000	185,800	19,000	220,000	218,750	201,720	200,870	182,000	180,657	19,000	3,250	1,0
230	**8**	231,000	226,000	226,600	222,000	222,630	4,500	230,000	229,550	225,868	225,418	221,000	220,305	4,500	0,646	0,5
230	**20**	232,000	220,000	220,900	210,000	211,180	11,000	230,000	229,150	219,788	219,118	208,000	206,950	11,000	1,658	1,0
230	**36**	232,000	212,000	213,120	194,000	195,800	19,000	230,000	228,750	211,720	210,870	192,000	190,657	19,000	3,097	1,0
240	**8**	241,000	236,000	236,600	232,000	232,630	4,500	240,000	239,550	235,868	235,418	231,000	230,305	4,500	0,618	0,5
240	**22**	242,000	229,000	229,900	218,000	219,250	12,000	240,000	239,100	228,776	228,106	216,000	214,938	12,000	1,752	1,0
240	**36**	242,000	222,000	223,120	204,000	205,800	19,000	240,000	238,750	221,720	220,870	202,000	200,657	19,000	2,957	1,0
250	**12**	251,000	244,000	244,710	238,000	238,800	6,500	250,000	249,400	243,830	243,300	237,000	236,177	6,500	0,897	0,5
250	**22**	252,000	239,000	239,900	228,000	229,250	12,000	250,000	249,100	238,776	238,106	226,000	224,938	12,000	1,679	1,0
250	**40**	252,000	230,000	231,120	210,000	211,900	21,000	250,000	248,680	229,700	228,850	208,000	206,637	21,000	3,172	1,0
260	**12**	261,000	254,000	254,710	248,000	248,800	6,500	260,000	259,400	253,830	253,300	247,000	246,177	6,500	0,862	0,5
260	**22**	262,000	249,000	249,900	238,000	239,250	12,000	260,000	259,100	248,776	248,106	236,000	234,938	12,000	1,611	1,0
260	**40**	262,000	240,000	241,120	220,000	221,900	21,000	260,000	258,680	239,700	238,850	218,000	216,637	21,000	3,040	1,0
270	**12**	271,000	264,000	264,710	258,000	258,800	6,500	270,000	269,400	263,830	263,300	257,000	256,177	6,500	0,829	0,5
270	**24**	272,000	258,000	258,950	246,000	247,320	13,000	270,000	269,050	257,764	257,054	244,000	242,876	13,000	1,696	1,0
270	**40**	272,000	250,000	251,120	230,000	231,900	21,000	270,000	268,680	249,700	248,850	228,000	226,637	21,000	2,918	1,0
280	**12**	281,000	274,000	274,710	268,000	268,800	6,500	280,000	279,400	273,830	273,300	267,000	266,177	6,500	0,799	0,5
280	**24**	282,000	268,000	268,950	256,000	257,320	13,000	280,000	279,050	267,764	267,054	254,000	252,876	13,000	1,633	1,0
280	**40**	282,000	260,000	261,120	240,000	241,900	21,000	280,000	278,680	259,700	258,850	238,000	236,637	21,000	2,806	1,0
290	**12**	291,000	284,000	284,710	278,000	278,800	6,500	290,000	289,400	283,830	283,300	277,000	276,177	6,500	0,771	0,5
290	**24**	292,000	278,000	278,950	266,000	267,320	13,000	290,000	289,050	277,764	277,054	264,000	262,876	13,000	1,574	1,0
290	**44**	292,000	268,000	269,250	246,000	248,000	23,000	290,000	288,600	267,685	266,785	244,000	242,560	23,000	2,994	1,0
300	**12**	301,000	294,000	294,710	288,000	288,800	6,500	300,000	299,400	293,830	293,300	287,000	286,177	6,500	0,744	0,5
300	**24**	302,000	288,000	288,950	276,000	277,320	13,000	300,000	299,050	287,764	287,054	274,000	272,876	13,000	1,520	1,0
300	**44**	302,000	278,000	279,250	256,000	258,000	23,000	300,000	298,600	277,685	276,785	254,000	252,560	23,000	2,886	1,0

Трубная электротехническая резьба (Pg)

(метрические значения)

Обозначение	Ниток на дюйм	Шаг	Резьба гайки						Угол наклона подкладной пластины
			Мин. наруж. Ø	Макс. наруж. Ø.	Мин. средн. Ø	Макс. средн. Ø	Мин. внутр. Ø	Макс. внутр. Ø	
Pg 7	**20**	1,270	12,500	12,650	11,890	12,040	11,280	11,430	1,9
Pg 9	**18**	1,410	15,200	15,350	14,530	14,680	13,860	14,010	1,8
Pg 11	**18**	1,410	18,600	18,750	17,930	18,080	17,260	17,410	1,4
Pg 13,5	**18**	1,410	20,400	20,550	19,730	19,880	19,060	19,210	1,3
Pg 16	**18**	1,410	22,500	22,650	21,830	21,980	21,160	21,310	1,2
Pg 21	**16**	1,588	28,300	28,550	27,540	27,790	26,780	27,030	1,0
Pg 29	**16**	1,588	37,000	37,250	36,240	36,490	35,480	35,730	0,8
Pg 36	**16**	1,588	47,000	47,250	46,240	46,490	45,480	45,730	0,6
Pg 42	**16**	1,588	54,000	54,250	53,240	53,490	52,480	52,730	0,5
Pg 48	**16**	1,588	59,300	59,550	58,540	58,790	57,780	58,030	0,5

Обозначение	Ниток на дюйм	Шаг	Резьба болта						Угол наклона подкладной пластины
			Макс. наруж. Ø.	Мин. наруж. Ø	Макс. средн. Ø	Мин. средн. Ø	Макс. внутр. Ø	Мин. внутр. Ø	
Pg 7	**20**	1,270	12,500	12,300	11,890	11,690	11,280	11,080	2,0
Pg 9	**18**	1,410	15,200	15,000	14,530	14,330	13,860	13,660	1,8
Pg 11	**18**	1,410	18,600	18,400	17,930	17,730	17,260	17,060	1,4
Pg 13,5	**18**	1,410	20,400	20,200	19,730	19,530	19,060	18,860	1,3
Pg 16	**18**	1,410	22,500	22,300	21,830	21,630	21,160	20,960	1,2
Pg 21	**16**	1,588	28,300	28,000	27,540	27,240	26,780	26,480	1,1
Pg 29	**16**	1,588	37,000	36,700	36,240	35,940	35,480	35,180	0,8
Pg 36	**16**	1,588	47,000	46,700	46,240	45,940	45,480	45,180	0,6
Pg 42	**16**	1,588	54,000	53,700	53,240	52,940	52,480	52,180	0,5
Pg 48	**16**	1,588	59,300	59,000	58,540	58,240	57,780	57,480	0,5

Основная резьба UNC

(метрические значения)

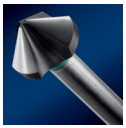
Обозначение	Шаг	Резьба гайки							Резьба болта							Угол наклона подкладной пластины
		Допуск	Мин. наруж. Ø	Мин. средн. Ø	Макс. средн. Ø	Мин. внутр. Ø	Макс. внутр. Ø	Высота профиля	Допуск	Макс. наруж. Ø.	Мин. наруж. Ø	Макс. средн. Ø	Мин. средн. Ø	Внутр. Ø	Высота профиля	
1-64 UNC oder	**0,397**	**2B**	1,855	1,598	1,663	1,425	1,582	0,215	**2A**	1,838	1,743	1,582	1,532	1,351	0,244	4,4
0.073-64 UNC	**0,397**	**3B**	1,855	1,598	1,645	1,425	1,582	0,215	**3A**	1,854	1,758	1,597	1,560	1,366	0,244	4,5
2-56 UNC oder	**0,454**	**2B**	2,185	1,890	1,960	1,695	1,871	0,246	**2A**	2,169	2,066	1,874	1,822	1,612	0,278	4,3
0.086-56 UNC	**0,454**	**3B**	2,185	1,890	1,943	1,695	1,871	0,246	**3A**	2,184	2,081	1,889	1,850	1,628	0,278	4,3
3-48 UNC oder	**0,529**	**2B**	2,515	2,172	2,247	1,941	2,146	0,286	**2A**	2,496	2,383	2,153	2,096	1,846	0,325	4,4
0.099-48 UNC	**0,529**	**3B**	2,515	2,172	2,227	1,941	2,146	0,286	**3A**	2,514	2,401	2,171	2,129	1,864	0,325	4,4
4-40 UNC oder	**0,635**	**2B**	2,845	2,434	2,517	2,157	2,385	0,344	**2A**	2,824	2,695	2,413	2,350	2,044	0,390	4,7
0.112-40 UNC	**0,635**	**3B**	2,845	2,434	2,494	2,157	2,385	0,344	**3A**	2,844	2,716	2,433	2,386	2,065	0,390	4,7
5-40 UNC oder	**0,635**	**2B**	3,175	2,764	2,847	2,487	2,697	0,344	**2A**	3,154	3,026	2,743	2,678	2,374	0,390	4,1
0.125-40 UNC	**0,635**	**3B**	3,175	2,764	2,827	2,487	2,697	0,344	**3A**	3,175	3,046	2,763	2,716	2,395	0,390	4,1
6-32 UNC oder	**0,794**	**2B**	3,506	2,990	3,083	2,642	2,895	0,430	**2A**	3,484	3,333	2,969	2,899	2,512	0,487	4,8
0.138-32 UNC	**0,794**	**3B**	3,506	2,990	3,058	2,642	2,895	0,430	**3A**	3,505	3,353	2,989	2,937	2,532	0,487	4,8
8-32 UNC oder	**0,794**	**2B**	4,166	3,650	3,746	3,302	3,530	0,430	**2A**	4,142	3,991	3,627	3,554	3,169	0,487	3,9
0.161-32 UNC	**0,794**	**3B**	4,166	3,650	3,721	3,302	3,528	0,430	**3A**	4,165	4,014	3,649	3,595	3,192	0,487	3,9
10-24 UNC oder	**1,058**	**2B**	4,826	4,138	4,246	3,683	3,962	0,573	**2A**	4,800	4,618	4,112	4,029	3,502	0,649	4,6
0.180-24 UNC	**1,058**	**3B**	4,826	4,138	4,218	3,683	3,949	0,573	**3A**	4,826	4,644	4,137	4,075	3,528	0,649	4,6
12-24 UNC oder	**1,058**	**2B**	5,487	4,799	4,909	4,344	4,597	0,573	**2A**	5,461	5,279	4,772	4,687	4,163	0,649	4,0
0.216-24 UNC	**1,058**	**3B**	5,487	4,799	4,881	4,344	4,589	0,573	**3A**	5,486	5,304	4,798	4,733	4,188	0,649	4,0
34-20 UNC oder	**1,270**	**1B**	6,350	5,525	5,709	4,979	5,257	0,687	**1A**	6,322	6,013	5,496	5,355	4,765	0,779	4,1
0.250-20 UNC	**1,270**	**2B**	6,350	5,525	5,648	4,979	5,257	0,687	**2A**	6,322	6,117	5,496	5,403	4,765	0,779	4,1
	1,270	**3B**	6,350	5,525	5,615	4,979	5,250	0,687	**3A**	6,350	6,145	5,524	5,454	4,792	0,779	4,2
5/16-18 UNC oder	**1,411**	**1B**	7,938	7,021	7,221	6,401	6,731	0,764	**1A**	7,907	7,575	6,990	6,836	6,174	0,866	3,6
0.3125-18 UNC	**1,411**	**2B**	7,938	7,021	7,155	6,401	6,731	0,764	**2A**	7,907	7,687	6,990	6,889	6,174	0,866	3,6
	1,411	**3B**	7,938	7,021	7,119	6,401	6,680	0,764	**3A**	7,937	7,717	7,020	6,945	6,205	0,866	3,6
3/8-16 UNC oder	**1,588**	**1B**	9,525	8,494	8,709	7,798	8,153	0,860	**1A**	9,491	9,132	8,460	8,296	7,543	0,974	3,4
0.375-16 UNC	**1,588**	**2B**	9,525	8,494	8,638	7,798	8,153	0,860	**2A**	9,491	9,254	8,460	8,349	7,543	0,974	3,4
	1,588	**3B**	9,525	8,494	8,602	7,798	8,082	0,860	**3A**	9,525	9,287	8,493	8,410	7,576	0,974	3,4
7/16-14 UNC oder	**1,814**	**1B**	11,113	9,934	10,167	9,144	9,550	0,982	**1A**	11,076	10,684	9,898	9,719	8,851	1,113	3,3
0.4375-14 UNC	**1,814**	**2B**	11,113	9,934	10,088	9,144	9,550	0,982	**2A**	11,076	10,816	9,898	9,779	8,851	1,113	3,3
	1,814	**3B**	11,113	9,934	10,050	9,144	9,441	0,982	**3A**	11,112	10,851	9,933	9,846	8,887	1,113	3,3
1/2-13 UNC oder	**1,954**	**1B**	12,700	11,430	11,676	10,592	11,023	1,058	**1A**	12,661	12,248	11,392	11,204	10,264	1,199	3,1
0.500-13	**1,954**	**2B**	12,700	11,430	11,595	10,592	11,023	1,058	**2A**	12,661	12,386	11,392	11,265	10,264	1,199	3,1
	1,954	**3B**	12,700	11,430	11,551	10,592	10,881	1,058	**3A**	12,700	12,424	11,430	11,336	10,302	1,199	3,1
9/16-12 UNC oder	**2,117**	**1B**	14,288	12,914	13,172	11,989	12,446	1,146	**1A**	14,246	13,810	12,873	12,675	11,650	1,299	3,0
0.5625-12 UNC	**2,117**	**2B**	14,288	12,914	13,086	11,989	12,446	1,146	**2A**	14,246	13,958	12,873	12,741	11,650	1,299	3,0
	2,117	**3B**	14,288	12,914	13,042	11,989	12,301	1,146	**3A**	14,287	13,998	12,913	12,814	11,691	1,299	3,0
5/8-11 UNC oder	**2,309**	**1B**	15,875	14,377	14,648	13,386	13,868	1,250	**1A**	15,834	15,373	14,335	14,125	13,002	1,416	2,9
0.625-11 UNC	**2,309**	**2B**	15,875	14,377	14,559	13,386	13,868	1,250	**2A**	15,834	15,528	14,335	14,197	13,002	1,416	2,9
	2,309	**3B**	15,875	14,377	14,513	13,386	13,693	1,250	**3A**	15,875	15,568	14,376	14,273	13,042	1,416	2,9
3/4-10 UNC oder	**2,540**	**1B**	19,050	17,399	17,691	16,307	16,840	1,375	**1A**	19,004	18,512	17,353	17,130	15,887	1,558	2,6
0.750-10 UNC	**2,540**	**2B**	19,050	17,399	17,594	16,307	16,840	1,375	**2A**	19,004	18,677	17,353	17,204	15,887	1,558	2,6
	2,540	**3B**	19,050	17,399	17,543	16,307	16,624	1,375	**3A**	19,050	18,273	17,399	17,288	15,933	1,558	2,7
7/8-9 UNC oder	**2,822**	**1B**	22,225	20,392	20,703	19,177	19,761	1,527	**1A**	22,176	21,649	20,342	20,102	18,714	1,731	2,5
0.875-9 UNC	**2,822**	**2B**	22,225	20,392	20,599	19,177	19,761	1,527	**2A**	22,176	21,824	20,342	20,183	18,714	1,731	2,5
	2,822	**3B**	22,225	20,392	20,546	19,177	19,509	1,527	**3A**	22,225	21,872	20,391	20,272	18,762	1,731	2,5

Основная резьба UNC

(метрические значения)

		Резьба гайки							Резьба болта							
Обозначение	Шаг	Допуск	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Внутр. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы макс.	Высота профиля	Допуск	Наруж. Ø макс.	Наруж. Ø мин.	Средн. Ø резьбы макс.	Средн. Ø резьбы мин.	Внутр. Ø резьбы	Высота профиля	Угол наклона подкладной пластины
1-8 UNC oder	**3,175**	**1B**	25,400	23,338	23,672	21,971	22,606	1,719	**1A**	25,349	24,778	23,286	23,031	21,452	1,948	2,5
1.000-8 UNC	**3,175**	**2B**	25,400	23,338	23,561	21,971	22,606	1,719	**2A**	25,349	24,969	23,286	23,114	21,452	1,948	2,5
	3,175	**3B**	25,400	23,338	23,505	21,971	22,344	1,719	**3A**	25,400	25,019	23,337	23,208	21,503	1,948	2,5
1 1/8-7 UNC oder	**3,629**	**1B**	28,575	26,218	26,576	24,638	25,349	1,964	**1A**	28,519	27,895	26,162	25,886	24,066	2,226	2,5
1.125-7 UNC	**3,629**	**2B**	28,575	26,218	26,456	24,638	25,349	1,964	**2A**	28,519	28,103	26,162	25,980	24,066	2,226	2,5
	3,629	**3B**	28,575	26,218	26,398	24,638	25,082	1,964	**3A**	28,575	28,159	26,217	26,081	24,122	2,226	2,5
1 1/4-7 UNC oder	**3,629**	**1B**	31,750	29,393	29,758	27,813	28,524	1,964	**1A**	31,694	31,070	29,337	29,056	27,241	2,226	2,2
1.250-7 UNC	**3,629**	**2B**	31,750	29,393	29,636	27,813	28,524	1,964	**2A**	31,694	31,278	29,337	29,150	27,241	2,226	2,2
	3,629	**3B**	31,750	29,393	29,575	27,813	28,257	1,964	**3A**	31,750	31,334	29,392	29,254	27,297	2,226	2,2
1 3/8-6 UNC oder	**4,233**	**1B**	34,925	32,175	32,567	30,353	31,115	2,291	**1A**	34,864	34,171	32,113	31,809	29,669	2,597	2,4
1.375-6 UNC	**4,233**	**2B**	34,925	32,175	32,438	30,353	31,115	2,291	**2A**	34,864	34,402	32,113	31,911	29,669	2,597	2,4
	4,233	**3B**	34,925	32,175	32,372	30,353	30,850	2,291	**3A**	34,925	34,463	32,174	32,022	29,730	2,597	2,4
1 1/2-6 UNC oder	**4,233**	**1B**	38,100	35,350	35,750	33,528	34,290	2,291	**1A**	38,039	37,346	35,288	34,981	32,844	2,597	2,2
1.500-6 UNC	**4,233**	**2B**	38,100	35,350	35,615	33,528	34,290	2,291	**2A**	38,039	37,577	35,288	35,083	32,844	2,597	2,2
	4,233	**3B**	38,100	35,350	35,549	33,528	34,025	2,291	**3A**	38,100	37,638	35,349	35,195	32,905	2,597	2,2
1 3/4-5 UNC oder	**5,080**	**1B**	44,450	41,151	41,592	38,964	39,827	2,750	**1A**	44,381	43,600	41,081	40,742	38,148	3,116	2,2
1.750-5 UNC	**5,080**	**2B**	44,450	41,151	41,445	38,964	39,827	2,750	**2A**	44,381	43,861	41,081	40,856	38,148	3,116	2,2
	5,080	**3B**	44,450	41,151	41,371	38,964	39,560	2,750	**3A**	44,450	43,930	41,150	40,981	38,216	3,116	2,2
2-4 1/2 UNC oder	**5,644**	**1B**	50,800	47,135	47,607	44,679	45,593	3,055	**1A**	50,726	49,889	47,061	46,698	43,802	3,462	2,2
2.000-4.5 UNC	**5,644**	**2B**	50,800	47,135	47,449	44,679	45,593	3,055	**2A**	50,726	50,168	47,061	46,820	43,802	3,462	2,2
	5,644	**3B**	50,800	47,135	47,371	44,679	45,366	3,055	**3A**	50,800	50,242	47,134	46,955	43,875	3,462	2,2
2 1/4-4 1/2 UNC	**5,644**	**1B**	57,150	53,485	53,967	51,029	51,943	3,055	**1A**	57,076	56,239	53,411	53,041	50,152	3,462	1,9
2.250-4.5 UNC	**5,644**	**2B**	57,150	53,485	53,804	51,029	51,943	3,055	**2A**	57,076	56,518	53,411	53,165	50,152	3,462	1,9
	5,644	**3B**	57,150	53,485	53,726	51,029	51,716	3,055	**3A**	57,150	56,592	53,484	53,300	50,225	3,462	1,9
2 1/2-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	63,500	59,376	59,888	56,617	57,581	3,437	**1A**	63,421	62,515	59,296	58,903	55,631	3,895	1,9
2.500-4 UNC	**6,350**	**2B**	63,500	59,376	59,717	56,617	57,581	3,437	**2A**	63,421	62,817	59,296	59,033	55,631	3,895	1,9
	6,350	**3B**	63,500	59,376	59,631	56,617	57,388	3,437	**3A**	63,500	62,896	59,375	59,177	55,709	3,895	1,9
2 3/4-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	69,850	65,726	66,248	62,967	63,931	3,437	**1A**	69,768	68,862	65,643	65,243	61,978	3,895	1,8
2.750-4 UNC	**6,350**	**2B**	69,850	65,726	66,073	62,967	63,931	3,437	**2A**	69,768	69,165	65,643	65,378	61,978	3,895	1,8
	6,350	**3B**	69,850	65,726	65,986	62,967	63,738	3,437	**3A**	69,850	69,246	65,725	65,525	62,059	3,895	1,8
3-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	76,200	72,076	72,605	69,317	70,281	3,437	**1A**	76,188	75,212	71,993	71,585	68,328	3,895	1,6
3.000-4 UNC	**6,350**	**2B**	76,200	72,076	72,428	69,317	70,281	3,437	**2A**	76,118	75,515	71,993	71,722	68,328	3,895	1,6
	6,350	**3B**	76,200	72,076	72,339	69,317	70,088	3,437	**3A**	76,200	75,596	72,075	71,872	68,409	3,895	1,6
3 1/4-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	82,550	78,426	78,963	75,667	76,631	3,437	**1A**	82,466	81,560	78,341	77,928	74,676	3,895	1,5
3.250-4 UNC	**6,350**	**2B**	82,550	78,426	78,783	75,667	76,631	3,437	**2A**	82,466	81,862	78,341	78,065	74,676	3,895	1,5
	6,350	**3B**	82,550	78,426	78,694	75,667	76,438	3,437	**3A**	82,550	81,946	78,425	78,217	74,759	3,895	1,5
3 1/2-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	88,900	84,776	85,321	82,017	82,981	3,437	**1A**	88,816	87,910	84,691	84,270	81,026	3,895	1,4
3.500-4 UNC	**6,350**	**2B**	88,900	84,776	85,138	82,017	82,981	3,437	**2A**	88,816	88,212	84,691	84,412	81,026	3,895	1,4
	6,350	**3B**	88,900	84,776	85,049	82,017	82,788	3,437	**3A**	88,900	88,296	84,775	84,565	81,109	3,895	1,4
3 3/4-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	95,250	91,126	91,678	88,367	89,331	3,437	**1A**	95,163	94,257	91,038	90,612	87,373	3,895	1,3
3.750-4 UNC	**6,350**	**2B**	95,250	91,126	91,493	88,367	89,331	3,437	**2A**	95,163	94,560	91,038	90,755	87,373	3,895	1,3
	6,350	**3B**	95,250	91,126	91,401	88,367	89,138	3,437	**3A**	95,250	94,646	91,125	90,912	87,459	3,895	1,3
4-4 UNC oder	**6,350**	**1B**	101,600	97,476	98,036	94,717	95,681	3,437	**1A**	101,513	100,607	97,388	96,957	93,723	3,895	1,2
4.000-4 UNC	**6,350**	**2B**	101,600	97,476	97,848	94,717	95,681	3,437	**2A**	101,513	100,910	97,388	97,102	93,723	3,895	1,2
	6,350	**3B**	101,600	97,476	97,756	94,717	95,488	3,437	**3A**	101,600	100,996	97,475	97,260	93,809	3,895	1,2

Оглавление



Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания, зенкование 358

1 **Классификация инструмента для зенкерования и зенкования** **359**

2 **Физические параметры резания при зенкеровании и зенковании** **360**

3 **Силы, вращающий момент, потребляемая мощность при зенкеровании и зенковании** **361**

4 **Расчёт основного машинного времени при зенкеровании и зенковании** **362**

5 **Ориентировочные режимы резания для зенковок** **363**

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания, зенкование

Зенковка	Инструментальный материал / покрытие	№ табл.	С.
Коническая зенковка 90°, 75° и 60°	HSS и HSS/E	5.1	364
	HSS (с покрытием TiAlN/TiN)	5.2	366
	Твёрдый сплав	5.3	368
GARANT – Регулируемая фреза для зенкования с СМП	216620	5.4	370
KOMET – Зенковка с СМП 90° KWS/F10	216600	5.5	372
KOMET – Зенковки с СМП KWZ	216660	5.6	374
GARANT – Обратные фрезерные зенкеры 180°	217180	5.7	376

1 Классификация инструмента для зенкерования и зенкования

В зависимости от характера выполняемых работ, например,

- увеличение диаметра отверстий (**зенкерование** зенкерами, в том числе насадными) или
- обработка входных и выходных концов отверстий для получения конических углублений или ровных поверхностей (**зенкование** коническими зенковками или цековками),

используются различные инструменты.

Зенкеры часто используются для увеличения диаметра отверстий. В отличие от спиральных свёрл они имеют три или четыре режущие кромки и менее глубокие канавки. Поэтому зенкеры лучше центрируются в отверстии и работают в более ровном режиме. С их помощью можно производить обработку до номинального размера (чистовая обработка) и до нижнего предела допуска, если предполагается развёртывание отверстия (см. главу «Развёртывание»).

Насадные зенкеры используются для обработки отверстий большего диаметра.

Инструмент для зенкования выпускается с направляющими цапфами и без них. При этом направляющие цапфы могут быть сменными, что требуется, например, для их подбора под диаметр резьбового отверстия. При грубых допусках или для простой зачистки отверстий направляющие цапфы не требуются. **Цековками** в отверстиях образуют углубления с ровной торцовой поверхностью, например, углубления под головки и шейки винтов с цилиндрической головкой, или ровные наружные торцовые поверхности.

Конические зенковки предназначены для снятия фасок и зачистки отверстий, а также для образования углублений под потайные головки винтов и заклепок.

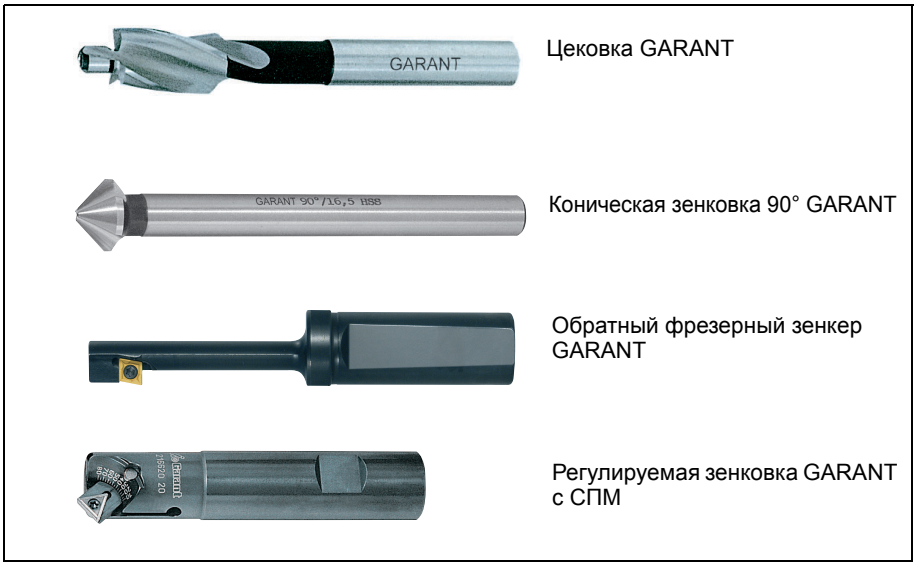


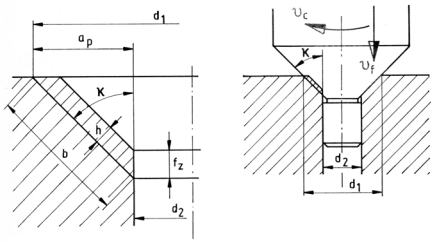
Рис. 5.1 Инструмент GARANT для зенкования

2 Физические параметры резания при зенкеровании и зенковании

Поперечное сечение стружки A в значительной мере определяет силу резания (см. также главу «Теоретические основы», раздел 1.4). На рис. 5.2 показаны физические параметры резания на примере конической зенковки.

Толщина срезаемого слоя *h* и **ширина срезаемого слоя *b***, как и при рассверливании (см. главу «Сверление»), зависят:

- от **подачи на зуб f_z** (число режущих кромок у зенковок часто больше двух → Z = 3 ...4),
- от **угла в плане *k*** и
- от **глубины резания a_p**.



d_1 Наружный диаметр [мм]
d_2 Внутренний диаметр [мм]
a_p Глубина резания [мм]
f_z Подача на зуб [мм/зуб]
k Угол в плане [°]
v_c Скорость резания [м/мин]
v_f Скорость подачи [мм/мин]
h Толщина срезаемого слоя [мм]
b Ширина срезаемого слоя [мм]

Рис. 5.2 Физические параметры резания при обработке конической зенковкой

Глубина резания a_p при обработке коническими зенковками сначала небольшая, затем она увеличивается до максимума.

Действительно:

$$a_{p\max} = \frac{1}{2}\left(d_{1\,\max} - d_2\right)$$

(см. *рис. 5.2*) (уравн. 5.1)

Соответственно поперечное сечение стружки *A* на заключительном этапе обработки достигает своего максимума.

Таким образом для **поперечного сечения стружки A** имеем следующее:

$$A = f_z \cdot a_p = b \cdot h$$

A Поперечное сечение стружки [мм^2]
f_z Подача на зуб [мм/зуб]
a_p Глубина резания [мм]
b Ширина срезаемого слоя [мм]
h Толщина срезаемого слоя [мм]

(уравн. 3.5)

3 Силы, вращающий момент, потребляемая мощность при зенкеровании и зенковании

Так как при зенкеровании и зенковании имеют место те же основные условия, что и при рассверливании, для расчёта касательной составляющей силы резания F_c может быть использовано уравнение, содержащееся в главе «Сверление», *таблица 3.1*. В качестве технологического коэффициента для обработки зенкерованием/зенкованием f_{Se} принято значение f_{Se} = 1,0.

Таким образом, для **главной составляющей силы резания на режущую кромку F_{cz}** при зенкеровании/зенковании получаем:

$$F_{cz} = \frac{(d_{1\,max} - d_2)}{2 \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_{Se}}$$

F_{cz} Главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н]

при $f_{Se} \approx 1{,}0$ (уравн. 5.2)

Вращающий момент M_d в соответствии с рис. 5.3 рассчитывается следующим образом:

$$M_d = \frac{F_{cz} \cdot Z \cdot (D+d)}{4000}$$

M_d Вращающий момент [Н•м]
F_{cz} Главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н]
Z Число режущих кромок зенкера/зенковки (уравн. 5.3)
D Наружный диаметр [мм]
d Внутренний диаметр [мм]

Расходуемая мощность на резание P_c рассчитывается так же, как для рассверливания *(таблица 3.1)*, следующим образом:

$$P_c = \frac{M_d \cdot n}{9554}$$

P_c Расходуемая мощность на резание [кВт]
n Частота вращения [об/мин]
(уравн. 3.15)

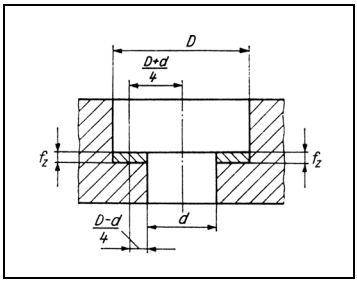


Рис. 5.3 Расстояние от точки приложения силы до оси зенковки

или

$$P_c = \frac{F_{cz} \cdot v_c \cdot \left(1 + \frac{d}{D}\right)}{60000}$$

P_c Расходуемая мощность на резание [кВт]
F_{cz} Главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н] (уравн. 3.17)
D Наружный диаметр [мм]
d Внутренний диаметр [мм]
v_c Скорость резания [м/мин]

4 Расчёт основного машинного времени при зенкеровании и зенковании

Для определения **основного машинного времени t_h** используются те же уравнения, что и при аналогичных расчётах для сверления (см. главу «Сверление»):

$$t_h = \frac{L}{f \cdot n}$$

t_h	Основное машинное время [мин]	
L	Общее перемещение [мм]	(уравн. 3.18)
f	Подача [мм/об]	
n	Частота вращения [об/мин]	

При зенкеровании/зенковании врезание $l_a \approx 3$ мм и длина перебега $l_u \approx 3$ мм, следовательно, **общее перемещение L** рассчитывается по формуле:

$$L = l + l_a + l_u = l + 6$$

L	Общее перемещение [мм]	
l	Толщина заготовки [мм]	(уравн. 5.4)
l_a	Врезание [мм]	
l_u	Длина перебега [мм]	

5 Ориентировочные режимы резания для зенкеров и зенковок

Принцип построения таблицы ориентировочных значений на конкретном примере

Задание на обработку:

Образование углублений 90° в отверстиях диаметром D = 6 мм в материале X100CrMo7.

Порядок действий:

1. Выбор зенковки из главного каталога — Но-№ 150378; D = 10 мм
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы», раздел 1) — Группа 8.1
3. Выбор режимов резания:
   - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания — Таблица 5.1

     Инструмент 150378 → Конические зенковки 90°, 75° и 60° (HSS и HSS/E)
   - 3.2 Выбор режимов резания

Таблица 5.1
Каталож. №
DIN
Число зубьев

GARANT Конические зенковки 90°, 75° и 60° (HSS и HSS/E)

150020; 150050; 150065; 150150; 150175; 150371; 150372; 150378; 150390; 150395; 150425; 150820; 150860; 153020;156120; 156220; 156520
335-C; 335-D; 334; 373; 375
3

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм]²	Vc [м/мин] мин.	Vc нач.	Vc макс.	Ø4 f [мм/об]	Ø4 n [об/мин]	Ø4 v_f [мм/мин]	Ø6 f [мм/об]	Ø6 n [об/мин]	Ø6 v_f [мм/мин]	Ø10 f [мм/об]	Ø10 n [об/мин]	Ø10 v_f [мм/мин]	Ø16 f [мм/об]	Ø16 n [об/мин]	Ø16 v_f [мм/мин]	Ø20 f [мм/об]	Ø20 n [об/мин]	Ø20 v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	26	28	30	0,07	2228	160	0,09	1485	134	0,12	891	107	0,14	557	79	0,16	446	72
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	25	27	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88	0,12	537	64	0,14	430	61
2.0	Автомат. стали	< 850	25	27	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88	0,12	537	64	0,14	430	61
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	18	22	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57	0,10	438	45	0,12	350	42
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	25	27	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88	0,12	537	64	0,14	430	61
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	25	27	28	0,04	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88	0,12	537	64	0,14	430	61
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	18	22	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57	0,10	438	45	0,12	350	42
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	18	22	25	0,04	1751	74	0,06	1137	70	0,08	700	57	0,10	438	45	0,12	350	42
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	6	8	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13	0,09	159	14	0,08	127	10
5.0	Нелег. улучш. стали	< 750	25	27	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88	0,12	537	64	0,14	430	61
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	18	22	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57	0,10	438	45	0,12	350	42
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	6	8	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13	0,09	159	14	0,08	127	10
7.0	Азотируемые стали	< 1000	18	22	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57	0,10	438	45	0,12	350	42
7.1	Азотируемые стали	> 1000	6	8	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13	0,09	159	14	0,08	127	10
8.0	Инструментал. стали	< 850	18	22	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57	0,10	438	45	0,12	350	42
8.1	**Инструментал. стали**	**850 – 1100**	6	**8**	10	0,03	637	19	0,04	424	18	**0,05**	**255**	**13**	0,09	159	14	0,08	127	10
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	2	4	5	0,09	318	29	0,03	212	6	0,04	127	5	0,09	80	4	0,05	64	4
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	6	8	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13	0,09	159	14	0,08	127	10
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC																		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC																		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC																		

Скорость резания — Начальн. v_c = **8 м/мин** — Диапазон: 6–10 м/мин

Подача: **f = 0,05 мм/об**

Частота вращения: **n = 255 об/мин**

Скорость подачи: **v_f = 13 м/мин**

Таблица 5.1 GARANT – Конические зенковки 90°, 75° и 60° (HSS и HSS/E)

Каталож. № 150020; 150050; 150065; 150150; 150175; 150371; 150372; 150378; 150390; 150395; 150425; 150820; 150860; 156020; 156120; 156220; 156520
DIN 334; 335-C; 335-D; 373; 375
Число зубьев 3

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅4 f [мм/об]	∅4 n [об/мин]	∅4 v_f [мм/мин]	∅6 f [мм/об]	∅6 n [об/мин]	∅6 v_f [мм/мин]	∅10 f [мм/об]	∅10 n [об/мин]	∅10 v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	26 –	28 –	30	0,07	2228	160	0,09	1485	134	0,12	891	107
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	25 –	27 –	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88
2.0	Автоматные стали	< 850	25 –	27 –	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	18 –	22 –	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	25 –	27 –	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	25 –	27 –	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	18 –	22 –	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	18 –	22 –	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	6 –	8 –	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	25 –	27 –	28	0,06	2149	129	0,08	1432	116	0,10	859	88
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	18 –	22 –	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	6 –	8 –	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13
7.0	Азотируемые стали	< 1000	18 –	22 –	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57
7.1	Азотируемые стали	> 1000	6 –	8 –	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13
8.0	Инструментал. стали	< 850	18 –	22 –	25	0,04	1751	74	0,06	1167	70	0,08	700	57
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	6 –	8 –	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	2 –	4 –	5	0,09	318	29	0,03	212	6	0,04	127	5
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	6 –	8 –	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	2 –	4 –	5	0,09	318	29	0,03	212	6	0,04	127	5
11.1	Износост. констр. стали	1800	2 –	4 –	5	0,09	318	29	0,03	212	6	0,04	127	5
12.0	Пружинные стали	< 1500	6 –	8 –	10	0,03	637	19	0,04	424	18	0,05	255	13
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	4 –	7 –	10	0,04	557	23	0,05	371	19	0,06	223	13
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	4 –	7 –	10	0,04	557	23	0,05	371	19	0,06	223	13
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	4 –	7 –	10	0,04	557	23	0,05	371	19	0,06	223	13
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	4 –	7 –	10	0,04	557	23	0,05	371	19	0,06	223	13
14.0	Спец. сплавы	< 1200	2 –	4 –	5	0,09	318	29	0,03	212	6	0,04	127	5
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	15 –	20 –	24	0,08	1592	129	0,10	1061	108	0,12	637	76
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	9 –	12 –	15	0,06	955	57	0,07	637	46	0,08	382	31
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	9 –	12 –	15	0,06	955	57	0,07	637	46	0,08	382	31
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	9 –	12 –	15	0,06	955	57	0,07	637	46	0,08	382	31
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	4 –	7 –	10	0,04	557	23	0,05	371	19	0,06	223	13
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	4 –	7 –	10	0,04	557	23	0,05	371	19	0,06	223	13
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350	50 –	70 –	90	0,10	5570	568	0,12	3714	446	0,14	2228	314
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		25 –	33 –	40	0,08	2626	213	0,10	1751	179	0,12	1050	126
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		10 –	20 –	30	0,08	1592	129	0,10	1061	108	0,12	637	76
18.0	Медь, низколегир.	< 400	25 –	33 –	40	0,08	2626	213	0,10	1751	179	0,12	1050	126
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	50 –	65 –	80	0,10	5173	528	0,12	3448	414	0,14	2069	292
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	30 –	40 –	50	0,10	3183	325	0,12	2122	255	0,14	1273	180
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	50 –	65 –	80	0,10	5173	528	0,12	3448	414	0,14	2069	292
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	50 –	65 –	80	0,10	5173	528	0,12	3448	414	0,14	2069	292
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	30 –	40 –	50	0,10	3183	325	0,12	2122	255	0,14	1273	180
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	30 –	40 –	50	0,10	3183	325	0,12	2122	255	0,14	1273	180
19.0	Графит		15 –	20 –	24	0,08	1592	129	0,10	1061	108	0,12	637	76
20.0	Термопласт		10 –	30 –	50	0,10	2387	244	0,12	1592	191	0,14	955	135
20.1	Реактопласт		10 –	35 –	60	0,10	2785	284	0,12	1857	223	0,14	1114	157
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

∅ 16			∅ 20			∅ 25			∅ 40			∅ 63			СОЖ
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
0,14	557	79	0,16	446	72	0,20	357	72	0,25	223	56	0,35	141	50	эмульсия
0,12	537	64	0,14	430	61	0,18	344	62	0,22	215	48	0,30	136	41	эмульсия
0,12	537	64	0,14	430	61	0,18	344	62	0,22	215	48	0,30	136	41	эмульсия
0,10	438	45	0,12	350	42	0,14	280	39	0,18	175	32	0,25	111	28	эмульсия
0,12	537	64	0,14	430	61	0,18	344	62	0,22	215	48	0,30	136	41	эмульсия
0,12	537	64	0,14	430	61	0,18	344	62	0,22	215	48	0,30	136	41	эмульсия
0,10	438	45	0,12	350	42	0,14	280	39	0,18	175	32	0,25	111	28	эмульсия
0,10	438	45	0,12	350	42	0,14	280	39	0,18	175	32	0,25	111	28	эмульсия
0,09	159	14	0,08	127	10	0,10	102	10	0,12	64	8	0,16	40	7	эмульсия
0,12	537	64	0,14	430	61	0,18	344	62	0,22	215	48	0,30	136	41	эмульсия
0,10	438	45	0,12	350	42	0,14	280	39	0,18	175	32	0,25	111	28	эмульсия
0,09	159	14	0,08	127	10	0,10	102	10	0,12	64	8	0,16	40	7	эмульсия
0,10	438	45	0,12	350	42	0,14	280	39	0,18	175	32	0,25	111	28	эмульсия
0,09	159	14	0,08	127	10	0,10	102	10	0,12	64	8	0,16	40	7	эмульсия
0,10	438	45	0,12	350	42	0,14	280	39	0,18	175	32	0,25	111	28	эмульсия
0,09	159	14	0,08	127	10	0,10	102	10	0,12	64	8	0,16	40	7	эмульсия
0,05	80	4	0,06	64	4	0,08	51	4	0,12	32	4	0,14	20	2	масло
0,09	159	14	0,08	127	10	0,10	102	10	0,12	64	8	0,16	40	7	эмульсия
	–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–		
0,05	80	4	0,06	64	4	0,08	51	4	0,12	32	4	0,14	20	3	масло
0,05	80	4	0,06	64	4	0,08	51	4	0,12	32	4	0,14	20	3	масло
0,09	159	14	0,08	127	10	0,10	102	10	0,12	64	8	0,16	40	7	масло
0,07	139	10	0,08	111	9	0,09	89	8	0,12	56	7	0,14	35	5	масло
0,07	139	10	0,08	111	9	0,09	89	8	0,12	56	7	0,14	35	5	масло
0,07	139	10	0,08	111	9	0,09	89	8	0,12	56	7	0,14	35	5	масло
0,07	139	10	0,08	111	9	0,09	89	8	0,12	56	7	0,14	35	5	масло
0,05	80	4	0,06	64	4	0,08	51	4	0,12	32	4	0,14	20	3	масло
0,16	398	64	0,20	318	64	0,25	255	64	0,30	159	48	0,32	101	32	сухая обр.
0,12	239	29	0,16	191	31	0,20	153	31	0,25	95	24	0,28	61	17	сухая обр.
0,12	239	29	0,16	191	31	0,20	153	31	0,25	95	24	0,28	61	17	эмульсия
0,12	239	29	0,16	191	31	0,20	153	31	0,25	95	24	0,28	61	17	эмульсия
0,07	139	10	0,08	111	9	0,09	89	8	0,12	56	7	0,14	35	5	масло
0,07	139	10	0,08	111	9	0,09	89	8	0,12	56	7	0,14	35	5	масло
0,18	1393	251	0,22	1114	247	0,26	891	233	0,30	557	167	0,40	354	142	эмульсия
0,14	657	93	0,18	525	95	0,22	420	93	0,26	263	69	0,30	167	50	эмульсия
0,14	398	56	0,18	318	57	0,22	255	57	0,26	159	42	0,30	101	30	эмульсия
0,14	657	93	0,18	525	95	0,22	420	93	0,26	263	69	0,30	167	50	эмульсия
0,18	1293	233	0,20	1035	208	0,24	828	199	0,30	517	155	0,40	328	132	эмульсия
0,18	796	143	0,20	637	128	0,24	509	122	0,30	318	95	0,40	202	81	масло
0,18	1293	233	0,20	1035	208	0,24	828	199	0,30	517	155	0,40	328	132	эмульсия
0,18	1293	233	0,20	1035	208	0,24	828	199	0,30	517	155	0,40	328	132	эмульсия
0,18	796	143	0,20	637	128	0,24	509	122	0,30	318	95	0,40	202	81	масло
0,18	796	143	0,20	637	128	0,24	509	122	0,30	318	95	0,40	202	81	масло
0,16	398	64	0,20	318	64	0,25	255	64	0,30	159	48	0,32	101	32	сухая обр.
0,18	597	107	0,20	477	96	0,24	382	92	0,30	239	72	0,40	152	61	сухая обр.
0,18	696	125	0,20	557	112	0,24	446	107	0,30	279	84	0,40	177	71	сухая обр.
	–			–			–			–			–		

Таблица 5.2 GARANT – Конические зенковки 90° и 60° HSS с покрытием (TiAlN; TiN)

Каталож. № 150170; 150180; 150396; 150840; 150845
DIN 335-C; 335-D; 334

Число зубьев 3

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	v_c [м/мин] нач.	v_c [м/мин] макс.	∅ 4 f [мм/об]	∅ 4 n [об/мин]	∅ 4 v_f [мм/мин]	∅ 6 f [мм/об]	∅ 6 n [об/мин]	∅ 6 v_f [мм/мин]	∅ 10 f [мм/об]	∅ 10 n [об/мин]	∅ 10 v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	31	34	36	0,07	2706	195	0,09	1804	162	0,12	1082	130
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	30	32	36	0,06	2546	153	0,08	1698	138	0,10	1019	104
2.0	Автоматные стали	< 850	30	32	36	0,06	2546	153	0,08	1698	138	0,10	1019	104
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	22	26	30	0,04	2069	87	0,06	1379	83	0,08	828	67
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	30	32	34	0,06	2546	153	0,08	1698	138	0,10	1019	104
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	30	32	34	0,06	2546	153	0,08	1698	138	0,10	1019	104
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	22	26	30	0,04	2069	87	0,06	1379	83	0,08	828	67
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	22	26	30	0,04	2069	87	0,06	1379	83	0,08	828	67
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	7	10	12	0,03	796	24	0,04	531	22	0,05	318	16
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	30	32	34	0,06	2546	153	0,08	1698	138	0,10	1019	104
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	21	26	30	0,04	2069	87	0,06	1379	83	0,08	828	67
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	7	10	12	0,03	796	24	0,04	531	22	0,05	318	16
7.0	Азотируемые стали	< 1000	22	26	30	0,04	2069	87	0,06	1379	83	0,08	828	67
7.1	Азотируемые стали	> 1000	7	10	12	0,03	796	24	0,04	531	22	0,05	318	16
8.0	Инструментал. стали	< 850	22	26	30	0,04	2069	87	0,06	1379	83	0,08	828	67
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	7	10	12	0,03	796	24	0,04	531	22	0,05	318	16
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	2,5	4,5	6	0,09	358	32	0,03	239	7	0,04	143	6
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	7	10	12	0,03	796	24	0,04	531	22	0,05	318	16
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	2,5	4,5	6	0,09	358	32	0,03	239	7	0,04	143	6
11.1	Износост. констр. стали	1800	2,5	4,5	6	0,09	358	32	0,03	239	7	0,04	143	6
12.0	Пружинные стали	< 1500	7	10	12	0,03	796	24	0,04	531	22	0,05	318	16
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	9	12	0,04	716	30	0,05	477	24	0,06	286	17
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	5	9	12	0,04	716	30	0,05	477	24	0,06	286	17
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	5	9	12	0,04	716	30	0,05	477	24	0,06	286	17
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	5	8	12	0,04	637	27	0,05	424	22	0,06	255	15
14.0	Спец. сплавы	< 1200	2,5	4,5	6	0,09	358	32	0,03	239	7	0,04	143	6
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	20	25	30	0,08	1989	161	0,10	1326	135	0,12	796	95
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	11	15	18	0,06	1194	72	0,07	796	57	0,08	477	39
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	11	15	18	0,06	1194	72	0,07	796	57	0,08	477	39
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	11	15	18	0,06	1194	72	0,07	796	57	0,08	477	39
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	5	8,5	12	0,04	676	28	0,05	451	23	0,06	271	16
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	5	8,5	12	0,04	676	28	0,05	451	23	0,06	271	16
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350	60	85	110	0,10	6764	690	0,12	4509	541	0,14	2706	381
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		30	40	50	0,08	3183	258	0,10	2122	216	0,12	1273	153
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		15	25	35	0,08	1989	161	0,10	1326	135	0,12	796	95
18.0	Медь, низколегир.	< 400	30	40	50	0,08	3183	258	0,10	2122	216	0,12	1273	153
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	60	80	100	0,10	6366	649	0,12	4244	509	0,14	2546	359
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	35	50	60	0,10	3979	406	0,12	2653	318	0,14	1592	224
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	60	80	100	0,10	6366	649	0,12	4244	509	0,14	2546	359
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	60	80	100	0,10	6366	649	0,12	4244	509	0,14	2546	359
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	35	50	60	0,10	3979	406	0,12	2653	318	0,14	1592	224
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	35	50	60	0,10	3979	406	0,12	2653	318	0,14	1592	224
19.0	Графит		20	25	30	0,08	1989	161	0,10	1326	135	0,12	796	95
20.0	Термопласт		10	30	50	0,10	2387	244	0,12	1592	191	0,14	955	135
20.1	Реактопласт		10	35	60	0,10	2785	284	0,12	1857	223	0,14	1114	157
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

∅ 16			∅ 20			∅ 25			∅ 40			∅ 63			СОЖ
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
0,14	676	95	0,16	541	88	0,20	433	87	0,25	271	68	0,35	172	60	эмульсия
0,12	637	76	0,14	509	72	0,18	407	73	0,22	255	57	0,30	162	49	эмульсия
0,12	637	76	0,14	509	72	0,18	407	73	0,22	255	57	0,30	162	49	эмульсия
0,10	517	53	0,12	414	50	0,14	331	47	0,18	207	37	0,25	131	33	эмульсия
0,12	637	76	0,14	509	72	0,18	407	73	0,22	255	57	0,30	162	49	эмульсия
0,12	637	76	0,14	509	72	0,18	407	73	0,22	255	57	0,30	162	49	эмульсия
0,10	517	53	0,12	414	50	0,14	331	47	0,18	207	37	0,25	131	33	эмульсия
0,10	517	53	0,12	414	50	0,14	331	47	0,18	207	37	0,25	131	33	эмульсия
0,09	199	18	0,08	159	13	0,10	127	13	0,12	80	10	0,16	51	8	эмульсия
0,12	637	76	0,14	509	72	0,18	407	73	0,22	255	57	0,30	162	49	эмульсия
0,10	517	53	0,12	414	50	0,14	331	47	0,18	207	37	0,25	131	33	эмульсия
0,09	199	18	0,08	159	13	0,10	127	13	0,12	80	10	0,16	51	8	эмульсия
0,10	517	53	0,12	414	50	0,14	331	47	0,18	207	37	0,25	131	33	эмульсия
0,09	199	18	0,08	159	13	0,10	127	13	0,12	80	10	0,16	51	8	эмульсия
0,10	517	53	0,12	414	50	0,14	331	47	0,18	207	37	0,25	131	33	эмульсия
0,09	199	18	0,08	159	13	0,10	127	13	0,12	80	10	0,16	51	8	эмульсия
0,05	90	5	0,06	72	4	0,08	57	5	0,12	36	4	0,14	23	3	масло
0,09	199	18	0,08	159	13	0,10	127	13	0,12	80	10	0,16	51	8	эмульсия
	–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–		
	–			–			–			–			–		
0,05	90	5	0,06	72	4	0,08	57	5	0,12	36	4	0,14	23	3	масло
0,05	90	5	0,06	72	4	0,08	57	5	0,12	36	4	0,14	23	3	масло
0,09	199	18	0,08	159	13	0,10	127	13	0,12	80	10	0,16	51	8	масло
0,07	179	13	0,08	143	12	0,09	115	10	0,12	72	9	0,14	45	6	масло
0,07	179	13	0,08	143	12	0,09	115	10	0,12	72	9	0,14	45	6	масло
0,07	179	13	0,08	143	12	0,09	115	10	0,12	72	9	0,14	45	6	масло
0,07	159	11	0,08	127	10	0,09	102	9	0,12	64	8	0,14	40	6	масло
0,05	90	5	0,06	72	4	0,08	57	5	0,12	36	4	0,14	23	3	масло
0,16	497	81	0,20	398	80	0,25	318	80	0,30	199	60	0,32	126	41	сухая обр.
0,12	298	36	0,16	239	39	0,20	191	38	0,25	119	30	0,28	76	21	сухая обр.
0,12	298	36	0,16	239	39	0,20	191	38	0,25	119	30	0,28	76	21	эмульсия
0,12	298	36	0,16	239	39	0,20	191	38	0,25	119	30	0,28	76	21	эмульсия
0,07	169	12	0,08	135	11	0,09	108	10	0,12	68	8	0,14	43	6	масло
0,07	169	12	0,08	135	11	0,09	108	10	0,12	68	8	0,14	43	6	масло
0,18	1691	304	0,22	1353	300	0,26	1082	282	0,30	676	203	0,40	429	173	эмульсия
0,14	796	112	0,18	637	115	0,22	509	113	0,26	318	83	0,30	202	61	эмульсия
0,14	497	70	0,18	398	72	0,22	318	71	0,26	199	52	0,30	126	38	эмульсия
0,14	796	112	0,18	637	115	0,22	509	113	0,26	318	83	0,30	202	61	эмульсия
0,18	1592	286	0,20	1273	256	0,24	1019	244	0,30	637	191	0,40	404	162	эмульсия
0,18	995	179	0,20	796	160	0,24	637	153	0,30	398	119	0,40	253	102	масло
0,18	1592	286	0,20	1273	256	0,24	1019	244	0,30	637	191	0,40	404	162	эмульсия
0,18	1592	286	0,20	1273	256	0,24	1019	244	0,30	637	191	0,40	404	162	эмульсия
0,18	995	179	0,20	796	160	0,24	637	153	0,30	398	119	0,40	253	102	масло
0,18	995	179	0,20	796	160	0,24	637	153	0,30	398	119	0,40	253	102	масло
0,16	497	81	0,20	398	80	0,25	318	80	0,30	199	60	0,32	126	41	сухая обр.
0,18	597	107	0,20	477	96	0,24	382	92	0,30	239	72	0,40	152	61	сухая обр.
0,18	696	125	0,20	557	112	0,24	446	107	0,30	279	84	0,40	177	71	сухая обр.
	–			–			–			–			–		

Таблица 5.3 GARANT – Конические зенковки 90° (цельн. твердосплавн.)

Каталож. № 150382; 150386; 150855
DIN 335-C; Заводской стандарт
Число зубьев 3–5

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 f_z [мм/зуб]	∅ 8 f_z [мм/зуб]	∅ 10 f_z [мм/зуб]	∅ 10,4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	55	65	70	0,030	0,030	0,040	0,040
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	55	60	65	0,027	0,027	0,034	0,034
2.0	Автоматные стали	< 850	55	60	65	0,027	0,027	0,034	0,034
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	40	50	55	0,020	0,020	0,027	0,027
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	55	60	65	0,027	0,027	0,034	0,034
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	55	60	65	0,027	0,027	0,034	0,034
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	40	45	55	0,020	0,020	0,027	0,027
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	40	45	55	0,020	0,020	0,027	0,027
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	13	18	22	0,014	0,014	0,017	0,017
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	55	60	65	0,027	0,027	0,034	0,034
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	40	50	55	0,020	0,020	0,027	0,027
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	13	18	22	0,014	0,014	0,017	0,017
7.0	Азотируемые стали	< 1000	40	50	55	0,020	0,020	0,027	0,027
7.1	Азотируемые стали	> 1000	13	18	22	0,014	0,014	0,017	0,017
8.0	Инструментал. стали	< 850	40	50	55	0,020	0,020	0,027	0,027
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	13	18	22	0,014	0,014	0,017	0,017
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	5	8	12	0,010	0,010	0,014	0,014
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	13	18	22	0,014	0,014	0,017	0,017
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	5	8	12	0,010	0,010	0,014	0,014
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	5	8	12	0,010	0,010	0,014	0,014
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	5	8	12	0,010	0,010	0,014	0,014
11.1	Износост. констр. стали	1800	5	8	12	0,010	0,010	0,014	0,014
12.0	Пружинные стали	< 1500	13	18	22	0,014	0,014	0,017	0,017
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	16	22	0,017	0,017	0,020	0,020
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	16	22	0,017	0,017	0,020	0,020
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	10	16	22	0,017	0,017	0,020	0,020
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	10	16	22	0,017	0,017	0,020	0,020
14.0	Спец. сплавы	< 1200	5	8	12	0,010	0,010	0,014	0,014
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	35	45	55	0,034	0,034	0,040	0,040
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	20	25	35	0,024	0,024	0,027	0,027
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	20	25	35	0,024	0,024	0,027	0,027
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	20	25	35	0,024	0,024	0,027	0,027
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	10	16	22	0,017	0,017	0,020	0,020
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	10	16	22	0,017	0,017	0,020	0,020
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350	110	160	200	0,040	0,040	0,047	0,047
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		55	75	90	0,034	0,034	0,040	0,040
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		25	45	70	0,034	0,034	0,040	0,040
18.0	Медь, низколегир.	< 400	55	75	90	0,034	0,034	0,040	0,040
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	110	145	175	0,040	0,040	0,047	0,047
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	70	90	110	0,040	0,040	0,047	0,047
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	110	145	175	0,040	0,040	0,047	0,047
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	110	145	175	0,040	0,040	0,047	0,047
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	70	90	110	0,040	0,040	0,047	0,047
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	70	90	110	0,040	0,040	0,047	0,047
19.0	Графит		35	45	55	0,034	0,034	0,040	0,040
20.0	Термопласт		20	40	60	0,040	0,040	0,047	0,047
20.1	Реактопласт		20	45	65	0,040	0,040	0,047	0,047
20.2	Стекло- и углепластик		25	45	70	0,034	0,034	0,040	0,040

∅ 11,5	∅ 12,4	∅ 12,5	∅ 15	∅ 16	∅ 16,5	∅ 20	∅ 20,5	∅ 25	∅ 31	СОЖ
f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	
0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,054	0,054	0,067	0,084	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,047	0,047	0,060	0,074	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,047	0,047	0,060	0,074	эмульсия
0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,040	0,040	0,047	0,060	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,047	0,047	0,060	0,074	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,047	0,047	0,060	0,074	эмульсия
0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,040	0,040	0,047	0,060	эмульсия
0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,040	0,040	0,047	0,060	эмульсия
0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,027	0,027	0,034	0,040	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,047	0,047	0,060	0,074	эмульсия
0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,040	0,040	0,047	0,060	эмульсия
0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,027	0,027	0,034	0,040	эмульсия
0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,040	0,040	0,047	0,060	эмульсия
0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,027	0,027	0,034	0,040	эмульсия
0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,040	0,040	0,047	0,060	эмульсия
0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,027	0,027	0,034	0,040	эмульсия
0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,020	0,027	0,040	масло
0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,027	0,027	0,034	0,040	эмульсия
0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,020	0,027	0,040	эмульсия
0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,020	0,027	0,040	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	эмульсия
0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,020	0,027	0,040	эмульсия
0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,020	0,027	0,040	эмульсия
0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,027	0,027	0,034	0,040	эмульсия
0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,030	0,040	эмульсия
0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,030	0,040	эмульсия
0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,030	0,040	эмульсия
0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,030	0,040	эмульсия
0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,020	0,020	0,027	0,040	эмульсия
0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,067	0,067	0,084	0,100	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,054	0,054	0,067	0,84	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,054	0,054	0,067	0,084	эмульсия
0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,054	0,054	0,067	0,084	эмульсия
0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,030	0,040	масло
0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,027	0,027	0,030	0,040	масло
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,074	0,074	0,087	0,100	эмульсия
0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,060	0,060	0,074	0,087	эмульсия
0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,060	0,060	0,074	0,087	эмульсия
0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,060	0,060	0,074	0,087	эмульсия
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	эмульсия
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	эмульсия
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	эмульсия
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	эмульсия
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	эмульсия
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	эмульсия
0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,067	0,067	0,084	0,100	сухая обр.
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	сухая обр.
0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,067	0,067	0,080	0,100	сухая обр.
0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,067	0,067	0,074	0,087	сухая обр.

Таблица 5.4 GARANT – Регулируемые зенковки с СМП

Каталож. № 216620
Число зубьев 1

С плавной регулировкой для углов от 10° до 80°

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] [м/мин]	10° ... 40°			более 40° до 80°			СОЖ
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,08	4190	335	0,10	3600	360	эмульсия
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
2.0	Автоматные стали	< 850	250	0,08	4190	335	0,10	3600	360	эмульсия
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,10	3350	335	0,12	2920	350	эмульсия
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
7.0	Азотируемые стали	< 1000	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
7.1	Азотируемые стали	> 1000	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
8.0	Инструментал. стали	< 850	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	0,10	2500	250	0,12	2170	260	эмульсия
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	120	0,08	2000	150	0,08	1750	140	эмульсия
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	0,09	1670	150	0,10	1450	145	эмульсия
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	50	0,06	840	50	0,07	710	50	эмульсия
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	25	0,05	405	20	0,05	300	15	эмульсия
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	25	0,05	405	20	0,05	300	15	эмульсия
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,06	840	50	0,07	720	50	эмульсия
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	0,06	840	50	0,07	720	50	эмульсия
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,06	840	50	0,07	720	50	эмульсия
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	160	0,08	2670	200	0,08	2315	185	эмульсия
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	0,08	2000	150	0,08	1750	140	эмульсия
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	0,08	2000	150	0,08	1750	140	эмульсия
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	100	0,08	1660	125	0,08	1440	115	эмульсия
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,06	840	50	0,06	670	40	эмульсия
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	150	0,20	2500	500	0,22	2160	475	сухая обр.
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	150	0,20	2500	500	0,22	2160	475	сухая обр.
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	0,15	2000	300	0,18	1720	310	эмульсия
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	0,10	1650	165	0,12	1460	175	эмульсия
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	100	0,10	1650	165	0,10	1450	145	эмульсия
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	100	0,10	1650	165	0,10	1450	145	эмульсия
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350	250	0,10	4200	420	0,12	3625	435	эмульсия
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		250	0,10	4200	420	0,12	3625	435	эмульсия
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	0,13	2000	250	0,14	1750	245	эмульсия
18.0	Медь, низколегир.	< 400	250	0,15	4200	630	0,16	3625	580	эмульсия
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	250	0,15	4200	630	0,16	3625	580	эмульсия
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	250	0,15	4200	630	0,16	3625	580	эмульсия
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	250	0,15	4200	630	0,16	3625	580	эмульсия
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	250	0,15	4200	630	0,16	3625	580	эмульсия
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	250	0,15	4200	630	0,16	3625	580	эмульсия
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	250	0,15	4200	630	0,16	2842	580	эмульсия
19.0	Графит		–		–			–		–
20.0	Термопласт		30 – 80 – 100	0,15	1330	200	0,16	1155	185	сухая обр.
20.1	Реактопласт		80	0,15	1330	200	0,16	1155	185	сухая обр.
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–		

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для отверстий среднего диаметра. Условием применения является жёсткость крепления (не предназначена для использования на сверлильных станках).

Получаемые диаметры:

Диаметр хвостовика [мм]		Выбранный угол								
		10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°
20	D min [мм]	5	8	10	13	14	15	17	19	20
	D max [мм]	26	27	27	27	27	27	26	25	24
25	D min [мм]	5	6	7	10	11	13	16	19	23
	D max [мм]	32	33	34	33	33	32	31	29	27

Таблица 5.5 КОМЕТ – Зенковки с СМП 90° KWS/F10

Каталож. № 216600

Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 19 – 37 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	СОЖ
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,16	2842	455	эмульсия
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200	0,20	2274	455	эмульсия
2.0	Автоматные стали	< 850	250	0,16	2842	455	эмульсия
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	0,20	2274	455	эмульсия
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	0,20	2274	455	эмульсия
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	0,20	2274	455	эмульсия
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	0,20	1705	341	эмульсия
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200	0,20	2274	455	эмульсия
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150	0,20	1705	341	эмульсия
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200	0,20	2274	455	эмульсия
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,20	2274	455	эмульсия
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150	0,20	1705	341	эмульсия
7.0	Азотируемые стали	< 1000	150	0,20	1705	341	эмульсия
7.1	Азотируемые стали	> 1000	150	0,20	1705	341	эмульсия
8.0	Инструментал. стали	< 850	150	0,20	1705	341	эмульсия
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	0,20	1705	341	эмульсия
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	120	0,15	1364	205	эмульсия
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	0,18	1137	205	эмульсия
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	50	0,15	586	85	эмульсия
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	50	0,10	284	28	эмульсия
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	25	0,10	284	28	эмульсия
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,12	568	68	эмульсия
11.1	Износост. констр. стали	1800	50	0,12	568	68	эмульсия
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,12	568	68	эмульсия
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	160	0,15	1819	273	эмульсия
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	0,15	1364	205	эмульсия
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	0,15	1364	205	эмульсия
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	100	0,15	1137	171	эмульсия
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,12	568	68	эмульсия
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	150	0,40	1705	682	сухая обр.
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	150	0,40	1705	682	сухая обр.
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	0,30	1364	409	эмульсия
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	0,20	1137	227	эмульсия
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	100	0,20	1137	227	эмульсия
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	100	0,20	1137	227	эмульсия
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350	250	0,20	2842	568	эмульсия
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		250	0,20	2842	568	эмульсия
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	0,25	1364	341	эмульсия
18.0	Медь, низколегир.	< 400	250	0,30	2842	853	эмульсия
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	250	0,30	2842	853	эмульсия
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	250	0,30	2842	853	эмульсия
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	250	0,30	2842	853	эмульсия
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	250	0,30	2842	853	эмульсия
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	250	0,30	2842	853	эмульсия
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	250	0,30	2842	853	эмульсия
19.0	Графит		–		–		–
20.0	Термопласт		30 – 80 – 100	0,30	909	273	сухая обр.
20.1	Реактопласт		80	0,30	909	273	сухая обр.
20.2	Стекло- и углепластик		–		–		

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для отверстий среднего диаметра.

Таблица 5.6 КОМЕТ – Зенковки с СМП KWZ

Каталож. № 216660

Число зубьев 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 10 – 15				∅ 18 – 20			
						f		n	v_f	f		n	v_f
						мин.	макс.			мин.	макс.		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.		[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]		[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
2.0	Автоматные стали	< 850	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	402
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	422
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180 –	200	– 240	0,06	– 0,12	4897	294	0,12	– 0,20	3351	402
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	422
7.0	Азотируемые стали	< 1000		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	422
7.1	Азотируемые стали	> 1000		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	422
8.0	Инструментал. стали	< 850		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	422
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100		140		0,06	– 0,10	3428	206		0,18	2345	422
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		120		0,04	– 0,08	2938	118		0,15	2010	302
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–				–				–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		50			0,05	1224	61		0,10	838	84
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–				–				–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–				–				–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		30			0,05	735	37		0,10	503	50
11.1	Износост. констр. стали	1800		30			0,05	735	37		0,10	503	50
12.0	Пружинные стали	<1500		30			0,05	735	37		0,10	503	50
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		120			0,08	2938	235		0,15	2010	302
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		120			0,08	2938	235		0,15	2010	302
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		120			0,08	2938	235		0,15	2010	302
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100		100			0,05	2449	122		0,10	1675	168
14.0	Спец. сплавы	< 1200		30			0,05	735	37		0,10	503	50
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		160			0,15	3918	588		0,30	2681	804
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		160			0,15	3918	588		0,30	2681	804
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		140			0,15	3428	514		0,25	2345	586
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		120			0,10	2938	294		0,18	2010	362
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		30			0,05	735	37		0,10	503	50
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		30			0,05	735	37		0,10	503	50
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350		300			0,05	7346	367		0,12	5026	603
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			300			0,05	7346	367		0,12	5026	603
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			200			0,10	4897	490		0,20	3351	670
18.0	Медь, низколегир.	< 400		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		300			0,05	7346	367		0,10	5026	503
19.0	Графит			–				–				–	
20.0	Термопласт		30 –	80	– 100	0,10	– 0,40	1959	784	0,10	– 0,40	1340	536
20.1	Реактопласт			80		0,10	– 0,30	1959	588	0,10	– 0,30	1340	402
20.2	Стекло- и углепластик			–				–				–	

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра зенкера, начального значения скорости резания и минимальной подачи f.

∅ 24 – 30				∅ 33				СОЖ
f		n	v_f	f		n	v_f	
мин.	макс.			мин.	макс.			
[мм/об]		[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]		[об/мин]	[мм/мин]	
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,20	– 0,35	1650	330	0,25	– 0,40	1350	338	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,20	– 0,35	1650	330	0,25	– 0,40	1350	338	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,15	– 0,25	2358	354	0,10	– 0,15	1929	193	эмульсия
0,20	– 0,35	1650	330	0,25	– 0,40	1350	338	эмульсия
0,20	– 0,35	1650	330	0,25	– 0,40	1350	338	эмульсия
0,20	– 0,35	1650	330	0,25	– 0,40	1350	338	эмульсия
0,20	– 0,35	1650	330	0,25	– 0,40	1350	338	эмульсия
0,20	– 0,30	1415	283	0,20	– 0,35	1157	231	эмульсия
		–				–		–
	0,15	589	88		0,20	482	96	эмульсия
		–				–		–
		–				–		–
	0,12	354	42		0,15	289	43	эмульсия
	0,12	354	42		0,15	289	43	эмульсия
	0,12	354	42		0,15	289	43	эмульсия
	0,16	1415	226		0,18	1157	208	эмульсия
	0,16	1415	226		0,18	1157	208	эмульсия
	0,16	1415	226		0,18	1350	208	эмульсия
	0,10	1179	118		0,12	965	116	эмульсия
	0,12	354	42		0,15	289	43	эмульсия
	0,35	1886	660		0,40	1543	617	сухая обр.
	0,35	1886	660		0,40	1543	617	сухая обр.
	0,30	1650	495		0,35	1543	473	эмульсия
	0,25	1415	354		0,30	1157	347	эмульсия
	0,12	354	42		0,15	289	43	эмульсия
	0,12	354	42		0,15	289	43	эмульсия
	0,15	3537	531		0,20	2894	579	эмульсия
	0,15	3537	531		0,20	2894	579	эмульсия
	0,25	2358	589		0,30	1929	579	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
	0,12	3537	424		0,15	2894	434	эмульсия
		–				–		–
0,10	– 0,40	943	377	0,10	– 0,40	772	309	сухая обр.
0,10	– 0,30	943	283	0,10	– 0,30	772	231	сухая обр.
		–				–		–

Таблица 5.7 GARANT – Обратные фрезерные зенкеры 180°

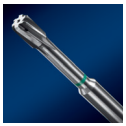
Каталож. № 217180

Число зубьев 1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 15 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
2.0	Автоматные стали	< 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
7.0	Азотируемые стали	< 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
7.1	Азотируемые стали	> 1000	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
8.0	Инструментал. стали	< 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–		-	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–		–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–		–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
11.1	Износост. констр. стали	1800	–		-	
12.0	Пружинные стали	< 1500	–		–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–		–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав Mg	до 350	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		50 – 65 – 80	0,08	1379	110
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.0	Медь, низколегир.	< 400	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	50 – 65 – 80	0,08	1379	110
19.0	Графит		–		–	
20.0	Термопласт		–		–	
20.1	Реактопласт		–		–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–	

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для скорости при врезании и среднего диаметра раззенковки.

∅ 18 – 33			∅ 36 – 48		
f	n	v_f	f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
	–			-	
	–			–	
	–			–	
	–			–	
0,10	828	83	0,12	493	59
	–			-	
	–			–	
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
	–			–	
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
0,10	828	83	0,12	493	59
	–			–	
	–			–	
	–			–	
	–			–	



Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания 378

1 **Процесс развёртывания** **379**

2 **Параметры процесса при обработке развёртыванием** **379**

3 **Силы, момент и потребляемая мощность при развёртывании** **380**

4 **Расчёт основного машинного времени при развёртывании** **380**

5 **Виды развёрток** **381**

5.1 Ручные развёртки 381
5.2 Машинные развёртки 381
5.3 Конические развёртки 382

6 **Достижимая точность отверстия и чистота обработки поверхности** **384**

7 **Решение проблем при развёртывании** **385**

8 **Ориентировочные параметры применения развёрток** **386**

8.1 Допуски и посадки 386
8.2 Определение диаметра отверстия под развертывание 388
8.3 Пример использования таблиц по выбору режимов резания 389

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания

Развёртки	Инструментальный материал / покрытие	№ табл.	С.
Машинные развёртки	HSS и HSS/E	6.7	390
	HSS/E (с покрытием TiN)	6.8	392
	Цельн. твердосплавн., с твердосплавными пластинами	6.9	394
Развёртки HPC с BO 164348	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	6.10	396
Развёртки HPC с BO 164350	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	6.11	397
Развёртки HPC с BO 164360; 164390	Твёрдый сплав	6.12	398
Развёртки HPC с BO 164362; 164392	Твёрдый сплав (с покрытием TiAlN)	6.13	400
Развёртка HPC 168000, 168010	Кермет	6.14	402

1 Процесс развёртывания

Развёртывание производится для повышения качества отверстия. При этом диаметр увеличивается на незначительную величину. Достижимая точность отверстия – от IT 7 до IT 6. Характерная особенность данного способа обработки заключается в том, что происходит самоцентрирование развёртки в отверстии.

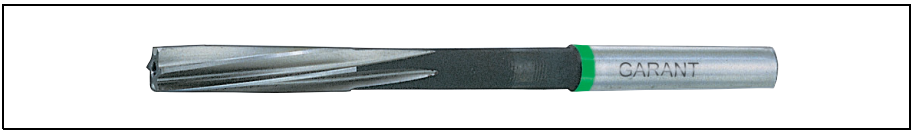


Рис. 6.1 GARANT – Развёртка для станков с ЧПУ

2 Параметры процесса при развёртывании

При выборе низких значений подачи f_z или при малых значениях главного угла в плане k толщина срезаемого слоя h будет невелика. Например это происходит при использовании разверток с переменным шагом с главным углом в плане $k \approx 1°$. В данной ситуации возможны трудности с удалением стружки из отверстия.

При развёртывании необходимо принимать во внимание **минимальную толщину срезаемого слоя h_{min}**. Если толщина срезаемого слоя меньше данной величины, режущая кромка не врезается в материал, происходит всего лишь его упругая и пластическая деформация. При этом под действием давления и трения увеличивается интенсивность износа режущей кромки. В диапазоне скоростей резания для развёртывания минимальная толщина срезаемого слоя h_{min} составляет

$$h_{min} = (0,5 \ldots 1,0) \cdot r_n$$

где r_n – скругление режущей кромки.

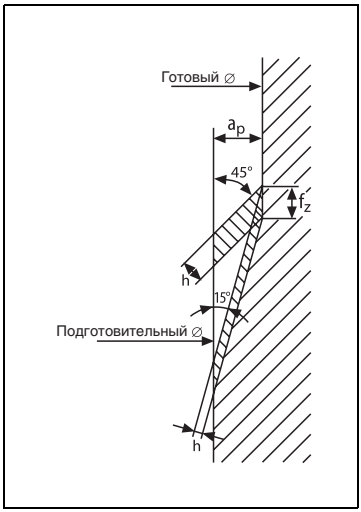


Рис. 6.2 Зависимость толщины срезаемого слоя h от угла в плане k

Небольшого улучшения врезания режущей кромки можно добиться за счёт «тянущего» реза спиральной развёртки с малым шагом, который обеспечивается большим отрицательным углом уклона.

3 Силы, момент и потребляемая мощность при развёртывании

Возникающие при развёртывании силы невозможно точно рассчитать, основываясь на значении удельной силы резания k_c. Силы, прилагаемые при снятии стружки, во много раз меньше сил трения и сил, которые могут возникать в результате «присасывания» в отверстии. **Равнодействующие всех сил** при развёртывании могут быть определены посредством **измерения вращающего момента**.

При этом ***расходуемая мощность на резание*** P_c рассчитывается так же, как для сверления и зенкерования:

$$P_c = \frac{M_d \cdot n}{9554}$$

P_c Мощность резания [кВт] (уравн. 3.15)
M_d Вращающий момент [Н•м] (определяется экспериментальным путём)
n частота вращения [об/мин]

4 Расчёт основного машинного времени при развёртывании

Для развёртывания действительны такие же зависимости, выраженные уравнением, как для сверления и зенкерования. А именно:

$$t_h = \frac{L}{f \cdot n}$$

t_h Основное машинное время [мин]
L Общая длина обработки [мм] (уравн. 3.18)
f Подача [мм/об]
n Частота вращения [об/мин]

При развёртывании особое внимание надлежит обратить на то, что **обратное вращение**, как правило, осуществляется с такой же скоростью, что и поступательное, и, следовательно, необходимо учитывать сопоставимое с основным машинным временем t_h вспомогательное время t_n.

Врезание l_a и длина перебега l_u при развёртывании:

$$l_a + l_u \approx D$$

D Диаметр развёртки

Таким образом, **общая длина обработки** ***L*** рассчитывается с помощью следующего уравнения:

$$L = l + l_a + l_u = l + D$$

L Общая длина обработки [мм]
l Толщина заготовки [мм] (уравн. 6.1)
D Диаметр развёртки [мм]

5 Виды развёрток

Развёртки могут быть самого разного вида. Большие развёртки могут быть изготовлены в виде **насадных развёрток**, для выполнения специальных работ требуются развёртки определенной конструкции, например, **котельные развёртки** или **развёртки для очистки сопел**.

5.1 Ручные развёртки

Ручные развёртки имеют длинные направляющие. Спиральные развёртки могут быть использованы для обработки сквозных отверстий, если отвод стружки производится в направлении подачи. Число режущих кромок, как правило, чётное (от 4 до 18 в зависимости от диаметра). При непостоянном поле допуска могут быть использованы регулируемые ручные развёртки.

5.2 Машинные развёртки

У машинных развёрток длина рабочей части меньше, чем у ручных. Они также являются самоцентрирующимися за счёт направляющих ленточек (скругленные вспомогательные режущие кромки). Режущие кромки могут быть направлены прямо, по левой спирали с большим шагом или по спирали с малым шагом (см. *рис. 6.3*).

Левая спираль с большим шагом обеспечивает более высокую чистоту обработки поверхности, однако требует свободного отвода стружки и поэтому не всегда может быть использована для развёртывания глухих отверстий.

Спираль с малым шагом подходит для большой подачи, в особенности в мягких материалах.

а) Прямые режущие кромки

б) Левая спираль с большим шагом

в) Спираль с малым шагом

Рис. 6.3 Машинные развёртки

Развёртки для станков с ЧПУ имеют диаметр хвостовика, подходящий для стандартных гидропластовых, высокоточных или термозажимных патронов. Благодаря этому достигается высочайшая точность вращения и обеспечивается точное соблюдение технологии изготовления отверстий. При использовании развёрток GARANT для станков с ЧПУ отпадает необходимость в приобретении специальной оснастки.

Рис. 6.4 GARANT – Развёртка для станков с ЧПУ

При **неравномерном шаге** режущие кромки попарно располагаются точно друг напротив друга (*рис. 6.5*). За счёт этого отверстие получается абсолютно круглым и без волнистости из-за вибрации. Скруглённая ленточка на рабочей части полирует отверстие и центрирует развёртку.

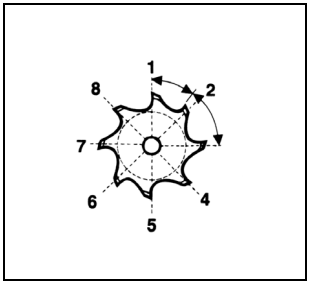


Рис. 6.5 Чётное число зубьев с неравномерным шагом

5.3 Конические развёртки

У **конических развёрток** главные режущие кромки тянутся вдоль всей боковой поверхности конуса. Обычные вспомогательные режущие кромки отсутствуют. Инструмент может быть с прямыми или винтообразными канавками.

Для **грубой обработки** пригодны **спиральные развёртки с малым шагом** (например, развёртки для штифтовых отверстий). Для обеспечения отвода стружки через сужающееся отверстие необходимо часто извлекать развёртку.

Рис. 6.6 Развёртка для штифтового отверстия

Для **чистовой обработки** лучше подходят развёртки **с прямыми канавками**.

6 Достижимая точность отверстия и чистота обработки поверхности

В *таблице 6.1* представлена достижимая точность отверстий при использовании спиральных сверл с двумя режущими кромками в сравнении с комбинированными сверлами-зенковками с тремя режущими кромками, зенкерами и развёртками с несколькими режущими кромками. В частности **спиральные свёрла** из HSS с двумя режущими кромками не имеют достаточной точности самоцентрирования. Незначительная асимметрия режущих кромок приводит к снижению точности соблюдения формы и плюсовым отклонениям размера (от IT 11 до IT 13, голубая полоса). Дополнительного улучшения результата можно добиться за счёт использования спиральных сверл VHM (до IT 8). Инструмент с тремя режущими кромками (**зенковки, зенкеры**) обеспечивает повышение качества примерно на один класс допуска за счёт более равномерного перемещения в отверстии (от IT 10 до IT 12 для HSS и до IT 7 для VHM). Значительное повышение чистоты и точности обработки достигается при использовании **развёрток с несколькими режущими кромками**. За счёт увеличения числа режущих кромок и минимальной глубины резания существенно улучшается центрирование и заметно уменьшаются силы, вызывающие осевое отклонение инструмента (для HSS от IT 6 до IT 9, для развёрток HM до IT 5).

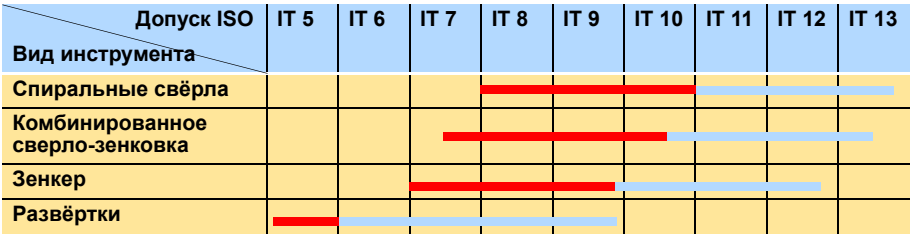


Таблица 6.1 Допуски на отверстия, достижимые с помощью различных инструментов

Достижимая чистота обработки поверхности зависит от множества факторов. К ним относятся вид инструмента (углы, число режущих кромок и их заточки), условия обработки конкретного материала, режим резания (v_c и f) и качество подготовки отверстия, а также качество используемого станка. Таким образом, для развёртывания характерен довольно широкий диапазон значений шероховатости поверхности **от 2 мкм до 15 мкм**. **Соосность** и **расположение** отверстий за счёт развёртывания улучшить **нельзя**, так как развёртка центрируется заранее подготовленным отверстием. Чем выше качество такого отверстия, тем лучше результат развёртывания.

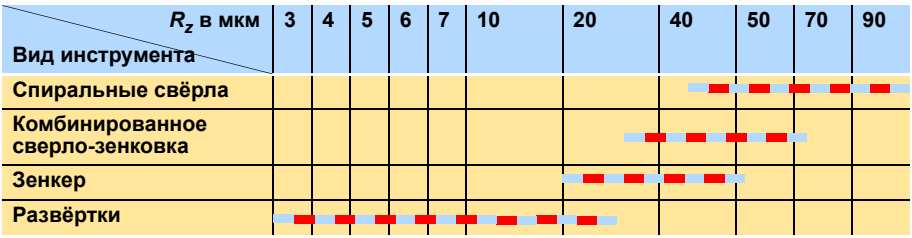


Таблица 6.2 Чистота обработки поверхности, достижимая с помощью различных инструментов

7 Решение проблем при развёртывании

Обозначение							Проблема
1							Слишком большой диаметр
2							Слишком малый диаметр
3							Коническое отверстие
4							Овальное отверстие
5							Недостаточная чистота обработки поверхности
6							Развёртку заклинивает
7							На развёртке появляются зазубрины
1	2	3	4	5	6	7	**Способы устранения**
							Проверить соосность заготовки/инструмента
							Радиальное биение развёртки
							Радиальное биение крепления
							Радиальное биение шпинделя
							Уменьшите скорость резания
							Увеличить скорость резания
							Уменьшить подачу
							Увеличить подачу
							Использовать масло или увеличить количество масла в СОЖ
							Слишком много масла в СОЖ
							Проверить геометрию инструмента
							Неправильное врезание
							Износ инструмента
							Недостаточный припуск на обработку
							Использовать спиральную развёртку с малым шагом (заедание материала)
							Выбрать покрытие

Таблица 6.3 Решение проблем при развёртывании

8 Ориентировочные параметры применения развёрток

8.1 Допуски и посадки

Для обеспечения возможности эффективного использования имеющихся развёрток необходимо знать соответствующие посадки, которые могут быть получены. В помещенной ниже таблице представлены посадки для машинных развёрток 1/100.

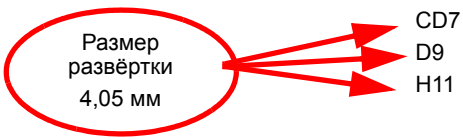
Принцип построения таблицы показан на следующем примере:

1. Имеющаяся развёртка: размер 4,05 мм
2. Определение поля допуска для развёртки 4,05 мм

- Отметить в таблице все значения 4,05
- Определить соответствующее поле допуска в названии столбца

C8	C9	C10	C11	CD7	D7	D8	D9	D10	D11
1,07	1,07	1,08	1,10	1,04	1,02	1,03	-	1,04	1,06
2,07	2,07	2,08	2,10	2,04	2,02	2,03	-	2,04	2,06
3,07	3,07	3,08	3,10	3,04	3,02	3,03	-	3,04	3,06
4,08	4,09	–	–	4,05	4,04	4,04	4,05	4,06	4,08
5,08	5,09	–	–	5,05	5,04	5,04	5,05	5,06	5,08
6,08	6,09	–	–	6,05	6,04	6,04	6,05	6,06	6,08
7,09	7,10	–	–	7,06	7,05	7,05	7,06	7,08	7,10
8,09	8,10	–	–	8,06	8,05	8,05	8,06	8,08	8,10
9,09	9,10	–	–	9,06	9,05	9,05	9,06	9,02	9,10
10,09	10,10	–	–	10,06	10,05	10,05	10,06	10,08	10,10
-	–	–	–	–	11,06	–	11,08	11,10	–
-	–	–	–	–	12,06	–	12,08	12,10	–
H6	**H7**	**H8**	**H9**	**H10**	**H11**	**H12**	**H13**	**J6**	**J7**
1,00	–	1,01	–	1,02	1,04	1,06	1,09	1,00	1,00
2,00	–	2,01	–	2,02	2,04	2,06	2,09	2,00	2,00
3,00	–	3,01	–	3,02	3,04	3,06	3,09	3,00	3,00
4,00	–	4,01	4,02	4,03	4,05	4,08	–	4,00	4,00
5,00	–	5,01	5,02	5,03	5,05	5,08	–	5,00	5,00
6,00	–	6,01	6,02	6,03	6,05	6,08	–	6,00	6,00
7,00	7,01	7,01	7,02	7,04	7,06	7,10	–	7,00	7,00
8,00	8,01	8,01	8,02	8,04	8,06	8,10	–	8,00	8,00
9,00	9,01	9,01	9,02	9,04	9,06	9,10	–	9,00	9,00
10,00	10,01	10,02	10,02	10,04	10,06	10,10	–	10,00	10,00
–	11,01	11,02	11,03	11,05	11,07	-	–	11,00	11,00
–	12,01	12,02	12,03	12,05	12,07	-	–	12,00	12,00
N8	**P6**	**P7**	**P8**	**R6**	**R7**	**S6**	**S7**	**U6**	**U7**
0,99	0,99	0,99	0,99	–	–	0,98	0,98	0,98	0,98
1,99	1,99	1,99	1,99	–	–	1,98	1,98	1,98	1,98

Таким образом, с помощью данной развёртки могут быть получены отверстия со следующими полями допуска:



Каталож. № 162951; 164180; 164345; 164348; 164350; 168010

C8	C9	C10	C11	CD7	D7	D8	D9	D10	D11	D12	E7	E8	E9	EF8	F7	F8	F9	F10	G6	G7	H5
1,07	1,07	1,08	1,10	1,04	1,02	1,03	–	1,04	1,06	1,08	1,02	1,02	1,03	1,02	1,01	1,01	1,02	–	–	1,01	1,00
2,07	2,07	2,08	2,10	2,04	2,02	2,03	–	2,04	2,06	2,08	2,02	2,02	2,03	2,02	2,01	2,01	2,02	–	–	2,01	2,00
3,07	3,07	3,08	3,10	3,04	3,02	3,03	–	3,04	3,06	3,08	3,02	3,02	3,03	3,02	3,01	3,01	3,02	–	–	3,01	3,00
4,08	4,09	–	–	4,05	4,04	4,04	4,05	4,06	4,08	4,10	–	4,03	4,04	4,03	–	4,02	4,03	4,04	4,01	4,01	4,00
5,08	5,09	–	–	5,05	5,04	5,04	5,05	5,06	5,08	5,10	–	5,03	5,04	5,03	–	5,02	5,03	5,04	5,01	5,01	5,00
6,08	6,09	–	–	6,05	6,04	6,04	6,05	6,06	6,08	6,10	–	6,03	6,04	6,03	–	6,02	6,03	6,04	6,01	6,01	6,00
7,09	7,10	–	–	7,06	7,05	7,05	7,06	7,08	7,10	–	7,03	7,04	7,05	7,03	7,02	7,03	–	7,05	7,01	7,01	7,00
8,09	8,10	–	–	8,06	8,05	8,05	8,06	8,08	8,10	–	8,03	8,04	8,05	8,03	8,02	8,03	–	8,05	8,01	8,01	8,00
9,09	9,10	–	–	9,06	9,05	9,05	9,06	9,02	9,10	–	9,03	9,04	9,05	9,03	9,02	9,03	–	9,05	9,01	9,01	9,00
10,09	10,10	–	–	10,06	10,05	10,05	10,06	10,08	10,10	–	10,03	10,04	10,05	10,03	10,02	10,03	–	10,05	10,01	10,01	10,00
–	–	–	–	–	11,06	–	11,08	11,10	–	–	11,04	11,05	11,06	–	–	11,03	11,04	11,06	11,01	–	11,00
–	–	–	–	–	12,06	–	12,08	12,10	–	–	12,04	12,05	12,06	–	–	12,03	12,04	12,06	12,01	–	12,00

H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	J6	J7	J8	JS7	JS8	JS9	K6	K7	K8	M6	M7	M8	N6	N7
1,00	–	1,01	–	1,02	1,04	1,06	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–	–	0,99	–	–	0,99	0,99	0,99
2,00	–	2,01	–	2,02	2,04	2,06	2,09	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	–	–	1,99	–	–	1,99	1,99	1,99
3,00	–	3,01	–	3,02	3,04	3,06	3,09	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	–	–	2,99	–	–	2,99	2,99	2,99
4,00	–	4,01	4,02	4,03	4,05	4,08	–	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	–	3,99	3,99	3,99
5,00	–	5,01	5,02	5,03	5,05	5,08	–	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,99	–	4,99	4,99	4,99
6,00	–	6,01	6,02	6,03	6,05	6,08	–	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,99	–	5,99	5,99	5,99
7,00	7,01	7,01	7,02	7,04	7,06	7,10	–	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	–	–	7,00	7,00	6,99	6,99	6,99	–	6,99
8,00	8,01	8,01	8,02	8,04	8,06	8,10	–	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	–	–	8,00	8,00	7,99	7,99	7,99	–	7,99
9,00	9,01	9,01	9,02	9,04	9,06	9,10	–	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	–	–	9,00	9,00	8,99	8,99	8,99	–	8,99
10,00	10,01	10,02	10,02	10,04	10,06	10,10	–	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	–	–	10,00	10,00	9,99	9,99	9,99	–	9,99
–	11,01	11,02	11,03	11,05	11,07	–	–	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	–	–	11,00	11,00	10,99	10,99	10,99	–	10,99
–	12,01	12,02	12,03	12,05	12,07	–	–	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	–	–	12,00	12,00	11,99		11,99	–	11,99

N8	P6	P7	P8	R6	R7	S6	S7	U6	U7	X7	X8	X9	Z7	Z8	Z9	Z10	ZA7	ZA8	ZA9	ZB8	ZB9
0,99	0,99	0,99	0,99	–	–	0,98	0,98	0,98	0,98	–	0,97	0,97	0,97	0,97	–	0,96	0,96	–	–	0,95	0,95
1,99	1,99	1,99	1,99	–	–	1,98	1,98	1,98	1,98	–	1,97	1,97	1,97	1,97	–	1,96	1,96	–	–	1,95	1,95
2,99	2,99	2,99	2,99	–	–	2,98	2,98	2,98	2,98	–	2,97	2,97	2,97	2,97	–	2,96	2,96	–	–	2,95	2,95
3,99	–	–	3,98	–	–	3,98	3,98	–	–	3,97	–	3,96	3,96	3,96	3,95	3,95	3,96	–	–	3,94	3,94
4,99	–	–	4,98	–	–	4,98	4,98	–	–	4,97	–	4,96	4,96	4,96	4,95	4,95	4,96	–	–	4,94	4,94
5,99	–	–	5,98	–	–	5,98	5,98	–	–	5,97	–	5,96	5,96	5,96	5,95	5,95	5,96	–	–	5,94	5,94
6,99	–	–	–	6,98	6,98	–	–	6,97	6,97	–	6,96	6,95	6,95	6,95	–	6,94	6,94	6,94	–	–	6,92
7,99	–	–	–	7,98	7,98	–	–	7,97	7,97	–	7,96	7,95	7,95	7,95	–	7,94	7,94	7,94	–	–	7,92
8,99	–	–	–	8,98	8,98	–	–	8,97	8,97	–	8,96	8,95	8,95	8,95	–	8,94	8,94	8,94	–	–	8,92
9,99	–	–	–	9,98	9,98	–	–	9,97	9,97	–	9,96	9,95	9,95	9,95	–	9,94	9,94	9,94	–	–	9,92
10,99	10,98	10,98	10,97	–	–	10,97	10,97	–	–	10,96	10,95	–	10,95	10,94	–	10,93	–	10,93	–	10,90	10,90
11,99	11,98	11,98	11,97	–	–	11,97	11,97	–	–	11,96	11,95	–	11,95	11,94	–	11,93	–	11,93	–	11,90	11,90

Таблица 6.4 Поля допусков для машинной развёртки 1/100

8.2 Определение диаметра отверстия под развертывание

Глубина резания выбирается в зависимости от диаметра отверстия и типа обрабатываемого материала (*таблица 6.5*). Так, например, для получения отверстия диаметром 20 мм в конструкционной стали необходимо предварительно просверлить отверстие на 0,2 мм меньше. При этом глубина резания должна обеспечить шероховатость поверхности и размер, соответствующий минимальной толщине срезаемого слоя при развёртывании h_{min} (см. выше).

Группа материалов	Диапазон диаметров отверстия [мм]				
	3–5	5–10	10–20	20–30	30–50
1.0/ 1.1/ 2.0/ 3.0/ 5.0/ 8.0/ 13.0/ 13.1/	0,1 – 0,2	0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5
2.1/ 3.1/ 3.2/ 4.0/ 4.1/ 6.0/ 6.1/ 7.0/ 7.1/ 8.1/ 8.2/ 9.0/ 13.2/ 13.3/ 14.0	0,1 – 0,2	0,2	0,2	0,3	0,3 – 0,4
15.0/ 15.1	0,1 – 0,2	0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5
15.2/ 15.3	0,1 – 0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
18.0	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	0,5
18.1/18.2/ 18.3/ 18.4/ 18.5/ 18.6	0,1 – 0,2	0,2	0,2 - 0,3	0,3	0,3 - 0,4
17.0/ 17.1/ 17.2	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	0,5

Таблица 6.5 Рекомендуемый припуск на обработку развёртками из быстрорежущей стали HSS

В случае применения **спиральных развёрток с малым шагом** значения, указанные в *таблице 6.5*, следует увеличить не менее чем на 50 %. Для регулируемых развёрток с разрезанным корпусом или с вставными ножами припуск на развёртывание следует уменьшить. Указанные в таблице значения припуска действительны для отверстия, подлежащего развёртыванию за один проход, при условии применения развёрток из быстрорежущей стали.

В случае применения твердосплавных разверток, рекомендуемые значения припуска на развертывание указаны в *таблице 6.6*.

Группа материалов	Диапазон диаметров отверстия [мм]				
	3–5	5–10	10–20	20–30	30–50
1.0/ 1.1/ 2.0/ 2.1/ 3.0/ 3.1/ 3.2/ 4.0/ 4.1/ 5.0/ 6.0/ 6.1/ 7.0/ 7.1/ 8.0/ 8.1/ 8.2/ 9.0/ 13.0/ 13.1/ 13.2/	0,12 – 0,2	0,12 - 0,25	0,25 – 0,3	0,3 – 0,35	0,35 – 0,45
10.0/ 10.1/ 10.2/ 11.0/ 11.1/ 12.0/ 13.3/ 14.0/	0,1	0,1	0,1 – 0,15	0,1 – 0,2	0,15 – 0,2
15.0/ 15.1/15.2/ 15.3/ 16.0/ 16.1	0,15 – 0,25	0,15 – 0,25	0,25 – 0,3	0,3 – 0,4	0,5
17.0/ 17.1/ 17.2/ 18.0/ 18.1/ 18.2/ 18.3/ 18.4/ 18.5/ 18.6	0,15 – 0,25	0,15 – 0,3	0,3 – 0,35	0,35 – 0,45	0,45 – 0,55

Таблица 6.6 Рекомендуемый припуск на обработку твердосплавными развертками

8.3 Пример использования таблиц по выбору режимов резания

Задание на обработку:

Развёртывание отверстий диаметром D = 10 мм в материале X210Cr12.

Порядок действий:

1. Выбор развёртки из главного каталога — Но-№ 16 4340, D = 10 мм
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы», раздел 1) — Группа 8.2
3. Выбор режимов резания:
   - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания — Таблица 6.9
     Инструмент 16 4340 → машинная развёртка (твёрдый сплав)
   - 3.2 Выбор режимов резания

Таблица 6.9 GARANT – Машинные развёртки (цельн. твердосплавн., с твердосплавными пластинами)

Каталож. № 164340; 164345; 164500

DIN заводской стандарт; 8093

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм]²	Vc [м/мин] мин.	Vc нач.	Vc макс.	Ø5 f [мм/об]	Ø5 n [об/мин]	Ø5 v_f [мм/мин]	Ø8 f [мм/об]	Ø8 n [об/мин]	Ø8 v_f [мм/мин]	Ø10 f [мм/об]	Ø10 n [об/мин]	Ø10 v_f [мм/мин]	Ø15 f [мм/об]	Ø15 n [об/мин]	Ø15 v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	10	13	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83	0,25	276	69
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64	0,25	212	53
2.0	Автомат. стали	< 850	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64	0,25	212	53
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	7	8	9	0,15	509	76	0,18	318	57	0,20	255	51	0,25	170	42
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	10	13	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83	0,25	276	69
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64	0,25	212	53
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	7	8	9	0,15	509	76	0,18	318	76	0,20	255	51	0,25	170	42
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64	0,25	212	53
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	61	0,15	255	38	0,18	170	31
5.0	Нелег. улучш. стали	< 750	10	13	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83	0,25	276	69
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	84	0,25	212	53
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38	0,18	170	31
7.0	Азотируемые стали	< 1000	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64	0,25	212	53
7.1	Азотируемые стали	> 1000	6	8	10	0,12	506	61	0,15	318	48	0,15	255	38	0,18	170	31
8.0	Инструментал. стали	< 850	8	10	12	0,12	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64	0,25	212	53
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38	0,18	170	31
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	5	6	7	0,12	382	46	0,15	239	36	**0,15**	**191**	**29**	0,18	127	23
9.0	Быстрореж. стали	820 – 1200	5	6	7	0,12	382	46	0,15	239	36	0,15	191	29	0,18	127	23
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC															
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC															
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC															

Скорость резания: Начальн. v_c = **6 м/мин** Диапазон: 5 ... 7 м/мин

Подача: f = **0,15 мм/об**

Частота вращения: n = **191 об/мин**

Скорость подачи: v_f = **29 мм/мин**

Таблица 6.7 GARANT – Машинные развёртки (HSS и HSS/E)

Каталож. № 161600; 161650; 162800; 162900; 162951, 162961, 162971, 163000; 164000; 164180; 164300; 164305

DIN 208; 212; 311; 2179; 2180; заводской стандарт

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 5			∅ 8			∅ 10		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	10 –	11 –	12	0,10	700	70	0,13	438	57	0,15	350	53
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	6 –	7 –	8	0,10	446	45	0,13	279	36	0,15	223	33
2.0	Автоматные стали	< 850	6 –	7 –	8	0,10	446	45	0,13	279	36	0,15	223	33
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	8 –	9 –	10	0,10	573	57	0,13	358	47	0,15	286	43
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	6 –	7 –	8	0,10	446	45	0,13	279	36	0,15	223	33
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	6 –	7 –	8	0,10	446	45	0,13	279	36	0,15	223	33
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
7.0	Азотируемые стали	< 1000	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
7.1	Азотируемые стали	> 1000	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
8.0	Инструментал. стали	< 850	6 –	7 –	8	0,10	446	20	0,13	279	36	0,15	223	33
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–			–	
12.0	Пружинные стали	<1500	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	6 –	7 –	8	0,10	446	45	0,13	279	36	0,15	223	33
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	6 –	7 –	8	0,10	446	45	0,13	279	36	0,15	223	33
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
14.0	Спец. сплавы	<1200	3 –	4 –	5	0,08	255	20	0,10	159	16	0,10	127	13
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	8 –	9 –	10	0,18	573	103	0,20	358	72	0,23	286	66
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	4 –	5 –	6	0,12	318	38	0,15	199	30	0,17	159	27
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	8 –	9 –	10	0,18	573	103	0,20	358	72	0,23	286	66
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	6 –	7 –	8	0,15	446	67	0,18	279	50	0,20	223	45
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	4 –	5 –	6	0,08	318	25	0,10	199	20	0,10	159	16
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	15 –	18 –	20	0,15	1146	172	0,18	716	129	0,20	573	115
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		10 –	13 –	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		10 –	11 –	12	0,15	700	105	0,18	438	79	0,20	350	70
18.0	Медь, низколегир.	< 400	8 –	10 –	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	12 –	13 –	14	0,20	828	166	0,25	517	129	0,30	414	124
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	10 –	11 –	12	0,20	700	140	0,25	438	109	0,30	350	105
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	12 –	13 –	14	0,20	828	166	0,25	517	129	0,30	414	124
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	12 –	13 –	14	0,20	828	166	0,25	517	129	0,30	414	124
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	10 –	11 –	12	0,20	700	140	0,25	438	109	0,30	350	105
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	10 –	11 –	12	0,20	700	140	0,25	438	109	0,30	350	105
19.0	Графит		8 –	9 –	10	0,18	573	103	0,20	358	72	0,23	286	66
20.0	Термопласт			–			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

∅ 15			∅ 20			∅ 25			∅ 30			∅ 40			∅ 50			СОЖ
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
0,20	233	47	0,25	175	44	0,25	140	35	0,30	117	35	0,35	88	31	0,40	70	28	масло/эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	масло/эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	масло/эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	масло/эмульсия
0,20	191	38	0,25	143	36	0,25	115	29	0,30	95	29	0,35	72	25	0,40	57	23	масло/эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	масло/эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	масло/эмульсия
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	масло/эмульсия
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	масло/эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	масло/эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	масло/эмульсия
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	масло/эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	масло/эмульсия
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	масло/эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	масло/эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	масло/эмульсия
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	масло/эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	масло/эмульсия
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		–
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,25	89	22	0,30	74	22	0,35	56	19	0,40	45	18	эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	эмульсия
0,15	85	13	0,20	64	13	0,25	51	13	0,30	42	13	0,35	32	11	0,40	25	10	эмульсия
0,25	191	48	0,30	143	43	0,30	115	34	0,35	95	33	0,40	72	29	0,58	57	33	сух./масло
0,20	106	21	0,25	80	20	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	сух./масло
0,25	191	48	0,30	143	43	0,30	115	34	0,35	95	33	0,40	72	29	0,58	57	33	сух./эмульсия
0,20	149	30	0,25	111	28	0,30	89	27	0,35	74	26	0,40	56	22	0,40	45	18	сух./эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	эмульсия
0,15	106	16	0,20	80	16	0,25	64	16	0,30	53	16	0,35	40	14	0,40	32	13	эмульсия
0,25	382	95	0,30	286	86	0,30	229	69	0,35	191	67	0,40	143	57	0,40	115	46	эмульсия
0,25	276	69	0,30	207	62	0,30	166	50	0,35	138	48	0,40	103	41	0,40	83	33	эмульсия
0,25	233	58	0,30	175	53	0,30	140	42	0,35	117	41	0,40	88	35	0,40	70	28	эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,45	64	29	эмульсия
0,35	276	97	0,40	207	83	0,40	166	66	0,45	138	62	0,50	103	52	0,60	83	50	сух./эмульсия
0,35	233	82	0,40	175	70	0,40	140	56	0,45	117	53	0,50	88	44	0,60	70	42	сух./эмульсия
0,35	276	97	0,40	207	83	0,40	166	66	0,45	138	62	0,50	103	52	0,60	83	50	сух./эмульсия
0,35	276	97	0,40	207	83	0,40	166	66	0,45	138	62	0,50	103	52	0,60	83	50	сух./эмульсия
0,35	233	82	0,40	175	70	0,40	140	56	0,45	117	53	0,50	88	44	0,60	70	42	сух./эмульсия
0,35	233	82	0,40	175	70	0,40	140	56	0,45	117	53	0,50	88	44	0,60	70	42	сух./эмульсия
0,25	191	48	0,30	143	43	0,30	115	34	0,35	95	33	0,40	72	29	0,58	57	33	сухая обр.
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–

Таблица 6.8 GARANT – Машинные развёртки HSS/E (с покрытием TiN)

Каталож. № 163500
DIN 212

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]			до ∅ 5			∅ 6–9		
			мин.	нач.	макс.	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	14	15	16	0,15	955	143	0,20	597	116
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	8	10	11	0,15	637	95	0,20	398	78
2.0	Автоматные стали	< 850	8	10	11	0,15	637	95	0,20	398	78
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	8	9	10	0,12	573	69	0,15	358	54
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	8	10	11	0,15	637	95	0,20	398	78
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	8	9	10	0,15	573	86	0,20	358	70
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	4	5	6	0,12	318	38	0,15	199	30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	8	10	11	0,15	637	95	0,20	398	78
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	8	9	10	0,12	573	69	0,15	358	54
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	4	5	6	0,12	318	38	0,15	199	30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
7.1	Азотируемые стали	> 1000	4	5	6	0,12	318	38	0,15	199	30
8.0	Инструментал. стали	< 850	8	9	11	0,15	573	86	0,20	358	70
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	4	5	7	0,12	318	38	0,15	199	30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		-			-			-	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		-			-			-	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		-			-			-	
11.0	Износост. констр. стали	1350	4	5	7	0,12	318	38	0,15	199	30
11.1	Износост. констр. стали	1800		-			-			-	
12.0	Пружинные стали	< 1500	4	5	7	0,12	318	38	0,15	199	30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		-			-			-	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		-			-			-	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		-			-			-	
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100		-			-			-	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	4	5	7	0,12	318	38	0,15	199	30
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	8	10	11	0,27	637	172	0,30	398	119
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	8	9	10	0,18	573	103	0,23	358	81
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	8	9	10	0,27	573	155	0,30	358	107
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	5	7	9	0,23	446	100	0,27	279	75
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	5	7	9	0,12	446	53	0,15	279	42
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		-			-			-	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			-			-			-	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			-			-			-	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	11	14	16	0,23	891	201	0,27	557	150
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	16	18	19	0,30	1146	344	0,38	716	269
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	14	15	16	0,30	955	286	0,38	597	224
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	16	18	19	0,30	1146	344	0,38	716	269
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	16	18	19	0,30	1146	344	0,38	716	269
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	14	15	16	0,30	955	286	0,38	597	224
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	14	15	16	0,30	955	286	0,38	597	224
19.0	Графит		11	12	14	0,27	764	206	0,30	477	143
20.0	Термопласт			–			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–	

∅ 10–14			∅ 16			∅ 20			∅ 25			∅ 30			∅ 40			∅ 50			СОЖ
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
0,23	367	83	0,30	298	90	0,38	239	90	0,38	191	73	0,45	159	72	0,53	119	63	0,60	95	57	масло/эмульсия
0,23	245	55	0,30	199	60	0,38	159	60	0,38	127	48	0,45	106	48	0,53	80	42	0,60	64	38	масло/эмульсия
0,23	245	55	0,30	199	60	0,38	159	60	0,38	127	48	0,45	106	48	0,53	80	42	0,60	64	38	масло/эмульсия
0,15	220	33	0,23	179	40	0,30	143	43	0,38	115	44	0,45	95	43	0,53	72	38	0,60	57	34	масло/эмульсия
0,23	245	55	0,30	199	60	0,38	159	60	0,38	127	48	0,45	106	48	0,53	80	42	0,60	64	38	масло/эмульсия
0,23	220	50	0,30	179	54	0,38	143	54	0,38	115	44	0,45	95	43	0,53	72	38	0,60	57	34	масло/эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	масло/эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	масло/эмульсия
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	масло/эмульсия
0,23	245	55	0,30	199	60	0,38	159	60	0,38	127	48	0,45	106	48	0,53	80	42	0,60	64	38	масло/эмульсия
0,15	220	33	0,23	179	40	0,30	143	43	0,38	115	44	0,45	95	43	0,53	72	38	0,60	57	34	масло/эмульсия
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	масло/эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	масло/эмульсия
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	масло/эмульсия
0,23	220	50	0,30	179	54	0,38	143	54	0,38	115	44	0,45	95	43	0,53	72	38	0,60	57	34	масло/эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	масло/эмульсия
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	масло/эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	масло/эмульсия
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	эмульсия
	-			-			-			-			-			-			-		-
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	эмульсия
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
0,15	122	18	0,23	99	22	0,30	80	24	0,38	64	24	0,45	53	24	0,53	40	21	0,60	32	19	эмульсия
0,35	245	84	0,38	199	75	0,45	159	72	0,45	127	57	0,53	106	56	0,60	80	48	0,87	64	55	сухая обр./ сурепное масло
0,26	220	56	0,30	179	54	0,38	143	54	0,38	115	44	0,45	95	43	0,53	72	38	0,60	57	34	сухая обр./ сурепное масло
0,35	220	76	0,38	179	67	0,45	143	64	0,45	115	52	0,53	95	50	0,60	72	43	0,87	57	50	сухая обр./эмульсия
0,30	171	51	0,30	139	42	0,38	111	42	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	сухая обр./эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	эмульсия
0,15	171	26	0,23	139	31	0,30	111	33	0,38	89	34	0,45	74	33	0,53	56	29	0,60	45	27	эмульсия
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
	-			-			-			-			-			-			-		-
0,30	343	103	0,38	279	104	0,45	223	100	0,45	178	80	0,53	149	78	0,60	111	67	0,68	89	60	эмульсия
0,45	441	198	0,53	358	188	0,60	286	172	0,60	229	138	0,68	191	129	0,75	143	107	0,90	115	103	сухая обр./эмульсия
0,45	367	165	0,53	298	157	0,60	239	143	0,60	191	115	0,68	159	107	0,75	119	90	0,90	95	86	сухая обр./эмульсия
0,45	441	198	0,53	358	188	0,60	286	172	0,60	229	138	0,68	191	129	0,75	143	107	0,90	115	103	сухая обр./эмульсия
0,45	441	198	0,53	358	188	0,60	286	172	0,60	229	138	0,68	191	129	0,75	143	107	0,90	115	103	сухая обр./эмульсия
0,45	367	165	0,53	298	157	0,60	239	143	0,60	191	115	0,68	159	107	0,75	119	90	0,90	95	86	сухая обр./эмульсия
0,45	367	165	0,53	298	157	0,60	239	143	0,60	191	115	0,68	159	107	0,75	119	90	0,90	95	86	сухая обр./эмульсия
0,35	294	101	0,38	239	90	0,45	191	86	0,45	153	69	0,53	127	67	0,60	95	57	0,87	76	66	сухая обр.
	–			–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–			–		–

Таблица 6.9 GARANT – Машинные развёртки (цельн. твердосплавн., с твердосплавными пластинами)

Каталож. № 164340; 164345; 164500
DIN Заводской стандарт; 8093

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	v_c [м/мин] нач.	v_c [м/мин] макс.	∅ 5 f [мм/об]	∅ 5 n [об/мин]	∅ 5 v_f [мм/мин]	∅ 8 f [мм/об]	∅ 8 n [об/мин]	∅ 8 v_f [мм/мин]	∅ 10 f [мм/об]	∅ 10 n [об/мин]	∅ 10 v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	10	13	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	8	13	12	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83
2.0	Автоматные стали	< 850	8	13	12	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	7	10	9	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	10	13	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	7	8	9	0,15	509	76	0,18	318	57	0,20	255	51
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	8	8	12	0,15	509	76	0,18	318	57	0,20	255	51
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	6	6	10	0,12	382	46	0,15	239	36	0,15	191	29
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	10	13	15	0,15	828	124	0,18	517	93	0,20	414	83
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38
7.0	Азотируемые стали	< 1000	8	8	12	0,15	509	76	0,18	318	57	0,20	255	51
7.1	Азотируемые стали	> 1000	6	6	10	0,12	382	46	0,15	239	36	0,15	191	29
8.0	Инструментал. стали	< 850	8	10	12	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	5	6	7	0,12	382	46	0,15	239	36	0,15	191	29
9.0	Быстрорежущ. стали	830 – 1200	5	6	7	0,12	382	46	0,15	239	36	0,15	191	29
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	6	6	10	0,12	382	46	0,15	239	36	0,15	191	29
11.1	Износост. констр. стали	1800		-			-			-			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	10	15	0,15	637	95	0,18	389	72	0,20	318	64
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	10	15	0,15	637	95	0,18	389	72	0,20	318	64
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	8	10	12	0,15	637	95	0,18	389	72	0,20	318	64
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38
14.0	Спец. сплавы	< 1200	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	8	10	15	0,15	637	95	0,18	389	72	0,20	318	64
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	6	8	12	0,12	509	61	0,15	318	48	0,20	255	51
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	8	8	12	0,15	509	76	0,18	318	57	0,20	255	51
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	8	8	12	0,12	509	61	0,15	318	48	0,20	255	51
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	8	8	12	0,15	509	76	0,18	318	57	0,20	255	51
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	6	8	10	0,12	509	61	0,15	318	48	0,15	255	38
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	20	25	30	0,20	1592	318	0,26	995	259	0,30	796	239
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	20	30	0,20	1273	255	0,26	796	207	0,30	637	191
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		15	20	30	0,20	1273	255	0,26	796	207	0,30	637	191
18.0	Медь, низколегир.	< 400	20	25	30	0,30	1592	477	0,36	995	358	0,40	796	318
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	15	20	25	0,20	1273	255	0,26	796	207	0,30	637	191
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	20	25	0,20	1273	255	0,26	796	207	0,30	637	191
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	15	20	25	0,20	1273	255	0,26	796	207	0,30	637	191
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	10	13	15	0,20	828	166	0,26	518	134	0,30	414	124
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	10	13	15	0,20	828	166	0,26	518	134	0,30	414	124
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	8	10	15	0,20	637	127	0,26	398	103	0,30	318	95
19.0	Графит		8	10	15	0,15	637	95	0,18	398	72	0,20	318	64
20.0	Термопласт		15	20	30	0,22	1273	285	0,22	796	178	0,22	637	143
20.1	Реактопласт			–			–			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–			–			–	

∅ 15			∅ 20			∅ 25			∅ 30			∅ 40			∅ 50			СОЖ
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
0,25	276	69	0,30	207	62	0,30	166	50	0,35	138	48	0,40	103	41	0,50	83	41	масло/эмульсия
0,25	276	69	0,30	207	62	0,30	166	50	0,35	138	48	0,40	103	41	0,50	83	41	масло/эмульсия
0,25	276	69	0,30	207	62	0,30	166	50	0,35	138	48	0,40	103	41	0,50	83	41	масло/эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	масло/эмульсия
0,25	276	69	0,30	207	62	0,30	166	50	0,35	138	48	0,40	103	41	0,50	83	41	масло/эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	масло/эмульсия
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	масло/эмульсия
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	масло/эмульсия
0,18	127	23	0,20	95	19	0,20	76	15	0,25	64	16	0,30	48	14	0,40	38	15	масло/эмульсия
0,25	276	69	0,30	207	62	0,30	166	50	0,35	138	48	0,40	103	41	0,50	83	41	масло/эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	масло/эмульсия
0,18	170	31	0,20	127	25	0,20	102	20	0,25	85	21	0,30	64	19	0,40	51	20	масло/эмульсия
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	масло/эмульсия
0,18	127	23	0,20	95	19	0,20	76	15	0,25	64	16	0,30	48	14	0,40	38	15	масло/эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	масло/эмульсия
0,18	170	31	0,20	127	25	0,20	102	20	0,25	85	21	0,30	64	19	0,40	51	20	масло/эмульсия
0,18	127	23	0,20	95	19	0,20	76	15	0,25	64	16	0,30	48	14	0,40	38	15	масло/эмульсия
0,18	127	23	0,20	95	19	0,20	76	15	0,25	64	16	0,30	48	14	0,40	38	15	масло/эмульсия
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–
0,18	127	23	0,20	95	19	0,20	76	15	0,25	64	16	0,30	48	14	0,40	38	15	эмульсия
	–			-			-			-			-			-		
0,18	170	31	0,20	127	25	0,20	102	20	0,25	85	21	0,30	64	19	0,40	51	20	эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,35	106	37	0,40	80	32	0,50	64	32	эмульсия
0,18	170	31	0,20	127	25	0,20	102	20	0,25	85	21	0,30	64	19	0,40	51	20	эмульсия
0,18	170	31	0,20	127	25	0,20	102	20	0,25	85	21	0,30	64	19	0,40	51	20	эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,45	106	48	0,50	80	40	0,60	64	38	сух./масло
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	сух./масло
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	сух./эмульсия
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	сух./эмульсия
0,25	170	42	0,30	127	38	0,30	102	31	0,35	85	30	0,40	64	25	0,50	51	25	эмульсия
0,18	170	31	0,20	127	25	0,20	102	20	0,25	85	21	0,30	64	19	0,40	51	20	эмульсия
0,35	531	186	0,40	398	159	0,40	318	127	0,45	265	119	0,50	199	99	0,60	159	95	эмульсия
0,35	424	149	0,40	318	127	0,40	255	102	0,45	212	95	0,50	159	80	0,60	127	76	эмульсия
0,35	424	149	0,40	318	127	0,40	255	102	0,45	212	95	0,50	159	80	0,60	127	76	эмульсия
0,45	531	239	0,50	398	199	0,50	318	159	0,55	265	146	0,60	199	119	0,70	159	111	эмульсия
0,35	424	149	0,40	318	127	0,40	255	102	0,45	212	95	0,50	159	80	0,60	127	76	сух./эмульсия
0,35	424	149	0,40	318	127	0,40	255	102	0,45	212	95	0,50	159	80	0,60	127	76	сух./эмульсия
0,35	424	149	0,40	318	127	0,40	255	102	0,45	212	95	0,50	159	80	0,60	127	76	сух./эмульсия
0,35	276	97	0,40	207	83	0,40	166	66	0,45	138	62	0,50	103	52	0,60	83	50	сух./эмульсия
0,35	276	97	0,40	207	83	0,40	166	66	0,45	138	62	0,50	103	52	0,60	83	50	сух./эмульсия
0,35	212	74	0,40	159	64	0,40	127	51	0,45	106	48	0,50	80	40	0,60	64	38	сух./эмульсия
0,25	212	53	0,30	159	48	0,30	127	38	0,45	106	48	0,50	80	40	0,60	64	38	сухая обр.
0,32	424	138	0,32	318	103	0,32	255	83	0,32	212	69	0,32	159	52	0,32	127	41	эмульсия
	–			–			–			–			–			–		–
	–			–			–			–			–			–		–

Таблица 6.10 Твердосплавные развёртки GARANT HPC с внутренним охлаждением (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 164348

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	до ∅ 4,5			> ∅ 4,5–∅ 7			> ∅ 7–∅ 8			> ∅ 8–∅ 10			> ∅ 10–∅ 12		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–			–			–			–			–		
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–			–			–			–			–		
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–			–			–			–			–		
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–			–			–			–			–		
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–			–			–			–			–		
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–			–			–			–			–		
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–			–			–			–			–		
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–			–			–			–			–		
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–			–			–			–			–		
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–			–			–			–			–		
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–			–			–			–			–		
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–			–			–			–			–		
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–			–			–			–			–		
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–			–			–			–			–		
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–			–			–			–			–		
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–			–			–			–			–		
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–			–			–			–			–		
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–			–			–			–			–		
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	12	0,05	849	42	0,08	546	44	0,10	477	48	0,12	382	46	0,15	318	48
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	8	0,05	566	28	0,08	364	29	0,10	318	32	0,12	255	31	0,15	212	32
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–			–			–			–			–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–			–			–			–			–		
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–			–			–			–			–		
12.0	Пружинные стали	<1500	–	–			–			–			–			–		
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–			–			–			–			–		
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–			–			–			–			–		
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–			–			–			–			–		
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	–	–			–			–			–			–		
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–			–			–			–			–		
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–	–			–			–			–			–		
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–	–			–			–			–			–		
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–			–			–			–			–		
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–			–			–			–			–		
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–			–			–			–			–		
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–			–			–			–			–		
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–			–			–			–			–		
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–			–			–			–			–		
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–	–			–			–			–			–		
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–			–			–			–			–		
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–			–			–			–			–		
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–			–			–			–			–		
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–			–			–			–			–		
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–			–			–			–			–		
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–			–			–			–			–		
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–			–			–			–			–		
19.0	Графит		–	–			–			–			–			–		
20.0	Термопласт		–	–			–			–			–			–		
20.1	Реактопласт		–	–			–			–			–			–		
20.2	Стекло- и углепластик		–	–			–			–			–			–		

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи v_f действительны для максимального диаметра.
Указанные в таблице режимы резания являются ориентировочными значениями. Реально достижимые значения зависят от жёсткости станка, качества крепления инструмента и фактического биения режущей кромки (норма: < 0,01 мм). При использовании масла и при большом содержании масла в эмульсии также может быть обеспечено повышение параметров режимов резания.

Таблица 6.11 Твердосплавные развёртки GARANT HPC с внутренним охлаждением (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 164350

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	до ∅ 7			> 7– ∅ 9,5			> ∅ 9,5–∅ 14			> ∅ 14–∅ 19			> ∅ 19–∅ 20		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–			–			–			–			–		
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–			–			–			–			–		
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–			–			–			–			–		
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–			–			–			–			–		
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–			–			–			–			–		
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–			–			–			–			–		
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–			–			–			–			–		
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–			–			–			–			–		
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–			–			–			–			–		
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–			–			–			–			–		
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–			–			–			–			–		
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–			–			–			–			–		
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–			–			–			–			–		
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–			–			–			–			–		
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–			–			–			–			–		
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–			–			–			–			–		
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–			–			–			–			–		
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–			–			–			–			–		
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–			–			–			–			–		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–			–			–			–			–		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–			–			–			–			–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–			–			–			–			–		
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–			–			–			–			–		
12.0	Пружинные стали	<1500	–	–			–			–			–			–		
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	0,10	1364	136	0,15	1005	151	0,20	682	136	0,30	503	151	0,40	477	191
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	30	0,10	1364	136	0,15	1005	151	0,20	682	136	0,30	503	151	0,40	477	191
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	30	0,10	1364	136	0,15	1005	151	0,20	682	136	0,30	503	151	0,40	477	191
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	25	0,10	1137	114	0,15	838	126	0,20	568	114	0,30	419	126	0,40	398	159
14.0	Спец. сплавы	<1200	–	–			–			–			–			–		
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–	–			–			–			–			–		
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–	–			–			–			–			–		
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–			–			–			–			–		
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–			–			–			–			–		
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–			–			–			–			–		
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–			–			–			–			–		
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–			–			–			–			–		
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–			–			–			–			–		
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–			–			–			–			–		
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–			–			–			–			–		
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–			–			–			–			–		
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–			–			–			–			–		
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–			–			–			–			–		
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–			–			–			–			–		
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–			–			–			–			–		
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–			–			–			–			–		
19.0	Графит		–	–			–			–			–			–		
20.0	Термопласт		–	–			–			–			–			–		
20.1	Реактопласт		–	–			–			–			–			–		
20.2	Стекло- и углепластик		–	–			–			–			–			–		

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи v_f действительны для максимального диаметра.
Указанные в таблице режимы резания являются ориентировочными значениями. Реально достижимые значения зависят от жёсткости станка, качества крепления инструмента и фактического биения режущей кромки (норма: < 0,01 мм). При использовании масла и при большом содержании масла в эмульсии также может быть обеспечено повышение параметров режимов резания.

Таблица 6.12 Твердосплавные развёртки GARANT с внутренним охлаждением

Каталож. № 164360; 164390
DIN Заводской стандарт

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	до ∅ 5 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	до ∅ 8 f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	18	25	32	0,20	1592	318	0,25	995	249	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	10	15	20	0,20	955	191	0,25	597	149	
2.0	Автоматные стали	< 850	18	25	32	0,20	1592	318	0,25	995	249	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	14	20	26	0,20	1273	255	0,25	796	199	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	10	15	20	0,20	955	191	0,25	597	149	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	10	15	20	0,20	955	191	0,25	597	149	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	14	20	26	0,15	1273	191	0,20	796	159	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	10	15	20	0,15	955	143	0,20	597	119	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	10	15	20	0,15	955	143	0,20	597	119	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	10	15	20	0,20	955	191	0,25	597	149	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	10	15	20	0,20	955	191	0,25	597	149	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	10	15	20	0,15	955	143	0,20	597	119	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	14	20	26	0,20	1273	255	0,25	796	199	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	10	15	20	0,15	955	143	0,20	597	119	
8.0	Инструментал. стали	< 850	14	20	26	0,20	1273	255	0,25	796	199	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	10	15	20	0,15	955	143	0,20	597	119	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	7	10	13	0,15	637	95	0,20	398	80	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	10	15	20	0,15	955	143	0,20	597	119	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	7	10	13	0,15	637	95	0,20	398	80	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–		
12.0	Пружинные стали	<1500	7	10	13	0,15	637	95	0,20	398	80	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–			–			–		
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–			–			–		
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		–			–			–		
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100		–			–			–		
14.0	Спец. сплавы	<1200		–			–			–		
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	22	30	38	0,20	1910	382	0,25	1194	298	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	22	30	38	0,20	1910	382	0,25	1194	298	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	18	25	32	0,20	1592	318	0,25	995	249	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	18	25	32	0,20	1592	318	0,25	995	249	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	9	12	15	0,15	764	115	0,20	477	95	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	7	10	13	0,12	509	61	0,15	318	48	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	60	80	100	0,30	5093	1528	0,35	3183	1114	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	30	40	50	0,20	2546	509	0,25	1592	398	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	30	40	50	0,20	2546	509	0,25	1592	398	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	18	25	32	0,20	1592	318	0,25	995	249	
19.0	Графит		30	40	50	0,15	2546	382	0,20	1592	318	
20.0	Термопласт		60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	
20.1	Реактопласт		60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	–
20.2	Стекло- и углепластик		60	80	100	0,20	5093	1019	0,25	3183	796	–

Примечание – Значения частоты вращения n и скорости подачи v_f действительны для максимального диаметра
Для группы обрабатываемых материалов 17.2: рекомендуется эмульсия > 12 %. Указанные в таблице режимы резания являются ориентировочными значениями. Реально достижимые значения зависят от жёсткости станка, качества крепления инструмента и актического биения режущей кромки (норма: < 0,01 мм).

до ∅ 10			до ∅ 15			до ∅ 20		
f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,30	796	239	0,40	531	212	0,60	398	239
0,30	477	143	0,40	318	127	0,60	239	143
0,30	796	239	0,40	531	212	0,60	398	239
0,30	637	191	0,40	424	170	0,60	318	191
0,30	477	143	0,40	318	127	0,60	239	143
0,30	477	143	0,40	318	127	0,60	239	143
0,25	637	159	0,30	424	127	0,50	318	159
0,25	477	119	0,30	318	95	0,50	239	119
0,25	477	119	0,30	318	95	0,50	239	119
0,30	477	143	0,40	318	127	0,60	239	143
0,30	477	143	0,40	318	127	0,60	239	143
0,25	477	119	0,30	318	95	0,50	239	119
0,30	637	191	0,40	424	170	0,60	318	191
0,25	477	119	0,30	318	95	0,50	239	119
0,30	637	191	0,40	424	170	0,60	318	191
0,25	477	119	0,30	318	95	0,50	239	119
0,25	318	80	0,30	212	64	0,50	159	80
0,25	477	119	0,30	318	95	0,50	239	119
	-			-			-	
	-			-			-	
	-			-			-	
0,25	318	80	0,30	212	64	0,50	159	80
	-			-			-	
0,25	318	80	0,30	212	64	0,50	159	80
	-			-			-	
	-			-			-	
	-			-			-	
	-			-			-	
	-			-			-	
0,30	955	286	0,40	637	255	0,60	477	286
0,30	955	286	0,40	637	255	0,60	477	286
0,30	796	239	0,40	531	212	0,60	398	239
0,30	796	239	0,40	531	212	0,60	398	239
0,25	382	95	0,30	255	76	0,50	191	95
0,20	255	51	0,25	170	42	0,35	127	45
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,40	2546	1019	0,50	1698	849	0,60	1273	764
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	1273	382	0,40	849	340	0,60	637	382
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	1273	382	0,40	849	340	0,60	637	382
0,30	796	239	0,40	531	212	0,60	398	239
0,25	1273	318	0,30	849	255	0,50	637	318
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764
0,30	2546	764	0,40	1698	679	0,60	1273	764

Таблица 6.13 Твердосплавные развёртки GARANT HPC с внутренним охлаждением (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **164362; 164392**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	до ∅ 5			> ∅ 5–∅ 8		
				f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f [мм/об]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
2.0	Автоматные стали	< 850	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–		–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–		–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–		–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	120	0,30	7639	2292	0,40	5876	2351
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–		–			–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	60	0,40	3820	1528	0,60	2938	1763
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	–		–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800	–		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	–		–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–		–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–		–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–		–			–	
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	–		–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–		–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	80	0,40	5093	2037	0,60	3918	2351
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	80	0,40	5093	2037	0,60	3918	2351
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	0,40	7639	3056	0,60	5876	3526
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	60	0,40	3820	1528	0,60	2938	1763
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–		–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–		–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–		–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–		–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы > 10% Si		–		–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–		–			–	
19.0	Графит		–		–			–	
20.0	Термопласт		–		–			–	
20.1	Реактопласт		–		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–		–			–	

Примечание – Указанные в таблице режимы резания являются ориентировочными значениями. Реально достижимые значения зависят от жёсткости станка, качества крепления инструмента и фактического биения режущей кромки (норма: < 0,01 мм).
При использовании масла и при большом содержании масла в эмульсии также может быть обеспечено повышение параметров режимов резания.

> ∅ 8–∅ 10				> ∅ 10–∅ 14		
	f	n	v_f	f	n	v_f
	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
		–			–	
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
		–			–	
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
		–			–	
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	4244	2546	0,70	3175	2223
		–			–	
	0,60	2122	1273	0,80	1588	1270
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
	0,60	2829	1698	0,80	2117	1693
	0,60	2829	1698	0,80	2117	1693
	0,60	4244	2546	0,80	3175	2540
	0,60	2122	1273	0,80	1588	1270
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	
		–			–	

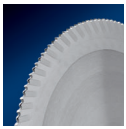
Таблица 6.14 Развёртки GARANT HPC из кермета

Каталож. № 168000; 168010
DIN заводской стандарт

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			до ∅ 5			> ∅ 5–∅ 8			> ∅ 8–∅ 11,5		
						f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	95	– 120 –	145	0,20	7639	1528	0,35	5876	2057	0,50	3820	1910
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	75	– 100 –	125	0,20	6366	1273	0,35	4897	1714	0,50	3183	1592
2.0	Автоматные стали	< 850	140	– 150 –	220	0,20	9549	1910	0,35	7346	2571	0,50	4775	2387
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	110	– 120 –	190	0,15	7639	1146	0,30	5876	1763	0,40	3820	1528
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	95	– 120 –	145	0,20	7639	1528	0,35	5876	2057	0,50	3820	1910
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	95	– 120 –	145	0,20	7639	1528	0,35	5876	2057	0,50	3820	1910
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	75	– 100 –	125	0,15	6366	955	0,30	4897	1469	0,40	3183	1273
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	75	– 100 –	125	0,15	6366	955	0,30	4897	1469	0,40	3183	1273
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		–			–			–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	110	– 150 –	190	0,20	9549	1910	0,35	7346	2571	0,50	4775	2387
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	75	– 100 –	125	0,15	6366	955	0,30	4897	1469	0,40	3183	1273
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000		––	–		–			–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	75	– 100 –	125	0,15	6366	955	0,30	4879	1469	0,40	3183	1273
7.1	Азотируемые стали	> 1000		–		–			–			–		
8.0	Инструментал. стали	< 850	75	– 100 –	125	0,20	6366	1273	0,35	4897	1714	0,50	3183	1592
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	75	– 100 –	125	0,15	6366	955	0,30	4897	1469	0,40	3183	1273
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–			–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 НВ		–			–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 НВ		–			–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 НВ	95	– 120 –	145	0,20	7639	1528	0,35	5876	2057	0,50	3820	1910
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 НВ		–			–			–			–	

Примечание – Указанные в таблице режимы резания являются ориентировочными значениями. Реально достижимые значения зависят от жёсткости станка, качества крепления инструмента и фактического биения режущей кромки (норма: < 0,01 мм).

> ∅ 11,5–∅15			> ∅ 15–∅20			> ∅ 20–∅30			> ∅ 30–∅ 40		
f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f	f	n	v_f
[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]
0,70	2728	1910	1,00	2122	2122	1,50	1528	2292	1,50	1091	1637
0,70	2274	1592	1,00	1768	1768	1,50	1273	1910	1,50	909	1364
0,70	3410	2387	1,00	2653	2653	1,50	1910	2865	1,50	1364	2046
0,60	2728	1637	0,80	2122	1698	1,20	1528	1833	1,20	1091	1310
0,70	2728	1910	1,00	2122	2122	1,50	1528	2292	1,50	1091	1637
0,70	2728	1910	1,00	2122	2122	1,50	1528	2292	1,50	1091	1637
0,60	2274	1364	0,80	1768	1415	1,20	1273	1528	1,20	909	1091
0,60	2274	1364	0,80	1768	1415	1,20	1273	1528	1,20	909	1091
	–			–			–			–	
0,70	3410	2387	1,00	2653	2653	1,50	1910	2865	1,50	1364	2046
0,60	2274	1364	0,80	1768	1415	1,20	1273	1528	1,20	909	1091
	–			–			–			–	
0,60	2274	1364	0,80	1768	1415	1,20	1273	1528	1,20	909	1091
–			–			–			–		
0,70	2274	1592	1,00	1768	1768	1,50	1273	1910	1,50	909	1364
0,60	2274	1364	0,80	1768	1414	1,20	1273	1528	1,20	909	1091
	–			–			–			–	
	–			–			–			–	
	–			–			–			–	
0,70	2728	1910	1,00	2122	2122	1,50	1528	2292	1,50	1091	1637
	–			–			–			–	



Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания 404

1 **Процесс пиления** **405**

2 **Достижимая точность при пилении** **405**

3 **Режимы и физические параметры резания при пилении** **406**

4 **Силы и потребляемая мощность при пилении** **408**

5 **Расчёт основного машинного времени при пилении** **408**

6 **Инструмент для пиления** **410**

6.1 Углы заточки и шаг зубьев 410
6.2 Профиль зубьев и области применения 410
6.2.1 Дисковые пилы 410
6.2.2 Ленточные пилы 411
6.3 Информация о ленточных пилах 414

7 **Проблемы при пилении** **415**

7.1 Проблемы при пилении дисковыми пилами и способы их устранения 415
7.2 Проблемы при пилении ленточными пилами и способы их устранения 416

8 **Ориентировочные режимы резания** **418**

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания

Тип пилы	Инструментальный материал / покрытие	№ табл.	С.
Ленточная пила по металлу	HSS/биметалл	7.8	419
Дисковая пила	HSS, HSS-E/TiN	7.9	420
		7.10	422
	VHM	7.11	423

1 Процесс пиления

В основном пиление используется для распиловки прутков и профилей и для вырезания отверстий, пазов и т. п. Для этого на практике чаще всего применяются следующие способы обработки

- пиление дисковыми пилами,
- пиление ленточными пилами и
- пиление ножовочными полотнами.

2 Достижимая точность при пилении

Существуют следующие критерии оценки точности при пилении (*таблица 7.1*):

- точность в продольном направлении (стабильность позиционирования по длине)
- точность угла (наклон относительно высоты среза 100 мм)

Критерий оценки	Пиление дисковыми пилами	Пиление ленточными пилами	Пиление ножовочными полотнами
Точность в продольном направлении [мм]	± 0,15 ... 0,2	± 0,2 ... 0,3	± 0,2 ... 0,25
Точность угла относительно высоты среза 100 мм [мм]	± 0,15 ... 0,3	После заточки: ± 0,15 В конце срока службы: ± 0,5	± 0,2 ... 0,3

Таблица 7.1 Достижимая точность при пилении

3 Режимы и физические параметры резания при пилении

Так как при пилении угол в плане k = 90°, толщина срезаемого слоя h соот-ветствует подаче на зуб f_z, а ширина срезаемого слоя b при глубине резания a_p.

$$h = f_z$$

$$b = a_p$$

Подача на зуб $\boldsymbol{f_z}$ при

$$A_s = v_f \cdot l$$

и

$$T = \frac{l_B}{z}$$

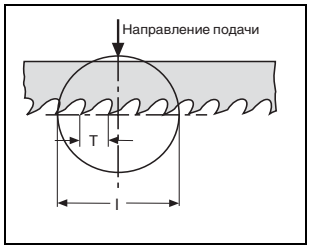
рассчитывается следующим образом:

- при пилении **дисковой пилой:**

$$f_z = \frac{A_s \cdot D \cdot \pi}{l \cdot v_C \cdot z \cdot 1000} = \frac{v_f \cdot D \cdot \pi}{v_C \cdot z \cdot 1000}$$ (уравн. 7.1)

- при пилении **ленточной пилой**:

$$f_z = \frac{A_s \cdot T}{l \cdot v_C \cdot 1000} = \frac{v_f \cdot l_B}{v_C \cdot z \cdot 1000}$$ (уравн. 7.2)



f_z	Подача на зуб [мм/зуб]
A_s	Удельная площадь резания [мм^2/мин](см. *табл. 7.3*)
l	Длина реза [мм]
l_B	Длина ленточной пилы [мм]
v_c	Скорость резания [м/мин]
v_f	Скорость подачи [мм/мин]
z	Число зубьев ленточной пилы
D	Диаметр ленточной пилы [мм]
T	Шаг зуба [мм]

Рис. 7.1 Условия врезания при пилении ленточной пилой

Материал	Подача на зуб (толщина стружки) f_z [мм/зуб]
Низколегированная сталь	0,005–0,008
Легированная сталь	0,004–0,008
Инструментальная сталь	0,002–0,005
Нержавеющая сталь	0,002–0,005
Бронза / медь	0,008–0,012
Алюминий	0,010–0,030

Таблица 7.2 Подача при пилении различных материалов ленточной пилой

Скорость подачи v_f при пилении ленточной пилой определяется следующим образом:

$$v_f = v_c \cdot f_z \cdot Z_t \cdot 39,4$$

v_f	Скорость подачи [мм/мин]	(уравн. 7.3)
v_c	Скорость резания [м/мин]	
f_Z	Подача на зуб (толщина стружки) [мм/зуб]	
Z_t	Средний шаг зуба, [3/4=(3+4):2=3,5]	
39,4	Постоянный коэффициент	

Для **пиления дисковой пилой** небольшой разницей между средней толщиной срезаемого слоя h_m и подачей на зуб f_z можно пренебречь. Длина реза l при пилении дисковой пилой, в особенности профилей, может быть определена на основании показанных на *рис. 7.2* зависимостей. Длина реза в данном случае также указывается перпендикулярно направлению подачи.

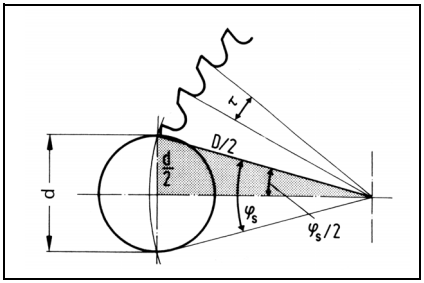


Рис. 7.2 Условия врезания при пилении дисковой пилой

Длина реза l при пилении дисковой пилой:

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi_S}{360°}$$

D	Диаметр пильного полотна [мм]
φ_S	Угол зацепления [°]

Максимальное число находящихся в зацеплении зубьев z_{iE}, являющееся важным параметром для расчёта производительности, может быть определено по следующей формуле:

- **Пиление дисковыми пилами:**

$$Z_{iE} = \frac{\varphi_S \cdot z}{360°}$$

φ_S	Угол зацепления [°]	(уравн. 7.4)
z	Число зубьев	(уравн. 7.3)

- **Пиление ленточными пилами:**

$$Z_{iE} = \frac{l}{T}$$

l	Длина реза [мм]	(уравн. 7.5)
T	Шаг зуба [мм]	

4 Силы и потребляемая мощность при пилении

При пилении справедливы следующие основные зависимости:

Главная составляющая силы резания на зуб F_{cz}:

$$F_{cz} = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_{Sa} \cdot K_{Ver}$$

F_{cz} Главная составляющая силы резания на зуб [Н] (уравн. 7.6)
a_p Глубина резания [мм]
f_z Подача на зуб [мм/зуб]
k_c Удельная сила резания [Н/мм^2] (см. уравн. 4.6)
f_{Sa} Технологич. коэффициент для пиления (f_{Sa} = 1,15)
K_{Ver} Поправочный коэффициент износа (см. *таблицу* 2.15)

Равнодействующая сила резания F_c для находящихся в зацеплении зубьев:

(уравн. 7.7)

$$F_c = F_{cz} \cdot z_{iE} = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot z_{iE} \cdot f_{Sa} \cdot K_{Ver}$$

z_{iE} Число зубьев в зацеплении

Расходуемая мощность на резание P_c:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60000} = \frac{F_{cz} \cdot v_c}{60000} \cdot z_{iE}$$

F_c Равнодействующая сила резания [Н]
F_{cz} Главная составляющая силы резания на зуб [Н] (уравн. 7.8)
v_c Скорость резания [м/мин]
z_{iE} Число зубьев в зацеплении

5 Расчёт основного машинного времени при пилении

Расчёт основного машинного времени t_h при пилении может быть произведен для всех способов обработки по следующей формуле:

$$t_h = \frac{A}{A_S}$$

t_h Основное машинное время [мин]
A Подлежащее разрезанию сечение [мм^2] (уравн. 7.9)
A_s Удельная площадь резания [мм^2/мин]

Некоторые значения удельной площади резания A_s содержатся в *таблице 7.3.*

В случае отсутствия опытных данных по удельной площади поперечного сечения A_s основное машинное время, как и для всех прочих способов обработки, может быть определено по следующей формуле:

$$t_h = \frac{L}{v_f}$$

L Общее перемещение [мм] (уравн. 7.10)
v_f Скорость подачи [мм/мин]

Кроме того, время пиления при отрезке может быть определено на основании следующей зависимости:

$$t = \frac{H}{v_f}$$

t Время пиления при отрезке (десятичное значение, например, 4,35 мин)
H Диаметр материала (высота среза) [мм] (уравн. 7.11)
v_f Скорость подачи [мм/мин]

При выполнении расчётов надлежит исходить из того, что независимо от длины реза l при обработке определенного материала за одно и то же время может быть получено резанием одинаковое поперечное сечение, ***удельная площадь резания*** A_s. Данные значения содержатся в *таблице 7.3*.

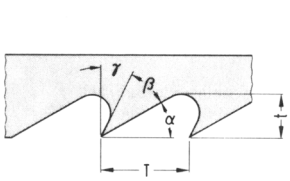
Материал	**A_s в 10^3 мм^2 / мин**		
	Пиление дисковыми пилами	**Пиление ленточными пилами**	
	Сегментные дисковые пилы SS	**Инструментальная сталь с 3 % W**	**Ленточные пилы HSS/биметалл**
St 34 – St42 C15 – C22	12 – 20	6	7 – 8
St50 – St60 C35 – C45	10 – 14	5	6 – 7
St70 – St85 C60	8 – 12	4	5 – 6
16MnCr5 30Mn5	8 –12	4	5 – 6
GS38 – GS52	10 – 12	4	5 – 6
GG20 – GG30	8 – 10	3	4 – 5
Ms63 – Ms70	48 – 70	25 – 30	35 –40
Алюм. сплав 9 – 13 % Si	80 – 200	40 – 70	50 – 80
Стальные профили DIN 1024	8 – 15	нет данных	нет данных

Таблица 7.3 Удельная площадь резания по данным различных изготовителей

6 Инструмент для пиления

6.1 Углы и шаг зубьев

Величина углов определяется формой пильного полотна. Задний угол α определяет размер стружечной канавки. Чем больше задний угол, тем больше канавка. Угол заострения β обеспечивает прочность зуба. Поэтому для обработки твёрдых и прочных материалов требуется большой угол заострения.



Пиление ленточной пилой Пиление дисковой пилой

α	Задний угол [°]
β	Угол заострения [°]
γ	Передний угол [°]
T	Шаг зуба [мм]
t	Высота зуба [мм]
h	Разность высот [мм]
f	Ленточка заднего угла [мм]
r	Радиус кривизны [мм]

Рис. 7.3 Углы заточки и шаг зубьев

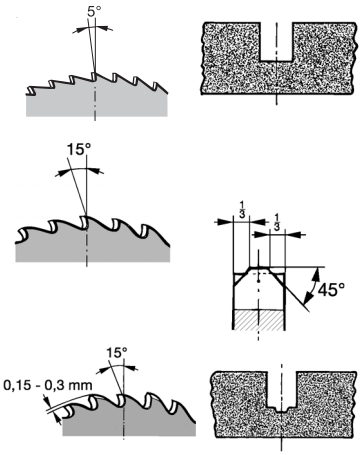
6.2 Профиль зубьев и области применения

Контур, образуемый режущей кромкой и впадиной зуба, называется профилем зуба.

6.2.1 Дисковые пилы

Профиль зубьев дисковых пил определяется стандартом DIN 1840. В соответствии с ним различаются:

- **Шевронный зуб**
  (профиль A, передний угол 5°).
  Мелкозубый диск, прямые зубья с относительно небольшими стружечными канавками.
- **Дуговой зуб** (профиль B, передний угол 15°).
  Крупнозубый диск, дуговые зубья с относительно большими стружечными канавками.
- **Дуговой зуб** с **черновым и зачистным зубом** (профиль C, передний угол 15°).
  Черновой зуб расположен на 0,15–0,30 мм выше зачистного и имеет скос по обоим углам (распределение усилий резания между соседними зубьями).



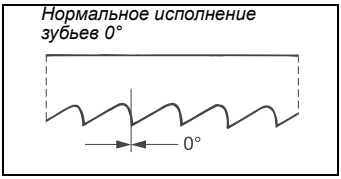
Тип диска определяет область его применения:
- Тип N для конструкционных сталей, серого чугуна и цветных металлов
- Тип H для твёрдых и склонных к упрочнению материалов
- Тип W для мягких и вязких материалов

6.2.2 Ленточные пилы

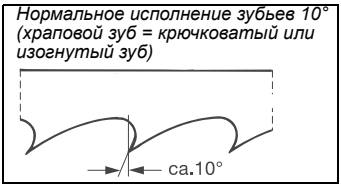
По профилю зубьев ленточные пилы подразделяются на четыре основных типа. При этом шаг зуба определяется толщиной заготовки.

Применяется для обработки только монолитных заготовок:

- **Нормальное исполнение зубьев 0°**
  - Постоянный шаг зуба с передним углом 0°.
  - Для небольших и средних поперечных сечений (макс. длина контакта 70 мм).
  - Для короткостружечных материалов.

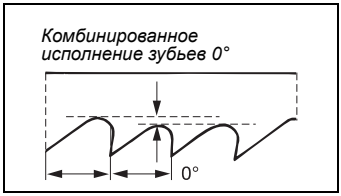


- **Нормальное исполнение зубьев 10°**
  - Постоянный шаг зуба с передним углом 10°.
  - За счёт большой канавки пригодны для заготовок с большим поперечным сечением (длина контакта от 50 мм).
  - Для максимальной производительности при обработке длинностружечных и вязких материалов.

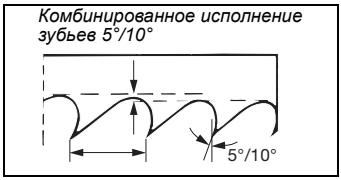


Универсальные:

- **Комбинированное исполнение зубьев 0°**
  - Непостоянный шаг зуба с передним углом 0°.
  - Разные расстояния между зубьями и непостоянная высота зубьев.
  - Для самых разных поперечных сечений (для труб и профилей, монолитные заготовки макс. до 70 мм).
  - Очень слабая вибрация.
  - Для короткостружечных материалов (так как $\gamma = 0°$).



- **Комбинированное исполнение зубьев 5°/10°**
  - Непостоянный шаг зуба с передним углом 5°/10°.
  - Разные расстояния между зубьями, непостоянная высота зубьев и большая канавка позволяют обрабатывать материалы больших поперечных сечений.
  - Универсальный профиль для самых разных поперечных сечений (для монолитных заготовок длина контакта от 50 мм)
  - Для длинностружечных и вязких материалов.



В случае **применения ленточных пил по металлу** нужно принимать во внимание также следующее:

- **При длине контакта менее 50 мм** или при обработке тонкостенных труб и профилей шаг нужно использовать зубья с передним углом 0° (нормальное или комбинированное исполнение зубьев).
- **Врезание новых ленточных пил** (срок службы ленточной пилы в значительной степени зависит от контроля врезания):

  Острые зубья новой ленты при нормальной подаче очень агрессивно врезаются в материал. Поэтому усилие резания (подачу) при выполнении первых резов необходимо снизить на 50 %. После обработки поверхности площадью ок. 300 см^2 подачу можно постепенно увеличить до оптимальной.
- **СОЖ**

  Смазочно-охлаждающая жидкость предотвращает перегрев зубьев и заготовки. Кроме того, СОЖ обеспечивает отвод стружки от места реза.

  Обычно для обработки пилением сталей всех марок в качестве СОЖ используется эмульсия, распиловка чугуна производится всухую. Масло обеспечивает высокое качество пиления, в особенности при обработке цементируемых сталей, высоколегированных инструментальных сталей, улучшенных сталей, нержавеющих сталей и титана.
- **Ширина ленты**

  Для обеспечения достаточной жёсткости при большой силе подачи необходимо использовать ленту максимально допустимой для данного станка ширины. При выполнении криволинейных резов ширина ленточной пилы зависит от наименьшего обрабатываемого радиуса (см. *таблицу 7.4*).

Радиус [мм]	3	8	15	30	38	65	100	140
Ширина ленты [мм]	3	5	6	8	10	13	16	20

Таблица 7.4 Ширина ленточной пилы для криволинейных резов

- **Закрепление заготовки**

  Закреплять заготовку следует таким образом, чтобы при работе ленточной пилы, по возможности, отсутствовали вибрации. При распиловке нескольких заготовок одновременно их концы, при необходимости, надлежит сварить. Это обеспечивает повышение мощности резания и стойкости.
- **Скорость резания и подача**

  Скорость резания (скорость движения пилы) зависит от прочности, вида и поперечного сечения обрабатываемого материала. Чем выше прочность, тем ниже должна быть скорость (см. таблицу режимов резания для ленточных пил – *таблица 7.8)*. Заготовки меньшего поперечного сечения можно обрабатывать с более высокой скоростью, чем материалы большого сечения. Распиловка тонкостенных труб и профилей, а также острых кромок производится с малой и, по возможности, постоянной подачей (усилием).

По форме стружки можно определить, соответствует ли подача скорости (см. *таблицу 7.5*).

Форма стружки	Примечание	Форма стружки
	Тонкая или порошкообразная стружка	Увеличить подачу
	Слегка закрученная стружка	Режимы резания выбраны правильно
	Толстая, крупная или синяя стружка	Слишком тяжёлые режимы резания

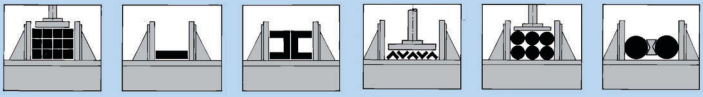
Таблица 7.5 Форма стружки в зависимости от режимов резания при пилении ленточной пилой

6.3 Информация о ленточных пилах

Garant® RÖNTGEN HOLEX. **Ленточные пилы по металлу** Информация

• Закрепление заготовки

Закреплять материал следует таким образом, чтобы при перемещении ленточной пилы, по возможности, отсутствовали вибрации. При распиловке нескольких заготовок их концы, при необходимости, надлежит сварить. Это обеспечивает повышение мощности резания и стойкости.



• Врезание новых пильных лент

Острые зубья новой ленты при нормальной подаче очень агрессивно врезаются в материал. Поэтому при выполнении первых резов подачу необходимо снизить на 50 % и установить 70 % обычной скорости резания.
После обработки поверхности площадью ок. 400 см² постепенно увеличить подачу до оптимальной.
Срок службы пильной ленты в значительной степени зависит от контролируемого врезания!

• СОЖ

Смазочно-охлаждающая жидкость предотвращает перегрев зубьев и заготовки и обеспечивает отвод стружки от места реза.
Пиление всех сталей обычно производится с использованием эмульсии в качестве СОЖ. Распиловка чугуна производится обычно всухую.
Масло обеспечивает высокое качество пиления, в особенности при обработке цементируемых сталей, высоколегированных инструментальных сталей, улучшенных сталей, нержавеющих сталей и титана. Трубы и профили хорошо поддаются обработке пилением с использованием микрораспылителей.
Особое внимание следует уделять состоянию щётки для удаления стружки.

• Скорость резания и подача

Скорость резания (скорость движения пилы) зависит от прочности, вида и поперечного сечения обрабатываемого материала.
Чем выше прочность, тем ниже должна быть скорость. Заготовки меньшего поперечного сечения можно обрабатывать с более высокой скоростью, чем материалы большого сечения.
Распиловка тонкостенных труб и профилей, а также острых кромок производится с малой и, по возможности, постоянной подачей (усилием).

Обрабатываемый материал	Скорость резания в м/мин bi alfa cobalt (M42)
Конструкционная сталь / Автоматная сталь	80-90
Цементир. стали / Термически улучшенные стали	45-75
Нелегир. инструментальные стали / Стали для подшипников качения	40-60
Легир. инструментальные стали / Быстрорежущие стали	30-40
Нержавеющие стали	20-35
Жаропрочные стали Жаропрочные сплавы	15-25

В случае вибраций немного увеличить или уменьшить скорость резания (м/мин).
При интенсивном затуплении немного увеличить подачу.

• Оценка характера трещин на сварном шве ленты

Гладкий разрыв шва через короткое время является следствием дефекта при производстве.
Излом шва через сравнительно большое время, зигзагообразная трещина, возникает при воздействии разовой нагрузки.

• Шаг зубьев

Рекомендованный шаг зубьев при обработке монолитных заготовок: Рекомендованный шаг зубьев при обработке труб:

Комбинированные зубья	
Сечение заготовки	Шаг зубьев
< 25 мм	10/14 ZpZ
15-40 мм	8/12 ZpZ
25-50 мм	6/10 ZpZ
35-70 мм	5/8 ZpZ
40-90 мм	5/6 ZpZ
50-120 мм	4/6 ZpZ
80-180 мм	3/4 ZpZ
130-350 мм	2/3 ZpZ
220-450 мм	1,5/2 ZpZ

Некорригированные зубья	
Сечение заготовки	Шаг зубьев
< 10 мм	14 ZpZ
10-30 мм	10 ZpZ
30-50 мм	8 ZpZ
50-80 мм	6 ZpZ
80-120 мм	4 ZpZ
120-200 мм	3 ZpZ
200-400 мм	2 ZpZ
300-700 мм	1,25 ZpZ
> 600 мм	0,75 ZpZ

Комбинированное исполнение зубьев 1,5/2, 2/3, 3/4,4/5,4/6, 5/6, передний угол 10° . Такой профиль особенно хорошо подходит для пиления монолитных заготовок из высоколегированных сталей, дающих длинную стружку. Так при шаге зубьев 3/4 получается хорошая чистая поверхность среза даже в верхнем диапазоне даметра сечения до 180 мм

Эмпирическое правило:
в зацеплении должно быть не менее 3 зубьев.

Толщина стенки S (мм)	Нируженый диаметр трубы D (мм) Шаг зубьев Z (ZpZ)									
	20	40	60	80	100	120	150	200	300	500
2	14	10/14	10/14	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	8/12	5/8
3	14	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	8/12	8/12	6/10	5/8
4	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	5/8	4/6
5	10/14	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	4/6	4/6	4/6
6	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	5/8	4/6	4/6	4/6
8	10/14	8/12	8/12	6/10	5/8	5/8	4/6	4/6	4/6	4/6
10		8/12	6/10	5/8	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5
12		8/12	6/10	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5
15		8/12	6/10	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/5
20			4/6	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/5	3/4
30				4/6	4/6	4/5	4/5	4/5	4/5	2/3
50							4/5	3/4	2/3	2/3

Тонкостенные трубы (толщина стенки до 8 мм):
Использовать шаг зубьев с передним углом 0°.

• Ширина ленты

Для обеспечения достаточной жёсткости при большой силе подачи необходимо использовать ленту максимально допустимой для данного станка ширины.
При выполнении криволинейных резов ширина ленточной пилы зависит от наименьшего обрабатываемого радиуса (см. таблицу).

Радиус (мм)	3	8	15	30	38	65	100	140
Ширина ленты (мм)	3	5	6	8	10	13	16	20

• Ленточная пилы, оснащённые твердосплавным пластинами, титан

Для высокой производительности резания.
Области применения: инструментальные стали, нержавеющие и стали с добавление хрома и никеля, сплавы на основе никеля, закалённые стали до 62 HRC, алюминий.
При запросе указывайте данные ленточной пилы ъъ (изготовитель и тип) - размеры ленты - обрабатываемый материал - сечение заготовок.
Наши техники по эксплуатации проконсультируют вас по всем техническим вопросам.
Все дополнительные сведения вы найдёте в Справочнике по обработке резанием.

7 Проблемы при пилении

7.1 Проблемы при пилении дисковыми пилами и способы их устранения

Проблема: зубья слишком быстро затупляются	
Причина: a) избыток стружки в канавке, зубья забиваются b) нечистый рез c) отсутствие или неправильный выбор СОЖ	**Способы устранения:** a) выбрать диск с большим шагом зуба b) выбрать диск с более мелким шагом зуба и уменьшить подачу c) использовать подходящую СОЖ
Проблема: происходит выкрашивание зубьев	
Причина: a) плохой отвод стружки b) зубья застревают в материале c) заготовка закреплена недостаточно прочно	**Способы устранения:** a) выбрать диск с большим шагом зуба b) выбрать диск с более мелким шагом зуба c) обеспечить надёжное крепление заготовки
Проблема: поломка диска	
Причина: a) неправильное положение при врезании b) пильный диск слишком сильно затупился	**Способы устранения:** a) в момент включения инструмента диск не должен контактировать с материалом b) заточить диск
Проблема: заклинивание и прилипание материала к пиле	
Причина: a) неправильный выбор подачи b) отсутствие или неправильный выбор СОЖ	**Способы устранения:** a) увеличить или уменьшить подачу b) использовать подходящую СОЖ

Таблица 7.6 Проблемы при пилении дисковыми пилами и способы их устранения

7.2 Проблемы при пилении ленточными пилами и способы их устранения

Проблема: зубья слишком быстро затупляются	
Причина:	**Способы устранения:**
слишком высокая скорость резания, недостаточное охлаждение	уменьшить скорость резания, обеспечить достаточное охлаждение
Проблема: происходит выкрашивание зубьев при распиловке профилей	
Причина:	**Способы устранения:**
слишком большой шаг зуба / неправильная геометрия зуба слишком большое усилие резания заготовка закреплена недостаточно прочно	выбрать правильный шаг и геометрию зуба уменьшить усилие резания надёжно закрепить заготовку
Проблема: выкрашивание зубьев при распиловке монолитных заготовок	
Причина:	**Способы устранения:**
слишком мелкий шаг зуба слишком большое усилие резания заготовка закреплена недостаточно прочно	использовать ленту с большим шагом зуба уменьшить усилие резания или, по возможности, увеличить скорость резания
Проблема: поломка ленты по сварному шву	
Причина:	**Способы устранения:**
c) одна или обе направляющие расположены не под прямым углом к губкам зажимов	c) с помощью угольника правильно установить направляющие при натянутой ленте
d) один из двух роликов для перемотки ленты во время пиления не прилегает к ленте с обратной стороны	d) отрегулировать направляющие с обратной стороны ленты
e) слишком сильное или недостаточное натяжение ленты	e) соблюдать правила натяжения ленты, содержащимся в руководстве по эксплуатации станка
f) наклонный рез	f) см. Проблема – наклонный рез

Таблица 7.7 Проблемы при пилении ленточными пилами и способы их устранения – Продолжение на следующей странице

Таблица 7.7 Продолжение – Проблемы при пилении ленточными пилами и способы их устранения

Проблема: поломка ленты	
Причина:	**Способы устранения:**
а) боковые направляющие ролики расположены слишком близко и давят на ленту	а) установить боковые направляющие ролики таким образом, чтобы они еще проворачивались вручную
б) неправильное взаимное расположение направляющих пар	б) отрегулировать положение направляющих пар таким образом, чтобы они находились на одной прямой
в) износ боковых твердосплавных направляющих	в) заменить направляющие
г) износ направляющих с обратной стороны ленты	г) заменить направляющие с обратной стороны ленты
д) не работают щетки для удаления стружки	д) отрегулировать или заменить щетки
е) биение направляющего колеса	е) проверить крепление направляющего колеса и, при необходимости, заменить шарикоподшипник
Проблема: наклонный рез	
Причина:	**Способы устранения:**
а) слишком большое расстояние между направляющими	а) расположить регулируемые направляющие как можно ближе к заготовке
б) слишком мелкие зубья	б) выбрать правильный шаг зуба
в) слишком большое усилие резания	в) уменьшить усилие резания или немного увеличить скорость резания

8 Ориентировочные режимы резания

Задание на обработку:

Распиловка вала из C15 дисковой пилой из быстрорежущей стали (диаметр 200 мм).

Порядок действий:

1. Выбор инструмента для распиловки из главного каталога — Но-№ 17 5500; D = 200 мм
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы», раздел 1) — Группа 5.0
3. Выбор режимов резания:
   - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания — Таблица 7.9
     Инструмент 175500 → дисковые пилы (HSS)
   - 3.2 Выбор режимов резания

Таблица 7.9
Каталож. №
DIN
Подача (f):
Шаг зуба:

GARANT – Дисковые пилы по металлу (HSS, HSS-E – с покрытием TiN)

175000; 175500; 176000; 177000; 177050; 177060; 177200; 177250; 177400; 177450; 177500; 177520; 177540; 177G00; 177G20; 177640; 1788G0; 179100; 179120; 179140; 179150; 179170
1837; 1838
Подача зависит от поперечного сечения и прочности материала, жёсткости зубьев диска, а также от технических характеристик станка
(3) 4 для профилей и труб с толщиной стенок от 1,0 до 1,5 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Vc [м/мин] мин.	Vc нач	Vc макс.	ø 32 n мин.	ø 32 n макс.	ø 40 n мин.	ø 40 n макс.	ø 50 n мин.	ø 50 n макс.	ø 160 n мин.	ø 160 n макс.	ø 200 n мин. n макс.	ø 225 n мин.	ø 225 n макс.
						[об/мин]	[об/мин]	[об/мин]	[об/мин]	[об/мин]	[об/мин]	[об/мин]	[об/мин]	[об/мин] [об/мин]	[об/мин]	[об/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	25	37	50	249	497	199	398	159	318	50	99	40 80	35	71
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	15	22	30	149	298	119	239	95	191	30	60	24 48	21	42
2.0	Автомат. стали	< 850	15	22	30	149	298	119	239	95	191	30	60	24 48	21	42
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	10	20	20	99	199	80	159	64	127	20	40	16 32	14	28
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	15	22	30	149	298	119	239	95	191	30	60	24 48	21	42
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	15	20	30	149	298	119	239	95	191	30	60	24 48	21	42
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	10	15	20	99	199	80	159	64	127	20	40	16 32	14	28
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	10	15	20	99	199	80	159	64	127	20	40	16 32	14	28
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	10	12	15	99	149	80	119	64	95	20	30	16 24	14	21
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	15	22	30	149	298	119	239	95	191	30	60	**24 48**	21	42
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	10	20	20	99	199	80	159	64	127	20	40	16 32	14	28
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	10	12	15	99	149	80	119	64	95	20	30	16 24	14	21
7.0	Азотируемые стали	< 1000	10	15	20	99	199	80	159	64	127	20	40	16 32	14	28
7.1	Азотируемые стали	> 1000	10	12	15	99	149	80	119	64	95	20	30	16 24	14	21
8.0	Инструментал. стали	< 850	15	20	30	149	298	119	239	95	191	30	60	24 48	21	42
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	10	15	20	99	199	80	159	64	127	20	40	16 32	14	28
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	7	10	15	70	149	56	119	45	95	14	30	11 24	10	21
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	10	12	15	99	149	80	119	64	95	20	30	16 24	14	21
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	- -	-	-
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	- -	-	-
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	- -	-	-
11.0	Износост. констр. стали	1350	8	8	10	50	99	40	80	32	64	10	20	8 16	7	14
11.1	Износост. констр. стали	1800	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	- -	-	-

Скорость резания – диапазон: **v_c = 15 ... 22 ... 30 м/мин**

Частота вращения – диапазон: **n = 24 ... 48 об/мин**

Таблица 7.8 Биметаллические ленточные пилы (HSS)

Каталож. № **172000; 172050; 172100; 173480–174025; 174050; 174060; 174100**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	∅ 10 – 65 v_c [м/мин] мин.	∅ 10 – 65 v_c [м/мин] макс.	∅ 100 – 300 v_c [м/мин] мин.	∅ 100 – 300 v_c [м/мин] макс.	∅ 400 – 800 v_c [м/мин] мин.	∅ 400 – 800 v_c [м/мин] макс.	СОЖ
1.0	**Констр. стали общего назн.**	**<500**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
1.1	**Констр. стали общего назн.**	**500 – 850**	75	80	65	70	48	50	эмульсия, 5–10 % масла
2.0	**Автоматные стали**	**< 850**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
2.1	**Автоматные стали**	**850 – 1000**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
3.0	**Нелег. улучш. стали**	**< 700**	75	80	65	70	48	50	эмульсия, 5–10 % масла
3.1	**Нелег. улучш. стали**	**700 – 850**	75	80	65	70	48	50	эмульсия, 5–10 % масла
3.2	**Нелег. улучш. стали**	**850 – 1000**	65	75	55	60	40	50	эмульсия, 5–10 % масла
4.0	**Лег. улучш. стали**	**850 – 1000**	65	75	55	60	40	50	эмульсия, 5–10 % масла
4.1	**Лег. улучш. стали**	**1000 – 1200**	40	45	36	40	25	32	эмульсия, 5 % масла
5.0	**Нелег. цементир. стали**	**< 750**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
6.0	**Лег. цементир. стали**	**< 1000**	65	75	55	60	40	50	эмульсия, 5–10 % масла
6.1	**Лег. цементир. стали**	**> 1000**	65	75	55	60	40	50	эмульсия, 5–10 % масла
7.0	**Азотируемые стали**	**< 1000**	40	45	35	40	25	32	эмульсия, 5 % масла
7.1	**Азотируемые стали**	**> 1000**	40	45	35	40	25	32	эмульсия, 5 % масла
8.0	**Инструментал. стали**	**< 850**	58	60	50	55	35	45	эмульсия, 3 % масла
8.1	**Инструментал. стали**	**850 – 1100**	58	60	50	55	35	45	эмульсия, 3 % масла
8.2	**Инструментал. стали**	**1100 – 1400**	30	35	25	30	20	24	сухая обр.
9.0	**Быстрореж. стали**	**830 – 1200**	45	50	40	45	30	35	эмульсия, 3 % масла
10.0	**Закалённые стали**	**45–55 HRC**		–		–		–	–
10.1	**Закалённые стали**	**55–60 HRC**		–		–		–	–
10.2	**Закалённые стали**	**60–67 HRC**		–		–		–	–
11.0	**Износост. констр. стали**	**1350**	35	40	30	35	22	28	эмульсия, 10–15 % масла
11.1	**Износост. констр. стали**	**1800**	35	40	30	35	22	28	эмульсия, 10–15 % масла
12.0	**Пружинные стали**	**<1500**	35	40	30	35	22	28	эмульсия, 10–15 % масла
13.0	**Нерж. сернист. стали**	**< 700**	35	40	30	35	22	28	эмульсия, 10–15 % масла
13.1	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 700**	35	40	30	35	22	28	эмульсия, 10–15 % масла
13.2	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 850**	25	30	20	25	15	20	эмульсия, 15 % масла
13.3	**Нерж. Мартенситн. стали**	**<1100**	25	30	20	25	15	20	эмульсия, 15 % масла
14.0	**Спец. сплавы**	**<1200**	15	18	14	15	10	12	эмульсия, 15–20 % масла
15.0	**Чугун (СЧ)**	**< 180 HB**	50	55	45	50	30	40	сухая обр.
15.1	**Чугун (СЧ)**	**> 180 HB**	50	55	45	50	30	40	сухая обр.
15.2	**Чугун (ВЧ, КЧ)**	**> 180 HB**	50	55	45	50	30	40	сухая обр.
15.3	**Чугун (ВЧ, КЧ)**	**> 260 HB**	50	55	45	50	30	40	сухая обр.
16.0	**Титан, титановые сплавы**	**< 850**	30	35	25	30	20	25	эмульсия, 10 % масла
16.1	**Титан, титановые сплавы**	**850 – 1200**	30	35	25	30	20	25	эмульсия, 10 % масла
17.0	**Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg**	**до 350**	90	110	80	100	70	90	эмульсия, 25 % масла
17.1	**Алюм. сплавы, короткоструж.**		90	110	80	100	70	90	эмульсия, 25 % масла
17.2	**Лит. алюм. сплавы > 10 % Si**		50	70	40	60	30	50	эмульсия, 25 % масла
18.0	**Медь, низколегир.**	**< 400**	110	130	100	120	80	100	эмульсия, 10–15 % масла
18.1	**Латунь, короткоструж.**	**< 600**	115	125	110	125	115	125	эмульсия, 3 % масла
18.2	**Латунь, длинноструж.**	**< 600**	115	125	110	125	115	125	эмульсия, 3 % масла
18.3	**Бронза, короткоструж.**	**< 600**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
18.4	**Бронза, короткоструж.**	**650 – 850**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
18.5	**Бронза, длинноструж.**	**< 850**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
18.6	**Бронза, длинноструж.**	**850 – 1200**	90	100	85	95	60	75	эмульсия, 10–15 % масла
19.0	**Графит**			–		–		–	
20.0	**Термопласт**		50	500	50	400	50	400	сжатый воздух/всухую
20.1	**Реактопласт**			–		–		–	–
20.2	**Стекло- и углепластик**			–		–		–	–

В случае **вибраций** немного увеличить или уменьшить скорость резания.
При **интенсивном затуплении** немного увеличить подачу.

Таблица 7.9 Дисковые пилы GARANT по металлу (с покрытием HSS, HSS-E-TiN)

Каталож. № 175000; 175500; 176000; 177000; 177050; 177060; 177200; 177250; 177400; 177450; 177520; 177500; 177540; 177600; 177620; 177640; 178860; 179100; 179120; 179140; 179150; 179170

DIN 1837; 1838

Подача (f) Подача зависит от поперечного сечения материала и жёсткости зубьев диска, а также от технических характеристик станка

Шаг зуба: (3) 4 для профилей и труб со стенкой толщиной от 1,0 до 1,5 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]			∅ 32		∅ 40		∅ 50		∅ 63		∅ 80		∅ 100		∅ 125	
			мин.	нач.	макс.	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	25	37	50	249	497	199	398	159	318	126	253	99	199	80	159	64	127
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	15	22	30	149	298	119	239	95	191	76	152	60	119	48	95	38	76
2.0	Автоматные стали	< 850	15	22	30	149	298	119	239	95	191	76	152	60	119	48	95	38	76
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	10	20	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	15	22	30	149	298	119	239	95	191	76	152	60	119	48	95	38	76
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	15	20	30	149	298	119	239	95	191	76	152	60	119	48	95	38	76
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	10	15	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	10	15	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	10	12	15	99	149	80	119	64	95	51	76	40	60	32	48	25	38
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	15	22	30	149	298	119	239	95	191	76	152	60	119	48	96	38	76
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	10	20	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	10	12	15	99	149	80	119	64	99	51	76	40	60	32	48	25	38
7.0	Азотируемые стали	< 1000	10	15	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
7.1	Азотируемые стали	> 1000	10	12	15	99	149	80	119	64	96	51	76	40	60	32	48	25	38
8.0	Инструментал. стали	< 850	15	20	30	149	298	119	239	95	191	76	152	60	119	48	96	38	76
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	10	15	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	7	10	15	70	149	56	119	45	95	35	76	28	60	22	48	18	38
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	10	12	15	99	149	80	119	64	95	51	76	40	60	32	48	25	38
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	5	8	10	50	99	40	80	32	64	25	51	20	40	16	32	13	25
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	<1500	5	8	10	50	99	40	80	32	64	25	51	20	40	16	32	13	25
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	7	12	15	70	149	56	119	45	95	35	76	28	60	22	48	18	38
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	7	11	15	70	149	56	119	45	95	35	76	28	60	22	48	18	38
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	7	11	15	70	149	56	119	45	95	35	76	28	60	22	48	18	38
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	< 1100	7	11	15	70	149	56	119	45	95	35	76	28	60	22	48	18	38
14.0	Спец. сплавы	<1200	5	8	10	50	99	40	80	32	64	25	51	20	40	16	32	13	25
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	25	30	45	249	448	199	358	159	286	126	227	99	179	80	143	64	115
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	25	27	30	249	298	199	239	159	191	126	152	99	119	80	95	64	76
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	20	27	30	199	298	159	239	127	191	101	152	80	119	64	95	51	76
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	20	25	30	199	298	159	239	127	191	101	152	80	119	64	95	51	76
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	15	20	25	149	249	119	199	95	159	76	126	60	99	48	80	38	64
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	10	15	20	99	199	80	159	64	127	51	101	40	80	32	64	25	51
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	1000	1100	2400	9947	23873	7958	19099	6366	15279	5053	12126	3979	9549	3183	7639	2546	6112
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		600	800	1500	5968	14921	4775	11937	3820	9549	3032	7579	2387	5968	1910	4775	1528	3820
17.2	Лит. алюм. сплавы > 10 % Si		500	600	1200	4974	11937	3979	9549	3183	7639	2526	6063	1989	4775	1592	3820	1273	3056
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	400	600	2984	5968	2387	4775	1910	320	1516	3032	1194	2387	955	1910	764	1528
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	300	400	600	2984	5968	2387	4775	1910	320	1516	3032	1194	2387	955	1910	764	1528
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	400	600	2984	5968	2387	4775	1910	320	1516	3032	1194	2387	955	1910	764	1528
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	120	150	200	1194	1989	955	1592	764	1273	606	1011	477	796	382	636,6	306	509
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	120	150	200	1194	1989	955	1592	764	1273	606	1011	477	796	382	636,6	306	509
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	120	150	200	1194	1989	955	1592	764	1273	606	1011	477	796	382	636,6	306	509
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	120	150	200	1194	1989	955	1592	764	1273	606	1011	477	796	382	636,6	306	509
19.0	Графит		25	30	45	249	448	199	358	159	286	126	227	99	179	80	143	64	115
20.0	Термопласт		1500	1800	2400	14921	23873	11937	19099	9549	15279	7579	12126	5968	9549	4775	7639	3820	6112
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

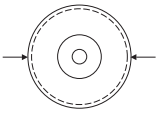
Для высоких скоростей резания от 1000 м/мин необходимо использовать дисковые пилы повышенной прочности.

\ 160		\ 200		\ 225		\ 250		\ 275		\ 315		\ 350		\ 370		\ 400		\ 500		СОЖ
n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	n мин [об/мин]	n макс [об/мин]	
50	99	40	80	35	71	32	64	29	58	25	51	23	45	22	43	20	40	16	32	эмульсия № 139800 1:20
30	60	24	48	21	42	19	38	17	35	15	30	14	27	13	26	12	24	10	19	эмульсия № 139800 1:20
30	60	24	48	21	42	19	38	17	35	15	30	14	27	13	26	12	24	10	19	эмульсия № 139800 1:20
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:15
30	60	24	48	21	42	19	38	17	35	15	30	14	27	13	26	12	24	10	19	эмульсия № 139800 1:20
30	60	24	48	21	42	19	38	17	35	15	30	14	27	13	26	12	24	10	19	эмульсия № 139800 1:20
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:15
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:15
20	30	16	24	14	21	13	19	12	17	10	15	9	14	9	13	8	12	6	10	эмульсия № 139800 1:15
30	60	24	48	21	42	19	38	17	35	15	30	14	27	13	26	12	24	10	19	эмульсия № 139800 1:20
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:15
20	30	16	24	14	21	13	19	12	17	10	15	9	14	9	13	8	12	6	10	эмульсия № 139800 1:15
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:15
20	30	16	24	14	21	13	19	12	17	10	15	9	14	9	13	8	12	6	10	эмульсия № 139800 1:15
30	60	24	48	21	42	19	38	17	35	15	30	14	27	13	26	12	24	10	19	эмульсия № 139800 1:20
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:15
14	30	11	24	10	21	9	19	8	17	7	15	6	14	6	13	6	12	4	10	эмульсия № 139800 1:12
20	30	16	24	14	21	13	19	12	17	10	15	9	14	9	13	8	12	6	10	эмульсия № 139800 1:15
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	20	8	16	7	14	6	13	6	12	5	10	5	9	4	9	4	8	3	6	эмульсия № 139800 1:12
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
10	20	8	16	7	14	6	13	6	12	5	10	5	9	4	9	4	8	3	6	эмульсия № 139800 1:12
14	30	11	24	10	21	9	19	8	17	7	15	6	14	6	13	6	12	4	10	эмульсия № 139800 1:12
14	30	11	24	10	21	9	19	8	17	7	15	6	14	6	13	6	12	4	10	эмульсия № 139800 1:12
14	30	11	24	10	21	9	19	8	17	7	15	6	14	6	13	6	12	4	10	эмульсия № 139800 1:12
14	30	11	24	10	21	9	19	8	17	7	15	6	14	6	13	6	12	4	10	эмульсия № 139800 1:12
10	20	8	16	7	14	6	13	6	12	5	10	5	9	4	9	4	8	3	6	эмульсия № 139800 1:12
50	90	40	72	35	64	32	57	29	52	25	45	23	41	22	39	20	36	16	29	всухую/сжатый воздух
50	60	40	48	35	42	32	38	29	35	25	30	23	27	22	26	20	24	16	19	всухую/сжатый воздух
40	60	32	48	28	42	25	38	23	35	20	30	18	27	17	26	16	24	13	19	эмульсия № 139800 1:12
40	60	32	48	28	42	25	38	23	35	20	30	18	27	17	26	16	24	13	19	эмульсия № 139800 1:12
30	50	24	40	21	35	19	32	17	29	15	25	14	23	13	22	12	20	10	16	эмульсия № 139800 1:12
20	40	16	32	14	28	13	25	12	23	10	20	9	18	9	17	8	16	6	13	эмульсия № 139800 1:12
1989	4775	1592	3820	1415	3395	1273	3056	1157	2778	1011	2425	909	2183	860	2065	796	1910	637	1528	смазочный стержень № 139500
1194	2984	955	2387	849	2122	764	1910	694	1736	606	1516	546	1364	516	1290	477	1194	382	955	смазочный стержень № 139500
995	2387	796	1910	707	1698	637	1528	579	1389	505	1213	455	1091	430	1032	398	955	318	764	смазочный стержень № 139500
597	1194	477	955	424	849	382	764	347	694	303	606	273	546	256	516	239	477	191	382	эмульсия № 139800 1:50
597	1194	477	955	424	849	382	764	347	694	303	606	273	546	256	516	239	477	191	382	смазочный стержень № 139500
597	1194	477	955	424	849	382	764	347	694	303	606	273	546	256	516	239	477	191	382	смазочный стержень № 139500
239	398	191	318	170	283	153	255	139	231	121	202	109	182	103	172	95	159	76	127	эмульсия № 139800 1:30
239	398	191	318	170	283	153	255	139	231	121	202	109	182	103	172	95	159	76	127	эмульсия № 139800 1:30
239	398	191	318	170	283	153	255	139	231	121	202	109	182	103	172	95	159	76	127	эмульсия № 139800 1:30
239	398	191	318	170	283	153	255	139	231	121	202	109	182	103	172	95	159	76	127	эмульсия № 139800 1:30
50	90	40	72	35	64	32	57	29	52	25	47	23	41	22	39	20	36	16	29	сухая обр.
2984	4775	2387	3820	2122	3395	1910	3056	1736	2778	1516	2425	1364	2183	1290	2065	1194	1910	955	1528	сухая обр.
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 7.10 **Точность изготовления дисковых пил из быстрорежущей стали по стандартам DIN и ISO**

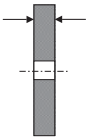
Допуск на диаметр по стандарту ISO

Номинальные размеры [мм]						
более	30	58	80	120	180	250
до	50	80	120	180	250	315
Поле допуска	+500	+600	+700	+800	+925	+1050
по js 15 (мкм)	–500	–600	–700	–800	–925	–1050



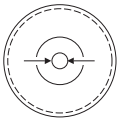
Допуск на толщину по стандарту ISO

Номинальные размеры [мм]			
более		1	3
до	1	3	6
Поле допуска	+20	+30	+38
по js 15 (мкм)	–20	–30	–38



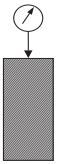
Допуск на отверстие по стандарту ISO

Номинальные размеры [мм]						
более	3	6	10	18	30	50
до	6	10	18	30	50	80
Поле допуска	+12	+15	+18	+21	+25	+30
по js 15 (мкм)	0	0	0	0	0	0



Радиальное биение по стандарту DIN 1840

Наружный диаметр [мм]	Допустимое отклонение [мм]
до 100	0,10
более 100	0,16



Торцовое (боковое биение) по стандарту DIN 1840

Наружный диаметр [мм]	Допустимое отклонение [мм]
до 40	0,10
более 40 до 100	0,16
более 100 до 200	0,25
более 200 до 315	0,40

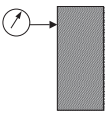


Таблица 7.11 GARANT – Дисковая пила по металлу (VHM)

Каталож. № 179800; 179820

DIN 1837; 1838

Подача (f) Подача на оборот зависит от поперечного сечения материала и жёсткости, от профиля зубьев диска, а также от технических данных станка

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	f_z [мм/зуб] мин.	–	макс.	СОЖ
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	150	200	250	0,01	–	0,030	концентр. СОЖ 1:20
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	100	140	180	0,005	–	0,025	концентр. СОЖ 1:20
2.0	Автоматные стали	< 850	100	140	180	0,005	–	0,025	концентр. СОЖ 1:20
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	100	120	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:15
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	100	140	180	0,005	–	0,025	концентр. СОЖ 1:20
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	100	140	180	0,005	–	0,025	концентр. СОЖ 1:20
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	60	90	120	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:15
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	60	90	120	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:15
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	100	140	180	0,005	–	0,025	концентр. СОЖ 1:20
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	100	120	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:15
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
7.0	Азотируемые стали	< 1000	60	90	120	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:15
7.1	Азотируемые стали	> 1000	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
8.0	Инструментал. стали	< 850	100	140	180	0,005	–	0,025	концентр. СОЖ 1:20
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	90	120	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:15
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–		–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–		–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–		–
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–		–
12.0	Пружинные стали	<1500		–			–		–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	60	110	160	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:12
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	60	110	160	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:12
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	60	110	160	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:12
13.3	Нерж. Мартенситн. стали	<1100	60	100	160	0,005	–	0,015	концентр. СОЖ 1:12
14.0	Спец. сплавы	<1200	20	40	60	0,002	–	0,010	концентр. СОЖ 1:15
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	100	125	150	0,005	–	0,010	концентр. СОЖ 1:12
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	100	125	150	0,005	–	0,010	концентр. СОЖ 1:12
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100	125	150	0,005	–	0,010	концентр. СОЖ 1:12
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	115	150	0,005	–	0,010	концентр. СОЖ 1:12
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–		–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–		–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400	1200	2000	0,010	–	0,040	сжатый воздух или всухую
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		400	1200	2000	0,010	–	0,040	сжатый воздух или всухую
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		400	700	1000	0,010	–	0,030	сжатый воздух или всухую
18.0	Медь, низколегир.	< 400	200	400	600	0,010	–	0,040	концентр. СОЖ 1:50
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200	400	600	0,010	–	0,040	концентр. СОЖ 1:50
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200	400	300	0,010	–	0,030	концентр. СОЖ 1:50
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	150	250	300	0,020	–	0,060	концентр. СОЖ 1:30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	150	250	300	0,020	–	0,060	концентр. СОЖ 1:30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	150	250	300	0,020	–	0,060	концентр. СОЖ 1:30
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	150	180	200	0,020	–	0,040	концентр. СОЖ 1:30
19.0	Графит			–			–		–
20.0	Термопласт		3000	3500	4500	0,030	–	0,050	сжатый воздух или всухую
20.1	Реактопласт		800	1200	2000	0,020	–	0,040	сжатый воздух или всухую
20.2	Стекло- и углепластик		150	500	1000	0,020	–	0,040	сжатый воздух или всухую

Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания при фрезеровании 425
Обзор инструментов – Фрезы из быстрорежущей стали HSS 428
Обзор инструментов – Цельные твердосплавные фрезы 430
Описание типов инструмента 435
Обзор инструментов – Фрезы со сменными многогранными пластинами 436

1 Процесс фрезерования 438
1.1 Обработка фрезерованием 438
1.2 Классификация способов фрезерования 439

2 Инструмент для фрезерования 441

3 Режимы и физические параметры резания, а также силы и потребляемая мощность 444
3.1 Торцовое фрезерование 445
3.2 Периферийное фрезерование 447

4 Расчёт основного машинного времени при фрезеровании 448
4.1 Торцовое фрезерование 448
4.1.1 Врезание и длина перебега при симметричном торцовом фрезеровании 448
4.1.2 Врезание и длина перебега при несимметричном торцовом фрезеровании 449
4.2 Периферийное фрезерование 450

5 Расчёт режимов резания 451
5.1 Режимы при круговой интерполяции 451
5.1.1 Циркулярное внутреннее и наружное фрезерование 451
5.1.2 Врезание инструмента при фрезеровании 452
5.1.3 Определение скорости подачи относительно центра инструмента 452
5.2 Параметры при фрезеровании уступов 453

6 Факторы, влияющие на результат фрезерования 454
6.1 Выбор диаметра фрезы 454
6.2 Выбор положения фрезы 454

7 Применение инструмента для фрезерования 455
7.1 Фрезерование плоскостей 455
7.2 Фрезерование наклонных поверхностей 456
7.3 Фрезерование закалённых сталей фрезами с СМП 457
7.4 Фрезерование закалённых сталей концевыми фрезами VHM 458
7.5 Фрезерование сталей Toolox 44 с помощью SECO Feedmaster 459

8 Решение проблем при фрезеровании 460

9 Ориентировочные режимы резания при фрезеровании 461
9.1 Принцип построения таблиц ориентировочных режимов резания 461
9.2 Указания по определению оптимальных режимов резания 461

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания при фрезеровании

Фреза	Обозначение / инструментальный материал / покрытие / вид обработки			№ табл.	С.
Цельные фрезы					
Дисковые фрезы	HSS-Co5			8.7	462
	VHM (с покрытием)			8.8	464
Торцовая насадная фреза	HSS-Co (без покрытия, с покрытием)			8.9	466
Концевая фреза	HSS / PM (без покрытия, с покрытием)	Черновая обработка	Контурное фрезерование	8.10	470
			Пазы / уступы	8.11	476
			Копирование	8.12	482
			Врезное/циркулярное фрезерование	8.13	488
		Получистовая обработка	Контурное фрезерование	8.14	494
			Копирование	8.15	500
	Обдирочная фреза PM MTC (с покрытием)	191075	Пазы / уступы	8.16	506
			Контурное фрезерование		
	Фреза для чистовой обработки SPM HPC (с покрытием)	191632	Периферийное фрезерование	8.17	508
	Обдирочная фреза SPM MTC (с покрытием)	192852	Пазы / уступы	8.18	510
		192855	Контурное фрезерование (периферийное)	8.19	512
		192895	Пазы / уступы	8.20	514
			Контурное фрезерование	8.21	516
Т-образная фреза для сегментных шпонок, фреза для Т-образных пазов Грибковая фреза	HSS-Co	194410–194120		8.22	518
Концевая фреза	VHM (без покрытия, с покрытием)	Черновая обработка	Контурное фрезерование	8.23	520
			Пазы / уступы	8.24	524
			Копирование	8.25	528
			Врезное/циркулярное фрезерование	8.26	532
		Получистовая обработка	Контурное фрезерование	8.27	536
			Копирование	8.28	540
	Фреза VHM (с покрытием)	Высокоскоростная получистовая обработка	Контурное фрезерование	8.29	544
			Копирование	8.30	546
Микрофреза	Концевая фреза	VHM (с покрытием)	201641	8.31	550
	Фреза с тороидальным торцом	VHM (с покрытием)	201642-206153	8.32	552
	Радиусная копировальная фреза	VHM (с покрытием)	207374, 207375	8.33	554
Концевая фреза	Черновая фреза VHM с покрытием ZOX HPC	202248, 202253, 202548, 202551	Черновая обработка пазов/уступов	8.34	556
			Черновая обработка Контурное фрезерование	8.35	557
		203170, 203175	Черновая обработка Контурное фрезерование	8.36	558
	Обдирочная фреза VHM MTC	202390	Черновая обработка	8.37	559
	Концевая фреза VHM MTC	202975, 202980; 202985		8.38	560
	Концевая фреза и фреза с тороидальным торцом VHM HPC	201644, 202380, 202990, 203000,203002; 206350		8.39	561
	Фреза с тороидальным торцом VHM HPC	203005, 203010		8.40	562
	Обдирочная фреза VHM HPC	203030, 203040	Черновая обработка	8.41	563
	Обдирочная фреза VHM MTC	203050, 203060		8.42	564
		203070		8.43	565
		203075		8.44	566
	Концевая фреза/тороидальная фреза VHM HPC	Diabolo	Фрезерование закалённых сталей	8.45	567

Продолжение Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания при фрезеровании

Фреза	Обозначение / инструментальный материал / покрытие / вид обработки			№ табл.	С.
Цельные фрезы					
Концевая фреза	Прецизионная фреза VHM HPC	203530, 203535	Периферийное фрезерование	8.46	568
	Обдирочная фреза VHM HPC	205590	Черновая обработка	8.47	570
	Обдирочная фреза VHM со спиралью 45° MTC	205710, 205714	Черновая обработка пазов/ уступов	8.48	572
			Получистовая обработка периферийное фрезерование	8.49	574
	Обдирочная фреза VHM со спиралью 45° MTC	205712	Черновая обработка пазов/ уступов	8.50	576
			Получистовая обработка периферийное фрезерование		
	Обдирочная фреза VHM со спиралью 45° MTC	205713	Черновая обработка пазов/ уступов	8.51	578
			Получистовая обработка периферийное фрезерование		
	Обдирочная фреза VHM со спиралью 45° MTC с внутренним охлаждением	205716	Черновая обработка пазов/ уступов	8.52	580
			Черновая обработка периферийное фрезерование		
	Обдирочная фреза VHM MTC	205718	Черновая обработка пазов/ уступов	8.53	582
			Получистовая обработка периферийное фрезерование		
	Концевая фреза/сферическая концевая фреза VHM HPC	VHM Diabolo	Фрезерование закалённых сталей	8.54	584
	Фреза с тороидальной торцевой кромкой VHM HPC	206270	Копирование	8.55	585
	Фреза с тороидальным торцом VHM HPC	206355	Копирование	8.56	586
			Контурное фрезерование		
	Сферическая фреза VHM с 3 торцевыми режущими кромками	207420	Получистовая обработка Контурное фрезерование	8.57	588
	Высокопроизводительная фреза для сегментных шпонок VHM	208025		8.58	589
Фасонная фреза	Фреза VHM для Т-образных пазов типов N и NF	208032, 208034		8.59	590
	Грибковая фреза VHM	208035, 208037	Форма C 45°/60°	8.60	591
		208036, 208038	Форма D 45°/60°	8.61	592
Двухходовая концевая радиусная вогнутая фреза для удаления заусенцев VHM		208168, 208170, 208180		8.62	593
Фреза с алмазным покрытием с хвостовиком VHM		209040, 209060, 209165, 209185	Микрофреза для сквозных пазов / контурного фрезерования / копирования	8.63	594
		209080, 209115, 209210, 209220	Сквозные пазы / контурное фрезерование / копирование	8.64	595

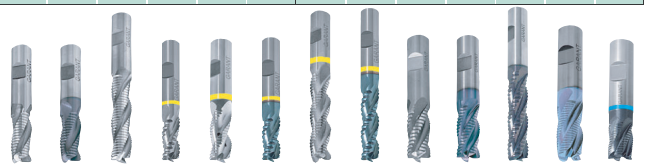
Продолжение Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания при фрезеровании

Фреза	Обозначение / инструментальный материал / покрытие / вид обработки			№ табл.	С.
Фрезы со сменными многогранными пластинами					
Врезные и копирные фрезы для изготовления инструментов и профилей		Врезание под углом		8.65	596
		Циркулярное врезание		8.66	598
Врезная фреза по цветным металлам и пластмассам		211805, 211810, 211812	для VCGT 22..	8.67	600
		211845, 211850	для VDGT 11..		
Универсальная фреза	Круглые пластины RD..	212070 - 212170		8.68	602
	Фреза с тороидальным торцом	212675, 212679		8.69	604
	Сферическая копировальная фреза	212800 - 212820		8.70	606
Торцовая фреза	Высокопроизводительная фреза HPC	212900, 212905, 212910		8.71	608
	Торцовая фреза 43°	213300	для OFKX 0504	8.72	610
	Высокопроизводительная торцовая насадная фреза 45° HPC	213370, 213375	для HNGJ 0805	8.73	612
	Торцовая фреза 45° MTC	213700, 214200	для SE.. 12..	8.74	614
	Торцовая фреза 45°	214395, 214400	для SDH. 0903	8.75	616
	Тангенциальная высокопроизводительная торцовая насадная фреза 70° HPC	214490, 214495	для SPHX 1205	8.76	618
Концевая фреза	Тангенциальная высокопроизводительная насадная фреза для обработки уступов 90° HPC	214550	для BGHX 15L5	8.77	620
		214705, 214735	для SPHX 1205	8.78	622
	Насадная фреза для обработки уступов 90°	214800	для MPHX 1104	8.79	624
	Концевая фреза 90°	215045, 215050	для SOMT 09T3	8.80	626
		215098, 215099, 215100	для AP.. 1604	8.81	628
	Высокопроизводительная концевая фреза 90° MTC	215155, 215157, 215160	для APMT 1805	8.82	630
	Концевая фреза 90° MTC	215180	для ANGT 1606	8.83	632
	Концевая фреза 90° MTC (кукурузная фреза)	215240, 215260,	для ANGT 1606	8.84	634
	Концевая фреза 90° MTC	215380, 215400	для ANGT 1003	8.85	636
	Концевая фреза 90° MTC (кукурузная фреза)	215500, 215550	для ANGT 1003	8.86	638
	Концевая фреза 90° MTC	215800, 215850, 215870	для AP.T 1003	8.87	640
	Концевая фреза 90° MTC (кукурузная фреза)	215860	для AP.T 1003	8.88	642
Фрезы для изготовл. фасок	Фреза для изготовления фасок от 15° до 75°	215096	для AP.. 1604	8.89	644
		215795	для AP.. 1003	8.90	646
	Фреза для изготовления фасок 45°	216100	для SDL. 0903	8.91	648
Циркулярная фреза	Циркулярные фрезы с многогранными и треугольными СМП	217250, 217252, 217400, 217405		8.92	650

Обзор инструментов – Фрезы из быстрорежущей стали HSS

Обзор программы фрез

Обозначение фрезы		Пазовая фреза						Чистовая концевая фреза						
DIN		WN			327						844			
короткая/длинная/цветное кольцо						длинная				длинная		длинная		
Артикульный №		190730 – 190750	191000	191050	191075	191080	191100	191200	191250	191280	191320	191340	191500	191520
Тип фрезы		W	N	N	WF	N	W	N	N	N	W	W	N	N
Инструментальный материал		HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-PM
Число режущих кромок		1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4 – 6	4 – 6
Каналы для охлаждения BO														
Покрытие		TiAlN		TiAlN	TiCN				TiAlN					TiAlN
Диапазон размеров (мм)		3 – 10	1 – 40	2 – 20	2 – 20	2 – 40	2 – 32	1,5 – 32	2 – 25	3 – 30	3 – 32	6 – 30	2 – 40	3 – 25
Страница	ISO	192	192	192	193	193	194	194	194	195	195	195	197	197
Алюм., длинноструж.	N	200			460									
Алюм., короткоструж.	N	120	83	138	185	83	83	83	138	83	83	83	83	138
Алюм. литьё > 10 %	N	100	37	110	110		37		110		37	37		110
Сталь < 500 Н/мм²	P	75	28	83	75	28	28	28	83	28	28	28	28	83
Сталь < 750 Н/мм²	P		23	64		23		23	64	23			23	64
Сталь < 900 Н/мм²	P		23	64		23		23	64	23			23	64
Сталь < 1100 Н/мм²	P			37					37					37
Сталь < 1400 Н/мм²	P			32					32					32
Сталь > 45 HRC	H													
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M			23					23					23
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M			18					18					18
Ti > 850 Н/мм²	S													
СЧ(ВЧ)	K		23	55		23		23	55	23			23	55
CuZn	N	90	55	110	90	55		55	110	55			55	110
Графит и G(C) FK, реактопл.	N	○		○										○
UNI			•	•				•	•	•			•	•



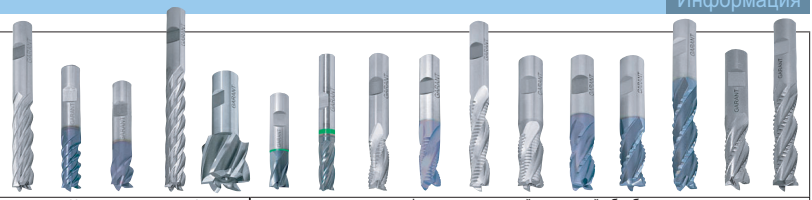
Обозначение фрезы		Обдирочные фрезы												
DIN							844							327
короткая/длинная/цветное кольцо				длинная				длинная	длинная			длинная		
Артикульный №		192400	192445	192480	192490	192510	192530	192520	192540	192600	192645	192710	192840	192852
Тип фрезы		NR	NR	NR	WR	WR	WR	WR	WR	NR	NR	NR	HR	HRF
Инструментальный материал		HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	SPM
Число режущих кромок		3	3	3	3	3	3	3	3	4 – 6	4 – 6	4 – 6	3 – 5	4 – 6
Каналы для охлаждения BO						BO								
Покрытие			TiAlN				TiAlN		TiAlN		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
Диапазон размеров (мм)		6 – 40	6 – 25	6 – 40	6 – 30	10 – 20	6 – 25	10 – 30	10 – 30	6 – 40	6 – 32	6 – 40	4 – 30	6 – 32
Страница	ISO	203	203	203	204	204	204	204	204	205	205	205	206	206
Алюм., длинноструж.	N				221	138		138						
Алюм., короткоструж.	N	83	138	83	138	83	138	83	138	83	138	120	120	159
Алюм. литьё > 10 % Si	N				110	37	110							
Сталь < 500 Н/мм²	P	28	83	28	83	28	83			28	83	78	78	95
Сталь < 750 Н/мм²	P	23	64	23						23	64	55	55	74
Сталь < 900 Н/мм²	P	23	64	23						23	64	55	55	74
Сталь < 1100 Н/мм²	P		37							12	37		29	42
Сталь < 1400 Н/мм²	P		32								32		25	
Сталь > 45 HRC	H													
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M		23		23	9	23	9	23		23	17	17	26
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M		18								18	14	14	21
Ti > 850 Н/мм²	S													
СЧ(ВЧ)	K	23	55	23						23	55	46	46	
CuZn	N	55	110	55							110	92	92	
Графит и G(C) FK, реактопл.	N		?				?		?		?			?
UNI		•	?•	•						•	?•	•	?•	?

• /жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/ стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Ориентировочные режимы резания содержатся в Справочнике по обработке резанием GARANT, № 110950.

Обзор инструментов – Фрезы из быстрорежущей стали HSS

Информация



Чистовые концевые фрезы					Фрезы для черновой и чистовой обработки											
844		327	WN		327				844							
длинная			сверхдл.						длинная				длинная		длинная	
191530	191580	191600	191620	191630	191632	191634	191640	191650	191700	191710	191720	191740	191760	191850	191870	
N	N	N	N	N	UNI	UNI	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	
HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co5	SPM	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	
5 – 7	4	4	5	6 – 8	4 – 6	4	3	3	3	4 – 6	4 – 6	4 – 6	4 – 6	4 – 6	4 – 6	
	TiAlN	TiAlN			TiAlN	TiAlN		TiAlN			TiAlN	TiAlN	TiAlN			
5 – 40	6 – 25	6 – 20	6 – 20	30 – 50	6 – 32	3 – 32	6 – 25	6 – 25	8 – 40	6 – 40	6 – 32	4 – 30	4 – 30	6 – 35	6 – 32	
198	198	198	199	199	199	200	200	200	201	201	201	202	202	202	202	
83	138	120	83	83	159	138	83	120	83	83	120	120	120	83	83	
	110					110										
28	83	78	28	28	95	83	28	78	28	28	78	78	78	28	28	
23	64	55	23	23	74	64	23	55	23	23	55	55	55	23	23	
23	64	55	23	23	74	64	23	55	23	23	55	55	55	23	23	
	37	29			42	37						29	29			
	32				32	32						25	25			
	23	17			26	23		17			17	17	17			
	18	14			21	18		14			14	14	14			
23	55	46	23	23	63	55		46	23	23	46	46	46	23	23	
55	110	92	55	55	125	110	55	92	55	55	92	92	92	55	55	
											○	○	○			
•	•	•	•	•	•	•	•	•	○	•	•	•	•	•	•	

Черновые фрезы								Прорезные фрезы	Сферич. концевые фрезы						Трибковые фрезы с хвостовиком KM
844					327			WN	WN				844		845
				длинная							длинная	длинная			
192855	192860	192895	192910	192920	192950	192951	192970	194010 – 194120	194220	194302	194322	194350	194360	194370	198000 – 198750
HRF	HR	HRF	HR	HR	HR	HR	NR			N	N	N	NR	HR	N / NR
SPM	HSS-PM	SPM	HSS-PM	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co5	HSS-Co5	HSS-PM	HSS-PM	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co8	HSS-Co5/8
4 – 6	3 – 6	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4	4	5 – 8	6 – 14	4 – 6	2	2	2	3 – 5	3 – 4	4 – 6
			IK												
TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN				TiAlN	TiAlN	TiAlN		TiAlN	
6 – 32	4 – 32	6 – 20	10 – 25	10 – 30	6 – 20	6 – 20	30 – 50	105 – 455	1 – 16	2 – 32	3 – 30	3 – 30	8 – 40	8 – 25	12 – 40
206	207	207	208	208	208	208	209	209/210	211	211	212	212	212	212	213
								250	138						
159	138		138	138	120	138	83	70	83	138	138	120	83	120	83
				110						110					
95	83	95	83	83	78	83	28	35	28	83	83	78	28	78	28
74	64	75	64	64	55	64	23	28	23	64	64	55	23	55	23
74	64	75	64	64	55	64	23		23	64	64	55	23	55	23
42	37	40	37	37	29	37	12			37	37	29	12	29	12
	32	35	32	32	25	32				32	32				
26	23	25	23	23	17	23				23	23	17		17	
21	18	20	18	18	14	18				18	18	14		14	
		14													
	55		55	55	46	55	23	22	23	55	55	46	23	46	23
	110		110	110	92	110	55	35	55	110	110	92	23	46	55
○	○		○		○						○			○	
○	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

•/ жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Ориентировочные режимы содержатся в Справочнике по обработке резанием GARANT № 110950.

Обзор инструментов – Фрезы из монолитного твёрдого сплава VHM

Garant Обзор – Программа фрез VHM – Концевые фрезы и черновые фрезы

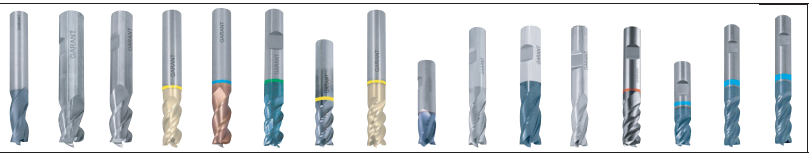
Обозначение фрезы DIN		Концевая фреза													
короткая/длинная/цветное кольцо		заводской	заводской длинная	6527	6527 длинная	заводской	6527	заводской	6527	6527	6527	заводской	заводской	заводской короткая	заводской
Артикульный №		201020 – 201040	201080 – 201120	201162	201242	201320	201630	201641	201643	201644	201645	201680	201730	201770	201960
Тип фрезы		W	W	W	W	N	N	H	H	N	N	W	W	N	N
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Число режущих кромок		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2 – 3	2 – 3	3	3
HSC/HPC		HSC	HSC	HSC	HSC			HSC	HSC/HPC	HPC		HSC	HSC		
Покрытие			ZOX	ZOX	ZOX		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN		ZOX	TiAlN	
Диапазон размеров (мм)		1,5 – 12	0,6 – 2,3	2 – 20	2 – 20	2 – 12	0,25– 20	0,2 – 2,5	0,5 – 20	3 – 20	3 – 20	4 – 20	4 – 20	0,5 – 20	2 – 20
Страница	ISO	219	219	220	220	221	222	223-224	225	225	226	226	226	227	228
Алюм, длиннострук.	N	180	300	300	300							180			
Алюм., короткострук.	N	140	280	280	280	140	280				280	140	280	280	140
Алюм. литьё > 10 % Si	N	105	200	200	200	105	200				200		200	200	105
Сталь < 500 Н/мм²	P						120			250	85			120	70
Сталь < 750 Н/мм²	P					60	105	220		220	105			105	60
Сталь < 900 Н/мм²	P					55	100	220		200	100			100	55
Сталь < 1100 Н/мм²	P					35	70	210		180				70	35
Сталь < 1400 Н/мм²	P					30	60	190	120	170				60	
Сталь > 45HRC	H					20		120	60						
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M					40	80	95		90	80			80	40
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M					30	60	75		80	60			60	30
Ti > 850 Н/мм²	S							82							
СЧ (ВЧ)	K					55	90				90			90	55
CuZn	N					120		360							
Графит и G(C) FK, реактопл.	N	○	○	○	○	○		360					○		
UNI							•	○		•	•			•	•

Обозначение фрезы DIN		Концевая фреза													
короткая/длинная/цветное кольцо		6527 длинная	6527 сверхдл.	6527	6527	заводской	заводской	6527 короткая	заводской	6527	заводской длинная	заводской сверхдл.	заводской сверхдл.	6527	заводской
Артикульный №		203005	203010	203030	203040	203050 – 203070	203075	203160	203170 – 203175	203210	203280	203370	203380	203440 – 203480	203530 – 203535
Тип фрезы		N	N	N	N	N	N	N	W	H	H	H	H	N	N
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Число режущих кромок		4	4	4	4	4	4	6 – 8	6	4 – 10	6 – 10	6 – 10	6 – 10	6 – 8	6
HSC/HPC		HPC	HPC	HPC	HPC	MTC	MTC/IK		HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	(HSC)	HSC/HPC
Покрытие		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	ZOX	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
Диапазон размеров (мм)		6 – 20	12 – 20	3 – 20	3 – 25	3 – 20	4 – 20	6 – 20	6 – 25	2 – 20	6 – 20	12 – 25	6 – 20	5 – 20	6 – 20
Страница	ISO	237	237	238	238	239	239	240	240	241	241	242	242	242	243
Алюм., длиннострук.	N								440						
Алюм., короткострук.	N							600	380					600	
Алюм. литьё > 10 % Si	N							400	195					400	
Сталь < 500 Н/мм²	P	210	175	250	250	250	250	190						190	250
Сталь < 750 Н/мм²	P	195	160	200	200	230	230	170						170	200
Сталь < 900 Н/мм²	P	170	140	180	180	200	200	160						160	175
Сталь < 1100 Н/мм²	P	150	125	180	180	180	180	95						95	145
Сталь < 1400 Н/мм²	P	145	120			150	150			170	170	150	135	85	120
Сталь > 45 HRC	H	95	75					65		145	145	150	135	65	50
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	85	75	70	70	70	80	90						90	100
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	75	65	50	50	50	60								80
Ti > 850 Н/мм²	S	50	40												
СЧ (ВЧ)	K			120	120	170	170	120						120	220
CuZn	N								180						
Графит и G(C) FK, реактопл.	N														
UNI		○	○	•	•	•	•	•						•	•

•/ жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Обзор инструментов – Фрезы из монолитного твёрдого сплава VHM

Информация



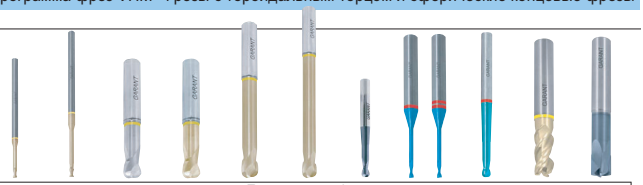
Концевая фреза																
6527	6527	6527	заводской	6527	6527	6527	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	6527	6527	6527
								короткая	длинная	длинная	длинная		короткая		
202075	202120 – 202210	202240 – 202320	202248 – 202253	202380	202390	202480 – 202510	202548 – 202551	202555	202640	202720	202800 – 202840	202975 – 202980	202990	203000	203002
N	N	N	W	N	N	W	W	N	N	H	N	H	N	N	N
VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4 – 5	4
	(HSC)	(HSC)	HSC/HPC	HPC	MTC	(HSC)	HSC/HPC					MTC	HPC	HPC	HPC/IK
TiAlN	(TiAlN)	(TiAlN)	ZOX	TiAlN	TiAlN		ZOX	TiAlN		TiAlN		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	3 – 20	2 – 14	2 – 25	2 – 25	4 – 25	4 – 20	6 – 20	4 – 25	4 – 20
229	229 – 230	231 – 232	231	232	233	233	234	234	235	235	236	236	237	237	237
			420			180	410								
280	210	140	400			140	400	280	140	280	140				
200	150	105	200			105	200	200	105		105				
120	95	70		250	250			120	70		70		250	250	250
105	80	60		220	220			105	60		60		230	230	230
100	75	55		200	200			100	55	100	55	160	200	200	200
	50	35		180	190			70	35	70	35	115	180	180	180
	45	30		170	170			60	30	60	30	115	170	170	170
	35							35	25	35	25	60	115	115	
80	60	40		90	130			80	40	80	40		135	130	140
60	45	30		80	100			60	30	60			115	110	120
													60	60	60
90	70	55			160			90	55	90	55				
			200				200								
						○									
•	•	•		•	•			•	•	•	•		○	○	○

Фрезы для штамп.	Обдирочные фрезы														
заводской	6527	6527	Werk	6527	6527	6527	6527	заводской	6527	6527	6527	6527	6527	6527	6527
длинная	короткая	длинная				короткая		сверхдл.							сверхдл.
204085 – 204440	205010	205080	205240	205400	205480	205530	205560	205590	205680	205710	205712	205713	205714	205716	205718
N	WF	WF	WR	WR	HR	HR	HR	NR	HR	HR	HR	HR	HR	HR	HR
VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
4 – 6	2	2	2 – 3	3	3 – 4	3 – 4	3 – 5	4	3 – 4	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5
	HSC/MTC	HSC/MTC	HSC	HSC/IK	HPC	HPC/IK	HPC	HPC	HPC/IK	MTC	MTC	MTC	MTC	MTC/IK	MTC
(TiAlN)	ZOX	ZOX			TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN
2 – 16	4 – 20	4 – 20	6 – 20	8 – 20	5 – 20	8 – 20	4 – 25	6 – 20	8 – 20	6 – 20	6 – 20	6 – 25	6 – 25	6 – 20	6 – 20
244	245	245	245	246	247	247	248	248	249	249	250	250	250	250	251
	300	300	180	180											
210	280	280	140	140	280	280	280		280						
150	200	200	105	105	200	200	200		200						
95					120	120	120		120		180	120		265	115
80					105	105	105	95	105	170	170	105	170	195	85
75					100	100	100	95	100	170	170	100	170	195	85
50					70	70	70	80	70	140	140	70	140	160	70
					60	60	60	70	60	120			120	140	60
					35	35	35		35					35	
60						80		80		60	100		60	70	50
45					60		60	60	60	45	80		45	50	35
										40		50		45	
75					90	90	90	70	90	120		90	120	145	60
	240	240													
				○										•	
•					•	•	•		•	•	•		•	•	•

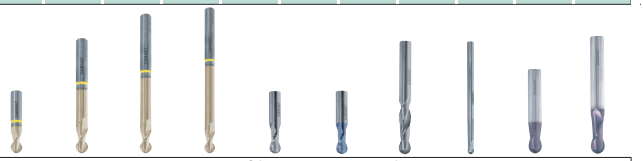
•/жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Обзор инструментов – Фрезы из монолитного твёрдого сплава VHM

Garant Обзор–Программа фрез VHM–Фрезы с тороидальным торцом и сферические концевые фрезы



Обозначение фрезы DIN		Тороидальные фрезы										
		заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	6527
короткая/длинная/цветное кольцо		длинная	сверхдл.			сверхдл.	сверхдл.			сверхдл.		
Артикульный №		206010	206030	206040	206060	206080	206085	206140	206142 – 206153	206160	206260	206270
Тип фрезы		W	W	W	W	W	W	N	H	H	W	N
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Число режущих кромок		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3 – 4
HSC/HPC		HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC
Покрытие		ZOX	ZOX		ZOX	ZOX	ZOX	TiAlN	TiAlN	TiAlN	ZOX	TiAlN
Диапазон размеров (мм)		0,6 – 2,3	0,6 – 2,3	3 – 16	3 – 16	3 – 16	6 – 16	1 – 4	0,4 – 2,5	0,8 – 10	5 – 20	4 – 20
Страница	ISO	251	251	252	252	252	252	252	253 – 254	255	255	256
Алюм., длинноструж.	N	300	300	180	300	300	300				500	
Алюм., короткоструж.	N	280	280	140	280	280	280	280			480	
Алюм. литьё > 10% Si	N	200	200	105	200	200	200	200			240	
Сталь < 500 Н/мм²	P											240
Сталь < 750 Н/мм²	P								220			220
Сталь < 900 Н/мм²	P							100	220			210
Сталь < 1100 Н/мм²	P							70	210			170
Сталь < 1400 Н/мм²	P							60	190	200		120
Сталь > 45 HRC	H							35	120	150		
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M							80	95			
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M							60	75			
Ti > 850 Н/мм²	S								82			
СЧ (ВЧ)	K							90				180
CuZn	N								360		240	
Графит и G(C)FK, реактопл.	N	○	○		○	○	○		360			
UNI								●	○			

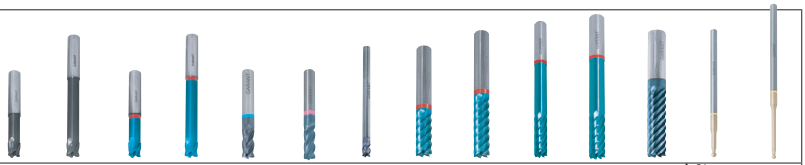


Обозначение фрезы DIN		Сферические концевые фрезы									
		заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской
короткая/длинная/цветное кольцо		короткая	длинная	сверхдл.	сверхдл.			сверхдл.	сверхдл.	короткая	длинная
Артикульный №		207030	207070	207090	207091	207105	207115	207135	207175	207240	207280
Типфрезы		W	W	W	W	N	N	N	H	H	H
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Число режущих кромок		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HSC/HPC		HSC	HSC	HSC	HSC				HSC	HSC/HPC	HSC/HPC
Покрытие		ZOX	ZOX	ZOX	ZOX		TiAlN		TiAlN	TiAlN	TiAlN
Диапазон размеров (мм)		3 – 20	3 – 20	3 – 16	4 – 10	1 – 20	1 – 20	3 – 20	1 – 10	0,1 – 20	1 – 20
Страница	ISO	262	262	262	262	263	263	263	264	265	265
Алюм., длинноструж.	N	800	700	500	400	230		230			
Алюм., короткоструж.	N	600	525	375	300	180	350	180			
Алюм. литьё > 10% Si	N	400	350	250	200	140	250	140			
Сталь < 500 Н/мм²	P					90	1609	0	575		
Сталь < 750 Н/мм²	P					80	140	80	390		
Сталь < 900 Н/мм²	P					70	130	70	395	420	340
Сталь < 1100 Н/мм²	P					45	80	45	280	290	235
Сталь < 1400 Н/мм²	P						70		200	220	175
Сталь > 45 HRC	H						50			160	130
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M					40	80	40	200	220	175
Нерж. сталь > 900 Н/мм²	M					35	70			220	175
Ti > 850 Н/мм²	S										
СЧ (ВЧ)	K					70	120	70	575	610	495
CuZn	N					160	320	160		850	690
Графит и G(C)FK, реактопл.	N	○	○	○	○						
UNI						●	●	●	●		

●/ жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Обзор инструментов – Фрезы из монолитного твёрдого сплава VHM

Информация



Фрезы с тороидальным торцом													Сферические концевые фрезы	
заводской	заводской	заводской	заводской	6527	6527	заводской	6527	6527	6527	заводской	заводской	заводской	заводской	
короткая	длинная	короткая	длинная			сверхдл.	короткая	длинная	сверхдл.	сверхдл.	длинная	длинная	сверхдл.	
206280	206300	206320	206340	206350	206355	206360	206420	206440	206460	206480	206500	207000	207020	
H	H	H	H	N	N	N	H	H	H	H	N	W	W	
VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	
4	4	4	4	4	4	4	6 – 10	6 – 10	6 – 10	6 – 10	6 – 8	2	2	
HSC	HSC	HSC/HPC	HSC/HPC	HPC	HPC	HSC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC	HSC	HSC	
TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	ZOX	ZOX	
1 – 20	1 – 20	1 – 16	1 – 16	4 – 20	4–20	7 – 17	6 – 20	6 – 20	12 – 20	12 – 20	6 – 20	0,6 – 2,3	0,6 – 2,3	
257	257	258	258	259	259	260	260	260	260	261	261	262	262	
												800	800	
						280					600	600	600	
						200					400	400	400	
				250	250						190			
				230	230						170			
100	100			200		100					160			
70	70			180		70					95			
60	60	200	200	170		60	170	170	170	170				
35	35	150	150			35	145	145	145	145				
80	80			130	130	80					90			
				110	110									
				50	55									
90	90					90					120			
												○	○	
				○		○					●			

Сферические концевые фрезы															
заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	6527	6527	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	6527
сверхдл.			длинная	сверхдл.				короткая	сверхдл.	короткая	длинная				
207320	207340	207345	207360	207370	207374 – 207375	207380	207420	207450	207460	207470	207475	207480	207485	207510	
H	H	H	H	H	H	N	H	N	N	H	H	N	N	HR	
VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	
2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3 – 4	
HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC		HSC	HSC/MTC	HSC/MTC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC	HSC/HPC		
TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	
3 – 14	0,1 – 20	0,1 – 6	1 – 20	0,6 – 12	0,2 – 2,5	3 – 20	3 – 12	3 – 20	3 – 20	2 – 20	2 – 20	2 – 12	2 – 12	5 – 20	
265	266	266	267	267	268 – 269	270	270	271	271	271	271	272	272	272	
								800	800					350	
								575	575					250	
						160		575	575					160	
					220	140		390	390					140	
260					220	130	300	395	395					130	
180					210		280	280	280					80	
135	200	200	200	200	190		200	200	200	200	200				
100	150	150	150	150	120		140	150	150	130	130				
135					95	80		200	200			90	90	90	
135					75	70		200	200			80	80		
					82	50						55	55		
380						120		575	575					120	
530					360										
					360										
					○			●	●					●	

● / жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/ = подходит не очень хорошо

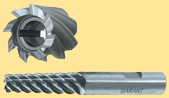
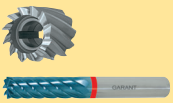
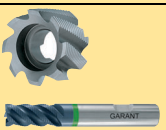
Обзор инструментов – Фрезы из монолитного твёрдого сплава VHM

Обозначение фрезы		Специальные фрезы									
DIN		заводской	850	851	851	1833	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской
короткая/длинная/цветное кольцо		длинная					60°	90°	120°	90° / 60°	сверхдл.
Артикульный №		208020	208025	208032	208034	208035 – 208038	208040	208070	208080	208110 – 208160	208168
Тип фрезы		N	N / NF	N	NF		N	N	N	N	N
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Число режущих кромок		4	6 – 10	6	6	6 – 10	1	2	2	4	4
Покрытие		TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN	TiAlN				(TiAlN)	TiAlN
Диапазон размеров (мм)		0,2 – 10	10,5 – 45,5	12,5 – 32	12,5 – 32	16 – 38	3 – 6	3 – 20	3 – 20	4 – 12	0,2 – 0,5
Страница	ISO	273	273	274	274	274	275	275	275	276	277
Алюм., длинностружк.	N	800					180	180	180	180	
Алюм., короткостружк.	N	600					140	140	140	210	115
Алюм. литьё > 10 %Si	N	400					105	105	105	150	70
Сталь < 500 Н/мм²	P	190	70	105	105	105	70	70	70	95	65
Сталь < 750 Н/мм²	P	170	65	90	90	90	60	60	60	80	65
Сталь < 900 Н/мм²	P	160	65	90	90	90	55	55	55	75	39
Сталь < 1100 Н/мм²	P	95	60	80	80	80	35	35	35	50	39
Сталь < 1400 Н/мм²	P		60	60	60	60					
Сталь > 45HRC	H									35	
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	90	40				40	40	40	60	35
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	75								45	
Ti > 850 Н/мм²	S										
СЧ (ВЧ)	K	120					55	55	55	70	36
CuZnN	N										
Графит и G(C) FK, реактопл.	N	○					○	○	○	○	○
UNI		•	•	•	•	•	•	•	•	•	○

Обозначение фрезы		Специальные фрезы		Тороидальные фрезы				Радиусные фрезы			
DIN		заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской	заводской
короткая/длинная/цветное кольцо		сверхдл.	сверхдл.	длинная	сверхдл.	длинная	сверхдл.	длинная	сверхдл.	длинная	сверхдл.
Артикульный №		208170	208180	209040	209060	209080	209115	209165	209185	209210	209220
Тип фрезы		N	N	W	W	W	W	W	W	W	W
Инструментальный материал		VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM	VHM
Число режущих кромок		4	4	2	2	2	2	2	2	2	2
				HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC	HSC
Покрытие		TiAlN	TiAlN	Алмаз	Алмаз	Алмаз	Алмаз	Алмаз	Алмаз	Алмаз	Алмаз
Диапазон размеров (мм)		0,2 – 1,5	3 – 12	0,6 – 2	0,6 – 2	2 – 12	2 – 10	0,6 – 2	0,6 – 2	1 – 10	1 – 12
Страница	ISO	277	277	278	278	278	278	279	279	279	279
Алюм., длинностружк.	N										
Алюм., короткостружк.	N	115	115								
Алюм. литьё > 10 %Si	N	70	70								
Сталь < 500 Н/мм²	P	65	65								
Сталь < 750 Н/мм²	P	65	65								
Сталь < 900 Н/мм²	P	39	39								
Сталь < 1100 Н/мм²	P	39	39								
Сталь < 1400 Н/мм²	P										
Сталь > 45HRC	H										
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	35	35								
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M										
Ti > 850 Н/мм²	S										
СЧ (ВЧ)	K	36	36								
CuZn	N										
Графит и G(C)FK, реактопл.	N	○	○	600	600	600	600	600	600	600	600
UNI		○	○								

•/ жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Описание типов инструмента

Тип	Примеры	Применение инструмента данного типа
N		Чистовая фреза для работы при малой и средней глубине резания. Тип N используется для обработки самых разных материалов (сталь, чугун, цветные или лёгкие металлы, а также пластмассы) стандартной твёрдости и прочности. Тип N обеспечивает очень высокое качество поверхности.
NF		Фрезы со стружколомателями, которые снижают силу резания и облегчают удаление стружки (обдирочный профиль). Тип NF используется для работы при любых глубинах резания (сталь, чугун, цветные или лёгкие металлы, а также пластмассы). Чистота обработки поверхности во многих случаях является приемлемой.
NR		Обдирочная фреза со стандартным шагом зубьев для работы при средних и больших глубинах резания. Обдирочный профиль обеспечивает высокую производительность за единицу времени. Тип NR используется для обработки самых разных материалов (сталь, чугун, цветные или лёгкие металлы, а также пластмассы) с пределом прочности не выше среднего. Как правило, требуется дополнительная чистовая обработка.
W		Чистовая фреза для работы при малой и средней глубиной резания. Тип W предназначен специально для обработки резанием мягких, вязких и/или длинностружечных материалов, например, алюминиевых и медных сплавов, а также пластмасс. Тип W обеспечивает очень высокое качество поверхности.
WF		Фрезы со стружколомателями, которые снижают силу резания и облегчают удаление стружки (обдирочный профиль). Тип WF используется для работы при любых глубинах резания при обработке мягких, вязких и/или длинностружечных материалов, например, алюминиевых и медных сплавов, а также пластмасс. Чистота обработки поверхности во многих случаях является приемлемой.
WR		Обдирочная фреза со стандартным шагом зубьев для работы при средних и больших глубинах резания. Обдирочный профиль обеспечивает высокую производительность за единицу времени. Тип WR предназначен для обработки мягких, вязких и/или длинно-стружечных материалов, например, алюминиевых и медных сплавов, а также пластмасс. Как правило, требуется дополнительная чистовая обработка.
H		Чистовая фреза для работы при малой и средней глубиной резания. Тип H предназначен специально для обработки резанием твёрдых и/или короткостружечных материалов, например, сталей (в том числе закалённых) и чугуна. Тип H обеспечивает очень высокое качество поверхности.
HF		Фрезы со стружколомателями, которые снижают силу резания и облегчают удаление стружки (обдирочный профиль). Тип HF используется для работы при любых глубинах резания при обработке твёрдых и/или короткостружечных материалов, например, стали и чугуна. Чистота обработки поверхности во многих случаях является приемлемой.
HR		Обдирочная фреза со стандартным шагом зубьев для работы при средних и больших глубинах резания. Обдирочный профиль обеспечивает высокую производительность за единицу времени. Тип HR предназначен для обработки твёрдых и/или коротко-стружечных материалов, например, стали и чугуна. Как правило, требуется дополнительная чистовая обработка.

Обзор инструментов – Фрезы со сменными многогранными пластинами

Garant® SECO Обзор – Программа фрез, группа 21/22

Тип		Копирные фрезы						Торцовые фрезы	
Обозначение		MTC	Aeromaster				Minimaster	HPC	Feedmaster
Сорт		Garant	SECO	Garant	Garant	Garant	SECO	Garant	SECO
Артикульный №		211805 – 211850	220222 – 220234	212070 – 212170	212675 – 212679	212800 – 212820	220100 – 220120	212900 – 212910	220250 – 220260
Угол в плане		90°/ 87°	90°						
Число режущих кромок		2 – 5	2 – 5	2 – 10	2	2	2 – 3	2 – 6	2 – 7
Каналы для охлаждения		BO	BO	BO				BO	BO
Подходящая СМП									
Тип пластины/ISO		VDGT / VCGT	XPKX / VPGX	RD..			Schneidköpfe	XDLW	218.19
Артикульный №		211815 – 211855	220235 – 220249	212185 – 212310	212684 – 212790	212870 – 212874	220140 – 220195	212920 – 212987	220268 – 220285
Страница	ISO	287	328	288– 291	292	293	324– 327	294– 295	329
Алюм., длинноструж.	N	<1000	1825	1315	1400	1400	870		1000
Алюм., короткоструж.	N	<1000	1825	690	700	700	870		850
Алюм. литьё > 10 % Si	N	<1000	1000	450	500	500	730		600
Сталь < 500 Н/мм²	P			290	200	200	290	300	275
Сталь < 750 Н/мм²	P			290	200	200	230	270	245
Сталь < 900 Н/мм²	P			260	200	200	200	220	200
Сталь < 1100 Н/мм²	P			170	140	140	170	180	150
Сталь < 1400 Н/мм²	P			135	120	120	150	160	140
Сталь > 45HRC	H			125	75	75	40	95	90
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M			270		120	210	250	200
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M			230		160	150	175	160
Ti > 850 Н/мм²	S		36	60		50	45		45
СЧ (ВЧ)	K			250	280	280	150		140
CuZn	N								
Графит и G(C)FK, реактопл.	N	○		○	•	•	○		○
UNI				•		•	•	•	•

Тип		Концевая фреза							
Обозначение			MTC	MTC	MTC	MTC	Superturbo	Microturbo	Nanoturbo
Сорт		Garant	Garant	Garant	Garant	Garant	SECO	SECO	SECO
Артикульный №		215098 – 215100	215155 / 215160	215180 – 215260	215380 – 215550	215800 – 215870	223050 – 223070	223130 – 223145	223230 – 223240
Угол в плане		90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Число режущих кромок		2 – 10	2 – 10	3 – 8	2 – 8	1 – 12	2 – 12	1 – 12	2 – 10
Каналы для охлаждения		BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO
Подходящая СМП									
Тип пластины /ISO		AP..	APMT	ANGT	ANGT	AP.T	XO.X	XO.X	XO.X
Артикульный №		215105 – 215150	215164 – 215170	215320 – 215340	215420 – 215450	215878 – 215940	223081 – 223111	223161 – 223201	223250 – 223265
Страница	ISO	307– 308	309– 310	311	312	313– 314	332– 333	334– 335	336– 337
Алюм., длинноструж.	N	700		1000	800	700	850	935	915
Алюм., короткоструж.	N	500		700	550	600	850	935	915
Алюм. литьё > 10 % Si	N	350		600	500	400	690	775	740
Сталь < 500 Н/мм²	P	240	220	310	240	240	290	315	280
Сталь < 750 Н/мм²	P	240	200	250	235	205	220	240	210
Сталь < 900 Н/мм²	P	175	180	230	180	195	185	200	175
Сталь < 1100 Н/мм²	P	130	140	140	100	145	155	170	150
Сталь < 1400 Н/мм²	P	100	120	110	100	115	135	145	125
Сталь > 45HRC	H								40
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	130	150			135	205	225	205
Нерж. сталь < 900 Н/мм²	M	130	130			120	145	160	145
Ti > 850 Н/мм²	S	35				50	45	50	45
СЧ (ВЧ)	K	130		270	210	220	170	215	145
CuZnN	N								
Графит и G(C)FK, реактопл.	N						○	○	•
UNI		•	•	•	•	•	•	•	•

• /жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/ стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

Ориентировочные режимы резания содержатся в Справочнике по обработке резанием GARANT, № 110950.

Обзор инструментов – Фрезы со сменными многогранными пластинами

Информация

	Торцовая фреза							Концевая фреза			
	HPC		Quattromill	MTC		HPC		HPC			
	Garant	Garant	Garant	SECO	Garant	Garant	Garant	Garant	Garant	Garant	Garant
	213300	213370 – 213375	213700	220400 – 220413	214200	214395 – 214400	214490 – 214495	214550	214705 – 214735	214800	215045 – 215050
	43°	45°	45°	45°	45°	45°	70°	90°	90°	90°	90°
	3 – 8	4 – 16	4 – 7	3 – 14	3 – 12	2 – 14	4 – 18	2 – 8	4 – 18	3 – 5	2 – 8
	BO	BO	BO	BO	BO	BO	BO		BO	BO	BO
	OFKX	HNGJ	SE..	SE..	SE..	SDH.	SPHX	BGHX	SPHX	MPHX	SOMT
	213320 – 213360	213380 – 213392	213900 – 213960	220420 – 220478	214240 – 214360	214438 – 214480	214502 – 214505	214560 – 214566	214762 – 214776	214940 – 214960	215065 – 215075
	296	297	299	330– 331	300	301	302	303	304	305	306
	1350		725	755	725	1500		700		500	600
	1150		500	755	500	1000		550		380	500
	700		350	610	350	500		325		250	400
	235	270	235	215	235	310				250	235
	235	270	230	185	230	235	220		220	200	170
	185	270	220	150	220	225	220		220	180	160
	125	180	105	130	105	165	200		200		100
	105	180	105	110	105	115	180		180		100
	120	180	130	175	130	130				180	95
	105	180	80	125	110	105				140	75
	50	50	65	35	65	50				15	40
	170	280	130	140	130	235	260		295		200
			○		○						
	•		•		•		•		•		•

	Фрезы для изготовления фасок				Обратный зенкер	Зенкер	Циркулярная фреза		Дисковая фреза		
			Зенковка	Зенковка	Зенковка	Зенкер	Многогранная	Трёхгранная			
	Garant	Garant	Garant	KOMET	Garant	Garant	Garant	Garant	SECO	SECO	SECO
	215096	216100	216600 – 216620	216660	217180	217200 – 217220	217250 – 217252	217400 – 217405	226001 – 226010	226050 – 226065	226156 – 226181
	15° – 75°	45°	10° – 90°		180°						
	3	1 – 2	1 – 2	1 – 2	1	1	6	3	5 – 12	3 – 9	3 – 6
	BO	BO		BO	BO	BO	BO	BO			
	AP.T	SDL.	TOH.	WOEX	C.MT	MPHX	Тип P16/P26	Тип04/03/02/01	150.10 –..N	SNHQ	LNK.
	215105 / 5110 215115 / 5130	216410 – 216420	246700 – 246770	216780 – 216900	260710 / 0741 260910 / 0961	217230 – 217235	217256 – 217285	217412 – 217510	278000 – 278040	226085 – 226098	226180 – 226215
	307	315	315– 316	317	318	319	320– 321	321– 323	338	339	340
	250	250	250	300		175	400	600	740	745	750
	250	250	250	300		175	300	500	740	745	750
	220	120	120	200	65		250	400	600	600	545
	180	250	250	200	65	220	250	260	235	235	200
	170	200	200	200	65	200	180	220	180	175	170
	160	200	200	200	65	180	120	180	150	160	140
	130	150	150	140	65	65	100	100	130	135	120
	100	120	120	120	65	65	80	80	110	110	105
							45	45			
		120	120	120	65	175	120	130	170	150	160
		100	100	100	65	65	120	120	120	115	115
		100	100	30	65		60	100	35	40	35
	140	150	150	160		175	120	120	115	130	180
									○		
			•	•			•	•	•	•	•

•/ жирным шрифтом = очень хорошо подходит; ○/ стандартным шрифтом = подходит не очень хорошо

1 Процесс фрезерования

Фрезерование – это резание материала инструментом, имеющим главное движение вращение и хотя бы одно движение подачи. Наиболее часто фрезерование применяется для обработки:

- плоских и фасонных поверхностей,
- пазов, спиральных канавок или
- зубчатых колёс и резьбы.

1.1 Обработка фрезерованием

К основным видам фрезерных работ согласно *таблице 8.1* относятся:

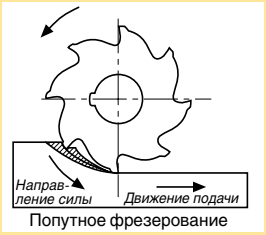
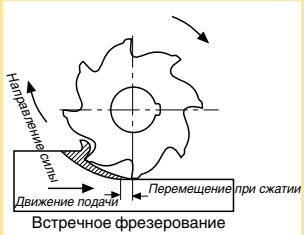
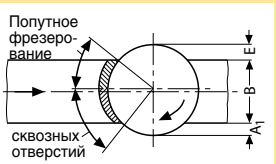
Периферийное фрезерование		Торцовое фрезерование
Попутное фрезерование	**Встречное фрезерование**	**Попутное и встречное фрезерование**
 Попутное фрезерование	 Встречное фрезерование	

Таблица 8.1 Классификация видов фрезерных работ

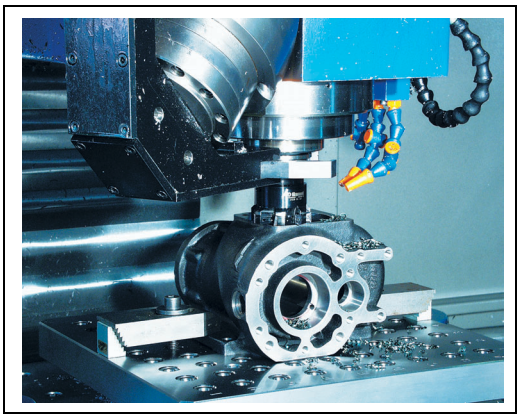


Рис. 8.1 Фрезерование корпуса редуктора

1.2 Классификация способов фрезерования

В соответствии со стандартом DIN 8589, часть 3, может быть предложена следующая классификация способов фрезерования:

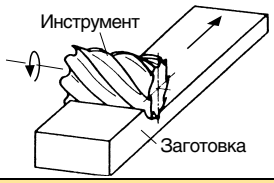
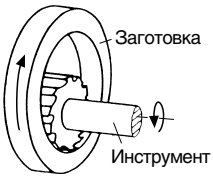
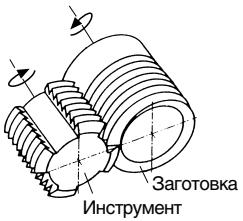
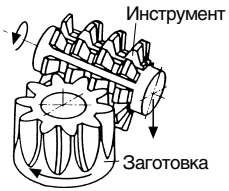
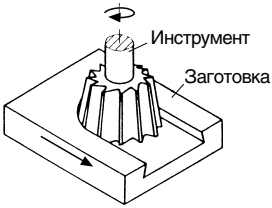
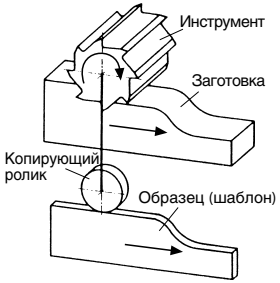
Фрезерование плоскостей Прямолинейное движение подачи Плоские поверхности Варианты: Периферийное плоское фрезерование (рис.) Торцовое плоское фрезерование Торцово-периферийное фрезерование	**Фрезерование тел вращения** Круговое движение подачи Цилиндрические поверхности Варианты: Наружное фрезерование тел вращения Внутреннее фрезерование тел вращения (рис.)
	
Фрезерование винтовых поверхностей Движение подачи по спирали Винтовые поверхности Варианты: Резьбофрезерование (на рис. многопрофильный инструмент, см. также главу «Нарезание резьбы») Цилиндрическое фрезерование червячной фрезой	**Зубофрезерование** Профилированная фреза Одновременно подача и обкатное движение Плоские или объёмные поверхности Вариант: Зубофрезерование (*рис.*)
	

Таблица 8.2 Процесс фрезерования – Продолжение на следующей странице

Таблица 8.2 Продолжение – Процесс фрезерования

Профильное фрезерование	**Фасонное фрезерование**
Профиль фрезы определяет профиль заготовки Варианты: Продольное профильное фрезерование (рис.) Профильное фрезерование тел вращения	Регулируемое движение подачи Плоские и объёмные поверхности любой формы Варианты: Свободное фасонное фрезерование Копировальное фрезерование (рис.) Фасонное фрезерование на станках с ЧПУ
	

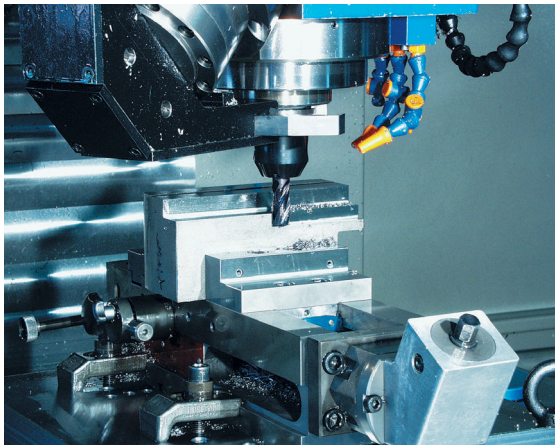


Рис. 8.2 Фрезерование уступов и плоскостей

2 Инструмент для фрезерования

В зависимости от вида работ применяют разные фрезы. Их описание представлено в *таблицах 8.3 – 8.5*.

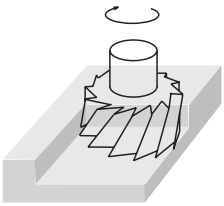
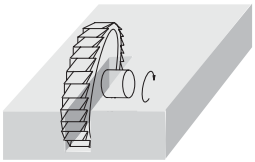
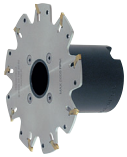
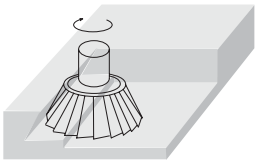
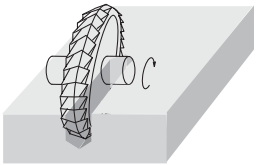
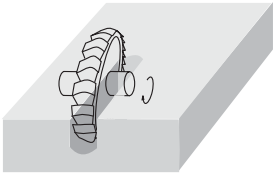
Принцип действия	Описание	Пример фрезы GARANT
	**Торцовая насадная фреза** для фрезерования уступов и плоских поверхностей	
	**Дисковая фреза** для фрезерования пазов	
	**Торцовая грибковая фреза** для фрезерования угловых направляющих	
	**Двухугловая дисковая фреза** для фрезерования призматических направляющих	

Таблица 8.3 Насадные фрезы – Продолжение на следующей странице

Таблица 8.3 Продолжение – Насадные фрезы

Принцип действия	Описание	Пример фрезы GARANT
	**Полукруглая профильная фреза** для фрезерования полукруглых направляющих (вогнутых и выпуклых)	

Торцовая насадная фреза	Насадная фреза для обработки уступов

Таблица 8.4 Фрезерные головки со сменными многогранными пластинами

Информация о сменных многогранных пластинах для фрез, в частности касающаяся их классификации и обозначения по стандарту ISO и типу стружколома, содержится в **главе «Обработка точением»**, раздел 5.2.2.

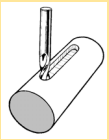
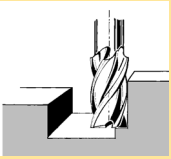
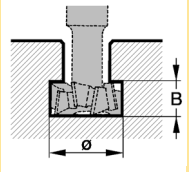
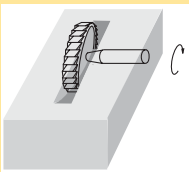
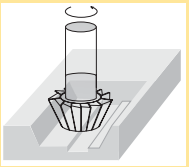
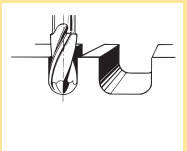
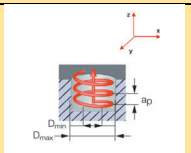
Принцип действия	Описание	Пример фрезы GARANT
	**Шпоночная фреза** (2 или 3 режущие кромки) для шпоночных пазов и канавок	
	**Концевая фреза** для глубоких пазов и периферийного фрезерования	
	**Фреза для Т-образных пазов** для фрезерования Т-образных пазов	
	**Фреза для сегментных шпонок** для фрезерования шпоночных канавок	
	**Грибковая фреза** для фрезерования угловых направляющих	
	**Копирная фреза (фреза для изготовления штампов)** для профильного фрезерования, для получения поверхностей сложной конфигурации	
	**Циркулярная фреза** для циркулярного фрезерования	

Таблица 8.5 Концевые фрезы

3 Режимы и физические параметры резания, а также силы и потребляемая мощность

Скорость резания v_c и, следовательно, частота вращения n, а также **скорость подачи v_f** рассчитываются так же, как для обработки точением, с той лишь разницей, что при выполнении расчётов для фрезерования во внимание принимается диаметр фрезы D. Для этого применяются следующие уравнения:

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

v_c	Скорость резания [м/мин]	(уравн. 8.1)
D	Диаметр фрезы [мм]	
n	Частота вращения [об/мин]	

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

v_f	Скорость подачи [мм/мин]	(уравн. 8.2)
f_z	Подача на зуб [мм/зуб]	
z	Число зубьев фрезы	
n	Частота вращения [об/мин]	

В целом **поперечное сечение стружки *A*** при фрезеровании рассчитывается так же, как для точения. Однако поскольку при фрезеровании в отличие от обработки точением в процессе резания толщина срезаемого слоя является переменной, для расчётов используется средняя толщина срезаемого слоя h_m.

$$A = f \cdot a_p = b \cdot h_m$$

A	Поперечное сечение стружки [мм^2]	(уравн. 8.3)
f	Подача [мм/об]	
a_p	Глубина резания [мм]	
b	Ширина срезаемого слоя [мм]	
h_m	Средняя толщина срезаемого слоя [мм]	

Ниже более подробно рассмотрены математические зависимости для торцового и периферийного фрезерования.

3.1 Торцовое фрезерование

Схема расчёта **угла контакта фрезы с заготовкой** φ_s при торцовом фрезеровании представлена на *рис. 8.3*. Величины U_1 и U_2 обычно определяются от кромки в месте врезания (базовой кромки). Имеют место следующие соотношения:

$$\varphi_s = \varphi_2 - \varphi_1$$

φ_s Угол контакта фрезы с заготовкой [°]
φ_1; φ_2 см. *рис. 8.3*

(уравн. 8.4)

$$\cos\varphi_1 = 1 - \frac{2U_1}{D}$$

(уравн. 8.5)

$$\cos\varphi_2 = 1 - \frac{2U_2}{D}$$

(уравн. 8.6)

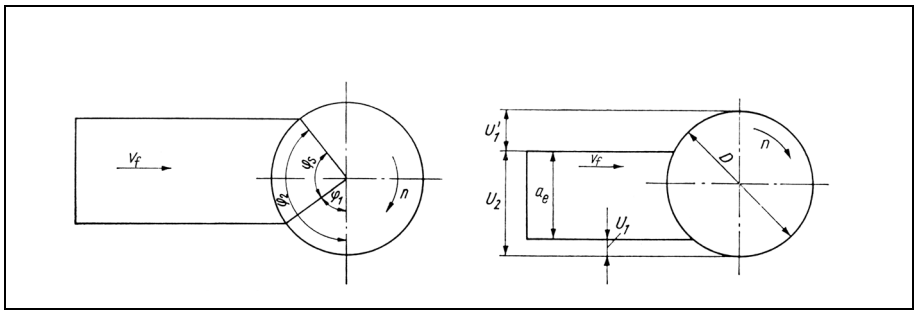


Рис. 8.3 Угол контакта фрезы с заготовкой и расчётные параметры при торцовом фрезеровании

Уравнение 8.4 упрощается в случае симметричного торцового фрезерования, когда ось фрезы располагается симметрично к оси обрабатываемой детали. Действительно:

$$\varphi_s = 2 \cdot arcsin \cdot \frac{a_e}{D}$$

φ_s Угол контакта фрезы с заготовкой [°]
a_e Ширина резания [мм]
D Диаметр фрезы [мм]

(уравн. 8.7)

Средняя **толщина срезаемого слоя** h_m определяется по формуле:

$$h_m = \frac{114{,}6^\circ}{\varphi_s^\circ} \cdot f_z \cdot \sin k \cdot \frac{a_e}{D}$$

h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
φ_s Угол контакта фрезы с заготовкой [°]
f_z Подача на зуб [мм/зуб]
a_e Ширина резания [мм]
D Диаметр фрезы [мм]

(уравн. 8.8)

$$b = \frac{a_p}{\sin k}$$

b Ширина срезаемого слоя [мм]
a_p Глубина резания [мм]
k Главный угол в плане [°]

(уравн. 8.9)

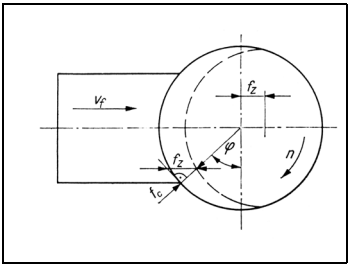


Рис. 8.4
Условия резания при торцовом фрезеровании

Расчёт **удельной силы резания k_c** надлежит производить в зависимости от средней толщины срезаемого слоя h_m (*уравн. 8.9*).

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h_m^{\,m}}$$

k_c	Удельная сила резания [Н/мм^2]	(уравн. 8.10)
$k_{c1.1}$	Удельная сила резания [Н/мм^2] (см. главу «Материалы»)	
h_m	Средняя толщина срезаемого слоя [мм]	
m	Увеличение удельной силы резания (в зависимости от обрабатываемого материала – см. главу «Материалы»)	

Для определения средней силы резания на зуб F_{cmz} применяется следующее уравнение:

$$F_{cmz} = b \cdot h_m \cdot k_c \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_{Ver}$$

b	Ширина срезаемого слоя [мм]	
h_m	Средняя толщина срезаемого слоя [мм]	(уравн. 8.11)
k_c	Удельная сила резания	
K_γ, K_v, K_{Ver}	Поправочные коэффициенты (*см. таблицу 2.12*)	

Расходуемая мощность на резание P_c рассчитывается следующим образом:

$$P_c = \frac{F_{cmz} \cdot v_c \cdot z_{iE}}{60\,000}$$

P_c	Мощность резания [кВт]	
F_{cmz}	Средняя сила резания на зуб [Н]	
v_c	Скорость резания [м/мин]	(уравн. 8.12)
z_{iE}	Эффективное число зубьев	

$$z_{iE} = \frac{\varphi_s \cdot z}{360°}$$

φ_s	Угол контакта фрезы с заготовкой [°]	(уравн. 8.13)
z	Число зубьев	

Эффективное число зубьев z_{iE} является чисто расчётной величиной, которая не округляется. Мощность привода P_a рассчитывается следующим образом:

$$P_a = \frac{P_c}{\eta}$$

P_a	Мощность привода [кВт]	
P_c	Мощность резания [кВт]	(уравн. 8.14)
η	кпд	

3.2 Периферийное фрезерование

На *рис. 8.5* показаны условия резания при периферийном фрезеровании.

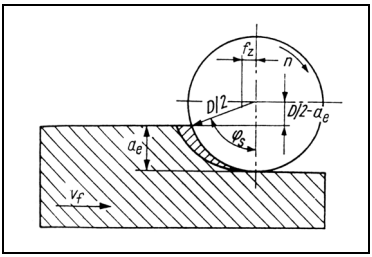


Рис. 8.5
Условия резания при периферийном фрезеровании

Для периферийного фрезерования применяются следующие **допущения**:

k = 90°
$\varphi_s = \varphi_2$, т. к. $\varphi_1 = 0$

Кроме того, ширина срезаемого слоя *b* равна ширине резания a_e. Таким образом, для **угла резания** φ_s действительно следующее:

$$\cos\varphi_s = \frac{\frac{D}{2} - a_e}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2a_e}{D}$$

D	Диаметр фрезы [мм]	
a_e	Ширина резания [мм]	(уравн. 8.15)

Средняя **толщина срезаемого слоя** h_m определяется следующим образом:

$$h_m = \frac{114{,}6^\circ}{\varphi_s^\circ} \cdot f_z \cdot \frac{a_e}{D}$$

φ_s	Угол резания [°]	
f_z	Подача на зуб [мм/зуб]	(уравн. 8.16)
a_e	Ширина резания [мм]	
D	Диаметр фрезы [мм]	

Таким образом, **средняя сила резания на зуб** F_{cmz} для периферийного фрезерования рассчитывается по формуле:

$$F_{cmz} = b \cdot h_m \cdot k_c \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_{Ver}$$

b	Ширина срезаемого слоя [мм]	
h_m	Средняя толщина срезаемого слоя [мм]	(уравн. 8.17)
k_c	Удельная сила резания [Н/мм^2]	
K_γ, K_v, K_{Ver}	Поправочные коэффициенты (см. *таблицу 2.12*)	

Расчёт мощности производится так же, как для торцового фрезерования.

4 Расчёт основного машинного времени при фрезеровании

При **фрезеровании** для расчёта основного машинного времени t_h применяется общее уравнение (см. также *уравн. 3.18*):

$$t_h = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$$

t_h	Основное машинное время [мин]	
L	Общее перемещение при обработке [мм]	(уравн. 8.18)
i	Число резов	
v_f	Скорость подачи [мм/мин]	
f	Подача [мм/об]	
n	Частота вращения [об/мин]	

Перемещение при обработке L, а также врезание и длина перебега определяются в зависимости от способа фрезерования (торцовое или периферийное фрезерование). Ниже приводятся отдельные варианты.

4.1 Торцовое фрезерование

Для перемещения при обработке L действительно следующее:

$$L = l + 2Z_l + l_a + l_u$$

Z_l	Припуск на обработку [мм]	
l_a	Врезание [мм]	(уравн. 8.19)
l_u	Длина перебега [мм]	
l	Длина заготовки [мм]	

4.1.1 Врезание и длина перебега при симметричном торцовом фрезеровании

Условия обработки при симметричном торцовом фрезеровании (**ось фрезы совпадает с плоскостью симметрии заготовки**) показаны на *рис. 8.6.*

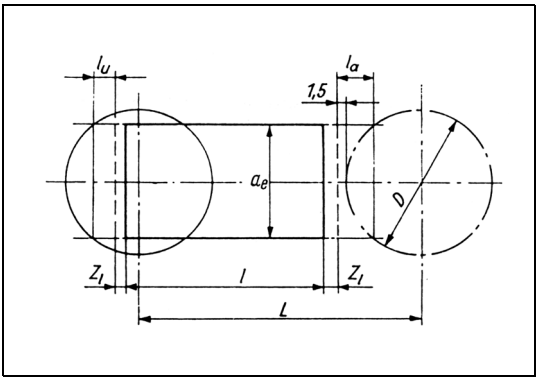


Рис. 8.6
Врезание и длина перебега при симметричном торцовом фрезеровании (черновой обработке)

Для черновой обработки:

$$l_a = 1,5 + \frac{D}{2} - 0,5 \cdot \sqrt{D^2 - a_e}$$

$$l_u = 1,5$$

$$l_a + l_u = 3 + \frac{D}{2} - 0,5 \cdot \sqrt{D^2 - a_e}$$

l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм]
D Диаметр фрезы [мм]
a_e Ширина резания [мм]

(уравн. 8.20)

Для получистовой обработки:

$$l_a + l_u = 3 + D$$

l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм]
D Диаметр фрезы [мм]

(уравн. 8.21)

4.1.2 *Врезание и длина перебега при несимметричном торцовом фрезеровании*

При несимметричном торцовом фрезеровании (**ось фрезы не совпадает с плоскостью симметрии заготовки, однако находится в пределах заготовки**) для **черновой обработки** действительны следующие зависимости (*рис. 8.7*):

$$l_a + l_u = 3 + \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - a_e'^2}$$

l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм]
D Диаметр фрезы [мм]
a_e' Удельн. ширина резания [мм]

(уравн. 8.22)

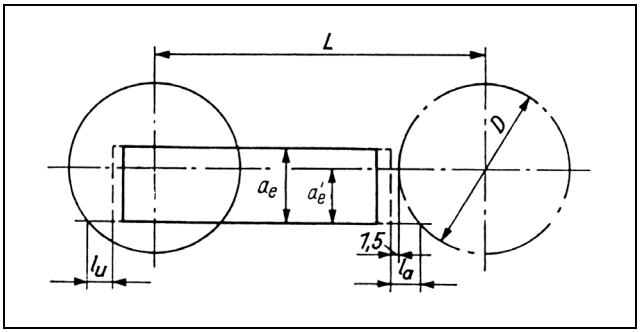


Рис. 8.7
Врезание и длина перебега при несимметричном торцовом фрезеровании (черновой обработке)

В особом случае, когда **ось фрезы находится за пределами заготовки**, для **черновой обработки** действительны зависимости в соответствии с *рис. 8.8*.

$$l_a + l_u = 3 - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - y^2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (a_e - y)^2}$$

l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм] (уравн. 8.23)
D Диаметр фрезы [мм]
a_e Ширина резания [мм]
y Расстояние до оси фрезы [мм]

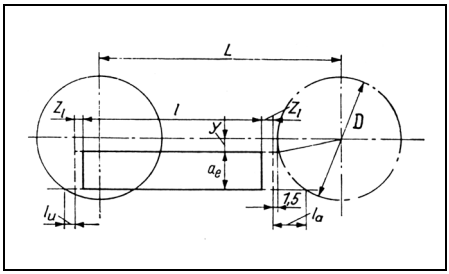


Рис. 8.8
Врезание и длина перебега при несимметричном торцовом фрезеровании – особый случай (черновая обработка)

Для **чистовой обработки** при несимметричном фрезеровании во всех случаях аналогично симметричному торцовому фрезерованию действительно *уравн. 8.21*:

$$l_a + l_u = 3 + D$$

l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм] (уравн. 8.24)
D Диаметр фрезы [мм]

4.2 Периферийное фрезерование

Условия обработки при периферийном фрезеровании представлены на *рис. 8.9*. При черновой обработке фреза может не выходить полностью за пределы заготовки, ось фрезы должна лишь на 1,5 мм выступать за её край. Таким образом, для **черновой обработки** действительно:

$$l_a + l_u = 3 + \sqrt{D \cdot a_e - a_e^2}$$ (уравн. 8.25)

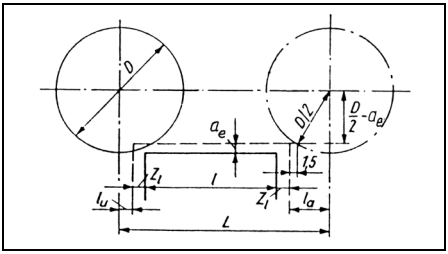


Рис. 8.9 Врезание и длина перебега при периферийном фрезеровании

Для чистовой обработки:

$$l_a + l_u = 3 + 2\sqrt{D \cdot a_e - a_e^2}$$

l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм] (уравн. 8.26)
D Диаметр фрезы [мм]
a_e Ширина резания [мм]

5 Расчёт режимов резания

5.1 Режимы при круговой интерполяции

5.1.1 Циркулярное внутреннее и наружное фрезерование

Фактическую радиальную глубину резания (ширина резания a_e) при циркулярном фрезеровании по 2 или 3 осям (винтовая интерполяция) нельзя отождествлять с радиальным припуском на обработку.

При обработке имеющихся отверстий в формуле расчёта скорости подачи следует применять полученное с помощью *уравн. 8.27* значение (см. *рис. 8.10*).

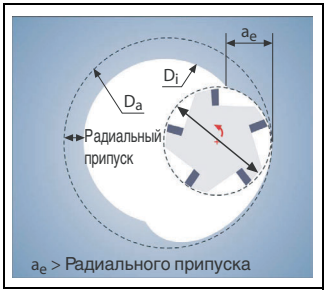


Рис. 8.10
Условия резания при циркулярном внутреннем фрезеровании

$$a_e = \frac{D_a^2 - D_i^2}{4(D_a - D_{wz})}$$

a_e Ширина резания, радиальная глубина резания [мм]
D_a Наружный (обработанный) диаметр [мм]
D_i Внутренний (обрабатываемый) диаметр отверстия [мм]
D_{wz} Диаметр фрезы [мм]

(уравн. 8.27)

При обработке наружных контуров в формуле расчёта скорости подачи следует применять полученное с помощью *уравн. 8.28* значение (см. *рис. 8.11*).

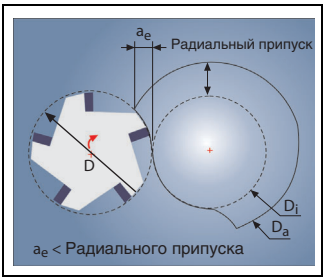


Рис. 8.11
Условия резания при циркулярном наружном фрезеровании

$$a_e = \frac{D_a^2 - D_i^2}{4(D_i + D_{wz})}$$

a_e Ширина резания (радиальная глубина резания [мм]
D_a Наружный (обработанный) диаметр [мм]
D_i Внутренний (обрабатываемый) диаметр отверстия [мм]
D_{wz} Диаметр фрезы [мм]

(уравн. 8.28)

5.1.2 Врезание инструмента при фрезеровании

Во избежание превышения допустимой нагрузки на инструмент, а также возникновения вибраций при циркулярном фрезеровании следует постепенно производить врезание на полную глубину по определенной траектории. Если врезание должно производиться в радиальном направлении, скорость подачи v_f необходимо снизить вдвое по сравнению со значением, полученным в результате расчётов.

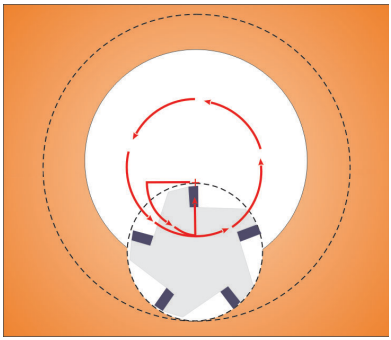


Рис. 8.12
Врезание по определенной траектории (рекомендуемый метод)

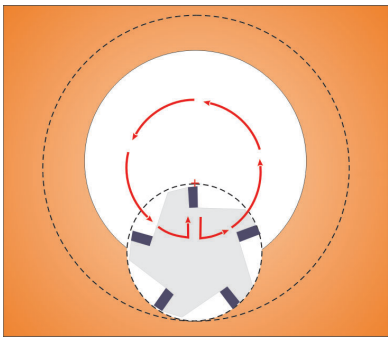


Рис. 8.13
Врезание в радиальном направлении (уменьшить подачу!)

5.1.3 Определение скорости подачи относительно центра инструмента

При расчёте скорости подачи через среднюю толщину срезаемого слоя h_m (см. также *уравн. 8.16*) для фрезерования по 2 или 3 осям (винтовая интерполяция) скорость подачи всегда следует рассматривать относительно центра инструмента, а не его кромки. Действительны следующие уравнения:

Внутреннее фрезерование:

$$v_f = \frac{(D_a - D_{wz}) \cdot n \cdot z_{eff} \cdot f_z}{D_a}$$

D_a	Наружный (обработанный) диаметр [мм]	
D_{wz}	Диаметр фрезы [мм]	
n	Частота вращения [об/мин]	(уравн. 8.29)
z_{eff}	Число рабочих зубьев	
f_z	Подача на зуб [мм/зуб]	

Наружное фрезерование:

$$v_f = \frac{(D_i + D_{wz}) \cdot n \cdot z_{eff} \cdot f_z}{D_i}$$

D_i	Внутренний (обрабатываемый) диаметр [мм]	
D_{wz}	Диаметр фрезы [мм]	
n	Частота вращения [об/мин]	(уравн. 8.30)
z_{eff}	Число рабочих зубьев	
f_z	Подача на зуб [мм/зуб]	

5.2 Параметры при фрезеровании уступов

Если ширина резания a_e (радиальная глубина резания) при фрезеровании уступов составляет меньше половины диаметра фрезы D, следует увеличить подачу на зуб f_z, чтобы средняя толщина срезаемого слоя h_m (см. также *уравн. 8.16*) оставалась постоянной.

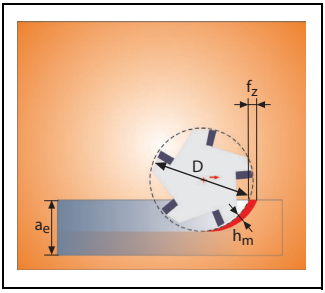


Рис. 8.14
Условия резания при фрезеровании уступов

Для расчёта при соотношении a_e/D<30 % можно использовать следующее уравнение:

$$h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D}} \cdot \sin k$$

(уравн. 8.31)

h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
f_z Подача на зуб [мм/зуб]
a_e Ширина резания (радиальная глубина резания) [мм]
D Диаметр фрезы [мм]
k Угол в плане (см. главу «Теоретические основы»)

или

$$f_z = h_m \cdot \sqrt{\frac{D}{a_e}} \cdot \frac{1}{\sin k}$$

(уравн. 8.32)

f_z Подача на зуб [мм/зуб]
h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
D Диаметр фрезы [мм]
a_e Ширина резания (радиальная глубина резания) [мм]
k Угол в плане (см. главу «Теоретические основы»)

6 Факторы, влияющие на результат фрезерования

6.1 Выбор диаметра фрезы

Выбор диаметра фрезы зависит от ширины заготовки *B* и, соответственно, ширины резания a_e. Для обеспечения нормальных условий резания при фрезеровании выбираются следующие соотношения:

- Для **короткостружечных материалов**, например, чугуна:

$$D = 1,4 \cdot B$$

D Диаметр фрезы
B Ширина заготовки

(уравн. 8.33)

- Для **длинностружечных материалов**, например, стали:

$$D = 1,6 \cdot B$$

D Диаметр фрезы
B Ширина заготовки

(уравн. 8.34)

При этом действительно:

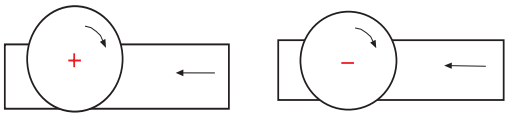
$$D_{макс.} = 1,5 \cdot d$$

D_{max} Макс. диаметр фрезы
d Диаметр шпинделя станка

(уравн. 8.35)

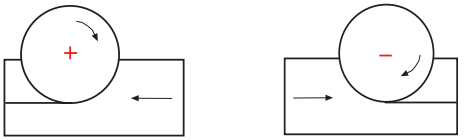
6.2 Выбор положения фрезы

Результат обработки зависит, например, от положения фрезы и контакта режущих кромок с заготовкой при врезании и выходе.



рекомендуется | не рекомендуется

Для увеличения стойкости режущего инструмента рекомендуется производить обработку попутным фрезерованием.



рекомендуется | не рекомендуется

7 Применение инструмента для фрезерования

7.1 Фрезерование плоскостей

Рис. 8.15
Торцовая насадная фреза 45° GARANT

Пример применения: торцовое фрезерование фасонных деталей

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал:	С 45W (1.1730) (группа материалов 8.0 GARANT, глава «Материалы», раздел 1)		
Инструмент	Торцовая насадная фреза 45° со сменными многогранными пластинами, диаметр 63 мм /10 режущих кромок		
Режущая пластина:	SDHX, P25 с покрытием TiC/TiN		
Патрон:	HSK 63 A		
Режимы резания:	*Скорость резания*	v_c	= 300 м/мин
	Частота вращения	n	= 1500 об/мин
	Подача на зуб	f_z	= 0,35 мм/зуб
	Скорость подачи	v_f	= 5000 мм/мин
	Глубина резания	a_p	= 1,5 мм

7.2 Фрезерование наклонных поверхностей

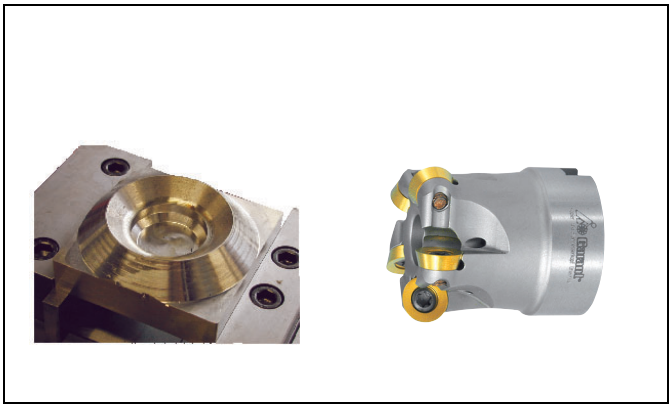


Рис. 8.16 Торцовая насадная копирная фреза GARANT и обрабатываемая заготовка

Пример применения: фрезерование наклонных поверхностей (максимально допустимая скорость резания):

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал:	X6CrNiMoTi 17 12 2 (1.4571) (группа материалов 13.2 GARANT, глава «Материалы», раздел 1)
Инструмент:	Торцовая насадная фреза со сменными многогранными пластинами, диаметр 63 мм / 5 режущих кромок
Режущая пластина:	RDHX 10, P30 с покрытием TiAlN
Патрон:	SK 50

Режимы резания:	*Скорость резания*	v_c = 400 м/мин
	Частота вращения	n = 4000 об/мин
	Подача на зуб	f_z = 0,15 мм/зуб
	Скорость подачи	v_f = 3000 мм/мин
	Глубина резания	a_p = 1 мм

7.3 Фрезерование закалённых сталей фрезами с СМП

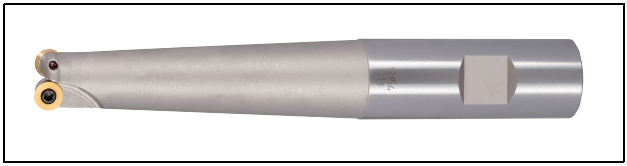


Рис. 8.17 Копирная фреза GARANT

Пример применения: фрезерование закалённых сталей фрезой с СМП, фрезерование матрицы

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал:	X210Cr12 (1.2080), закалённая 63 HRC (группа материалов 8.2, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	копирная фреза GARANT, диаметр 15 мм	
Режущая пластина:	RDHX 07, мелкозернистый твёрдый сплав K05 с покрытием TiAlN	
Патрон:	SK 50	
Режимы резания:	*Скорость резания*	v_c = 70 м/мин
	Частота вращения	n = 1500 об/мин
	Подача на зуб	f_z = 0,35 мм/зуб
	Скорость подачи	v_f = 120 мм/мин
	Ширина резания	a_e = 12 мм
	Глубина резания	a_p = 1 мм

7.4 Фрезерование закалённых сталей концевыми твердосплавными фрезами

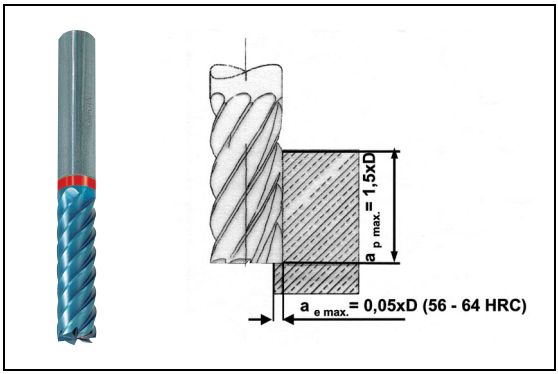


Рис. 8.18 Концевая твердосплавная фреза GARANT и условия применения

Пример применения: цилиндрическое фрезерование закалённой стали

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал:	X155CrVMo 12 1 (1.2379), закалённая 62 HRC (группа материалов 8.2 GARANT, глава «Материалы», раздел 1)

Инструмент:	концевая твердосплавная фреза, диаметр 10 мм / 6 зубьев	
Инструментальные материалы:	особо мелкозернистый твёрдый сплав с покрытием TiAlN	
Допуск на радиальное биение:	< 10 мкм	
Крепление инструмента:	Гидропластовый патрон	
Патрон:	HSK 63	
Режимы резания:	*Скорость резания*	v_c = 70 м/мин
	Частота вращения	n = 2228 об/мин
	Подача на зуб	f_z = 0,05 мм/зуб
	Скорость подачи	v_f = 1337 мм/мин
	Ширина резания	a_e = 0,2 мм
	Глубина резания	a_p = 10 мм

7.5 Фрезерование сталей Toolox 44 с помощью SECO Feedmaster

Новая инструментальная сталь Toolox 44 подробнее описывается в главе «Материалы», раздел 2.1.3. При твёрдости 45 HRC она отличается превосходной обрабатываемостью.

SECO в рамках программы Feedmaster предлагает фрезы со сменными многогранными пластинами, которые позволяют легко обрабатывать этот новый материал без применения СОЖ. Очень большой выход стружки достигается за счёт предельных режимов резания при использовании 4-зубой фрезы.

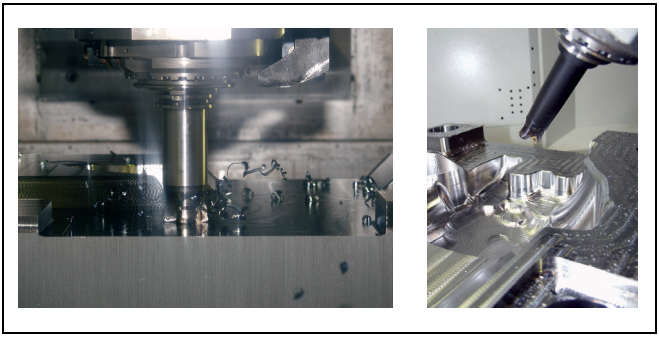


Рис. 8.19 SECO Feedmaster

Пример применения: Фрезерование стали Toolox 44

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал:	Toolox 44, закалённая, 45 HRC (группа материалов 10.0 GARANT, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	SECO Feedmaster, копирная фреза для высоких подач, диаметр 50 мм, 4-зубая	
Инструментальные материалы:	F15M, твёрдый сплав с покрытием TiAlN+TiN	
Режимы резания:	*Скорость резания*	v_c = 125 м/мин
	Частота вращения	n = 795 об/мин
	Подача на зуб	f_z = 1,0 мм/зуб
	Скорость подачи	v_f = 3180 мм/мин
	Глубина резания	a_p = 0,65 мм

Результат:

- Предельные режимы работы Feedmaster ограничивались возможностями обрабатывающего центра. Обработка на пределе его мощности не отразилась на стойкости сменных многогранных пластин.
- Работа с максимально высокими подачами
- Увеличение объёмной производительности резания

8 Решение проблем при фрезеровании

	Проблема	Возможные причины
1	Низкое качество поверхности	Износ режущих кромок, биение фрезы
2	Выкрашивание кромки заготовки	Неправильный выбор режимов резания, формы режущей кромки
3	Непараллельная или неровная поверхность	Недостаточная жёсткость крепления фрезы или заготовки
4	Очень сильный износ задней поверхности режущей части	Неправильный выбор режимов резания, формы режущей кромки
5	Очень сильный износ по передней поверхности (лункообразный износ)	
6	Образование трещин и выкрашивание в результате сильного теплового воздействия	
7	Образование наростов на режущей кромке	
8	Плохое удаление, скопление стружки	
9	Вибрации, дробление	Тяжелый режим резания, деформация заготовки
10	Поломка концевой фрезы	Неправильный выбор режимов резания, длины вылета фрезы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Способы устранения
■			■	■						Выбрать сменные многогранные пластины из более твёрдого материала
					■					Выбрать сменные многогранные пластины из более вязкого материала
					■					Выбрать сменные многогранные пластины из более жаропрочного материала
■						■				Выбрать сменные многогранные пластины из материала, более устойчивого к адгезии
■						■	■			Увеличить скорость резания
			■	■				■		Уменьшить скорость резания
						■	■			Увеличить подачу
■	■	■		■	■		■	■	■	Уменьшить подачу
■	■	■		■	■			■	■	Уменьшить глубину резания
							■	■	■	Изменить диаметр фрезы и ширину резания
■			■	■		■	■			Проверить режим подачи СОЖ
	■	■	■	■	■	■	■	■		Увеличить задний угол
	■			■	■					Увеличить угол заострения
	■									Увеличить число зубьев
		■					■	■	■	Уменьшить число зубьев
							■			Использовать более объёмную ёмкость для стружки
■	■	■	■		■					Изменить форму вспомогательной режущей кромки
		■			■					Изменить режим вращения фрезы
	■	■			■			■	■	Отрегулировать жёсткость крепления фрезы, длину вылета (соотношение L/D)
	■	■			■			■		Использовать станок, обеспечивающий более высокую мощность и жёсткость

Таблица 8.6 Причины возникновения проблем при фрезеровании и способы их устранения

9 Ориентировочные режимы резания при фрезеровании

9.1 Принцип построения таблиц ориентировочных режимов резания

Задание на обработку:
Получистовое контурное фрезерование, материал X210Cr12.
Порядок действий:

1. Выбор инструмента из главного каталога — Концевая фреза VHM, диаметр 10 мм, с покрытием
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы») — Группа 8.2
3. Выбор режимов резания:
   - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания — Таблица 8.27
   - 3.2 Выбор режимов резания

Таблица 8.27 **GARANT – Концевые фрезы VHM (без покрытия / с покрытием) – Получистовое контурное фрезерование**

f_z для $a_e = 0{,}1 \times D$ и $a_p = 1{,}5 \times D$

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал/покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_0	f	z	0,5 v_0	f	z	1,02,0 v_0	f	z	4,0 v_0	f	z	6,0 v_0	f	z	8,012,0 v_0	f	z	10,0 v_c	f	z	v_0
				[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм]	[мм/зуб]	[м/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	100	0,002		100	0,004		100	0,008		100	0,016		100	0,032		100	0,054		100	0,063		100	0,072		100
			VHM, с покрытием	190	0,002		190	0,004		190	0,008		190	0,016		190	0,032		190	0,054		190	0,063		190	0,072		190
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	VHM, без покрытия	90	0,002		90	0,004		90	0,008		90	0,016		90	0,032		90	0,054		90	0,063		90	0,072		90
			VHM, с покрытием	170	0,002		170	0,004		170	0,008		170	0,016		170	0,032		170	0,054		170	0,063		170	0,072		170
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	90	0,002		90	0,004		90	0,008		90	0,016		90	0,032		90	0,054		90	0,063		90	0,072		90
			VHM, с покрытием	170	0,002		170	0,004		170	0,008		170	0,016		170	0,032		170	0,054		170	0,063		170	0,072		170
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	75	0,001		75	0,003		75	0,006		75	0,011		75	0,023		75	0,036		75	0,045		75	0,054		75
			VHM, с покрытием	140	0,001		140	0,003		140	0,006		140	0,011		140	0,023		140	0,036		140	0,045		140	0,054		140
⋮																											
7.1	Азотируемые стали		VHM, без покрытия	60	0,001		60	0,003		60	0,005		60	0,010		60	0,020		60	0,030		60	0,040		60	0,050		60
			VHM, с покрытием	95	0,001		95	0,003		95	0,005		95	0,010		95	0,020		95	0,030		95	0,040		95	0,050		95
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	70	0,001		70	0,003		70	0,006		70	0,011		70	0,023		70	0,036		70	0,045		70	0,054		70
			VHM, с покрытием	120	0,001		120	0,003		120	0,006		120	0,011		120	0,023		120	0,036		120	0,045		120	0,054		120
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	60	0,001		60	0,003		60	0,005		60	0,010		60	0,020		60	0,030		60	0,040		60	0,050		60
			VHM, с покрытием	95	0,001		95	0,003		95	0,005		95	0,010		95	0,020		95	0,030		95	0,040		95	0,050		95
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	45	0,001		45	0,003		45	0,005		45	0,010		45	0,020		45	0,030		45	0,040		45	0,050		45
			VHM, с покрытием	85	0,001		85	0,003		85	0,005		85	0,010		85	0,020		85	0,030		85	0,040		**85**	**0,050**		85
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	40	0,001		40	0,003		40	0,005		40	0,010		40	0,020		40	0,030		40	0,040		40	0,050		40
			VHM, с покрытием	80	0,001		80	0,003		80	0,005		80	0,010		80	0,020		80	0,030		80	0,040		80	0,050		80
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	VHM, с покрытием	65	0,001		65	0,002		65	0,005		65	0,010		65	0,020		65	0,030		65	0,040		65	0,050		65
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	VHM, без покрытия	50	0,001		50	0,002		50	0,004		50	0,008		50	0,016		50	0,023		50	0,030		50	0,038		50
			VHM, с покрытием																								

Скорость резания: v_c = **85 м/мин**
Подача на зуб: f_z = **0,05 мм/зуб**

9.2 Указания по определению оптимальных режимов резания

В целом обработку надлежит начинать с указанного исходного значения. Затем значения следует оптимизировать в зависимости от фактического износа и требований в отношении стойкости.

Скорость резания / подача

В целом обработку надлежит начинать, используя указанные значения, при средней глубине резания. При очень длинной рабочей части (в особенности при использовании сборных фрез с резьбовым хвостовиком) и вибрации сначала необходимо уменьшить глубину резания и лишь затем подачу.

Глубина резания

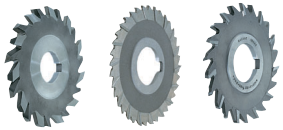
Глубина резания, в особенности при обработке инструментом с длинной рабочей частью, не должна быть слишком большой во избежание вибраций и чрезмерного усилия резания. Лучше выбрать относительно небольшую глубину резания при относительно большой подаче.

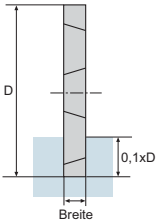
При обработке **объёмных штампов и фрезеровании отверстий** необходимо обеспечить надёжное удаление стружки, например, при помощи сжатого воздуха и внутреннего охлаждения.

Таблица 8.7 GARANT – Дисковые фрезы (HSS/HSS-Co5)

Каталож. № 185000; 185500; 185820; 186000; 186200; 186400; 187200; 187510; 187610; 187710
DIN 842-A; 847; 856; 855-A; 885A; 1834A; 6513

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 50 Ширина (ар) 1,6-10	∅ 63 Ширина (ар) 1,6-5	∅ 63 Ширина (ар) 3-12	∅ 80 Ширина (ар) 1,6-6	∅ 80 Ширина (ар) 3-12
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
2.0	Автоматные стали	< 850	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	16	22	28	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	10	14	18	–	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	18	19	20	–	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	16	22	28	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
7.1	Азотируемые стали	> 1000	10	14	18	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	18	19	20	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	16	22	28	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–		–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–		–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–		–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	18	19	20	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	14	18	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	7	9	11	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	7	9	11	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	10	14	18	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	<1200	7	9	11	–	–	–	–	–
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	16	22	28	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	10	14	18	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	16	22	28	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	10	14	18	0,040	0,050	0,060	0,060	0,070
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	18	19	20	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	10	14	18	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	140	200	250	0,085	0,095	0,095	0,085	0,085
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		140	200	250	0,085	0,095	0,095	0,085	0,085
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–		–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	50	60	70	0,130	0,130	0,075	0,135	0,085
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	50	60	70	0,130	0,130	0,075	0,135	0,085
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	40	50	60	0,130	0,130	0,075	0,135	0,085
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600		–		–	–	–	–	–
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850		–		–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–	–	–	–	–
19.0	Графит			–		–	-	-	-	-
20.0	Термопласт		140	200	250	0,085	0,095	0,095	0,085	0,085
20.1	Реактопласт		130	180	230	0,085	0,095	0,095	0,085	0,085
20.1	Стекло- и углепластик			–		–	–	–	–	–



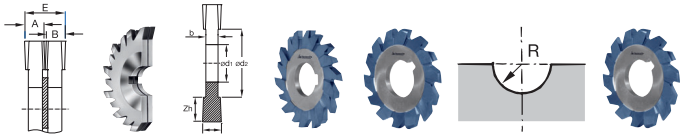


∅ 100		∅ 125		∅ 160		∅ 200		∅ 250	
Ширина (a_p)		Ширина (a_p)		Ширина (a_p)		Ширина (a_p)		Ширина (a_p)	
1,6-6	3-12	2-6	8-12	4-12	10-25	4-10	12-20	4-10	12-20
f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
–	–	–	–	0,110	0,110	0,110	0,120	0,110	0,125
0,100	0,100	0,100	0,100	0,110	0,115	0,110	0,115	0,110	0,115
0,100	0,100	0,100	0,100	0,110	0,115	0,110	0,115	0,110	0,115
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085
0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085
0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085	0,155	0,085
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,100	0,100	0,100	0,100	0,110	0,115	0,110	0,115	0,110	0,115
0,100	0,100	0,100	0,100	0,110	0,115	0,110	0,115	0,110	0,115
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.8 GARANT – Дисковые фрезы (VHM-TiAlN)

Каталож. № 185010; 186010
DIN 856; 885A;

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 40 Ширина (ар): 3,0-10,0 Z= 12			∅ 50 Ширина (ар): 3,0-10,0 Z= 14			∅ 63 Ширина (ар): 3,0-4,0 Z= 18		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	120	150	0,030	955	344	0,040	764	428	0,050	606	546
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	95	100	0,030	756	272	0,040	605	339	0,050	480	432
2.0	Автоматные стали	< 850	90	95	100	0,030	756	272	0,040	605	339	0,050	480	432
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	90	95	100	0,030	756	272	0,040	605	339	0,050	480	432
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	90	110	140	0,030	875	315	0,040	700	392	0,050	556	500
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	90	100	120	0,030	796	286	0,040	637	357	0,050	505	455
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	90	95	100	0,030	756	272	0,040	605	339	0,050	480	432
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	90	95	100	0,030	756	272	0,040	605	339	0,050	480	432
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	40	55	70	0,030	438	158	0,040	350	196	0,050	278	250
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	90	110	140	0,030	875	315	0,040	700	392	0,050	556	500
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	70	75	80	0,030	597	215	0,040	477	267	0,050	379	341
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	70	75	80	0,030	597	215	0,040	477	267	0,050	379	341
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65	90	110	0,030	716	258	0,040	573	321	0,050	455	409
7.1	Азотируемые стали	> 1000	40	55	70	0,030	438	158	0,040	350	196	0,050	278	250
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	75	80	0,030	597	215	0,040	477	267	0,050	379	341
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	65	90	110	0,030	716	258	0,040	573	321	0,050	455	409
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	70	75	80	0,030	597	215	0,040	477	267	0,050	379	341
9.0	Быстрорежущ. стали	830 – 1200	70	75	80	0,030	597	215	0,040	477	267	0,050	379	341
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	<1500		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	50	70	90	0,030	557	201	0,040	446	250	0,050	354	318
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	35	45	55	0,030	358	129	0,040	286	160	0,050	227	205
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	45	55	0,030	358	129	0,040	286	160	0,050	227	205
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	<1200		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	80	110	140	0,030	875	315	0,040	700	392	0,050	556	500
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	70	90	0,030	557	201	0,040	446	250	0,050	354	318
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	80	110	140	0,030	875	315	0,040	700	392	0,050	556	500
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	50	70	90	0,030	557	201	0,040	446	250	0,050	354	318
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	260	280	300	0,050	2.228	1.337	0,060	1.783	1.497	0,065	1.415	1.655
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		260	280	300	0,050	2.228	1.337	0,060	1.783	1.497	0,065	1.415	1.655
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180	200	220	0,050	1.592	955	0,060	1.273	1.070	0,065	1.011	1.182
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	330	360	0,050	2.626	1.576	0,060	2.101	1.765	0,065	1.667	1.951
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	270	300	330	0,050	2.387	1.432	0,060	1.910	1.604	0,065	1.516	1.773
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	720	960	1.200	0,050	7.640	4.584	0,060	6.112	5.134	0,065	4.851	5.675
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит			–		–	-	-	–	-	-	–	-	-
20.0	Термопласт		1.200	1.600	2.00	0,050	12.733	7.640	0,050	10.186	7.130	0,065	8.084	9.459
20.1	Реактопласт		1.040	1.440	1.840	0,050	11.459	6.876	0,050	9.168	6.417	0,065	7.276	8.513
20.1	Стекло- и углепластик			–		–	–	–	–	–	–	–	–	–



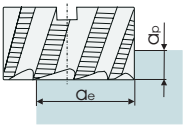
∅ 63			∅ 80									∅ 100								
Ширина (ар): 4,1-10,0			Ширина (ар): 3,0-5,0			Ширина (ар): 5,1-10,0			Ширина (ар): 10,1-14,0			Ширина (ар): 3,0-6,0			Ширина (ар): 6,1-14,0			Ширина (ар): 14,1-25,0		
Z= 14			Z= 22			Z= 18			Z= 14			Z= 22			Z= 18			Z= 16		
f_z	n	v_f	f_z	n	v_f	f_z	n	v_f	v_f	n	v_f	f_z	n	v_f	f_z	n	v_f	v_f	n	v_f
[мм/зуб]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/зуб]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/зуб]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[об/мин]	[мм/мин]	[об/мин]	[мм/мин]
0,060	606	655	0,045	477	473	0,050	477	430	0,060	477	401	0,045	382	378	0,045	382	309	0,045	382	275
0,060	480	518	0,045	378	374	0,050	378	340	0,060	378	318	0,045	302	299	0,045	302	245	0,045	302	218
0,060	480	518	0,045	378	374	0,050	378	340	0,060	378	318	0,045	302	299	0,045	302	245	0,045	302	218
0,060	480	518	0,045	378	374	0,050	378	340	0,060	378	318	0,045	302	299	0,045	302	245	0,045	302	218
0,060	556	600	0,045	438	433	0,050	438	394	0,060	438	368	0,045	350	347	0,045	350	284	0,045	350	252
0,060	505	546	0,045	398	394	0,050	398	358	0,060	398	334	0,045	318	315	0,045	318	258	0,045	318	229
0,060	480	518	0,045	378	374	0,050	378	340	0,060	378	318	0,045	302	299	0,045	302	245	0,045	302	218
0,060	480	518	0,045	378	374	0,050	378	340	0,060	378	318	0,045	302	299	0,045	302	245	0,045	302	218
0,060	278	300	0,045	219	217	0,050	219	197	0,060	219	184	0,045	175	173	0,045	175	142	0,045	175	126
0,060	556	600	0,045	438	433	0,050	438	394	0,060	438	368	0,045	350	347	0,045	350	284	0,045	350	252
0,060	379	409	0,045	298	295	0,050	298	269	0,060	298	251	0,045	239	236	0,045	239	193	0,045	239	172
0,060	379	409	0,045	298	295	0,050	298	269	0,060	298	251	0,045	239	236	0,045	239	193	0,045	239	172
0,060	455	491	0,045	358	355	0,050	358	322	0,060	358	301	0,045	286	284	0,045	286	232	0,045	286	206
0,060	278	300	0,045	219	217	0,050	219	197	0,060	219	184	0,045	175	173	0,045	175	142	0,045	175	126
0,060	379	409	0,045	298	295	0,050	298	269	0,060	298	251	0,045	239	236	0,045	239	193	0,045	239	172
0,060	455	491	0,045	358	355	0,050	358	322	0,060	358	301	0,045	286	284	0,045	286	232	0,045	286	206
0,060	379	409	0,045	298	295	0,050	298	269	0,060	298	251	0,045	239	236	0,045	239	193	0,045	239	172
0,060	379	409	0,045	298	295	0,050	298	269	0,060	298	251	0,045	239	236	0,045	239	193	0,045	239	172
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,060	354	382	0,045	279	276	0,050	279	251	0,060	279	234	0,045	223	221	0,045	223	180	0,045	223	160
0,060	227	246	0,045	179	177	0,050	179	161	0,060	179	150	0,045	143	142	0,045	143	116	0,045	143	103
0,060	227	246	0,045	179	177	0,050	179	161	0,060	179	150	0,045	143	142	0,045	143	116	0,045	143	103
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,060	556	600	0,045	438	433	0,050	438	394	0,060	438	368	0,045	350	347	0,050	350	315	0,050	350	252
0,060	354	382	0,045	279	276	0,050	279	251	0,060	279	234	0,045	223	221	0,050	223	281	0,050	223	160
0,060	556	600	0,045	438	433	0,050	438	394	0,060	438	368	0,045	350	347	0,050	350	318	0,050	350	252
0,060	354	382	0,045	279	276	0,050	279	251	0,060	279	234	0,045	223	221	0,050	223	201	0,050	223	160
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,060	1.415	1.528	0,045	1.114	1.103	0,055	1.114	1.103	0,060	1.114	936	0,050	891	980	0,050	891	802	0,050	891	713
0,060	1.415	1.528	0,045	1.114	1.103	0,055	1.114	1.103	0,060	1.114	936	0,050	891	980	0,050	891	802	0,050	891	713
0,060	1.011	1.091	0,045	796	788	0,055	796	788	0,060	796	668	0,050	637	700	0,050	637	573	0,050	637	509
0,060	1.667	1.801	0,045	1.313	1.300	0,055	1.313	1.300	0,060	1.313	1.103	0,050	1.050	1.155	0,050	1.050	945	0,050	1.050	840
0,060	1.637	1.773	0,045	1.194	1.182	0,055	1.194	1.182	0,060	1.194	1.003	0,050	955	1.050	0,050	955	859	0,050	955	764
0,060	4.851	5.239	0,045	3.820	3.782	0,055	3.820	3.782	0,060	3.820	3.209	0,050	3.056	3.361	0,050	3.056	2.750	0,050	3.056	2.445
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	-	-	–	-	-	–	–	-	-	-	-	–	-	-	–	–	-	–	-	-
0,065	8.084	9.459	0,045	6.366	6.303	0,085	6.366	6.303	0,060	6.366	5.348	0,050	5.093	5.602	0,050	5.093	4.584	0,050	5.093	4.074
0,065	7.276	8.513	0,045	5.730	5.672	0,085	5.730	5.672	0,060	5.730	4.813	0,050	4.584	5.042	0,050	4.584	4.125	0,050	4.584	3.667
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

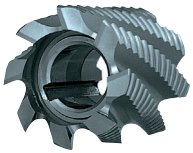
Таблица 8.9 GARANT – Торцовые насадные фрезы (HSS-Co5/HSS-Co8/HSS-Co10)

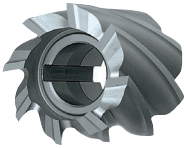
Каталож. № 181000; 181100; 181500; 181520; 181700; 181750; 181850; 182200; 182220; 182300; ; 182500; 182520; 182600, 182700; 182750

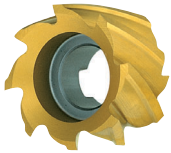
DIN 841; 1880T1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Покрытие	v_c [м/мин]	∅ 40		∅ 50		
					a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
2.0	Автомат. стали	< 850	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	без покрытия	14	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	40	0,065	0,080	0,080	0,100	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	без покрытия	14	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	40	0,065	0,080	0,080	0,100	
8.0	Инструментал. стали	< 850	без покрытия	28	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	68	0,065	0,080	0,080	0,100	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	без покрытия	14	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	40	0,065	0,080	0,080	0,100	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	без покрытия	–	–	–	–	–	
			с покрытием	–	–	–	–	–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	без покрытия	–	–	–	–	–	
			с покрытием	–	–	–	–	–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	без покрытия	–	–	–	–	–	
			с покрытием	–	–	–	–	–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	
11.1	Износост. констр. стали	1800	без покрытия	–	–	–	–	–	
			с покрытием	–	–	–	–	–	
12.0	Пружинные стали	<1500	без покрытия	22	0,055	0,065	0,070	0,080	
			с покрытием	55	0,065	0,080	0,080	0,100	









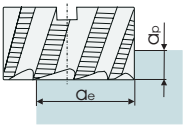
	∅ 63		∅ 80		∅ 100		∅ 125	
	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,085 0,120	0,075 0,085	0,085 0,100	0,105 0,120	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	– –	– –
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,120	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	– –	– –
	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	– –	– –
	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
	0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	– –	– –

Таблица 8.9 GARANT – Торцовые насадные фрезы (HSS-Co5/HSS-Co8/HSS-Co10)

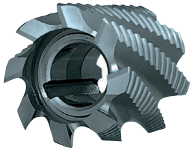
Каталож. № 181000; 181100; 181500; 181520; 181700; 181750; 181850; 182200; 182220; 182300; 182500; 182520; 182600, 182700; 182750

DIN 841; 1880 T1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Покрытие	v_c [м/мин]	∅ 40		∅ 50	
					a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD f_z [мм/зуб]	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	без покрытия с покрытием	14 40	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	без покрытия с покрытием	9 28	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	без покрытия с покрытием	9 28	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	без покрытия с покрытием	14 40	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
14.0	Спец. сплавы	<1200	без покрытия с покрытием	9 28	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	без покрытия с покрытием	22 55	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
15.1	Чугун (ВВ)	> 180 HB	без покрытия с покрытием	14 40	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	без покрытия с покрытием	22 55	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	без покрытия с покрытием	14 40	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	без покрытия с покрытием	28 68	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	без покрытия с покрытием	14 40	0,055 0,065	0,065 0,080	0,070 0,080	0,080 0,100
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	без покрытия с покрытием	200 350	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,080	0,130 0,150
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		без покрытия с покрытием	200 350	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,080	0,130 0,150
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		без покрытия с покрытием	– –	– –	– –	– –	– –
18.0	Медь, низколегир.	< 400	без покрытия с покрытием	60 90	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,008	0,130 0,150
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	без покрытия с покрытием	60 90	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,080	0,130 0,150
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	без покрытия с покрытием	50 80	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,080	0,130 0,150
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	без покрытия с покрытием	– –	– –	– –	– –	– –
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	без покрытия с покрытием	– –	– –	– –	– –	– –
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	без покрытия с покрытием	– –	– –	– –	– –	– –
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	без покрытия с покрытием	– –	– –	– –	– –	– –
19.0	Графит		без покрытия с покрытием	– –	– –	– –	– –	– –
20.0	Термопласт		без покрытия с покрытием	**200** **350**	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,080	0,130 0,150
20.1	Реактопласт		без покрытия с покрытием	**160** **300**	0,055 0,065	0,110 0,130	0,070 0,080	0,130 0,150
20.2	Стекло- и углепластик		– –	– –	– –	– –	– –	– –



∅ 63		∅ 80		∅ 100		∅ 125	
a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,2xD	a_e = 0,75xD a_p = 0,1xD
f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	0,085 0,100	0,105 0,125
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	– –	– –
0,075 0,085	0,085 0,120	0,085 0,100	0,105 0,120	0,085 0,100	0,105 0,125	– –	– –
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
0,075 0,085	0,130 0,160	0,085 0,100	0,135 0,160	0,085 0,100	0,155 0,180	0,085 0,100	0,155 0,180
– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –



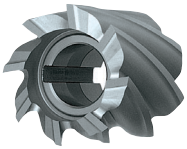
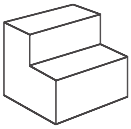
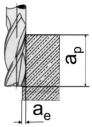


Таблица 8.10 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Контурная черновая обработка (контурное фрезерование)

f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	HSS, без покр.	–	–	28	0,002	28	0,003	28	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	78	0,002	78	0,003	78	0,005
			PM, с покрытием	–	–	83	0,002	83	0,003	83	0,005
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	HSS, без покр.	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	64	0,002	64	0,003	64	0,005
			PM, с покрытием	–	–	69	0,002	69	0,003	69	0,005
2.0	Автомат. стали	< 850	HSS, без покр.	–	–	26	0,002	26	0,003	26	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	69	0,002	69	0,003	69	0,005
			PM, с покрытием	–	–	74	0,002	74	0,003	74	0,005
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	–	–	20	0,002	20	0,003	20	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	64	0,002	64	0,003	64	0,005
			PM, с покрытием	–	–	69	0,002	69	0,003	69	0,005
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	HSS, без покр.	–	–	25	0,002	25	0,003	25	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	64	0,002	64	0,003	64	0,005
			PM, с покрытием	–	–	69	0,002	69	0,003	69	0,005
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	HSS, без покр.	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	55	0,002	55	0,003	55	0,005
			PM, с покрытием	–	–	64	0,002	64	0,003	64	0,005
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	–	–	18	0,002	18	0,003	18	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
			PM, с покрытием	–	–	51	0,002	51	0,003	51	0,005
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	–	–	17	0,002	17	0,003	17	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
			PM, с покрытием	–	–	51	0,002	51	0,003	51	0,005
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	HSS, без покр.	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	39	0,002	39	0,003	39	0,005
			PM, с покрытием	–	–	46	0,002	46	0,003	46	0,005
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	HSS, без покр.	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	55	0,002	55	0,003	55	0,005
			PM, с покрытием	–	–	64	0,002	64	0,003	64	0,005
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	HSS, без покр.	–	–	17	0,002	17	0,003	17	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	46	0,002	46	0,003	46	0,005
			PM, с покрытием	–	–	60	0,002	60	0,003	60	0,005
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	HSS, без покр.	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
			PM, с покрытием	–	–	51	0,002	51	0,003	51	0,005
7.0	Азотируемые стали	< 1000	HSS, без покр.	–	–	17	0,002	17	0,003	17	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	39	0,002	39	0,003	39	0,005
			PM, с покрытием	–	–	51	0,002	51	0,003	51	0,005
7.1	Азотируемые стали	> 1000	HSS, без покр.	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	32	0,002	32	0,003	32	0,005
			PM, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
8.0	Инструментал. стали	< 850	HSS, без покр.	–	–	20	0,002	20	0,003	20	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	35	0,002	35	0,003	35	0,005
			PM, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	HSS, без покр.	–	–	12	0,002	12	0,003	12	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	29	0,002	29	0,003	29	0,005
			PM, с покрытием	–	–	37	0,002	37	0,003	37	0,005
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	HSS, без покр.	–	–	7	0,002	7	0,003	7	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	25	0,002	25	0,003	25	0,005
			PM, с покрытием	–	–	32	0,002	32	0,003	32	0,005



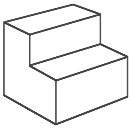


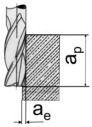
Диаметр [мм]														СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
28	0,009	28	0,012	28	0,017	28	0,027	28	0,037	28	0,060	28	0,060	эмульсия
78	0,009	78	0,012	78	0,017	78	0,027	78	0,037	78	0,060	78	0,060	эмульсия
83	0,010	83	0,014	83	0,020	83	0,032	83	0,044	83	0,071	83	0,071	эмульсия
23	0,007	23	0,010	23	0,015	23	0,024	23	0,032	23	0,053	23	0,053	эмульсия
64	0,007	64	0,010	64	0,015	64	0,024	64	0,032	64	0,053	64	0,053	эмульсия
69	0,010	69	0,014	69	0,020	69	0,032	69	0,044	69	0,065	69	0,065	эмульсия
26	0,007	26	0,010	26	0,015	26	0,024	26	0,032	26	0,053	26	0,053	эмульсия
69	0,007	69	0,010	69	0,015	69	0,024	69	0,032	69	0,053	69	0,053	эмульсия
74	0,010	74	0,014	74	0,020	74	0,032	74	0,044	74	0,065	74	0,065	эмульсия
20	0,007	20	0,010	20	0,015	20	0,024	20	0,032	20	0,053	20	0,053	эмульсия
64	0,007	64	0,010	64	0,015	64	0,024	64	0,032	64	0,053	64	0,053	эмульсия
69	0,010	69	0,014	69	0,020	69	0,032	69	0,044	69	0,065	69	0,065	эмульсия
25	0,007	25	0,010	25	0,015	25	0,024	25	0,032	25	0,053	25	0,053	эмульсия
64	0,007	64	0,010	64	0,015	64	0,024	64	0,032	64	0,053	64	0,053	эмульсия
69	0,010	69	0,014	69	0,020	69	0,032	69	0,044	69	0,065	69	0,065	эмульсия
23	0,007	23	0,010	23	0,015	23	0,024	23	0,032	23	0,053	23	0,053	эмульсия
55	0,007	55	0,010	55	0,015	55	0,024	55	0,032	55	0,053	55	0,053	эмульсия
64	0,010	64	0,014	64	0,020	64	0,032	64	0,044	64	0,065	64	0,065	эмульсия
18	0,007	18	0,010	18	0,015	18	0,024	18	0,032	18	0,053	18	0,053	эмульсия
41	0,007	41	0,010	41	0,015	41	0,024	41	0,032	41	0,053	41	0,053	эмульсия
51	0,010	51	0,014	51	0,020	51	0,032	51	0,044	51	0,065	51	0,065	эмульсия
17	0,007	17	0,010	17	0,015	17	0,024	17	0,032	17	0,053	17	0,053	эмульсия
41	0,007	41	0,010	41	0,015	41	0,024	41	0,032	41	0,053	41	0,053	эмульсия
51	0,010	51	0,014	51	0,020	51	0,032	51	0,044	51	0,065	51	0,065	эмульсия
14	0,009	14	0,012	14	0,017	14	0,027	14	0,037	14	0,060	14	0,060	эмульсия
39	0,009	39	0,012	39	0,017	39	0,027	39	0,037	39	0,060	39	0,060	эмульсия
46	0,010	46	0,014	46	0,020	46	0,032	46	0,044	46	0,071	46	0,071	эмульсия
23	0,007	23	0,010	23	0,015	23	0,024	23	0,032	23	0,053	23	0,053	эмульсия
55	0,007	55	0,010	55	0,015	55	0,024	55	0,032	55	0,053	55	0,053	эмульсия
64	0,010	64	0,014	64	0,020	64	0,032	64	0,044	64	0,065	64	0,065	эмульсия
17	0,007	17	0,010	17	0,015	17	0,024	17	0,032	17	0,053	17	0,053	эмульсия
46	0,007	46	0,010	46	0,015	46	0,024	46	0,032	46	0,053	46	0,053	эмульсия
60	0,010	60	0,014	60	0,020	60	0,032	60	0,044	60	0,065	60	0,065	эмульсия
14	0,009	14	0,012	14	0,017	14	0,027	14	0,037	14	0,060	14	0,060	эмульсия
41	0,009	41	0,012	41	0,017	41	0,027	41	0,037	41	0,060	41	0,060	эмульсия
51	0,010	51	0,014	51	0,020	51	0,032	51	0,044	51	0,071	51	0,071	эмульсия
17	0,007	17	0,010	17	0,015	17	0,024	17	0,032	17	0,053	17	0,053	эмульсия
39	0,007	39	0,010	39	0,015	39	0,024	39	0,032	39	0,053	39	0,053	эмульсия
51	0,010	51	0,014	51	0,020	51	0,032	51	0,044	51	0,065	51	0,065	эмульсия
14	0,009	14	0,012	14	0,017	14	0,027	14	0,037	14	0,060	14	0,060	эмульсия
32	0,009	32	0,012	32	0,017	32	0,027	32	0,037	32	0,060	32	0,060	эмульсия
41	0,010	41	0,014	41	0,020	41	0,032	41	0,044	41	0,071	41	0,071	эмульсия
20	0,007	20	0,010	20	0,015	20	0,024	20	0,032	20	0,053	20	0,053	эмульсия
35	0,007	35	0,010	35	0,015	35	0,024	35	0,032	35	0,053	35	0,053	эмульсия
41	0,010	41	0,014	41	0,020	41	0,032	41	0,044	41	0,065	41	0,065	эмульсия
12	0,009	12	0,012	12	0,017	12	0,027	12	0,037	12	0,060	12	0,060	эмульсия
29	0,009	29	0,012	29	0,017	29	0,027	29	0,037	29	0,060	29	0,060	эмульсия
37	0,010	37	0,014	37	0,020	37	0,032	37	0,044	37	0,071	37	0,071	эмульсия
7	0,009	7	0,012	7	0,017	7	0,027	7	0,037	7	0,060	7	0,060	эмульсия
25	0,009	25	0,012	25	0,017	25	0,027	25	0,037	25	0,060	25	0,060	эмульсия
32	0,010	32	0,014	32	0,020	32	0,032	32	0,044	32	0,071	32	0,071	эмульсия

Таблица 8.10 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Контурная черновая обработка (контурное фрезерование)

f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	HSS, без покр.	–	–	6	0,002	6	0,003	6	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	21	0,002	21	0,003	21	0,005
			PM, с покрытием	–	–	26	0,002	26	0,003	26	0,005
10.0	Закалённые стали	45 – 55 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	HSS, без покр.	–	–	7	0,002	7	0,003	7	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	18	0,002	18	0,003	18	0,005
			PM, с покрытием	–	–	28	0,002	28	0,003	28	0,005
11.1	Износост. констр. стали	1800	HSS, без покр.	–	–	4	0,002	4	0,003	4	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	7	0,002	7	0,003	7	0,005
			PM, с покрытием	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
12.0	Пружинные стали	<1500	HSS, без покр.	–	–	6	0,002	6	0,003	6	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			PM, с покрытием	–	–	21	0,002	21	0,003	21	0,005
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	HSS, без покр.	–	–	18	0,002	18	0,003	18	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	28	0,002	28	0,003	28	0,005
			PM, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	HSS, без покр.	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
			PM, с покрытием	–	–	32	0,002	32	0,003	32	0,005
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	HSS, без покр.	–	–	9	0,002	9	0,003	9	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	17	0,002	17	0,003	17	0,005
			PM, с покрытием	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	HSS, без покр.	–	–	7	0,002	7	0,003	7	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			PM, с покрытием	–	–	18	0,002	18	0,003	18	0,005
14.0	Спец. сплавы	<1200	HSS, без покр.	–	–	5	0,002	5	0,003	5	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	9	0,002	9	0,003	9	0,005
			PM, с покрытием	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	HSS, без покр.	–	–	26	0,002	26	0,003	26	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	60	0,002	60	0,003	60	0,005
			PM, с покрытием	–	–	64	0,002	64	0,003	64	0,005
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	46	0,002	46	0,003	46	0,005
			PM, с покрытием	–	–	55	0,002	55	0,003	55	0,005
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	–	–	20	0,002	20	0,003	20	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	37	0,002	37	0,003	37	0,005
			PM, с покрытием	–	–	41	0,002	41	0,003	41	0,005
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	HSS, без покр.	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	26	0,002	26	0,003	26	0,005
			PM, с покрытием	–	–	32	0,002	32	0,003	32	0,005



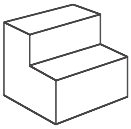


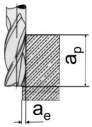
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
6	0,009	6	0,012	6	0,017	6	0,027	6	0,037	6	0,060	6	0,060	эмульсия
21	0,009	21	0,012	21	0,017	21	0,027	21	0,037	21	0,060	21	0,060	эмульсия
26	0,010	26	0,014	26	0,020	26	0,032	26	0,044	26	0,071	26	0,071	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	0,009	7	0,012	7	0,017	7	0,027	7	0,037	7	0,060	7	0,060	эмульсия
18	0,009	18	0,012	18	0,017	18	0,027	18	0,037	18	0,060	18	0,060	эмульсия
28	0,010	28	0,014	28	0,020	28	0,032	28	0,044	28	0,071	28	0,071	эмульсия
4	0,009	4	0,012	4	0,017	4	0,027	4	0,037	4	0,060	4	0,060	эмульсия
7	0,009	7	0,012	7	0,017	7	0,027	7	0,037	7	0,060	7	0,060	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,071	14	0,071	эмульсия
6	0,009	6	0,012	6	0,017	6	0,027	6	0,037	6	0,060	6	0,060	эмульсия
14	0,009	14	0,012	14	0,017	14	0,027	14	0,037	14	0,060	14	0,060	эмульсия
21	0,010	21	0,014	21	0,020	21	0,032	21	0,044	21	0,071	21	0,071	эмульсия
18	0,007	18	0,010	18	0,015	18	0,024	18	0,032	18	0,053	18	0,053	эмульсия
28	0,007	28	0,010	28	0,015	28	0,024	28	0,032	28	0,053	28	0,053	эмульсия
41	0,010	41	0,014	41	0,020	41	0,032	41	0,044	41	0,065	41	0,065	эмульсия
14	0,007	14	0,010	14	0,015	14	0,024	14	0,032	14	0,053	14	0,053	эмульсия
23	0,007	23	0,010	23	0,015	23	0,024	23	0,032	23	0,053	23	0,053	эмульсия
32	0,010	32	0,014	32	0,020	32	0,032	32	0,044	32	0,065	32	0,065	эмульсия
9	0,007	9	0,010	9	0,015	9	0,024	9	0,032	9	0,053	9	0,053	эмульсия
17	0,007	17	0,010	17	0,015	17	0,024	17	0,032	17	0,053	17	0,053	эмульсия
23	0,010	23	0,014	23	0,020	23	0,032	23	0,044	23	0,065	23	0,065	эмульсия
7	0,009	7	0,012	7	0,017	7	0,027	7	0,037	7	0,060	7	0,060	эмульсия
14	0,009	14	0,012	14	0,017	14	0,027	14	0,037	14	0,060	14	0,060	эмульсия
18	0,010	18	0,014	18	0,020	18	0,032	18	0,044	18	0,071	18	0,071	эмульсия
5	0,009	5	0,012	5	0,017	5	0,027	5	0,037	5	0,060	5	0,060	эмульсия
9	0,009	9	0,012	9	0,017	9	0,027	9	0,037	9	0,060	9	0,060	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,071	14	0,071	эмульсия
26	0,007	26	0,010	26	0,015	26	0,024	26	0,032	26	0,053	26	0,053	эмульсия
60	0,007	60	0,010	60	0,015	60	0,024	60	0,032	60	0,053	60	0,053	эмульсия
64	0,010	64	0,014	64	0,020	64	0,032	64	0,044	64	0,065	64	0,065	эмульсия
23	0,007	23	0,010	23	0,015	23	0,024	23	0,032	23	0,053	23	0,053	эмульсия
46	0,007	46	0,010	46	0,015	46	0,024	46	0,032	46	0,053	46	0,053	эмульсия
55	0,010	55	0,014	55	0,020	55	0,032	55	0,044	55	0,065	55	0,065	эмульсия
20	0,007	20	0,010	20	0,015	20	0,024	20	0,032	20	0,053	20	0,053	эмульсия
37	0,007	37	0,010	37	0,015	37	0,024	37	0,032	37	0,053	37	0,053	эмульсия
41	0,010	41	0,014	41	0,020	41	0,032	41	0,044	41	0,065	41	0,065	эмульсия
14	0,007	14	0,010	14	0,015	14	0,024	14	0,032	14	0,053	14	0,053	эмульсия
26	0,007	26	0,010	26	0,015	26	0,024	26	0,032	26	0,053	26	0,053	эмульсия
32	0,010	32	0,014	32	0,020	32	0,032	32	0,044	32	0,065	32	0,065	эмульсия

Таблица 8.10 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Контурная черновая обработка (контурное фрезерование)

f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	HSS, без покр.	–	–	7	0,002	7	0,003	7	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	16	0,002	16	0,003	16	0,005
			PM, с покрытием	–	–	23	0,002	23	0,003	23	0,005
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	HSS, без покр.	–	–	5	0,002	5	0,003	5	0,005
			HSS, с покрытием	–	–	9	0,002	9	0,003	9	0,005
			PM, с покрытием	–	–	14	0,002	14	0,003	14	0,005
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	HSS, без покр.	–	–	138	0,003	138	0,005	138	0,007
			HSS, с покрытием	–	–	202	0,003	202	0,005	202	0,007
			PM, с покрытием	–	–	221	0,003	221	0,007	221	0,009
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		HSS, без покр.	–	–	83	0,005	83	0,007	83	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	120	0,005	120	0,007	120	0,010
			PM, с покрытием	–	–	138	0,005	138	0,010	138	0,012
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		HSS, без покр.	–	–	37	0,005	37	0,007	37	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	101	0,005	101	0,007	101	0,010
			PM, с покрытием	–	–	110	0,005	110	0,010	110	0,012
18.0	Медь, низколегир.	< 400	HSS, без покр.	–	–	55	0,005	55	0,007	55	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	92	0,005	92	0,007	92	0,010
			PM, с покрытием	–	–	110	0,005	110	0,010	110	0,012
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	–	–	55	0,005	55	0,007	55	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	92	0,005	92	0,007	92	0,010
			PM, с покрытием	–	–	110	0,005	110	0,010	110	0,012
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	HSS, без покр.	–	–	37	0,005	37	0,007	37	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	83	0,005	83	0,007	83	0,010
			PM, с покрытием	–	–	92	0,005	92	0,010	92	0,012
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	–	–	37	0,005	37	0,007	37	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	83	0,005	83	0,007	83	0,010
			PM, с покрытием	–	–	92	0,005	92	0,010	92	0,012
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	HSS, без покр.	–	–	28	0,005	28	0,007	28	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	64	0,005	64	0,007	64	0,010
			PM, с покрытием	–	–	74	0,005	74	0,010	74	0,012
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	HSS, без покр.	–	–	23	0,005	23	0,007	23	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	51	0,005	51	0,007	51	0,010
			PM, с покрытием	–	–	64	0,005	64	0,010	64	0,012
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	HSS, без покр.	–	–	14	0,005	14	0,007	14	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	41	0,005	41	0,007	41	0,010
			PM, с покрытием	–	–	46	0,005	46	0,010	46	0,012
19.0	Графит		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт		HSS, без покр.	–	–	51	0,005	51	0,007	51	0,010
			HSS, с покрытием	–	–	51	0,005	51	0,007	51	0,010
			PM, с покрытием	–	–	64	0,005	64	0,010	64	0,012
20.1	Реактопласт		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–



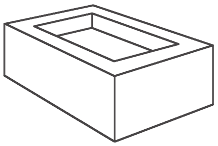


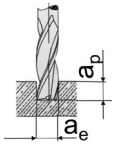
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]		
7	0,009	7	0,012	7	0,017	7	0,027	7	0,037	7	0,060	7	0,060	эмульсия	
16	0,009	16	0,012	16	0,017	16	0,027	16	0,037	16	0,060	16	0,060	эмульсия	
23	0,010	23	0,014	23	0,020	23	0,032	23	0,044	23	0,071	23	0,071	эмульсия	
5	0,009	5	0,012	5	0,017	5	0,027	5	0,037	5	0,060	5	0,060	эмульсия	
9	0,009	9	0,012	9	0,017	9	0,027	9	0,037	9	0,060	9	0,060	эмульсия	
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,071	14	0,071	эмульсия	
138	0,010	138	0,014	138	0,024	138	0,036	138	0,049	138	0,085	138	0,085	эмульсия	
202	0,010	202	0,014	202	0,024	202	0,036	202	0,049	202	0,085	202	0,085	эмульсия	
221	0,012	221	0,017	221	0,029	221	0,043	221	0,060	221	0,102	221	0,102	эмульсия	
83	0,014	83	0,019	83	0,033	83	0,050	83	0,062	83	0,094	83	0,094	эмульсия	
120	0,014	120	0,019	120	0,033	120	0,050	120	0,062	120	0,094	120	0,094	эмульсия	
138	0,017	138	0,024	138	0,040	138	0,060	138	0,074	138	0,112	138	0,112	эмульсия	
37	0,018	37	0,024	37	0,039	37	0,061	37	0,069	37	0,102	37	0,102	эмульсия	
101	0,018	101	0,024	101	0,039	101	0,061	101	0,069	101	0,102	101	0,102	эмульсия	
110	0,021	110	0,030	110	0,048	110	0,072	110	0,083	110	0,122	110	0,122	эмульсия	
55	0,014	55	0,019	55	0,033	55	0,050	55	0,062	55	0,094	55	0,094	эмульсия	
92	0,014	92	0,019	92	0,033	92	0,050	92	0,062	92	0,094	92	0,094	эмульсия	
110	0,017	110	0,024	110	0,040	110	0,060	110	0,074	110	0,112	110	0,112	эмульсия	
55	0,014	55	0,019	55	0,033	55	0,050	55	0,062	55	0,094	55	0,094	Нет	
92	0,014	92	0,019	92	0,033	92	0,050	92	0,062	92	0,094	92	0,094	Нет	
110	0,017	110	0,024	110	0,040	110	0,060	110	0,074	110	0,112	110	0,112	Нет	
37	0,014	37	0,019	37	0,033	37	0,050	37	0,062	37	0,094	37	0,094	Нет	
83	0,014	83	0,019	83	0,033	83	0,050	83	0,062	83	0,094	83	0,094	Нет	
92	0,017	92	0,024	92	0,040	92	0,060	92	0,074	92	0,112	92	0,112	Нет	
37	0,014	37	0,019	37	0,033	37	0,050	37	0,062	37	0,094	37	0,094	Нет	
83	0,014	83	0,019	83	0,033	83	0,050	83	0,062	83	0,094	83	0,094	Нет	
92	0,017	92	0,024	92	0,040	92	0,060	92	0,074	92	0,112	92	0,112	Нет	
28	0,014	28	0,019	28	0,033	28	0,050	28	0,062	28	0,094	28	0,094	Нет	
64	0,014	64	0,019	64	0,033	64	0,050	64	0,062	64	0,094	64	0,094	Нет	
74	0,017	74	0,024	74	0,040	74	0,060	74	0,074	74	0,112	74	0,112	Нет	
23	0,014	23	0,019	23	0,033	23	0,050	23	0,062	23	0,094	23	0,094	эмульсия	
51	0,014	51	0,019	51	0,033	51	0,050	51	0,062	51	0,094	51	0,094	эмульсия	
64	0,017	64	0,024	64	0,040	64	0,060	64	0,074	64	0,112	64	0,112	эмульсия	
14	0,018	14	0,024	14	0,039	14	0,061	14	0,069	14	0,102	14	0,102	эмульсия	
41	0,018	41	0,024	41	0,039	41	0,061	41	0,069	41	0,102	41	0,102	эмульсия	
46	0,021	46	0,030	46	0,048	46	0,072	46	0,083	46	0,122	46	0,122	эмульсия	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
51	0,014	51	0,019	51	0,033	51	0,050	51	0,062	51	0,094	51	0,094	сух./ воздух	
51	0,014	51	0,019	51	0,033	51	0,050	51	0,062	51	0,094	51	0,094	сух./ воздух	
64	0,017	64	0,024	64	0,040	64	0,060	64	0,074	64	0,112	64	0,112	сух./ воздух	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

Таблица 8.11 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	HSS, без покр.	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
			HSS, с покрытием	78	0,001	78	0,001	78	0,002	78	0,003
			PM, с покрытием	83	0,001	83	0,001	83	0,002	83	0,003
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,002	64	0,003
			PM, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,002	69	0,003
2.0	Автомат. стали	< 850	HSS, без покр.	26	0,001	26	0,001	26	0,002	26	0,003
			HSS, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,002	69	0,003
			PM, с покрытием	74	0,001	74	0,001	74	0,002	74	0,003
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,002	64	0,003
			PM, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,002	69	0,003
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,002	64	0,003
			PM, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,002	69	0,003
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
			HSS, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,002	64	0,003
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,002	51	0,003
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,003
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,002	51	0,003
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			HSS, с покрытием	39	0,001	39	0,001	39	0,002	39	0,003
			PM, с покрытием	46	0,001	46	0,001	46	0,002	46	0,003
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
			HSS, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,002	64	0,003
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,003
			HSS, с покрытием	46	0,001	46	0,001	46	0,002	46	0,003
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,003
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,002	51	0,003
7.0	Азотируемые стали	< 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,003
			HSS, с покрытием	39	0,001	39	0,001	39	0,002	39	0,003
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,002	51	0,003
7.1	Азотируемые стали	> 1000	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			HSS, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,002	32	0,003
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
8.0	Инструментал. стали	< 850	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			HSS, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,003
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	HSS, без покр.	12	0,001	12	0,001	12	0,002	12	0,003
			HSS, с покрытием	29	0,001	29	0,001	29	0,002	29	0,003
			PM, с покрытием	37	0,001	37	0,001	37	0,002	37	0,003
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,002	7	0,003
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			PM, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,002	32	0,003



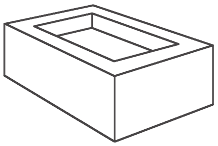


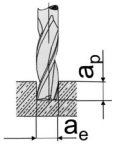
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
28	0,005	28	0,007	28	0,010	28	0,016	28	0,025	28	0,028	28	0,035	эмульсия
78	0,005	78	0,007	78	0,010	78	0,016	78	0,025	78	0,028	78	0,035	эмульсия
83	0,006	83	0,008	83	0,012	83	0,019	83	0,029	83	0,033	83	0,042	эмульсия
23	0,004	23	0,006	23	0,009	23	0,014	23	0,021	23	0,025	23	0,031	эмульсия
64	0,004	64	0,006	64	0,009	64	0,014	64	0,021	64	0,025	64	0,031	эмульсия
69	0,006	69	0,008	69	0,012	69	0,019	69	0,029	69	0,033	69	0,038	эмульсия
26	0,004	26	0,006	26	0,009	26	0,014	26	0,021	26	0,025	26	0,031	эмульсия
69	0,004	69	0,006	69	0,009	69	0,014	69	0,021	69	0,025	69	0,031	эмульсия
74	0,006	74	0,008	74	0,012	74	0,019	74	0,029	74	0,033	74	0,038	эмульсия
20	0,004	20	0,006	20	0,009	20	0,014	20	0,021	20	0,025	20	0,031	эмульсия
64	0,004	64	0,006	64	0,009	64	0,014	64	0,021	64	0,025	64	0,031	эмульсия
69	0,006	69	0,008	69	0,012	69	0,019	69	0,029	69	0,033	69	0,038	эмульсия
25	0,004	25	0,006	25	0,009	25	0,014	25	0,021	25	0,025	25	0,031	эмульсия
64	0,004	64	0,006	64	0,009	64	0,014	64	0,021	64	0,025	64	0,031	эмульсия
69	0,006	69	0,008	69	0,012	69	0,019	69	0,029	69	0,033	69	0,038	эмульсия
23	0,004	23	0,006	23	0,009	23	0,014	23	0,021	23	0,025	23	0,031	эмульсия
55	0,004	55	0,006	55	0,009	55	0,014	55	0,021	55	0,025	55	0,031	эмульсия
64	0,006	64	0,008	64	0,012	64	0,019	64	0,029	64	0,033	64	0,038	эмульсия
18	0,004	18	0,006	18	0,009	18	0,014	18	0,021	18	0,025	18	0,031	эмульсия
41	0,004	41	0,006	41	0,009	41	0,014	41	0,021	41	0,025	41	0,031	эмульсия
51	0,006	51	0,008	51	0,012	51	0,019	51	0,029	51	0,033	51	0,038	эмульсия
17	0,004	17	0,006	17	0,009	17	0,014	17	0,021	17	0,025	17	0,031	эмульсия
41	0,004	41	0,006	41	0,009	41	0,014	41	0,021	41	0,025	41	0,031	эмульсия
51	0,006	51	0,008	51	0,012	51	0,019	51	0,029	51	0,033	51	0,038	эмульсия
14	0,005	14	0,007	14	0,010	14	0,016	14	0,025	14	0,028	14	0,035	эмульсия
39	0,005	39	0,007	39	0,010	39	0,016	39	0,025	39	0,028	39	0,035	эмульсия
46	0,006	46	0,008	46	0,020	46	0,019	46	0,029	46	0,033	46	0,042	эмульсия
23	0,004	23	0,006	23	0,009	23	0,014	23	0,021	23	0,025	23	0,031	эмульсия
55	0,004	55	0,006	55	0,009	55	0,014	55	0,021	55	0,025	55	0,031	эмульсия
64	0,006	64	0,008	64	0,012	64	0,019	64	0,029	64	0,033	64	0,038	эмульсия
17	0,004	17	0,006	17	0,009	17	0,014	17	0,021	17	0,025	17	0,031	эмульсия
46	0,004	46	0,006	46	0,009	46	0,014	46	0,021	46	0,025	46	0,031	эмульсия
60	0,006	60	0,008	60	0,012	60	0,019	60	0,029	60	0,033	60	0,038	эмульсия
14	0,005	14	0,007	14	0,010	14	0,016	14	0,025	14	0,028	14	0,035	эмульсия
41	0,005	41	0,007	41	0,010	41	0,016	41	0,025	41	0,028	41	0,035	эмульсия
51	0,006	51	0,008	51	0,020	51	0,019	51	0,029	51	0,033	51	0,042	эмульсия
17	0,004	17	0,006	17	0,009	17	0,014	17	0,021	17	0,025	17	0,031	эмульсия
39	0,004	39	0,006	39	0,009	39	0,014	39	0,021	39	0,025	39	0,031	эмульсия
51	0,006	51	0,008	51	0,012	51	0,019	51	0,029	51	0,033	51	0,038	эмульсия
14	0,005	14	0,007	14	0,010	14	0,016	14	0,025	14	0,028	14	0,035	эмульсия
32	0,005	32	0,007	32	0,010	32	0,016	32	0,025	32	0,028	32	0,035	эмульсия
41	0,006	41	0,008	41	0,012	41	0,019	41	0,029	41	0,033	41	0,042	эмульсия
20	0,004	20	0,006	20	0,009	20	0,014	20	0,021	20	0,025	20	0,031	эмульсия
35	0,004	35	0,006	35	0,009	35	0,014	35	0,021	35	0,025	35	0,031	эмульсия
41	0,006	41	0,008	41	0,012	41	0,019	41	0,029	41	0,033	41	0,038	эмульсия
12	0,005	12	0,007	12	0,010	12	0,016	12	0,025	12	0,028	12	0,035	эмульсия
29	0,005	29	0,007	29	0,010	29	0,016	29	0,025	29	0,028	29	0,035	эмульсия
37	0,006	37	0,008	37	0,012	37	0,019	37	0,029	37	0,033	37	0,042	эмульсия
7	0,005	7	0,007	7	0,010	7	0,016	7	0,025	7	0,028	7	0,035	эмульсия
25	0,005	25	0,007	25	0,010	25	0,016	25	0,025	25	0,028	25	0,035	эмульсия
32	0,006	32	0,008	32	0,012	32	0,019	32	0,029	32	0,033	32	0,042	эмульсия

Таблица 8.11 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	HSS, без покр.	6	0,001	6	0,001	6	0,002	6	0,003
			HSS, с покрытием	21	0,001	21	0,001	21	0,002	21	0,003
			PM, с покрытием	26	0,001	26	0,001	26	0,002	26	0,003
10.0	Закалённые стали	45 – 55 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,002	7	0,003
			HSS, с покрытием	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			PM, с покрытием	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
11.1	Износост. констр. стали	1800	HSS, без покр.	4	0,001	4	0,001	4	0,002	4	0,003
			HSS, с покрытием	7	0,001	7	0,001	7	0,002	7	0,003
			PM, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
12.0	Пружинные стали	<1500	HSS, без покр.	6	0,001	6	0,001	6	0,002	6	0,003
			HSS, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			PM, с покрытием	21	0,001	21	0,001	21	0,002	21	0,003
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			HSS, с покрытием	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			HSS, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
			PM, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,002	32	0,003
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	HSS, без покр.	9	0,001	9	0,001	9	0,002	9	0,003
			HSS, с покрытием	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,003
			PM, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,002	7	0,003
			HSS, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			PM, с покрытием	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
14.0	Спец. сплавы	<1200	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,002	5	0,003
			HSS, с покрытием	9	0,001	9	0,001	9	0,002	9	0,003
			PM, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
15.0	Чугун	< 180 HB	HSS, без покр.	26	0,001	26	0,001	26	0,002	26	0,003
			HSS, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,003
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,002	64	0,003
15.1	Чугун	> 180 HB	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
			HSS, с покрытием	46	0,001	46	0,001	46	0,002	46	0,003
			PM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			HSS, с покрытием	37	0,001	37	0,001	37	0,002	37	0,003
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,002	41	0,003
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
			HSS, с покрытием	26	0,001	26	0,001	26	0,002	26	0,003
			PM, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,002	32	0,003



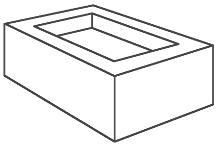


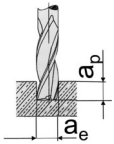
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
6	0,005	6	0,007	6	0,010	6	0,016	6	0,025	6	0,028	6	0,035	эмульсия
21	0,005	21	0,007	21	0,010	21	0,016	21	0,025	21	0,028	21	0,035	эмульсия
26	0,006	26	0,008	26	0,012	26	0,019	26	0,029	26	0,033	26	0,042	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	0,005	7	0,007	7	0,010	7	0,016	7	0,025	7	0,028	7	0,035	эмульсия
18	0,005	18	0,007	18	0,010	18	0,016	18	0,025	18	0,028	18	0,035	эмульсия
28	0,006	28	0,008	28	0,012	28	0,019	28	0,029	28	0,033	28	0,042	эмульсия
4	0,005	4	0,007	4	0,010	4	0,016	4	0,025	4	0,028	4	0,035	эмульсия
7	0,005	7	0,007	7	0,010	7	0,016	7	0,025	7	0,028	7	0,035	эмульсия
14	0,006	14	0,008	14	0,012	14	0,019	14	0,029	14	0,033	14	0,042	эмульсия
6	0,005	6	0,007	6	0,010	6	0,016	6	0,25	6	0,028	6	0,035	эмульсия
14	0,005	14	0,007	14	0,010	14	0,016	14	0,25	14	0,028	14	0,035	эмульсия
21	0,006	21	0,008	21	0,012	21	0,019	21	0,29	21	0,033	21	0,042	эмульсия
18	0,004	18	0,006	18	0,009	18	0,014	18	0,021	18	0,025	18	0,031	эмульсия
28	0,004	28	0,006	28	0,009	28	0,014	28	0,021	28	0,025	28	0,031	эмульсия
41	0,006	41	0,008	41	0,012	41	0,019	41	0,029	41	0,033	41	0,038	эмульсия
14	0,004	14	0,006	14	0,009	14	0,014	14	0,021	14	0,025	14	0,031	эмульсия
23	0,004	23	0,006	23	0,009	23	0,014	23	0,021	23	0,025	23	0,031	эмульсия
32	0,006	32	0,008	32	0,012	32	0,019	32	0,029	32	0,033	32	0,038	эмульсия
9	0,004	9	0,006	9	0,009	9	0,014	9	0,021	9	0,025	9	0,031	эмульсия
17	0,004	17	0,006	17	0,009	17	0,014	17	0,021	17	0,025	17	0,031	эмульсия
23	0,006	23	0,008	23	0,012	23	0,019	23	0,029	23	0,033	23	0,038	эмульсия
7	0,005	7	0,007	7	0,010	7	0,016	7	0,025	7	0,028	7	0,035	эмульсия
14	0,005	14	0,007	14	0,010	14	0,016	14	0,025	14	0,028	14	0,035	эмульсия
18	0,006	18	0,008	18	0,012	18	0,019	18	0,029	18	0,033	18	0,042	эмульсия
5	0,005	5	0,007	5	0,010	5	0,016	5	0,25	5	0,028	5	0,035	эмульсия
9	0,005	9	0,007	9	0,010	9	0,016	9	0,25	9	0,028	9	0,035	эмульсия
14	0,006	14	0,008	14	0,012	14	0,019	14	0,29	14	0,033	14	0,042	эмульсия
26	0,004	26	0,006	26	0,009	26	0,014	26	0,021	26	0,025	26	0,031	Нет
60	0,004	60	0,006	60	0,009	60	0,014	60	0,021	60	0,025	60	0,031	Нет
64	0,006	64	0,008	64	0,012	64	0,019	64	0,029	64	0,033	64	0,038	Нет
23	0,004	23	0,006	23	0,009	23	0,014	23	0,021	23	0,025	23	0,031	Нет
46	0,004	46	0,006	46	0,009	46	0,014	46	0,021	46	0,025	46	0,031	Нет
55	0,006	55	0,008	55	0,012	55	0,019	55	0,029	55	0,033	55	0,038	Нет
20	0,004	20	0,006	20	0,009	20	0,014	20	0,021	20	0,025	20	0,031	эмульсия
37	0,004	37	0,006	37	0,009	37	0,014	37	0,021	37	0,025	37	0,031	эмульсия
41	0,006	41	0,008	41	0,012	41	0,019	41	0,029	41	0,033	41	0,038	эмульсия
14	0,004	14	0,006	14	0,009	14	0,014	14	0,021	14	0,025	14	0,031	эмульсия
26	0,004	26	0,006	26	0,009	26	0,014	26	0,021	26	0,025	26	0,031	эмульсия
32	0,006	32	0,008	32	0,012	32	0,019	32	0,029	32	0,033	32	0,038	эмульсия

Таблица 8.11 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,002	7	0,003
			HSS, с покрытием	16	0,001	16	0,001	16	0,002	16	0,003
			PM, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,002	5	0,003
			HSS, с покрытием	9	0,001	9	0,001	9	0,002	9	0,003
			PM, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,002	14	0,003
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	HSS, без покр.	138	0,001	138	0,002	138	0,003	138	0,004
			HSS, с покрытием	202	0,001	202	0,002	202	0,003	202	0,004
			PM, с покрытием	221	0,001	221	0,002	221	0,004	221	0,005
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		HSS, без покр.	83	0,001	83	0,003	83	0,004	83	0,006
			HSS, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,004	120	0,006
			PM, с покрытием	138	0,001	138	0,003	138	0,006	138	0,007
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		HSS, без покр.	37	0,001	37	0,003	37	0,004	37	0,006
			HSS, с покрытием	101	0,001	101	0,003	101	0,004	101	0,006
			PM, с покрытием	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,007
18.0	Медь, низколегир.	< 400	HSS, без покр.	55	0,001	55	0,003	55	0,004	55	0,006
			HSS, с покрытием	92	0,001	92	0,003	92	0,004	92	0,006
			PM, с покрытием	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,007
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	55	0,001	55	0,003	55	0,004	55	0,006
			HSS, с покрытием	92	0,001	92	0,003	92	0,004	92	0,006
			PM, с покрытием	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,007
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	HSS, без покр.	37	0,001	37	0,003	37	0,004	37	0,006
			HSS, с покрытием	83	0,001	83	0,003	83	0,004	83	0,006
			PM, с покрытием	92	0,001	92	0,003	92	0,006	92	0,007
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	37	0,001	37	0,003	37	0,004	37	0,006
			HSS, с покрытием	83	0,001	83	0,003	83	0,004	83	0,006
			PM, с покрытием	92	0,001	92	0,003	92	0,006	92	0,007
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	HSS, без покр.	28	0,001	28	0,003	28	0,004	28	0,006
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,003	64	0,004	64	0,006
			PM, с покрытием	74	0,001	74	0,003	74	0,006	74	0,007
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,003	23	0,004	23	0,006
			HSS, с покрытием	51	0,001	51	0,003	51	0,004	51	0,006
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,003	64	0,006	64	0,007
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,003	14	0,004	14	0,006
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,003	41	0,004	41	0,006
			PM, с покрытием	46	0,001	46	0,003	46	0,006	46	0,007
19.0	Графит		HSS, без покр.	21	0,001	21	0,001	21	0,002	21	0,003
			HSS, с покрытием	31	0,001	31	0,001	31	0,002	31	0,003
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт		HSS, без покр.	51	0,001	51	0,003	51	0,004	51	0,006
			HSS, с покрытием	51	0,001	51	0,003	51	0,004	51	0,006
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,003	64	0,006	64	0,007
20.1	Реактопласт		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–



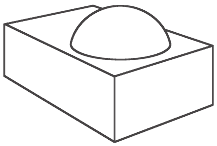


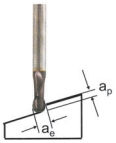
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
7	0,005	7	0,007	7	0,010	7	0,016	7	0,025	7	0,028	7	0,035	эмульсия
16	0,005	16	0,007	16	0,010	16	0,016	16	0,025	16	0,028	16	0,035	эмульсия
23	0,006	23	0,008	23	0,012	23	0,019	23	0,029	23	0,033	23	0,042	эмульсия
5	0,005	5	0,007	5	0,010	5	0,016	5	0,025	5	0,028	5	0,035	эмульсия
9	0,005	9	0,007	9	0,010	9	0,016	9	0,025	9	0,028	9	0,035	эмульсия
14	0,006	14	0,008	14	0,012	14	0,019	14	0,029	14	0,033	14	0,042	эмульсия
138	0,006	138	0,008	138	0,014	138	0,021	138	0,032	138	0,037	138	0,050	эмульсия
202	0,006	202	0,008	202	0,014	202	0,021	202	0,032	202	0,037	202	0,050	эмульсия
221	0,007	221	0,010	221	0,017	221	0,025	221	0,039	221	0,044	221	0,060	эмульсия
83	0,008	83	0,011	83	0,020	83	0,029	83	0,041	83	0,046	83	0,055	эмульсия
120	0,008	120	0,011	120	0,020	120	0,029	120	0,041	120	0,046	120	0,055	эмульсия
138	0,010	138	0,014	138	0,024	138	0,035	138	0,049	138	0,055	138	0,066	эмульсия
37	0,011	37	0,014	37	0,023	37	0,036	37	0,045	37	0,050	37	0,060	эмульсия
101	0,011	101	0,014	101	0,023	101	0,036	101	0,045	101	0,050	101	0,060	эмульсия
110	0,012	110	0,018	110	0,028	110	0,043	110	0,055	110	0,059	110	0,072	эмульсия
55	0,008	55	0,011	55	0,020	55	0,029	55	0,041	55	0,046	55	0,055	эмульсия
92	0,008	92	0,011	92	0,020	92	0,029	92	0,041	92	0,046	92	0,055	эмульсия
110	0,010	110	0,014	110	0,024	110	0,035	110	0,049	110	0,055	110	0,066	эмульсия
55	0,008	55	0,011	55	0,020	55	0,029	55	0,041	55	0,046	55	0,055	Нет
92	0,008	92	0,011	92	0,020	92	0,029	92	0,041	92	0,046	92	0,055	Нет
110	0,010	110	0,014	110	0,024	110	0,035	110	0,049	110	0,055	110	0,066	Нет
37	0,008	37	0,011	37	0,020	37	0,029	37	0,041	37	0,046	37	0,055	Нет
83	0,008	83	0,011	83	0,020	83	0,029	83	0,041	83	0,046	83	0,055	Нет
92	0,010	92	0,014	92	0,024	92	0,035	92	0,049	92	0,055	92	0,066	Нет
37	0,008	37	0,011	37	0,020	37	0,029	37	0,041	37	0,046	37	0,055	Нет
83	0,008	83	0,011	83	0,020	83	0,029	83	0,041	83	0,046	83	0,055	Нет
92	0,010	92	0,014	92	0,024	92	0,035	92	0,049	92	0,055	92	0,066	Нет
28	0,008	28	0,011	28	0,020	28	0,029	28	0,041	28	0,046	28	0,055	Нет
64	0,008	64	0,011	64	0,020	64	0,029	64	0,041	64	0,046	64	0,055	Нет
74	0,010	74	0,014	74	0,024	74	0,035	74	0,049	74	0,055	74	0,066	Нет
23	0,008	23	0,011	23	0,020	23	0,029	23	0,041	23	0,046	23	0,055	эмульсия
51	0,008	51	0,011	51	0,020	51	0,029	51	0,041	51	0,046	51	0,055	эмульсия
64	0,010	64	0,014	64	0,024	64	0,035	64	0,049	64	0,055	64	0,066	эмульсия
14	0,011	14	0,014	14	0,023	14	0,036	14	0,045	14	0,050	14	0,060	эмульсия
41	0,011	41	0,014	41	0,023	41	0,036	41	0,045	41	0,050	41	0,060	эмульсия
46	0,012	46	0,018	46	0,028	46	0,043	46	0,055	46	0,059	46	0,072	эмульсия
21	0,004	21	0,006	21	0,009	21	0,014	21	0,019	21	0,025	21	0,031	Нет
31	0,004	31	0,006	31	0,009	31	0,014	31	0,019	31	0,025	31	0,031	Нет
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
51	0,008	51	0,011	51	0,020	51	0,029	51	0,041	51	0,046	51	0,055	сух./ воздух
51	0,008	51	0,011	51	0,020	51	0,029	51	0,041	51	0,046	51	0,055	сух./ воздух
64	0,010	64	0,014	64	0,024	64	0,035	64	0,049	64	0,055	64	0,066	сух./ воздух
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.12 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновое копирование

f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	HSS, без покр.	28	0,002	28	0,002	28	0,004	28	0,006
			HSS, с покрытием	78	0,002	78	0,002	78	0,004	78	0,006
			PM, с покрытием	83	0,002	83	0,002	83	0,004	83	0,006
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	HSS, без покр.	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
			HSS, с покрытием	64	0,002	64	0,002	64	0,004	64	0,006
			PM, с покрытием	69	0,002	69	0,002	69	0,004	69	0,006
2.0	Автомат. стали	< 850	HSS, без покр.	26	0,002	26	0,002	26	0,004	26	0,006
			HSS, с покрытием	69	0,002	69	0,002	69	0,004	69	0,006
			PM, с покрытием	74	0,002	74	0,002	74	0,004	74	0,006
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,002	20	0,002	20	0,004	20	0,006
			HSS, с покрытием	64	0,002	64	0,002	64	0,004	64	0,006
			PM, с покрытием	69	0,002	69	0,002	69	0,004	69	0,006
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	HSS, без покр.	25	0,002	25	0,002	25	0,004	25	0,006
			HSS, с покрытием	64	0,002	64	0,002	64	0,004	64	0,006
			PM, с покрытием	69	0,002	69	0,002	69	0,004	69	0,006
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	HSS, без покр.	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
			HSS, с покрытием	55	0,002	55	0,002	55	0,004	55	0,006
			PM, с покрытием	64	0,002	64	0,002	64	0,004	64	0,006
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	18	0,002	18	0,002	18	0,004	18	0,006
			HSS, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
			PM, с покрытием	51	0,002	51	0,002	51	0,004	51	0,006
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	17	0,002	17	0,002	17	0,004	17	0,006
			HSS, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
			PM, с покрытием	51	0,002	51	0,002	51	0,004	51	0,006
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	HSS, без покр.	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			HSS, с покрытием	39	0,002	39	0,002	39	0,004	39	0,006
			PM, с покрытием	46	0,002	46	0,002	46	0,004	46	0,006
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	HSS, без покр.	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
			HSS, с покрытием	55	0,002	55	0,002	55	0,004	55	0,006
			PM, с покрытием	64	0,002	64	0,002	64	0,004	64	0,006
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	HSS, без покр.	17	0,002	17	0,002	17	0,004	17	0,006
			HSS, с покрытием	46	0,002	46	0,002	46	0,004	46	0,006
			PM, с покрытием	60	0,002	60	0,002	60	0,004	60	0,006
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	HSS, без покр.	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			HSS, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
			PM, с покрытием	51	0,002	51	0,002	51	0,004	51	0,006
7.0	Азотируемые стали	< 1000	HSS, без покр.	17	0,002	17	0,002	17	0,004	17	0,006
			HSS, с покрытием	39	0,002	39	0,002	39	0,004	39	0,006
			PM, с покрытием	51	0,002	51	0,002	51	0,004	51	0,006
7.1	Азотируемые стали	> 1000	HSS, без покр.	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			HSS, с покрытием	32	0,002	32	0,002	32	0,004	32	0,006
			PM, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
8.0	Инструментал. стали	< 850	HSS, без покр.	20	0,002	20	0,002	20	0,004	20	0,006
			HSS, с покрытием	35	0,002	35	0,002	35	0,004	35	0,006
			PM, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	HSS, без покр.	12	0,002	12	0,002	12	0,004	12	0,006
			PM, с покрытием	29	0,002	29	0,002	29	0,004	29	0,006
			HSS, с покрытием	37	0,002	37	0,002	37	0,004	37	0,006
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	HSS, без покр.	7	0,002	7	0,002	7	0,004	7	0,006
			HSS, с покрытием	25	0,002	25	0,002	25	0,004	25	0,006
			PM, с покрытием	32	0,002	32	0,002	32	0,004	32	0,006



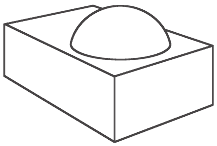


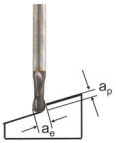
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
28	0,010	28	0,014	28	0,020	28	0,032	28	0,044	28	0,056	28	0,070	эмульсия
78	0,010	78	0,014	78	0,020	78	0,032	78	0,044	78	0,056	78	0,070	эмульсия
83	0,012	83	0,016	83	0,024	83	0,038	83	0,052	83	0,066	83	0,084	эмульсия
23	0,008	23	0,012	23	0,018	23	0,028	23	0,038	23	0,050	23	0,062	эмульсия
64	0,008	64	0,012	64	0,018	64	0,028	64	0,038	64	0,050	64	0,062	эмульсия
69	0,012	69	0,016	69	0,024	69	0,038	69	0,052	69	0,066	69	0,076	эмульсия
26	0,008	26	0,012	26	0,018	26	0,028	26	0,038	26	0,050	26	0,062	эмульсия
69	0,008	69	0,012	69	0,018	69	0,028	69	0,038	69	0,050	69	0,062	эмульсия
74	0,012	74	0,016	74	0,024	74	0,038	74	0,052	74	0,066	74	0,076	эмульсия
20	0,008	20	0,012	20	0,018	20	0,028	20	0,038	20	0,050	20	0,062	эмульсия
64	0,008	64	0,012	64	0,018	64	0,028	64	0,038	64	0,050	64	0,062	эмульсия
69	0,012	69	0,016	69	0,024	69	0,038	69	0,052	69	0,066	69	0,076	эмульсия
25	0,008	25	0,012	25	0,018	25	0,028	25	0,038	25	0,050	25	0,062	эмульсия
64	0,008	64	0,012	64	0,018	64	0,028	64	0,038	64	0,050	64	0,062	эмульсия
69	0,012	69	0,016	69	0,024	69	0,038	69	0,052	69	0,066	69	0,076	эмульсия
23	0,008	23	0,012	23	0,018	23	0,028	23	0,038	23	0,050	23	0,062	эмульсия
55	0,008	55	0,012	55	0,018	55	0,028	55	0,038	55	0,050	55	0,062	эмульсия
64	0,012	64	0,016	64	0,024	64	0,038	64	0,052	64	0,066	64	0,076	эмульсия
18	0,008	18	0,012	18	0,018	18	0,028	18	0,038	18	0,050	18	0,062	эмульсия
41	0,008	41	0,012	41	0,018	41	0,028	41	0,038	41	0,050	41	0,062	эмульсия
51	0,012	51	0,016	51	0,024	51	0,038	51	0,052	51	0,066	51	0,076	эмульсия
17	0,008	17	0,012	17	0,018	17	0,028	17	0,038	17	0,050	17	0,062	эмульсия
41	0,008	41	0,012	41	0,018	41	0,028	41	0,038	41	0,050	41	0,062	эмульсия
51	0,012	51	0,016	51	0,024	51	0,038	51	0,052	51	0,066	51	0,076	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,056	14	0,070	эмульсия
39	0,010	39	0,014	39	0,020	39	0,032	39	0,044	39	0,056	39	0,070	эмульсия
46	0,012	46	0,016	46	0,024	46	0,038	46	0,052	46	0,066	46	0,084	эмульсия
23	0,008	23	0,012	23	0,018	23	0,028	23	0,038	23	0,050	23	0,062	эмульсия
55	0,008	55	0,012	55	0,018	55	0,028	55	0,038	55	0,050	55	0,062	эмульсия
64	0,012	64	0,016	64	0,024	64	0,038	64	0,052	64	0,066	64	0,076	эмульсия
17	0,008	17	0,012	17	0,018	17	0,028	17	0,038	17	0,050	17	0,062	эмульсия
46	0,008	46	0,012	46	0,018	46	0,028	46	0,038	46	0,050	46	0,062	эмульсия
60	0,012	60	0,016	60	0,024	60	0,038	60	0,052	60	0,066	60	0,076	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,056	14	0,070	эмульсия
41	0,010	41	0,014	41	0,020	41	0,032	41	0,044	41	0,056	41	0,070	эмульсия
51	0,012	51	0,016	51	0,024	51	0,038	51	0,052	51	0,066	51	0,084	эмульсия
17	0,008	17	0,012	17	0,018	17	0,028	17	0,038	17	0,050	17	0,062	эмульсия
39	0,008	39	0,012	39	0,018	39	0,028	39	0,038	39	0,050	39	0,062	эмульсия
51	0,012	51	0,016	51	0,024	51	0,038	51	0,052	51	0,066	51	0,076	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,056	14	0,070	эмульсия
32	0,010	32	0,014	32	0,020	32	0,032	32	0,044	32	0,056	32	0,070	эмульсия
41	0,012	41	0,016	41	0,024	41	0,038	41	0,052	41	0,066	41	0,084	эмульсия
20	0,008	20	0,012	20	0,018	20	0,028	20	0,038	20	0,050	20	0,062	эмульсия
35	0,008	35	0,012	35	0,018	35	0,028	35	0,038	35	0,050	35	0,062	эмульсия
41	0,012	41	0,016	41	0,024	41	0,038	41	0,052	41	0,066	41	0,076	эмульсия
12	0,010	12	0,014	12	0,020	12	0,032	12	0,044	12	0,056	12	0,070	эмульсия
29	0,010	29	0,014	29	0,020	29	0,032	29	0,044	29	0,056	29	0,070	эмульсия
37	0,012	37	0,016	37	0,024	37	0,038	37	0,052	37	0,066	37	0,084	эмульсия
7	0,010	7	0,014	7	0,020	7	0,032	7	0,044	7	0,056	7	0,070	эмульсия
25	0,010	25	0,014	25	0,020	25	0,032	25	0,044	25	0,056	25	0,070	эмульсия
32	0,012	32	0,016	32	0,024	32	0,038	32	0,052	32	0,066	32	0,084	эмульсия

Таблица 8.12 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновое копирование

f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	HSS, без покр.	6	0,002	6	0,002	6	0,004	6	0,006
			HSS, с покрытием	21	0,002	21	0,002	21	0,004	21	0,006
			PM, с покрытием	26	0,002	26	0,002	26	0,004	26	0,006
10.0	Закалённые стали	45 – 65 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	HSS, без покр.	7	0,002	7	0,002	7	0,004	7	0,006
			HSS, с покрытием	18	0,002	18	0,002	18	0,004	18	0,006
			PM, с покрытием	28	0,002	28	0,002	28	0,004	28	0,006
11.1	Износост. констр. стали	1800	HSS, без покр.	4	0,002	4	0,002	4	0,004	4	0,006
			HSS, с покрытием	7	0,002	7	0,002	7	0,004	7	0,006
			PM, с покрытием	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
12.0	Пружинные стали	<1500	HSS, без покр.	6	0,002	6	0,002	6	0,004	6	0,006
			HSS, с покрытием	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			PM, с покрытием	21	0,002	21	0,002	21	0,004	21	0,006
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	HSS, без покр.	18	0,002	18	0,002	18	0,004	18	0,006
			HSS, с покрытием	28	0,002	28	0,002	28	0,004	28	0,006
			PM, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	HSS, без покр.	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			HSS, с покрытием	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
			PM, с покрытием	32	0,002	32	0,002	32	0,004	32	0,006
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	HSS, без покр.	9	0,002	9	0,002	9	0,004	9	0,006
			HSS, с покрытием	17	0,002	17	0,002	17	0,004	17	0,006
			PM, с покрытием	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	HSS, без покр.	7	0,002	7	0,002	7	0,004	7	0,006
			HSS, с покрытием	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			PM, с покрытием	18	0,002	18	0,002	18	0,004	18	0,006
14.0	Спец. сплавы	<1200	HSS, без покр.	5	0,002	5	0,002	5	0,004	5	0,006
			HSS, с покрытием	9	0,002	9	0,002	9	0,004	9	0,006
			PM, с покрытием	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
15.0	Чугун	< 180 HB	HSS, без покр.	26	0,002	26	0,002	26	0,004	26	0,006
			HSS, с покрытием	60	0,002	60	0,002	60	0,004	60	0,006
			PM, с покрытием	64	0,002	64	0,002	64	0,004	64	0,006
15.1	Чугун	> 180 HB	HSS, без покр.	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
			HSS, с покрытием	46	0,002	46	0,002	46	0,004	46	0,006
			PM, с покрытием	55	0,002	55	0,002	55	0,004	55	0,006
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	20	0,002	20	0,002	20	0,004	20	0,006
			HSS, с покрытием	37	0,002	37	0,002	37	0,004	37	0,006
			PM, с покрытием	41	0,002	41	0,002	41	0,004	41	0,006
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	HSS, без покр.	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,006
			HSS, с покрытием	26	0,002	26	0,002	26	0,004	26	0,006
			PM, с покрытием	32	0,002	32	0,002	32	0,004	32	0,006



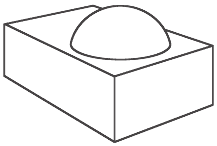


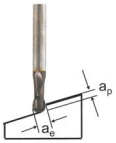
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
6	0,010	6	0,014	6	0,020	6	0,032	6	0,044	6	0,056	6	0,070	эмульсия
21	0,010	21	0,014	21	0,020	21	0,032	21	0,044	21	0,056	21	0,070	эмульсия
26	0,012	26	0,016	26	0,024	26	0,038	26	0,052	26	0,066	26	0,084	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	0,010	7	0,014	7	0,020	7	0,032	7	0,044	7	0,056	7	0,070	эмульсия
18	0,010	18	0,014	18	0,020	18	0,032	18	0,044	18	0,056	18	0,070	эмульсия
28	0,012	28	0,016	28	0,024	28	0,038	28	0,052	28	0,066	28	0,084	эмульсия
4	0,010	4	0,014	4	0,020	4	0,032	4	0,044	4	0,056	4	0,070	эмульсия
7	0,010	7	0,014	7	0,020	7	0,032	7	0,044	7	0,056	7	0,070	эмульсия
14	0,012	14	0,016	14	0,024	14	0,038	14	0,052	14	0,066	14	0,084	эмульсия
6	0,010	6	0,014	6	0,020	6	0,032	6	0,044	6	0,056	6	0,070	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,056	14	0,070	эмульсия
21	0,012	21	0,016	21	0,024	21	0,038	21	0,052	21	0,066	21	0,084	эмульсия
18	0,008	18	0,012	18	0,018	18	0,028	18	0,038	18	0,050	18	0,062	эмульсия
28	0,008	28	0,012	28	0,018	28	0,028	28	0,038	28	0,050	28	0,062	эмульсия
41	0,012	41	0,016	41	0,024	41	0,038	41	0,052	41	0,066	41	0,076	эмульсия
14	0,008	14	0,012	14	0,018	14	0,028	14	0,038	14	0,050	14	0,062	эмульсия
23	0,008	23	0,012	23	0,018	23	0,028	23	0,038	23	0,050	23	0,062	эмульсия
32	0,012	32	0,016	32	0,024	32	0,038	32	0,052	32	0,066	32	0,076	эмульсия
9	0,008	9	0,012	9	0,018	9	0,028	9	0,038	9	0,050	9	0,062	эмульсия
17	0,008	17	0,012	17	0,018	17	0,028	17	0,038	17	0,050	17	0,062	эмульсия
23	0,012	23	0,016	23	0,024	23	0,038	23	0,052	23	0,066	23	0,076	эмульсия
7	0,010	7	0,014	7	0,020	7	0,032	7	0,044	7	0,056	7	0,070	эмульсия
14	0,010	14	0,014	14	0,020	14	0,032	14	0,044	14	0,056	14	0,070	эмульсия
18	0,012	18	0,016	18	0,024	18	0,038	18	0,052	18	0,066	18	0,084	эмульсия
5	0,010	5	0,007	5	0,020	5	0,032	5	0,044	5	0,056	5	0,070	эмульсия
9	0,010	9	0,007	9	0,020	9	0,032	9	0,044	9	0,056	9	0,070	эмульсия
14	0,012	14	0,008	14	0,024	14	0,038	14	0,052	14	0,066	14	0,084	эмульсия
26	0,008	26	0,012	26	0,018	26	0,028	26	0,038	26	0,050	26	0,062	Нет
60	0,008	60	0,012	60	0,018	60	0,028	60	0,038	60	0,050	60	0,062	Нет
64	0,012	64	0,016	64	0,024	64	0,038	64	0,052	64	0,066	64	0,076	Нет
23	0,008	23	0,012	23	0,018	23	0,028	23	0,038	23	0,050	23	0,062	Нет
46	0,008	46	0,012	46	0,018	46	0,028	46	0,038	46	0,050	46	0,062	Нет
55	0,012	55	0,016	55	0,024	55	0,038	55	0,052	55	0,066	55	0,076	Нет
20	0,008	20	0,012	20	0,018	20	0,028	20	0,038	20	0,050	20	0,062	эмульсия
37	0,008	37	0,012	37	0,018	37	0,028	37	0,038	37	0,050	37	0,062	эмульсия
41	0,012	41	0,016	41	0,024	41	0,038	41	0,052	41	0,066	41	0,076	эмульсия
14	0,008	14	0,012	14	0,018	14	0,028	14	0,038	14	0,050	14	0,062	эмульсия
26	0,008	26	0,012	26	0,018	26	0,028	26	0,038	26	0,050	26	0,062	эмульсия
32	0,012	32	0,016	32	0,024	32	0,038	32	0,052	32	0,066	32	0,076	эмульсия

Таблица 8.12 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновое копирование

f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	HSS, без покр.	7	0,002	7	0,002	7	0,004	7	0,006
			HSS, с покрытием	16	0,002	16	0,002	16	0,004	16	0,006
			PM, с покрытием	23	0,002	23	0,002	23	0,004	23	0,006
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	HSS, без покр.	5	0,002	5	0,002	5	0,004	5	0,010
			HSS, с покрытием	9	0,002	9	0,002	9	0,004	9	0,010
			PM, с покрытием	14	0,002	14	0,002	14	0,004	14	0,012
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	HSS, без покр.	138	0,002	138	0,004	138	0,006	138	0,008
			HSS, с покрытием	202	0,002	202	0,004	202	0,006	202	0,008
			PM, с покрытием	221	0,002	221	0,004	221	0,006	221	0,010
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		HSS, без покр.	83	0,003	83	0,006	83	0,008	83	0,011
			HSS, с покрытием	120	0,003	120	0,006	120	0,008	120	0,011
			PM, с покрытием	138	0,003	138	0,006	138	0,011	138	0,014
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		HSS, без покр.	37	0,003	37	0,006	37	0,008	37	0,011
			HSS, с покрытием	101	0,003	101	0,006	101	0,008	101	0,011
			PM, с покрытием	110	0,003	110	0,006	110	0,011	110	0,014
18.0	Медь, низколегир.	< 400	HSS, без покр.	55	0,003	55	0,006	55	0,008	55	0,011
			HSS, с покрытием	92	0,003	92	0,006	92	0,008	92	0,011
			PM, с покрытием	110	0,003	110	0,006	110	0,011	110	0,014
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	55	0,003	55	0,006	55	0,008	55	0,011
			HSS, с покрытием	92	0,003	92	0,006	92	0,008	92	0,011
			PM, с покрытием	110	0,003	110	0,006	110	0,011	110	0,014
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	HSS, без покр.	37	0,003	37	0,006	37	0,008	37	0,011
			HSS, с покрытием	83	0,003	83	0,006	83	0,008	83	0,011
			PM, с покрытием	92	0,003	92	0,006	92	0,011	92	0,014
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	37	0,003	37	0,006	37	0,008	37	0,011
			HSS, с покрытием	83	0,003	83	0,006	83	0,008	83	0,011
			PM, с покрытием	92	0,003	92	0,006	92	0,011	92	0,014
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	HSS, без покр.	28	0,003	28	0,006	28	0,008	28	0,011
			HSS, с покрытием	64	0,003	64	0,006	64	0,008	64	0,011
			PM, с покрытием	74	0,003	74	0,006	74	0,011	74	0,014
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	HSS, без покр.	23	0,003	23	0,006	23	0,008	23	0,011
			HSS, с покрытием	51	0,003	51	0,006	51	0,008	51	0,011
			PM, с покрытием	64	0,003	64	0,006	64	0,011	64	0,014
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	HSS, без покр.	14	0,003	14	0,006	14	0,008	14	0,011
			HSS, с покрытием	41	0,003	41	0,006	41	0,008	41	0,011
			PM, с покрытием	46	0,003	46	0,006	46	0,011	46	0,014
19.0	Графит		HSS, без покр.	21	0,002	21	0,002	21	0,004	21	0,006
			HSS, с покрытием	31	0,002	31	0,002	31	0,004	31	0,006
			PM, с покрытием	62	0,002	62	0,002	62	0,004	62	0,006
20.0	Термопласт		HSS, без покр.	51	0,003	51	0,006	51	0,008	51	0,011
			HSS, с покрытием	51	0,003	51	0,006	51	0,008	51	0,011
			PM, с покрытием	64	0,003	64	0,006	64	0,011	64	0,014
20.1	Реактопласт		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–

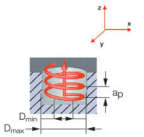




	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	7	0,010	7	0,014	7	0,020	7	0,032	7	0,044	7	0,056	7	0,070	эмульсия
	16	0,010	16	0,014	16	0,020	16	0,032	16	0,044	16	0,056	16	0,070	эмульсия
	23	0,012	23	0,016	23	0,024	23	0,038	23	0,052	23	0,066	23	0,084	эмульсия
	5	0,010	5	0,014	5	0,020	5	0,032	5	0,044	5	0,056	5	0,070	эмульсия
	9	0,010	9	0,014	9	0,020	9	0,032	9	0,044	9	0,056	9	0,070	эмульсия
	14	0,012	14	0,016	14	0,024	14	0,038	14	0,052	14	0,066	14	0,084	эмульсия
	138	0,012	138	0,016	138	0,028	138	0,042	138	0,058	138	0,074	138	0,100	эмульсия
	202	0,012	202	0,016	202	0,028	202	0,042	202	0,058	202	0,074	202	0,100	эмульсия
	221	0,014	221	0,020	221	0,034	221	0,050	221	0,070	221	0,088	221	0,120	эмульсия
	83	0,017	83	0,022	83	0,039	83	0,059	83	0,073	83	0,093	83	0,110	эмульсия
	120	0,017	120	0,022	120	0,039	120	0,059	120	0,073	120	0,093	120	0,110	эмульсия
	138	0,020	138	0,028	138	0,048	138	0,070	138	0,088	138	0,110	138	0,132	эмульсия
	37	0,021	37	0,028	37	0,046	37	0,071	37	0,081	37	0,100	37	0,120	эмульсия
	101	0,021	101	0,028	101	0,046	101	0,071	101	0,081	101	0,100	101	0,120	эмульсия
	110	0,025	110	0,035	110	0,056	110	0,085	110	0,098	110	0,119	110	0,144	эмульсия
	55	0,017	55	0,022	55	0,039	55	0,059	55	0,073	55	0,093	55	0,110	эмульсия
	92	0,017	92	0,022	92	0,039	92	0,059	92	0,073	92	0,093	92	0,110	эмульсия
	110	0,020	110	0,028	110	0,048	110	0,070	110	0,088	110	0,110	110	0,132	эмульсия
	55	0,017	55	0,022	55	0,039	55	0,059	55	0,073	55	0,093	55	0,110	Нет
	92	0,017	92	0,022	92	0,039	92	0,059	92	0,073	92	0,093	92	0,110	Нет
	110	0,020	110	0,028	110	0,048	110	0,070	110	0,088	110	0,110	110	0,132	Нет
	37	0,017	37	0,022	37	0,039	37	0,059	37	0,073	37	0,093	37	0,110	Нет
	83	0,017	83	0,022	83	0,039	83	0,059	83	0,073	83	0,093	83	0,110	Нет
	92	0,020	92	0,028	92	0,048	92	0,070	92	0,088	92	0,110	92	0,132	Нет
	37	0,017	37	0,022	37	0,039	37	0,059	37	0,073	37	0,093	37	0,110	Нет
	83	0,017	83	0,022	83	0,039	83	0,059	83	0,073	83	0,093	83	0,110	Нет
	92	0,020	92	0,028	92	0,048	92	0,070	92	0,088	92	0,110	92	0,132	Нет
	28	0,017	28	0,022	28	0,039	28	0,059	28	0,073	28	0,093	28	0,110	Нет
	64	0,017	64	0,022	64	0,039	64	0,059	64	0,073	64	0,093	64	0,110	Нет
	74	0,020	74	0,028	74	0,048	74	0,070	74	0,088	74	0,110	74	0,132	Нет
	23	0,017	23	0,022	23	0,039	23	0,059	23	0,073	23	0,093	23	0,110	эмульсия
	51	0,017	51	0,022	51	0,039	51	0,059	51	0,073	51	0,093	51	0,110	эмульсия
	64	0,020	64	0,028	64	0,048	64	0,070	64	0,088	64	0,110	64	0,132	эмульсия
	14	0,021	14	0,028	14	0,046	14	0,071	14	0,081	14	0,100	14	0,120	эмульсия
	41	0,021	41	0,028	41	0,046	41	0,071	41	0,081	41	0,100	41	0,120	эмульсия
	46	0,025	46	0,035	46	0,056	46	0,085	46	0,098	46	0,119	46	0,144	эмульсия
	21	0,008	21	0,012	21	0,018	21	0,028	21	0,038	21	0,050	21	0,062	Нет
	31	0,000	31	0,012	31	0,018	31	0,028	31	0,038	31	0,050	31	0,062	Нет
	62	0,012	62	0,016	62	0,024	62	0,038	62	0,052	62	0,066	62	0,076	Нет
	51	0,017	51	0,022	51	0,039	51	0,059	51	0,073	51	0,093	51	0,110	сух./ воздух
	51	0,017	51	0,022	51	0,039	51	0,059	51	0,073	51	0,093	51	0,110	сух./ воздух
	64	0,020	64	0,028	64	0,048	64	0,070	64	0,088	64	0,110	64	0,132	сух./ воздух
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.13 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка, врезное/циркулярное фрезерование

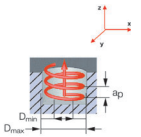
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	HSS, без покр.	28	0,001	28	0,001	28	0,001	28	0,002
			HSS, с покрытием	78	0,001	78	0,001	78	0,001	78	0,002
			PM, с покрытием	83	0,001	83	0,001	83	0,001	83	0,002
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,001	64	0,002
			PM, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,001	69	0,002
2.0	Автомат. стали	< 850	HSS, без покр.	26	0,001	26	0,001	26	0,001	26	0,002
			HSS, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,001	69	0,002
			PM, с покрытием	74	0,001	74	0,001	74	0,001	74	0,002
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,001	20	0,002
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,001	64	0,002
			PM, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,001	69	0,002
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,001	25	0,002
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,001	64	0,002
			PM, с покрытием	69	0,001	69	0,001	69	0,001	69	0,002
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
			HSS, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,001	55	0,002
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,001	64	0,002
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,001	18	0,002
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,001	51	0,002
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,001	17	0,002
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,001	51	0,002
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			HSS, с покрытием	39	0,001	39	0,001	39	0,001	39	0,002
			PM, с покрытием	46	0,001	46	0,001	46	0,001	46	0,002
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
			HSS, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,001	55	0,002
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,001	64	0,002
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,001	17	0,002
			HSS, с покрытием	46	0,001	46	0,001	46	0,001	46	0,002
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,001	60	0,002
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,001	51	0,002
7.0	Азотируемые стали	< 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,001	17	0,002
			HSS, с покрытием	39	0,001	39	0,001	39	0,001	39	0,002
			PM, с покрытием	51	0,001	51	0,001	51	0,001	51	0,002
7.1	Азотируемые стали	> 1000	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			HSS, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,001	32	0,002
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
8.0	Инструментал. стали	< 850	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,001	20	0,002
			HSS, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,001	35	0,002
			HSS, без покр.	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	HSS, без покр.	12	0,001	12	0,001	12	0,001	12	0,002
			HSS, с покрытием	29	0,001	29	0,001	29	0,001	29	0,002
			PM, с покрытием	37	0,001	37	0,001	37	0,001	37	0,002
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,001	7	0,002
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,001	25	0,002
			PM, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,001	32	0,002



Диаметр [мм]														СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
28	0,004	28	0,005	28	0,007	28	0,011	28	0,015	28	0,020	28	0,025	эмульсия
78	0,004	78	0,005	78	0,007	78	0,011	78	0,015	78	0,020	78	0,025	эмульсия
83	0,004	83	0,006	83	0,008	83	0,013	83	0,018	83	0,023	83	0,029	эмульсия
23	0,003	23	0,004	23	0,006	23	0,010	23	0,013	23	0,018	23	0,027	эмульсия
64	0,003	64	0,004	64	0,006	64	0,010	64	0,013	64	0,018	64	0,027	эмульсия
69	0,004	69	0,006	69	0,008	69	0,013	69	0,018	69	0,023	69	0,029	эмульсия
26	0,003	26	0,004	26	0,006	26	0,010	26	0,013	26	0,018	26	0,022	эмульсия
69	0,003	69	0,004	69	0,006	69	0,010	69	0,013	69	0,018	69	0,022	эмульсия
74	0,004	74	0,006	74	0,008	74	0,013	74	0,018	74	0,023	74	0,027	эмульсия
20	0,003	20	0,004	20	0,006	20	0,010	20	0,013	20	0,018	20	0,022	эмульсия
64	0,003	64	0,004	64	0,006	64	0,010	64	0,013	64	0,018	64	0,022	эмульсия
69	0,004	69	0,006	69	0,008	69	0,013	69	0,018	69	0,023	69	0,027	эмульсия
25	0,003	25	0,004	25	0,006	25	0,010	25	0,013	25	0,018	25	0,022	эмульсия
64	0,003	64	0,004	64	0,006	64	0,010	64	0,013	64	0,018	64	0,022	эмульсия
69	0,004	69	0,006	69	0,008	69	0,013	69	0,018	69	0,023	69	0,027	эмульсия
23	0,003	23	0,004	23	0,006	23	0,010	23	0,013	23	0,018	23	0,022	эмульсия
55	0,003	55	0,004	55	0,006	55	0,010	55	0,013	55	0,018	55	0,022	эмульсия
64	0,004	64	0,006	64	0,008	64	0,013	64	0,018	64	0,023	64	0,027	эмульсия
18	0,003	18	0,004	18	0,006	18	0,010	18	0,013	18	0,018	18	0,022	эмульсия
41	0,003	41	0,004	41	0,006	41	0,010	41	0,013	41	0,018	41	0,022	эмульсия
51	0,004	51	0,006	51	0,008	51	0,013	51	0,018	51	0,023	51	0,027	эмульсия
17	0,003	17	0,004	17	0,006	17	0,010	17	0,013	17	0,018	17	0,022	эмульсия
41	0,003	41	0,004	41	0,006	41	0,010	41	0,013	41	0,018	41	0,022	эмульсия
51	0,004	51	0,006	51	0,008	51	0,013	51	0,018	51	0,023	51	0,027	эмульсия
14	0,004	14	0,005	14	0,007	14	0,011	14	0,015	14	0,020	14	0,025	эмульсия
39	0,004	39	0,005	39	0,007	39	0,011	39	0,015	39	0,020	39	0,025	эмульсия
46	0,004	46	0,006	46	0,008	46	0,013	46	0,018	46	0,023	46	0,029	эмульсия
23	0,003	23	0,004	23	0,006	23	0,010	23	0,013	23	0,018	23	0,022	эмульсия
55	0,003	55	0,004	55	0,006	55	0,010	55	0,013	55	0,018	55	0,022	эмульсия
64	0,004	64	0,006	64	0,008	64	0,013	64	0,018	64	0,023	64	0,027	эмульсия
17	0,003	17	0,004	17	0,006	17	0,010	17	0,013	17	0,018	17	0,022	эмульсия
46	0,003	46	0,004	46	0,006	46	0,010	46	0,013	46	0,018	46	0,022	эмульсия
60	0,004	60	0,006	60	0,008	60	0,013	60	0,018	60	0,023	60	0,027	эмульсия
14	0,004	14	0,005	14	0,007	14	0,011	14	0,015	14	0,020	14	0,025	эмульсия
41	0,004	41	0,005	41	0,007	41	0,011	41	0,015	41	0,020	41	0,025	эмульсия
51	0,004	51	0,006	51	0,008	51	0,013	51	0,018	51	0,023	51	0,029	эмульсия
17	0,003	17	0,004	17	0,006	17	0,010	17	0,013	17	0,018	17	0,022	эмульсия
39	0,003	39	0,004	39	0,006	39	0,010	39	0,013	39	0,018	39	0,022	эмульсия
51	0,004	51	0,006	51	0,008	51	0,013	51	0,018	51	0,023	51	0,027	эмульсия
14	0,004	14	0,005	14	0,007	14	0,011	14	0,015	14	0,020	14	0,025	эмульсия
32	0,004	32	0,005	32	0,007	32	0,011	32	0,015	32	0,020	32	0,025	эмульсия
41	0,004	41	0,006	41	0,008	41	0,013	41	0,018	41	0,023	41	0,029	эмульсия
20	0,003	20	0,004	20	0,006	20	0,010	20	0,013	20	0,018	20	0,022	эмульсия
35	0,003	35	0,004	35	0,006	35	0,010	35	0,013	35	0,018	35	0,022	эмульсия
41	0,004	41	0,006	41	0,008	41	0,013	41	0,018	41	0,023	41	0,027	эмульсия
12	0,004	12	0,005	12	0,007	12	0,011	12	0,015	12	0,020	12	0,025	эмульсия
29	0,004	29	0,005	29	0,007	29	0,011	29	0,015	29	0,020	29	0,025	эмульсия
37	0,004	37	0,006	37	0,008	37	0,013	37	0,018	37	0,023	37	0,029	эмульсия
7	0,004	7	0,005	7	0,007	7	0,011	7	0,015	7	0,020	7	0,025	эмульсия
25	0,004	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,015	25	0,020	25	0,025	эмульсия
32	0,004	32	0,006	32	0,008	32	0,013	32	0,018	32	0,023	32	0,029	эмульсия

Таблица 8.13 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка, врезное/циркулярное фрезерование

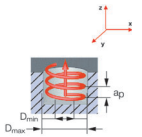
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	HSS, без покр.	6	0,001	6	0,001	6	0,001	6	0,002
			HSS, с покрытием	21	0,001	21	0,001	21	0,001	21	0,002
			PM, с покрытием	26	0,001	26	0,001	26	0,001	26	0,002
10.0	Закалённые стали	45 – 65 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,001	7	0,002
			HSS, с покрытием	18	0,001	18	0,001	18	0,001	18	0,002
			PM, с покрытием	28	0,001	28	0,001	28	0,001	28	0,002
11.1	Износост. констр. стали	1800	HSS, без покр.	4	0,001	4	0,001	4	0,001	4	0,002
			HSS, с покрытием	7	0,001	7	0,001	7	0,001	7	0,002
			PM, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
12.0	Пружинные стали	< 1500	HSS, без покр.	6	0,001	6	0,001	6	0,001	6	0,002
			HSS, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			PM, с покрытием	21	0,001	21	0,001	21	0,001	21	0,002
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,001	18	0,002
			HSS, с покрытием	28	0,001	28	0,001	28	0,001	28	0,002
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			HSS, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
			PM, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,001	32	0,002
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	HSS, без покр.	9	0,001	9	0,001	9	0,001	9	0,002
			HSS, с покрытием	17	0,001	17	0,001	17	0,001	17	0,002
			PM, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,001	7	0,002
			HSS, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			PM, с покрытием	18	0,001	18	0,001	18	0,001	18	0,002
14.0	Спец. сплавы	< 1200	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,001	5	0,002
			HSS, с покрытием	9	0,001	9	0,001	9	0,001	9	0,002
			PM, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
15.0	Чугун	< 180 HB	HSS, без покр.	26	0,001	26	0,001	26	0,001	26	0,002
			HSS, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,001	60	0,002
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,001	64	0,001	64	0,002
15.1	Чугун	> 180 HB	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
			HSS, с покрытием	46	0,001	46	0,001	46	0,001	46	0,002
			PM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,001	55	0,002
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,001	20	0,002
			HSS, с покрытием	37	0,001	37	0,001	37	0,001	37	0,002
			PM, с покрытием	41	0,001	41	0,001	41	0,001	41	0,002
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
			HSS, с покрытием	26	0,001	26	0,001	26	0,001	26	0,002
			PM, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,001	32	0,002



Диаметр [мм]														СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
6	0,004	6	0,005	6	0,007	6	0,011	6	0,015	6	0,020	6	0,025	эмульсия
21	0,004	21	0,005	21	0,007	21	0,011	21	0,015	21	0,020	21	0,025	эмульсия
26	0,004	26	0,006	26	0,008	26	0,013	26	0,018	26	0,023	26	0,029	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	0,004	7	0,005	7	0,007	7	0,011	7	0,015	7	0,020	7	0,025	эмульсия
18	0,004	18	0,005	18	0,007	18	0,011	18	0,015	18	0,020	18	0,025	эмульсия
28	0,004	28	0,006	28	0,008	28	0,013	28	0,018	28	0,023	28	0,029	эмульсия
4	0,004	4	0,005	4	0,007	4	0,011	4	0,015	4	0,020	4	0,025	эмульсия
7	0,004	7	0,005	7	0,007	7	0,011	7	0,015	7	0,020	7	0,025	эмульсия
14	0,004	14	0,006	14	0,008	14	0,013	14	0,018	14	0,023	14	0,029	эмульсия
6	0,004	6	0,005	6	0,007	6	0,011	6	0,015	6	0,020	6	0,025	эмульсия
14	0,004	14	0,005	14	0,007	14	0,011	14	0,015	14	0,020	14	0,025	эмульсия
21	0,004	21	0,006	21	0,008	21	0,013	21	0,018	21	0,023	21	0,029	эмульсия
18	0,003	18	0,004	18	0,006	18	0,010	18	0,013	18	0,018	18	0,022	эмульсия
28	0,003	28	0,004	28	0,006	28	0,010	28	0,013	28	0,018	28	0,022	эмульсия
41	0,004	41	0,006	41	0,008	41	0,013	41	0,018	41	0,023	41	0,027	эмульсия
14	0,003	14	0,004	14	0,006	14	0,010	14	0,013	14	0,018	14	0,022	эмульсия
23	0,003	23	0,004	23	0,006	23	0,010	23	0,013	23	0,018	23	0,022	эмульсия
32	0,004	32	0,006	32	0,008	32	0,013	32	0,018	32	0,023	32	0,027	эмульсия
9	0,003	9	0,004	9	0,006	9	0,010	9	0,013	9	0,018	9	0,022	эмульсия
17	0,003	17	0,004	17	0,006	17	0,010	17	0,013	17	0,018	17	0,022	эмульсия
23	0,004	23	0,006	23	0,008	23	0,013	23	0,018	23	0,023	23	0,027	эмульсия
7	0,004	7	0,005	7	0,006	7	0,010	7	0,013	7	0,018	7	0,025	эмульсия
14	0,004	14	0,005	14	0,006	14	0,010	14	0,013	14	0,018	14	0,025	эмульсия
18	0,004	18	0,006	18	0,008	18	0,013	18	0,018	18	0,023	18	0,029	эмульсия
5	0,004	5	0,005	5	0,007	5	0,011	5	0,015	5	0,020	5	0,025	эмульсия
9	0,004	9	0,005	9	0,007	9	0,011	9	0,015	9	0,020	9	0,025	эмульсия
14	0,004	14	0,006	14	0,008	14	0,013	14	0,018	14	0,023	14	0,029	эмульсия
26	0,003	26	0,004	26	0,006	26	0,010	26	0,013	26	0,018	26	0,022	Нет
60	0,003	60	0,004	60	0,006	60	0,010	60	0,013	60	0,018	60	0,022	Нет
64	0,004	64	0,006	64	0,008	64	0,013	64	0,018	64	0,023	64	0,027	Нет
23	0,003	23	0,004	23	0,006	23	0,010	23	0,013	23	0,018	23	0,022	Нет
46	0,003	46	0,004	46	0,006	46	0,010	46	0,013	46	0,018	46	0,022	Нет
55	0,004	55	0,006	55	0,008	55	0,013	55	0,018	55	0,023	55	0,027	Нет
20	0,003	20	0,004	20	0,006	20	0,010	20	0,013	20	0,018	20	0,022	эмульсия
37	0,003	37	0,004	37	0,006	37	0,010	37	0,013	37	0,018	37	0,022	эмульсия
41	0,004	41	0,006	41	0,008	41	0,013	41	0,018	41	0,023	41	0,027	эмульсия
14	0,003	14	0,004	14	0,006	14	0,010	14	0,013	14	0,018	14	0,022	эмульсия
26	0,003	26	0,004	26	0,006	26	0,010	26	0,013	26	0,018	26	0,022	эмульсия
32	0,004	32	0,006	32	0,008	32	0,013	32	0,018	32	0,023	32	0,027	эмульсия

Таблица 8.13 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка, врезное/циркулярное фрезерование

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
16.0	**Титан, титановые сплавы**	**< 850**	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,001	7	0,002
			HSS, с покрытием	16	0,001	16	0,001	16	0,001	16	0,002
			PM, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,001	23	0,002
16.1	**Титан, титановые сплавы**	**850 – 1200**	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,001	5	0,002
			HSS, с покрытием	9	0,001	9	0,001	9	0,001	9	0,002
			PM, с покрытием	14	0,001	14	0,001	14	0,001	14	0,002
17.0	**Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg**	**до 350**	HSS, без покр.	138	0,001	138	0,001	138	0,002	138	0,003
			HSS, с покрытием	202	0,001	202	0,001	202	0,002	202	0,003
			PM, с покрытием	221	0,001	221	0,001	221	0,003	221	0,004
17.1	**Алюм. сплавы, короткоструж.**		HSS, без покр.	83	0,001	83	0,002	83	0,003	83	0,004
			HSS, с покрытием	120	0,001	120	0,002	120	0,003	120	0,004
			PM, с покрытием	138	0,001	138	0,002	138	0,004	138	0,005
17.2	**Лит. алюм. сплавы >10% Si**		HSS, без покр.	37	0,001	37	0,002	37	0,003	37	0,004
			HSS, с покрытием	101	0,001	101	0,002	101	0,003	101	0,004
			PM, с покрытием	110	0,001	110	0,002	110	0,004	110	0,005
18.0	**Медь, низколегир.**	**< 400**	HSS, без покр.	55	0,001	55	0,002	55	0,003	55	0,004
			HSS, с покрытием	92	0,001	92	0,002	92	0,003	92	0,004
			PM, с покрытием	110	0,001	110	0,002	110	0,004	110	0,005
18.1	**Латунь, короткоструж.**	**< 600**	HSS, без покр.	55	0,001	55	0,002	55	0,003	55	0,004
			HSS, с покрытием	92	0,001	92	0,002	92	0,003	92	0,004
			PM, с покрытием	110	0,001	110	0,002	110	0,004	110	0,005
18.2	**Латунь, длинноструж.**	**< 600**	HSS, без покр.	37	0,001	37	0,002	37	0,003	37	0,004
			HSS, с покрытием	83	0,001	83	0,002	83	0,003	83	0,004
			PM, с покрытием	92	0,001	92	0,002	92	0,004	92	0,005
18.3	**Бронза, короткоструж.**	**< 600**	HSS, без покр.	37	0,001	37	0,002	37	0,003	37	0,004
			HSS, с покрытием	83	0,001	83	0,002	83	0,003	83	0,004
			PM, с покрытием	92	0,001	92	0,002	92	0,004	92	0,005
18.4	**Бронза, короткоструж.**	**650 – 850**	HSS, без покр.	28	0,001	28	0,002	28	0,003	28	0,004
			HSS, с покрытием	64	0,001	64	0,002	64	0,003	64	0,004
			PM, с покрытием	74	0,001	74	0,002	74	0,004	74	0,005
18.5	**Бронза, длинноструж.**	**< 850**	HSS, без покр.	23	0,001	23	0,002	23	0,003	23	0,004
			HSS, с покрытием	51	0,001	51	0,002	51	0,003	51	0,004
			PM, с покрытием	64	0,001	64	0,002	64	0,004	64	0,005
18.6	**Бронза, длинноструж.**	**850 – 1200**	HSS, без покр.	14	0,001	14	0,002	14	0,003	14	0,004
			HSS, с покрытием	41	0,001	41	0,002	41	0,003	41	0,004
			PM, с покрытием	46	0,001	46	0,002	46	0,004	46	0,005
19.0	**Графит**		HSS, без покр.	21	0,001	21	0,001	21	0,001	21	0,002
			HSS, с покрытием	31	0,001	31	0,001	31	0,001	31	0,002
			PM, с покрытием	62	0,001	62	0,001	62	0,001	62	0,002
20.0	**Термопласт**		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	**Реактопласт**		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	**Стекло- и углепластик**		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–

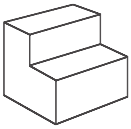


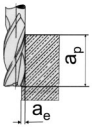
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
7	0,004	7	0,005	7	0,007	7	0,011	7	0,015	7	0,020	7	0,025	эмульсия
16	0,004	16	0,005	16	0,007	16	0,011	16	0,015	16	0,020	16	0,025	эмульсия
23	0,004	23	0,006	23	0,008	23	0,013	23	0,018	23	0,023	23	0,029	эмульсия
5	0,004	5	0,005	5	0,007	5	0,011	5	0,015	5	0,020	5	0,025	эмульсия
9	0,004	9	0,005	9	0,007	9	0,011	9	0,015	9	0,020	9	0,025	эмульсия
14	0,004	14	0,006	14	0,008	14	0,013	14	0,018	14	0,023	14	0,029	эмульсия
138	0,004	138	0,006	138	0,010	138	0,015	138	0,020	138	0,026	138	0,035	эмульсия
202	0,004	202	0,006	202	0,010	202	0,015	202	0,020	202	0,026	202	0,035	эмульсия
221	0,005	221	0,007	221	0,012	221	0,018	221	0,025	221	0,031	221	0,042	эмульсия
83	0,006	83	0,008	83	0,014	83	0,021	83	0,025	83	0,032	83	0,039	эмульсия
120	0,006	120	0,008	120	0,014	120	0,021	120	0,025	120	0,032	120	0,039	эмульсия
138	0,007	138	0,010	138	0,017	138	0,025	138	0,031	138	0,039	138	0,046	эмульсия
37	0,007	37	0,010	37	0,016	37	0,025	37	0,028	37	0,035	37	0,042	эмульсия
101	0,007	101	0,010	101	0,016	101	0,025	101	0,028	101	0,035	101	0,042	эмульсия
110	0,009	110	0,012	110	0,020	110	0,030	110	0,034	110	0,042	110	0,050	эмульсия
55	0,006	55	0,008	55	0,014	55	0,021	55	0,025	55	0,032	55	0,039	эмульсия
92	0,006	92	0,008	92	0,014	92	0,021	92	0,025	92	0,032	92	0,039	эмульсия
110	0,007	110	0,010	110	0,017	110	0,025	110	0,031	110	0,039	110	0,046	эмульсия
55	0,006	55	0,008	55	0,014	55	0,021	55	0,025	55	0,032	55	0,039	Нет
92	0,006	92	0,008	92	0,014	92	0,021	92	0,025	92	0,032	92	0,039	Нет
110	0,007	110	0,010	110	0,017	110	0,025	110	0,031	110	0,039	110	0,046	Нет
37	0,006	37	0,008	37	0,014	37	0,021	37	0,025	37	0,032	37	0,039	Нет
83	0,006	83	0,008	83	0,014	83	0,021	83	0,025	83	0,032	83	0,039	Нет
92	0,007	92	0,010	92	0,017	92	0,025	92	0,031	92	0,039	92	0,046	Нет
37	0,006	37	0,008	37	0,014	37	0,021	37	0,025	37	0,032	37	0,039	Нет
83	0,006	83	0,008	83	0,014	83	0,021	83	0,025	83	0,032	83	0,039	Нет
92	0,007	92	0,010	92	0,017	92	0,025	92	0,031	92	0,039	92	0,046	Нет
28	0,006	28	0,008	28	0,014	28	0,021	28	0,025	28	0,032	28	0,039	Нет
64	0,006	64	0,008	64	0,014	64	0,021	64	0,025	64	0,032	64	0,039	Нет
74	0,007	74	0,010	74	0,017	74	0,025	74	0,031	74	0,039	74	0,046	Нет
23	0,006	23	0,008	23	0,014	23	0,021	23	0,025	23	0,032	23	0,039	эмульсия
51	0,006	51	0,008	51	0,014	51	0,021	51	0,025	51	0,032	51	0,039	эмульсия
64	0,007	64	0,010	64	0,017	64	0,025	64	0,031	64	0,039	64	0,046	эмульсия
14	0,007	14	0,010	14	0,016	14	0,025	14	0,028	14	0,035	14	0,042	эмульсия
41	0,007	41	0,010	41	0,016	41	0,025	41	0,028	41	0,035	41	0,042	эмульсия
46	0,009	46	0,012	46	0,020	46	0,030	46	0,034	46	0,042	46	0,050	эмульсия
21	0,003	21	0,004	21	0,006	21	0,010	21	0,013	21	0,018	21	0,022	Нет
31	0,003	31	0,004	31	0,006	31	0,010	31	0,013	31	0,018	31	0,022	Нет
62	0,004	62	0,006	62	0,008	62	0,013	62	0,018	62	0,023	62	0,027	Нет
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.14 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Получистовое контурное фрезерование

f_z для a_e = 0,1 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	HSS, без покр.	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,003
			HSS, с покрытием	84	0,001	84	0,001	84	0,002	84	0,003
			PM, с покрытием	89	0,001	89	0,001	89	0,002	89	0,003
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			HSS, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,003
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,003
2.0	Автомат. стали	< 850	HSS, без покр.	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
			HSS, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,003
			PM, с покрытием	79	0,001	79	0,001	79	0,002	79	0,003
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	22	0,001	22	0,001	22	0,002	22	0,003
			HSS, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,003
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,003
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	HSS, без покр.	27	0,001	27	0,001	27	0,002	27	0,003
			HSS, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,003
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,003
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			HSS, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,003
			PM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,003
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			HSS, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
			PM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			HSS, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
			PM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	HSS, без покр.	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			HSS, с покрытием	42	0,001	42	0,001	42	0,002	42	0,003
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,003
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			HSS, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,003
			PM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,003
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			HSS, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,003
			PM, с покрытием	65	0,001	65	0,001	65	0,002	65	0,003
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	HSS, без покр.	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			HSS, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
			PM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
7.0	Азотируемые стали	< 1000	HSS, без покр.	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			HSS, с покрытием	42	0,001	42	0,001	42	0,002	42	0,003
			PM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
7.1	Азотируемые стали	> 1000	HSS, без покр.	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			HSS, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,003
			PM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
8.0	Инструментал. стали	< 850	HSS, без покр.	22	0,001	22	0,001	22	0,002	22	0,003
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,003
			PM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	HSS, без покр.	13	0,001	13	0,001	13	0,002	13	0,003
			HSS, с покрытием	32	0,001	32	0,001	32	0,002	32	0,003
			PM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,002	40	0,003
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,003
			HSS, с покрытием	27	0,001	27	0,001	27	0,002	27	0,003
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,003



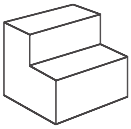


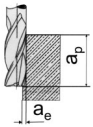
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	30	0,005	30	0,007	30	0,010	30	0,016	30	0,022	30	0,035	30	0,044	эмульсия
	84	0,005	84	0,007	84	0,010	84	0,016	84	0,022	84	0,035	84	0,044	эмульсия
	89	0,006	89	0,008	89	0,012	89	0,019	89	0,026	89	0,041	89	0,053	эмульсия
	25	0,004	25	0,006	25	0,009	25	0,014	25	0,019	25	0,031	25	0,039	эмульсия
	70	0,004	70	0,006	70	0,009	70	0,014	70	0,019	70	0,031	70	0,039	эмульсия
	75	0,006	75	0,008	75	0,012	75	0,019	75	0,026	75	0,041	75	0,048	эмульсия
	28	0,004	28	0,006	28	0,009	28	0,014	28	0,019	28	0,025	28	0,031	эмульсия
	75	0,004	75	0,006	75	0,009	75	0,014	75	0,019	75	0,025	75	0,031	эмульсия
	79	0,006	79	0,008	79	0,012	79	0,019	79	0,026	79	0,033	79	0,038	эмульсия
	22	0,004	22	0,006	22	0,009	22	0,014	22	0,019	22	0,025	22	0,031	эмульсия
	70	0,004	70	0,006	70	0,009	70	0,014	70	0,019	70	0,025	70	0,031	эмульсия
	75	0,006	75	0,008	75	0,012	75	0,019	75	0,026	75	0,033	75	0,038	эмульсия
	27	0,004	27	0,006	27	0,009	27	0,014	27	0,019	27	0,025	27	0,031	эмульсия
	70	0,004	70	0,006	70	0,009	70	0,014	70	0,019	70	0,025	70	0,031	эмульсия
	75	0,006	75	0,008	75	0,012	75	0,019	75	0,026	75	0,033	75	0,038	эмульсия
	25	0,004	25	0,006	25	0,009	25	0,014	25	0,019	25	0,025	25	0,031	эмульсия
	60	0,004	60	0,006	60	0,009	60	0,014	60	0,019	60	0,025	60	0,031	эмульсия
	70	0,006	70	0,008	70	0,012	70	0,019	70	0,026	70	0,033	70	0,038	эмульсия
	20	0,004	20	0,006	20	0,009	20	0,014	20	0,019	20	0,025	20	0,031	эмульсия
	45	0,004	45	0,006	45	0,009	45	0,014	45	0,019	45	0,025	45	0,031	эмульсия
	55	0,006	55	0,008	55	0,012	55	0,019	55	0,026	55	0,033	55	0,038	эмульсия
	18	0,004	18	0,006	18	0,009	18	0,014	18	0,019	18	0,025	18	0,031	эмульсия
	45	0,004	45	0,006	45	0,009	45	0,014	45	0,019	45	0,025	45	0,031	эмульсия
	55	0,006	55	0,008	55	0,012	55	0,019	55	0,026	55	0,033	55	0,038	эмульсия
	15	0,005	15	0,007	15	0,010	15	0,016	15	0,022	15	0,028	15	0,035	эмульсия
	42	0,005	42	0,007	42	0,010	42	0,016	42	0,022	42	0,028	42	0,035	эмульсия
	50	0,006	50	0,008	50	0,012	50	0,019	50	0,026	50	0,033	50	0,042	эмульсия
	25	0,004	25	0,006	25	0,009	25	0,014	25	0,019	25	0,025	25	0,031	эмульсия
	60	0,004	60	0,006	60	0,009	60	0,014	60	0,019	60	0,025	60	0,031	эмульсия
	70	0,006	70	0,008	70	0,012	70	0,019	70	0,026	70	0,033	70	0,038	эмульсия
	18	0,004	18	0,006	18	0,009	18	0,014	18	0,019	18	0,025	18	0,031	эмульсия
	50	0,004	50	0,006	50	0,009	50	0,014	50	0,019	50	0,025	50	0,031	эмульсия
	65	0,006	65	0,008	65	0,012	65	0,019	65	0,026	65	0,033	65	0,038	эмульсия
	15	0,005	15	0,007	15	0,010	15	0,016	15	0,022	15	0,028	15	0,035	эмульсия
	45	0,005	45	0,007	45	0,010	45	0,016	45	0,022	45	0,028	45	0,035	эмульсия
	55	0,006	55	0,008	55	0,012	55	0,019	55	0,026	55	0,033	55	0,042	эмульсия
	18	0,004	18	0,006	18	0,009	18	0,014	18	0,019	18	0,025	18	0,031	эмульсия
	42	0,004	42	0,006	42	0,009	42	0,014	42	0,019	42	0,025	42	0,031	эмульсия
	55	0,006	55	0,008	55	0,012	55	0,019	55	0,026	55	0,033	55	0,038	эмульсия
	15	0,005	15	0,007	15	0,010	15	0,016	15	0,022	15	0,028	15	0,035	эмульсия
	35	0,005	35	0,007	35	0,010	35	0,016	35	0,022	35	0,028	35	0,035	эмульсия
	45	0,006	45	0,008	45	0,012	45	0,019	45	0,026	45	0,033	45	0,042	эмульсия
	22	0,004	22	0,006	22	0,009	22	0,014	22	0,019	22	0,025	22	0,031	эмульсия
	38	0,004	38	0,006	38	0,009	38	0,014	38	0,019	38	0,025	38	0,031	эмульсия
	45	0,006	45	0,008	45	0,012	45	0,019	45	0,026	45	0,033	45	0,038	эмульсия
	13	0,005	13	0,007	13	0,010	13	0,016	13	0,022	13	0,028	13	0,035	эмульсия
	32	0,005	32	0,007	32	0,010	32	0,016	32	0,022	32	0,028	32	0,035	эмульсия
	40	0,006	40	0,008	40	0,012	40	0,019	40	0,026	40	0,033	40	0,042	эмульсия
	8	0,005	8	0,007	8	0,010	8	0,016	8	0,022	8	0,028	8	0,035	эмульсия
	27	0,005	27	0,007	27	0,010	27	0,016	27	0,022	27	0,028	27	0,035	эмульсия
	35	0,006	35	0,008	35	0,012	35	0,019	35	0,026	35	0,033	35	0,042	эмульсия

Таблица 8.14 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Получистовое контурное фрезерование

f_z для a_e = 0,1 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	HSS, без покр.	6	0,001	6	0,001	6	0,002	6	0,003
			HSS, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
			PM, с покрытием	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
10.0	Закалённые стали	45 – 55 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,003
			HSS, с покрытием	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			PM, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,003
11.1	Износост. констр. стали	1800	HSS, без покр.	4	0,001	4	0,001	4	0,002	4	0,003
			HSS, с покрытием	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,003
			PM, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
12.0	Пружинные стали	< 1500	HSS, без покр.	7	0,001	7	0,001	7	0,002	7	0,003
			HSS, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			PM, с покрытием	23	0,001	23	0,001	23	0,002	23	0,003
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,003
			PM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	HSS, без покр.	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,003
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	HSS, без покр.	10	0,001	10	0,001	10	0,002	10	0,003
			HSS, с покрытием	18	0,001	18	0,001	18	0,002	18	0,003
			PM, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,003
			HSS, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			PM, с покрытием	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
14.0	Спец. сплавы	<1200	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,002	5	0,003
			HSS, с покрытием	10	0,001	10	0,001	10	0,002	10	0,003
			PM, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	HSS, без покр.	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
			HSS, с покрытием	65	0,001	65	0,001	65	0,002	65	0,003
			PM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,003
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
			HSS, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,003
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,003
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	22	0,001	22	0,001	22	0,002	22	0,003
			HSS, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,002	40	0,003
			PM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	HSS, без покр.	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
			HSS, с покрытием	28	0,001	28	0,001	28	0,002	28	0,003
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,003



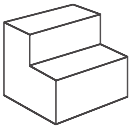


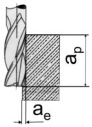
Диаметр [мм]														СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
6	0,005	6	0,007	6	0,010	6	0,016	6	0,022	6	0,028	6	0,042	эмульсия
23	0,005	23	0,007	23	0,010	23	0,016	23	0,022	23	0,028	23	0,042	эмульсия
28	0,006	28	0,008	28	0,012	28	0,019	28	0,026	28	0,033	28	0,050	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	0,005	8	0,007	8	0,010	8	0,016	8	0,022	8	0,028	8	0,035	эмульсия
20	0,005	20	0,007	20	0,010	20	0,016	20	0,022	20	0,028	20	0,035	эмульсия
30	0,006	30	0,008	30	0,012	30	0,019	30	0,026	30	0,033	30	0,042	эмульсия
4	0,005	4	0,007	4	0,010	4	0,016	4	0,022	4	0,028	4	0,035	эмульсия
8	0,005	8	0,007	8	0,010	8	0,016	8	0,022	8	0,028	8	0,035	эмульсия
15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,026	15	0,033	15	0,042	эмульсия
7	0,005	7	0,007	7	0,010	7	0,016	7	0,022	7	0,028	7	0,035	эмульсия
15	0,005	15	0,007	15	0,010	15	0,016	15	0,022	15	0,028	15	0,035	эмульсия
23	0,006	23	0,008	23	0,012	23	0,019	23	0,026	23	0,033	23	0,042	эмульсия
20	0,004	20	0,006	20	0,009	20	0,014	20	0,019	20	0,025	20	0,031	эмульсия
30	0,004	30	0,006	30	0,009	30	0,014	30	0,019	30	0,025	30	0,031	эмульсия
45	0,006	45	0,008	45	0,012	45	0,019	45	0,026	45	0,033	45	0,038	эмульсия
15	0,004	15	0,006	15	0,009	15	0,014	15	0,019	15	0,025	15	0,031	эмульсия
25	0,004	25	0,006	25	0,009	25	0,014	25	0,019	25	0,025	25	0,031	эмульсия
35	0,006	35	0,008	35	0,012	35	0,019	35	0,026	35	0,033	35	0,038	эмульсия
10	0,004	10	0,006	10	0,009	10	0,014	10	0,019	10	0,025	10	0,031	эмульсия
18	0,004	18	0,006	18	0,009	18	0,014	18	0,019	18	0,025	18	0,031	эмульсия
25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,033	25	0,038	эмульсия
8	0,005	8	0,007	8	0,010	8	0,016	8	0,022	8	0,028	8	0,035	эмульсия
15	0,005	15	0,007	15	0,010	15	0,016	15	0,022	15	0,028	15	0,035	эмульсия
20	0,006	20	0,008	20	0,012	20	0,019	20	0,026	20	0,033	20	0,042	эмульсия
5	0,005	5	0,007	5	0,010	5	0,016	5	0,022	5	0,028	5	0,035	эмульсия
10	0,005	10	0,007	10	0,010	10	0,016	10	0,022	10	0,028	10	0,035	эмульсия
15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,026	15	0,033	15	0,042	эмульсия
28	0,004	28	0,006	28	0,009	28	0,014	28	0,019	28	0,025	28	0,031	Нет
65	0,004	65	0,006	65	0,009	65	0,014	65	0,019	65	0,025	65	0,031	Нет
70	0,006	70	0,008	70	0,012	70	0,019	70	0,026	70	0,033	70	0,038	Нет
25	0,004	25	0,006	25	0,009	25	0,014	25	0,019	25	0,025	25	0,031	Нет
50	0,004	50	0,006	50	0,009	50	0,014	50	0,019	50	0,025	50	0,031	Нет
60	0,006	60	0,008	60	0,012	60	0,019	60	0,026	60	0,033	60	0,038	Нет
22	0,004	22	0,006	22	0,009	22	0,014	22	0,019	22	0,025	22	0,031	эмульсия
40	0,004	40	0,006	40	0,009	40	0,014	40	0,019	40	0,025	40	0,031	эмульсия
45	0,006	45	0,008	45	0,012	45	0,019	45	0,026	45	0,033	45	0,038	эмульсия
15	0,004	15	0,006	15	0,009	15	0,014	15	0,019	15	0,025	15	0,031	эмульсия
28	0,004	28	0,006	28	0,009	28	0,014	28	0,019	28	0,025	28	0,031	эмульсия
35	0,006	35	0,008	35	0,012	35	0,019	35	0,026	35	0,033	35	0,038	эмульсия

Таблица 8.14 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Получистовое контурное фрезерование

f_z для a_e = 0,1 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
16.0	**Титан, титановые сплавы**	**< 850**	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,003
			HSS, с покрытием	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,003
			PM, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,003
16.1	**Титан, титановые сплавы**	**850 – 1200**	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,002	5	0,003
			HSS, с покрытием	10	0,001	10	0,001	10	0,002	10	0,003
			PM, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,003
17.0	**Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg**	**до 350**	HSS, без покр.	149	0,001	149	0,002	149	0,003	149	0,004
			HSS, с покрытием	219	0,001	219	0,002	219	0,003	219	0,004
			PM, с покрытием	238	0,001	238	0,002	238	0,004	238	0,005
17.1	**Алюм. сплавы, короткоструж.**		HSS, без покр.	89	0,001	89	0,003	89	0,004	89	0,006
			HSS, с покрытием	129	0,001	129	0,003	129	0,004	129	0,006
			PM, с покрытием	149	0,001	149	0,003	149	0,006	149	0,007
17.2	**Лит. алюм. сплавы >10% Si**		HSS, без покр.	40	0,001	40	0,003	40	0,004	40	0,006
			HSS, с покрытием	109	0,001	109	0,003	109	0,004	109	0,006
			PM, с покрытием	119	0,001	119	0,003	119	0,006	119	0,007
18.0	**Медь, низколегир.**	**< 400**	HSS, без покр.	60	0,001	60	0,003	60	0,004	60	0,006
			HSS, с покрытием	99	0,001	99	0,003	99	0,004	99	0,006
			PM, с покрытием	119	0,001	119	0,003	119	0,006	119	0,007
18.1	**Латунь, короткоструж.**	**< 600**	HSS, без покр.	60	0,001	60	0,003	60	0,004	60	0,006
			HSS, с покрытием	99	0,001	99	0,003	99	0,004	99	0,006
			PM, с покрытием	119	0,001	119	0,003	119	0,006	119	0,007
18.2	**Латунь, длинноструж.**	**< 600**	HSS, без покр.	40	0,001	40	0,003	40	0,004	40	0,006
			HSS, с покрытием	89	0,001	89	0,003	89	0,004	89	0,006
			PM, с покрытием	99	0,001	99	0,003	99	0,006	99	0,007
18.3	**Бронза, короткоструж.**	**< 600**	HSS, без покр.	40	0,001	40	0,003	40	0,004	40	0,006
			HSS, с покрытием	89	0,001	89	0,003	89	0,004	89	0,006
			PM, с покрытием	99	0,001	99	0,003	99	0,006	99	0,007
18.4	**Бронза, короткоструж.**	**650 – 850**	HSS, без покр.	30	0,001	30	0,003	30	0,004	30	0,006
			HSS, с покрытием	70	0,001	70	0,003	70	0,004	70	0,006
			PM, с покрытием	79	0,001	79	0,003	79	0,006	79	0,007
18.5	**Бронза, длинноструж.**	**< 850**	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,003	25	0,004	25	0,006
			HSS, с покрытием	55	0,001	55	0,003	55	0,004	55	0,006
			PM, с покрытием	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,007
18.6	**Бронза, длинноструж.**	**850 – 1200**	HSS, без покр.	15	0,001	15	0,003	15	0,004	15	0,006
			HSS, с покрытием	45	0,001	45	0,003	45	0,004	45	0,006
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,006	50	0,007
19.0	**Графит**		HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,003
			HSS, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,003
			PM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
20.0	**Термопласт**		HSS, без покр.	55	0,001	55	0,003	55	0,004	55	0,006
			HSS, с покрытием	55	0,001	55	0,003	55	0,004	55	0,006
			PM, с покрытием	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,007
20.1	**Реактопласт**		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	**Стекло- и углепластик**		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–



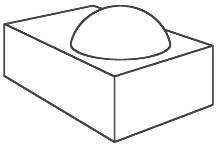


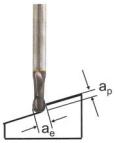
Диаметр [мм]														СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
8	0,005	8	0,007	8	0,010	8	0,016	8	0,022	8	0,028	8	0,035	эмульсия
17	0,005	17	0,007	17	0,010	17	0,016	17	0,022	17	0,028	17	0,035	эмульсия
25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,033	25	0,042	эмульсия
5	0,005	5	0,007	5	0,010	5	0,016	5	0,029	5	0,028	5	0,035	эмульсия
10	0,005	10	0,007	10	0,010	10	0,016	10	0,029	10	0,028	10	0,035	эмульсия
15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,036	15	0,033	15	0,042	эмульсия
149	0,006	149	0,008	149	0,014	149	0,021	149	0,036	149	0,037	149	0,050	эмульсия
219	0,006	219	0,008	219	0,014	219	0,021	219	0,036	219	0,037	219	0,050	эмульсия
238	0,007	238	0,010	238	0,017	238	0,025	238	0,044	238	0,044	238	0,060	эмульсия
89	0,008	89	0,011	89	0,020	89	0,029	89	0,041	89	0,046	89	0,055	эмульсия
129	0,008	129	0,011	129	0,020	129	0,029	129	0,041	129	0,046	129	0,055	эмульсия
149	0,010	149	0,014	149	0,024	149	0,035	149	0,049	149	0,055	149	0,066	эмульсия
40	0,011	40	0,014	40	0,023	40	0,036	40	0,028	40	0,050	40	0,060	эмульсия
109	0,011	109	0,014	109	0,023	109	0,036	109	0,028	109	0,050	109	0,060	эмульсия
119	0,012	119	0,018	119	0,028	119	0,043	119	0,034	119	0,059	119	0,072	эмульсия
60	0,008	60	0,011	60	0,020	60	0,029	60	0,036	60	0,046	60	0,055	эмульсия
99	0,008	99	0,011	99	0,020	99	0,029	99	0,036	99	0,046	99	0,055	эмульсия
119	0,010	119	0,014	119	0,024	119	0,035	119	0,044	119	0,055	119	0,066	эмульсия
60	0,008	60	0,011	60	0,020	60	0,029	60	0,036	60	0,046	60	0,055	Нет
99	0,008	99	0,011	99	0,020	99	0,029	99	0,036	99	0,046	99	0,055	Нет
119	0,010	119	0,014	119	0,024	119	0,035	119	0,044	119	0,055	119	0,066	Нет
40	0,008	40	0,011	40	0,020	40	0,029	40	0,036	40	0,046	40	0,055	Нет
89	0,008	89	0,011	89	0,020	89	0,029	89	0,036	89	0,046	89	0,055	Нет
99	0,010	99	0,014	99	0,024	99	0,035	99	0,044	99	0,055	99	0,066	Нет
40	0,008	40	0,011	40	0,020	40	0,029	40	0,036	40	0,046	40	0,055	Нет
89	0,008	89	0,011	89	0,020	89	0,029	89	0,036	89	0,046	89	0,055	Нет
99	0,010	99	0,014	99	0,024	99	0,035	99	0,044	99	0,055	99	0,066	Нет
30	0,008	30	0,011	30	0,020	30	0,029	30	0,036	30	0,046	30	0,055	Нет
70	0,008	70	0,011	70	0,020	70	0,029	70	0,036	70	0,046	70	0,055	Нет
79	0,010	79	0,014	79	0,024	79	0,035	79	0,044	79	0,055	79	0,066	Нет
25	0,008	25	0,011	25	0,020	25	0,029	25	0,036	25	0,046	25	0,055	эмульсия
55	0,008	55	0,011	55	0,020	55	0,029	55	0,036	55	0,046	55	0,055	эмульсия
70	0,010	70	0,014	70	0,024	70	0,035	70	0,044	70	0,055	70	0,066	эмульсия
15	0,011	15	0,014	15	0,023	15	0,036	15	0,041	15	0,050	15	0,060	эмульсия
45	0,011	45	0,014	45	0,023	45	0,036	45	0,041	45	0,050	45	0,060	эмульсия
50	0,012	50	0,018	50	0,028	50	0,043	50	0,049	50	0,059	50	0,072	эмульсия
20	0,004	20	0,006	20	0,009	20	0,014	20	0,019	20	0,025	20	0,031	Нет
35	0,004	35	0,006	35	0,009	35	0,014	35	0,019	35	0,025	35	0,031	Нет
45	0,006	45	0,008	45	0,012	45	0,019	45	0,026	45	0,033	45	0,038	Нет
55	0,008	55	0,011	55	0,020	55	0,029	55	0,036	55	0,046	55	0,055	сух./ воздух
55	0,008	55	0,011	55	0,020	55	0,029	55	0,036	55	0,046	55	0,055	сух./ воздух
70	0,010	70	0,014	70	0,024	70	0,035	70	0,044	70	0,055	70	0,066	сух./ воздух
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.15 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Получистовое копирование

f_z для a_e = 0,03 x D и a_p = 0,03 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	HSS, без покр.	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			HSS, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,004
			PM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,002	85	0,004
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
2.0	Автомат. стали	< 850	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,004
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,004
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,004
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,004
7.0	Азотируемые стали	< 1000	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
7.1	Азотируемые стали	> 1000	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,004
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,004
8.0	Инструментал. стали	< 850	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,004
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,004
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	HSS, без покр.	12	0,001	12	0,001	12	0,002	12	0,004
			HSS, с покрытием	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			PM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,002	40	0,004



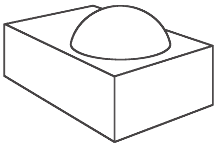


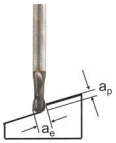
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	30	0,006	30	0,008	30	0,012	30	0,019	30	0,026	30	0,034	30	0,042	эмульсия
	45	0,006	45	0,008	45	0,012	45	0,019	45	0,026	45	0,034	45	0,042	эмульсия
	85	0,007	85	0,010	85	0,014	85	0,023	85	0,031	85	0,040	85	0,050	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	17	0,006	17	0,008	17	0,012	17	0,019	17	0,026	17	0,034	17	0,042	эмульсия
	25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,034	25	0,042	эмульсия
	50	0,007	50	0,010	50	0,014	50	0,023	50	0,031	50	0,040	50	0,050	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	17	0,006	17	0,008	17	0,012	17	0,019	17	0,026	17	0,034	17	0,042	эмульсия
	25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,034	25	0,042	эмульсия
	50	0,007	50	0,010	50	0,014	50	0,023	50	0,031	50	0,040	50	0,050	эмульсия
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	17	0,006	17	0,008	17	0,012	17	0,019	17	0,026	17	0,034	17	0,042	эмульсия
	25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,034	25	0,042	эмульсия
	50	0,007	50	0,010	50	0,014	50	0,023	50	0,031	50	0,040	50	0,050	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	17	0,006	17	0,008	17	0,012	17	0,019	17	0,026	17	0,034	17	0,042	эмульсия
	25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,034	25	0,042	эмульсия
	50	0,007	50	0,010	50	0,014	50	0,023	50	0,031	50	0,040	50	0,050	эмульсия
	12	0,006	12	0,008	12	0,012	12	0,019	12	0,026	12	0,034	12	0,042	эмульсия
	20	0,006	20	0,008	20	0,012	20	0,019	20	0,026	20	0,034	20	0,042	эмульсия
	40	0,007	40	0,010	40	0,014	40	0,023	40	0,031	40	0,040	40	0,050	эмульсия

Таблица 8.15 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Получистовое копирование

f_z для a_e = 0,03 x D и a_p = 0,03 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	HSS, без покр.	12	0,001	12	0,001	12	0,002	12	0,004
			HSS, с покрытием	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			PM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,002	40	0,004
10.0	Закалённые стали	45 – 55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,004
			HSS, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,004
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,004
11.1	Износост. констр. стали	1800	HSS, без покр.	5	0,001	5	0,001	5	0,002	5	0,004
			HSS, с покрытием	10	0,001	10	0,001	10	0,002	10	0,004
			PM, с покрытием	22	0,001	22	0,001	22	0,002	22	0,004
12.0	Пружинные стали	< 1500	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,004
			HSS, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,004
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,004
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,004
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,004
14.0	Спец. сплавы	<1200	HSS, без покр.	5	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,004
			HSS, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,004
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,004
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			PM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	HSS, без покр.	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			HSS, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,002	30	0,004
			HSS, без покр.	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	HSS, без покр.	17	0,001	17	0,001	17	0,002	17	0,004
			HSS, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			PM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,004



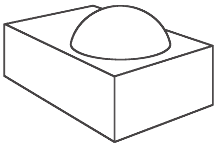


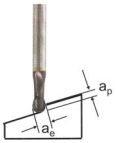
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	12	0,006	12	0,008	12	0,012	12	0,019	12	0,026	12	0,034	12	0,042	эмульсия
	20	0,006	20	0,008	20	0,012	20	0,019	20	0,026	20	0,034	20	0,042	эмульсия
	40	0,007	40	0,010	40	0,014	40	0,023	40	0,031	40	0,040	40	0,050	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	8	0,006	8	0,008	8	0,012	8	0,019	8	0,026	8	0,034	8	0,042	эмульсия
	15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,026	15	0,034	15	0,042	эмульсия
	35	0,007	35	0,010	35	0,014	35	0,023	35	0,031	35	0,040	35	0,050	эмульсия
	5	0,006	5	0,008	5	0,012	5	0,019	5	0,026	5	0,034	5	0,042	эмульсия
	10	0,006	10	0,008	10	0,012	10	0,019	10	0,026	10	0,034	10	0,042	эмульсия
	22	0,007	22	0,010	22	0,014	22	0,023	22	0,031	22	0,040	22	0,050	эмульсия
	8	0,006	8	0,008	8	0,012	8	0,019	8	0,026	8	0,034	8	0,042	эмульсия
	15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,026	15	0,034	15	0,042	эмульсия
	35	0,007	35	0,010	35	0,014	35	0,023	35	0,031	35	0,040	35	0,050	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	эмульсия
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	эмульсия
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	17	0,006	17	0,008	17	0,012	17	0,019	17	0,026	17	0,034	17	0,042	эмульсия
	25	0,006	25	0,008	25	0,012	25	0,019	25	0,026	25	0,034	25	0,042	эмульсия
	50	0,007	50	0,010	50	0,014	50	0,023	50	0,031	50	0,040	50	0,050	эмульсия
	8	0,006	8	0,008	8	0,012	8	0,019	8	0,026	8	0,034	8	0,042	эмульсия
	15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,026	15	0,034	15	0,042	эмульсия
	35	0,007	35	0,010	35	0,014	35	0,023	35	0,031	35	0,040	35	0,050	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	Нет
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	Нет
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	Нет
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	Нет
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	Нет
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	Нет
	20	0,005	20	0,007	20	0,011	20	0,017	20	0,023	20	0,030	20	0,037	эмульсия
	30	0,005	30	0,007	30	0,011	30	0,017	30	0,023	30	0,030	30	0,037	эмульсия
	60	0,007	60	0,010	60	0,014	60	0,023	60	0,031	60	0,040	60	0,046	эмульсия
	17	0,005	17	0,007	17	0,011	17	0,017	17	0,023	17	0,030	17	0,037	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	эмульсия
	50	0,007	50	0,010	50	0,014	50	0,023	50	0,031	50	0,040	50	0,046	эмульсия

Таблица 8.15 GARANT – Концевые фрезы HSS/PM (без покр., с покрытием) – Получистовое копирование

f_z для a_e = 0,03 x D и a_p = 0,03 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	HSS, без покр.	12	0,001	12	0,001	12	0,002	12	0,004
			HSS, с покрытием	20	0,001	20	0,001	20	0,002	20	0,004
			PM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,002	40	0,004
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	HSS, без покр.	8	0,001	8	0,001	8	0,002	8	0,004
			HSS, с покрытием	15	0,001	15	0,001	15	0,002	15	0,004
			PM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,002	35	0,004
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	HSS, без покр.	250	0,001	250	0,002	250	0,004	250	0,005
			HSS, с покрытием	400	0,001	400	0,002	400	0,004	400	0,005
			PM, с покрытием	600	0,001	600	0,002	600	0,005	600	0,006
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		HSS, без покр.	70	0,002	70	0,003	70	0,005	70	0,007
			HSS, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,005	120	0,007
			PM, с покрытием	180	0,002	180	0,003	180	0,007	180	0,008
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		HSS, без покр.	40	0,002	40	0,003	40	0,005	40	0,007
			HSS, с покрытием	65	0,002	65	0,003	65	0,005	65	0,007
			PM, с покрытием	110	0,002	110	0,003	110	0,007	110	0,008
18.0	Медь, низколегир.	< 400	HSS, без покр.	70	0,002	70	0,003	70	0,005	70	0,007
			HSS, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,005	120	0,007
			PM, с покрытием	180	0,002	180	0,003	180	0,007	180	0,008
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	60	0,002	60	0,003	60	0,005	60	0,007
			HSS, с покрытием	100	0,002	100	0,003	100	0,005	100	0,007
			PM, с покрытием	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,008
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	HSS, без покр.	60	0,002	60	0,003	60	0,005	60	0,007
			HSS, с покрытием	100	0,002	100	0,003	100	0,005	100	0,007
			PM, с покрытием	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,008
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	HSS, без покр.	60	0,002	60	0,003	60	0,005	60	0,007
			HSS, с покрытием	100	0,002	100	0,003	100	0,005	100	0,007
			PM, с покрытием	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,008
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	HSS, без покр.	50	0,002	50	0,003	50	0,005	50	0,007
			HSS, с покрытием	80	0,002	80	0,003	80	0,005	80	0,007
			PM, с покрытием	130	0,002	130	0,003	130	0,007	130	0,008
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	HSS, без покр.	50	0,002	50	0,003	50	0,005	50	0,007
			HSS, с покрытием	80	0,002	80	0,003	80	0,005	80	0,007
			PM, с покрытием	130	0,002	130	0,003	130	0,007	130	0,008
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	HSS, без покр.	40	0,002	40	0,003	40	0,005	40	0,007
			HSS, с покрытием	65	0,002	65	0,003	65	0,005	65	0,007
			PM, с покрытием	110	0,002	110	0,003	110	0,007	110	0,008
19.0	Графит		HSS, без покр.	25	0,001	25	0,001	25	0,002	25	0,004
			HSS, с покрытием	38	0,001	38	0,001	38	0,002	38	0,004
			PM, с покрытием	75	0,001	75	0,001	75	0,002	75	0,004
20.0	Термопласт		HSS, без покр.	80	0,002	80	0,003	80	0,005	80	0,007
			HSS, с покрытием	80	0,002	80	0,003	80	0,005	80	0,007
			PM, с покрытием	130	0,002	130	0,003	130	0,007	130	0,008
20.1	Реактопласт		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		HSS, без покр.	–	–	–	–	–	–	–	–
			HSS, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
			PM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–





	Диаметр [мм]														
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		СОЖ
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	12	0,006	12	0,008	12	0,012	12	0,019	12	0,026	12	0,034	12	0,042	эмульсия
	20	0,006	20	0,008	20	0,012	20	0,019	20	0,026	20	0,034	20	0,042	эмульсия
	40	0,007	40	0,010	40	0,014	40	0,023	40	0,031	40	0,040	40	0,050	эмульсия
	8	0,006	8	0,008	8	0,012	8	0,019	8	0,026	8	0,034	8	0,042	эмульсия
	15	0,006	15	0,008	15	0,012	15	0,019	15	0,026	15	0,034	15	0,042	эмульсия
	35	0,007	35	0,010	35	0,014	35	0,023	35	0,031	35	0,040	35	0,050	эмульсия
	250	0,007	250	0,010	250	0,017	250	0,025	250	0,035	250	0,044	250	0,060	эмульсия
	400	0,007	400	0,010	400	0,017	400	0,025	400	0,035	400	0,044	400	0,060	эмульсия
	600	0,008	600	0,012	600	0,020	600	0,030	600	0,042	600	0,053	600	0,072	эмульсия
	70	0,010	70	0,013	70	0,024	70	0,035	70	0,044	70	0,056	70	0,066	эмульсия
	120	0,010	120	0,013	120	0,024	120	0,035	120	0,044	120	0,056	120	0,066	эмульсия
	180	0,012	180	0,017	180	0,029	180	0,042	180	0,053	180	0,066	180	0,079	эмульсия
	40	0,013	40	0,017	40	0,028	40	0,043	40	0,049	40	0,060	40	0,072	эмульсия
	65	0,013	65	0,017	65	0,028	65	0,043	65	0,049	65	0,060	65	0,072	эмульсия
	110	0,015	110	0,021	110	0,024	110	0,051	110	0,059	110	0,071	110	0,086	эмульсия
	70	0,010	70	0,013	70	0,024	70	0,035	70	0,044	70	0,056	70	0,066	эмульсия
	120	0,010	120	0,013	120	0,024	120	0,035	120	0,044	120	0,056	120	0,066	эмульсия
	180	0,012	180	0,017	180	0,029	180	0,042	180	0,053	180	0,066	180	0,079	эмульсия
	60	0,010	60	0,013	60	0,024	60	0,035	60	0,044	60	0,056	60	0,066	Нет
	100	0,010	100	0,013	100	0,024	100	0,035	100	0,044	100	0,056	100	0,066	Нет
	150	0,012	150	0,017	150	0,029	150	0,042	150	0,053	150	0,066	150	0,079	Нет
	60	0,010	60	0,013	60	0,024	60	0,035	60	0,044	60	0,056	60	0,066	Нет
	100	0,010	100	0,013	100	0,024	100	0,035	100	0,044	100	0,056	100	0,066	Нет
	150	0,012	150	0,017	150	0,029	150	0,042	150	0,053	150	0,066	150	0,079	Нет
	60	0,010	60	0,013	60	0,024	60	0,035	60	0,044	60	0,056	60	0,066	Нет
	100	0,010	100	0,013	100	0,024	100	0,035	100	0,044	100	0,056	100	0,066	Нет
	150	0,012	150	0,017	150	0,029	150	0,042	150	0,053	150	0,066	150	0,079	Нет
	50	0,010	50	0,013	50	0,024	50	0,035	50	0,044	50	0,056	50	0,066	Нет
	80	0,010	80	0,013	80	0,024	80	0,035	80	0,044	80	0,056	80	0,066	Нет
	130	0,012	130	0,017	130	0,029	130	0,042	130	0,053	130	0,066	130	0,079	Нет
	50	0,010	50	0,013	50	0,024	50	0,035	50	0,044	50	0,056	50	0,066	эмульсия
	80	0,010	80	0,013	80	0,024	80	0,035	80	0,044	80	0,056	80	0,066	эмульсия
	130	0,012	130	0,017	130	0,029	130	0,042	130	0,053	130	0,066	130	0,079	эмульсия
	40	0,013	40	0,017	40	0,028	40	0,043	40	0,049	40	0,060	40	0,072	эмульсия
	65	0,013	65	0,017	65	0,028	65	0,043	65	0,049	65	0,060	65	0,072	эмульсия
	110	0,015	110	0,021	110	0,034	110	0,051	110	0,059	110	0,071	110	0,086	эмульсия
	25	0,005	25	0,007	25	0,011	25	0,017	25	0,023	25	0,030	25	0,037	Нет
	38	0,005	38	0,007	38	0,011	38	0,017	38	0,023	38	0,030	38	0,037	Нет
	75	0,007	75	0,010	75	0,014	75	0,023	75	0,031	75	0,040	75	0,046	Нет
	80	0,010	80	0,013	80	0,024	80	0,035	80	0,044	80	0,056	80	0,066	сух./ воздух
	80	0,010	80	0,013	80	0,024	80	0,035	80	0,044	80	0,056	80	0,066	сух./ воздух
	130	0,012	130	0,017	130	0,029	130	0,042	130	0,053	130	0,066	130	0,079	сух./ воздух
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.16 GARANT – Обдирочные фрезы PM MTC (с покрытием TiCN)

Каталож. № 191075

Число режущих кромок2

Черновая обработка пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Примечание — 17.2: f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 0,5 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 2			∅ 3			∅ 4		
				f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	75	0,006	11937	143	0,012	7958	191	0,017	5968	203
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	460	0,006	73211	879	0,012	48808	1171	0,017	36606	1245
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		185	0,006	29444	353	0,012	19629	471	0,017	14722	501
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		110	0,006	17507	210	0,010	11671	233	0,015	8754	263
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	90	0,006	14324	172	0,012	9549	229	0,017	7162	244

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 10			∅ 12			∅ 14		
				f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	75	0,050	2387	239	0,065	1989	259	0,080	1705	273
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	460	0,050	14642	1464	0,065	12202	1586	0,080	10459	1673
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		185	0,050	5889	589	0,065	4907	638	0,080	4206	673
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		110	0,045	3501	315	0,055	2918	321	0,070	2501	350
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	90	0,050	2865	286	0,065	2387	310	0,080	2046	327

Контурная черновая обработка (периферийное фрезерование)

f_z для a_e = 0,3 x D и a_p = 1,5 x D

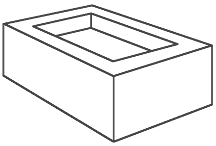
Примечание — 17.2: f_z для a_e = 0,1 x D и a_p = 1,5 x D

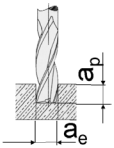
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 2			∅ 3			∅ 4		
				f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	75	0,006	11937	143	0,012	7958	191	0,017	5968	203
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	460	0,006	73211	879	0,012	48808	1171	0,017	36606	12454
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		185	0,006	29444	353	0,012	19629	471	0,017	14722	501
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		110	0,006	17507	210	0,010	11671	233	0,015	8754	263
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	90	0,006	14324	172	0,012	9549	229	0,017	7162	244

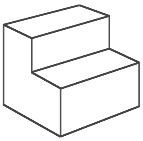
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 10			∅ 12			∅ 14		
				f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	75	0,050	2387	239	0,065	1989	259	0,080	1705	273
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	460	0,050	14642	1464	0,065	12202	1586	0,080	10459	1673
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		185	0,050	5889	589	0,065	4907	638	0,080	4206	673
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		110	0,045	3501	315	0,055	2918	321	0,070	2501	350
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	90	0,050	2865	286	0,065	2387	310	0,080	2046	327

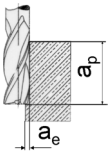
∅ 5			∅ 6			∅ 8		
f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,022	4775	210	0,028	3979	223	0,040	2984	239
0,022	29285	1289	0,028	24404	1367	0,040	18303	1464
0,022	11777	518	0,028	9815	550	0,040	7361	589
0,020	7003	280	0,025	5836	292	0,035	4377	306
0,022	5730	252	0,028	4775	267	0,040	3581	286

∅ 16			∅ 18			∅ 20		
f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,095	1492	283	0,110	1326	292	0,122	1194	291
0,095	9151	1739	0,110	8135	1790	0,122	7321	1786
0,095	3680	699	0,110	3272	720	0,122	2944	718
0,085	2188	372	0,100	1945	389	0,115	1751	403
0,095	1790	340	0,110	1592	350	0,122	1432	350









∅ 5			∅ 6			∅ 8		
f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,022	4775	210	0,028	3979	223	0,040	2984	239
0,022	29285	1289	0,028	24404	1367	0,040	18303	1464
0,022	11777	518	0,028	9815	550	0,040	7361	589
0,020	7003	280	0,025	5836	292	0,035	4377	306
0,095	1790	340	0,110	1592	350	0,122	1432	350

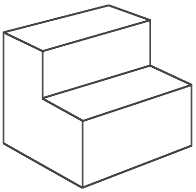
∅ 16			∅ 18			∅ 20		
f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]	f_z [мм/зуб]	n [об/мин]	v_f [мм/мин]
0,095	1492	283	0,110	1326	292	0,122	1194	291
0,095	9151	1739	0,110	8135	1790	0,122	7321	1786
0,095	3680	699	0,110	3272	720	0,122	2944	718
0,085	2188	372	0,100	1945	389	0,115	1751	403
0,095	1790	340	0,110	1592	350	0,122	1432	350

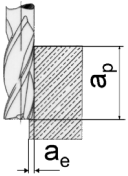
Таблица 8.17 GARANT – Чистовые фрезы SPM MTC (с покрытием TiAlN)
Чистовая обработка

Каталож. № 191632

f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания v_c [м/мин]			Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]			
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	6	8	10	12
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	83	95	100	0,010	0,012	0,019	0,026
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	69	79	83	0,010	0,012	0,019	0,026
2.0	Автоматные стали	< 850	74	85	102	0,010	0,012	0,019	0,026
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	69	79	83	0,010	0,012	0,019	0,026
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	69	79	83	0,010	0,012	0,019	0,026
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	64	74	77	0,008	0,012	0,019	0,026
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	0,026
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	0,026
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	46	53	55	0,010	0,012	0,019	0,026
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	64	74	77	0,008	0,012	0,019	0,026
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	69	72	0,010	0,012	0,019	0,026
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	0,026
7.0	Азотируемые стали	< 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	0,026
7.1	Азотируемые стали	> 1000	41	47	49	0,010	0,012	0,019	0,026
8.0	Инструментал. стали	< 850	41	47	49	0,010	0,012	0,019	0,026
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	37	42	44	0,008	0,012	0,019	0,026
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	28	32	36	0,008	0,012	0,019	0,026
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–		–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–		–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500		–		–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	41	47	49	0,010	0,012	0,019	0,026
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	32	36	38	0,010	0,012	0,019	0,026
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	23	26	28	0,008	0,012	0,019	0,026
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	18	21	23	0,008	0,012	0,019	0,026
14.0	Спец. сплавы	< 1200	14	16	18	0,010	0,012	0,019	0,026
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	57	75	80	0,010	0,012	0,019	0,026
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	56	63	67	0,010	0,012	0,019	0,026
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	41	47	49	0,010	0,012	0,019	0,026
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	33	37	40	0,010	0,012	0,019	0,026
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	221	254	265	0,012	0,018	0,025	0,035
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		138	159	166	0,018	0,025	0,035	0,044
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		112	125	132	0,035	0,040	0,043	0,049
18.0	Медь, низколегир.	< 400	112	125	132	0,018	0,025	0,035	0,044
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	112	125	132	0,018	0,025	0,035	0,044
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	95	106	112	0,018	0,025	0,035	0,044
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	95	106	112	0,018	0,025	0,035	0,044
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	75	85	90	0,018	0,025	0,035	0,044
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	67	75	80	0,018	0,025	0,035	0,044
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	47	53	56	0,035	0,040	0,043	0,049
19.0	Графит			–		–	–	–	–
20.0	Термопласт			–		–	–	–	–
20.1	Реактопласт			–		–	–	–	–
20.1	Стекло- и углепластик			–		–	–	–	–



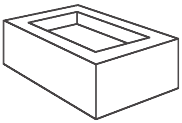


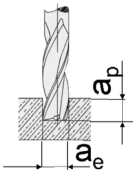
Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]						
14	16	18	20	22	25	32
0,035	0,041	0,047	0,053	0,057	0,063	0,076
0,033	0,041	0,044	0,046	0,053	0,058	0,069
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,030	0,033	0,035	0,042	0,044	0,048	0,056
0,030	0,033	0,038	0,042	0,044	0,048	0,056
0,029	0,033	0,038	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
0,029	0,033	0,035	0,038	0,041	0,044	0,051
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
0,040	0,044	0,052	0,060	0,062	0,068	0,079
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,055	0,059	0,066	0,072	0,074	0,079	0,090
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,050	0,055	0,062	0,066	0,071	0,076	0,088
0,055	0,059	0,066	0,072	0,074	0,079	0,090
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.18 GARANT – Обдирочные фрезы SPM MTC (с покрытием TiAlN)
Черновая обработка пазов/уступов

Каталож. № 192852; 192855
Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	83	**95**	100	0,008	0,012	0,019
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	69	**79**	83	0,008	0,012	0,019
2.0	Автоматные стали	< 850	74	**85**	102	0,008	0,012	0,019
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	69	**79**	83	0,008	0,012	0,019
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	69	**79**	83	0,008	0,012	0,019
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	64	**74**	77	0,008	0,012	0,019
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	51	**59**	61	0,008	0,012	0,019
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	51	**59**	61	0,008	0,012	0,019
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	46	**53**	55	0,008	0,012	0,019
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	64	**74**	77	0,008	0,012	0,019
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	**69**	72	0,010	0,012	0,019
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	51	**59**	61	0,010	0,012	0,019
7.0	Азотируемые стали	< 1000	51	**59**	61	0,008	0,012	0,019
7.1	Азотируемые стали	> 1000	41	**47**	49	0,008	0,012	0,019
8.0	Инструментал. стали	< 850	41	**47**	49	0,008	0,012	0,019
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	37	**42**	44	0,008	0,012	0,019
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–		–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–		–	–	–
10.0	Закалённые стали	45 – 55 HRC		–		–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500		–		–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	41	**47**	49	0,008	0,012	0,019
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	32	**36**	38	0,008	0,012	0,019
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	23	**26**	28	0,008	0,012	0,019
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	18	**21**	23	0,008	0,012	0,019
14.0	Спец. сплавы	<1200	14	**16**	18	0,008	0,012	0,019
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–		–	–	–
15.1	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–		–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	< 180 HB		–		–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–		–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	221	**254**	265	0,012	0,018	0,025
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		138	**159**	166	0,018	0,025	0,035
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–		–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–		–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–		–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–		–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 –850		–		–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–	–	–
19.0	Графит			–		–	–	–
20.0	Термопласт			–		–	–	–
20.1	Реактопласт			–		–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик			–		–	–	–





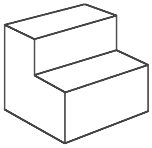
∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 14 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 18 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 32 z = 6 f_z [мм/зуб]
0,029	0,030	0,034	0,038	0,042	0,055
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,038	0,042	0,055
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,038	0,042	0,055
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,038	0,042	0,051
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
0,029	0,030	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,033	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,033	0,034	0,034	0,038	0,051
0,029	0,030	0,034	0,038	0,042	0,055
0,029	0,030	0,034	0,038	0,042	0,055
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
0,039	0,045	0,048	0,054	0,060	0,076
0,049	0,052	0,057	0,059	0,066	0,087
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–

Таблица 8.19 GARANT – Обдирочные фрезы SPM MTC (с покрытием TiAlN) Контурная черновая обработка (периферийное фрезерование)

Каталож. № 192852; 192855
Примечание — f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	83	95	100	0,018	0,028	0,032
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	69	79	83	0,018	0,028	0,032
2.0	Автоматные стали	< 850	74	85	102	0,018	0,028	0,032
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	69	79	83	0,018	0,028	0,032
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	69	79	83	0,018	0,028	0,032
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	64	74	77	0,018	0,028	0,032
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	51	59	61	0,018	0,028	0,032
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	51	59	61	0,018	0,028	0,032
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	46	53	55	0,018	0,028	0,032
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	64	74	77	0,018	0,028	0,032
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	69	72	0,018	0,028	0,032
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	51	59	61	0,018	0,028	0,032
7.0	Азотируемые стали	< 1000	51	59	61	0,018	0,028	0,032
7.1	Азотируемые стали	> 1000	41	47	49	0,018	0,028	0,032
8.0	Инструментал. стали	< 850	41	47	49	0,018	0,028	0,032
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	37	42	44	0,018	0,028	0,032
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–		–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–		–	–	–
10.0	Закалённые стали	45 – 55 HRC		–		–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500		–		–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	41	47	49	0,018	0,028	0,032
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	32	36	38	0,018	0,028	0,032
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	23	26	28	0,018	0,028	0,032
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	18	21	23	0,018	0,028	0,032
14.0	Спец. сплавы	< 1200	14	16	18	0,018	0,028	0,032
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–		–	–	–
15.1	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–		–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	< 180 HB		–		–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–		–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	221	254	265	0,025	0,035	0,043
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		138	159	166	0,045	0,053	0,060
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–				
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		–	–	–
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600		–		–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–		–	–	–
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600		–		–	–	–
18.4	Бронза, коротконструж.	650 –850		–		–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–	–	–
19.0	Графит			–		–	–	–
20.0	Термопласт			–		–	–	–
20.1	Реактопласт			–		–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик			–		–	–	–

∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 14 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 18 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 32 z = 6 f_z [мм/зуб]
0,044	0,054	0,057	0,065	0,071	0,093
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071	0,093
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071	0,093
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,057	0,059	0,071	0,093
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071	0,093
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071	0,093
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071	0,093
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065	0,088
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
0,060	0,070	0,081	0,091	0,102	0,131
0,074	0,086	0,089	0,100	0,112	0,143
	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–



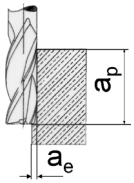


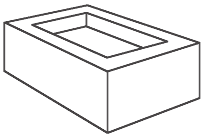
Таблица 8.20 GARANT – Обдирочные фрезы SPM MTC (с покрытием TiAlN) Черновая обработка пазов/уступов

Каталож. № 192895

Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 6 z = 4 f_z	∅ 8 z = 4 f_z	∅ 10 z = 4 f_z	
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	83	95	100	0,010	0,012	0,019	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	69	79	83	0,010	0,012	0,019	
2.0	Автоматные стали	< 850	74	85	102	0,010	0,012	0,019	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	69	79	83	0,010	0,012	0,019	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	69	79	83	0,010	0,012	0,019	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	64	75	77	0,010	0,012	0,019	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	46	53	55	0,010	0,012	0,019	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	64	75	77	0,010	0,012	0,019	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	69	72	0,010	0,012	0,019	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	51	59	61	0,010	0,012	0,019	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	41	47	49	0,010	0,012	0,019	
8.0	Инструментал. стали	< 850	41	47	49	0,010	0,012	0,019	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	37	40	44	0,010	0,012	0,019	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	28	35	36	0,010	0,012	0,019	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	23	26	28	0,010	0,012	0,019	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–		–	–	–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	25	28	30	0,010	0,012	0,019	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–		–	–	–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	41	47	49	0,010	0,012	0,019	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	32	36	38	0,010	0,012	0,019	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	23	25	28	0,010	0,012	0,019	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	18	20	23	0,010	0,012	0,019	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	14	16	18	0,010	0,010	0,010	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	57	64	68	0,010	0,012	0,019	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	56	62	0,010	0,012	0,019	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	36	41	44	0,010	0,012	0,019	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	28	32	34	0,010	0,012	0,019	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	23	25	0,010	0,012	0,019	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	12	14	16	0,010	0,012	0,019	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–		–	–	–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		138	159	166	0,018	0,025	0,035	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		112	125	132	0,025	0,035	0,043	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		–	–	–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	112	125	132	0,018	0,025	0,035	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–		–	–	–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	95	106	112	0,018	0,025	0,035	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	75	85	90	0,018	0,025	0,035	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–	–	–	
19.0	Графит			–		–	–	–	
20.0	Термопласт			–		–	–	–	
20.1	Реактопласт			–		–	–	–	
20.2	Стекло- и углепластик			–		–	–	–	

∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 14 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 18 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,038	0,042
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,038	0,042
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,033	0,034	0,042
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,019	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
0,029	0,034	0,030	0,034	0,038
0,029	0,034	0,033	0,034	0,038
0,029	0,034	0,033	0,034	0,038
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
0,029	0,034	0,033	0,038	0,042
–	–	–	–	–
0,049	0,057	0,052	0,059	0,066
0,055	0,064	0,059	0,065	0,072
–	–	–	–	–
0,049	0,057	0,052	0,059	0,066
–	–	–	–	–
0,049	0,057	0,052	0,059	0,066
0,049	0,057	0,052	0,059	0,066
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–



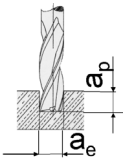


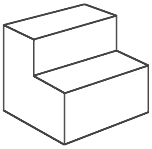
Таблица 8.21 GARANT – Обдирочные фрезы SPM MTC (с покрытием TiAlN) Контурная черновая обработка (контурное фрезерование)

Каталож. № 192895

Примечание — f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 6 z = 4 f_z	∅ 8 z = 4 f_z	∅ 10 z = 4 f_z	
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85	95	100	0,014	0,020	0,032	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70	80	85	0,014	0,020	0,032	
2.0	Автоматные стали	< 850	75	85	100	0,014	0,020	0,032	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	70	80	85	0,014	0,020	0,032	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	70	80	85	0,014	0,020	0,032	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	65	75	80	0,014	0,020	0,032	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50	55	60	0,014	0,020	0,032	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50	55	60	0,014	0,020	0,032	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	45	50	55	0,014	0,020	0,032	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65	75	80	0,014	0,020	0,032	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	70	75	0,014	0,020	0,032	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	60	65	0,014	0,020	0,032	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	50	60	65	0,014	0,020	0,032	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	40	45	50	0,014	0,020	0,032	
8.0	Инструментал. стали	< 850	40	45	50	0,014	0,020	0,032	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	35	40	45	0,014	0,020	0,032	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	30	35	40	0,014	0,020	0,032	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	20	25	30	0,014	0,020	0,032	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–		–	–	–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–		–	–	–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–		–	–	–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	25	30	0,014	0,020	0,032	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–		–	–	–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	45	50	0,014	0,020	0,032	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	32	36	38	0,014	0,020	0,032	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	23	25	28	0,014	0,020	0,032	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	18	20	23	0,014	0,020	0,032	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	14	16	18	0,032	0,032	0,032	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	55	60	65	0,014	0,020	0,032	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	55	60	0,014	0,020	0,032	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	35	40	45	0,014	0,020	0,032	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	25	30	35	0,014	0,020	0,032	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	23	25	0,014	0,020	0,032	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	12	14	16	0,014	0,020	0,032	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–		–	–	–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		140	155	165	0,045	0,053	0,060	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		110	125	130	0,053	0,060	0,072	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		–	–	–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	110	125	130	0,045	0,053	0,060	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–		–	–	–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	95	105	110	0,045	0,053	0,060	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	75	85	90	0,045	0,052	0,060	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–		–	–	–	
19.0	Графит			–		–	–	–	
20.0	Термопласт			–		–	–	–	
20.1	Реактопласт			–		–	–	–	
20.2	Стекло- и углепластик			–		–	–	–	

∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 14 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 18 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]
0,044	0,054	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,057	0,059	0,071
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,019	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
0,044	0,051	0,053	0,059	0,065
0,044	0,051	0,057	0,059	0,071
0,044	0,051	0,057	0,059	0,071
0,044	0,051	0,057	0,065	0,065
0,044	0,051	0,057	0,065	0,065
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
0,044	0,051	0,057	0,065	0,071
–	–	–	–	–
0,074	0,086	0,089	0,100	0,112
0,083	0,094	0,096	0,106	0,117
–	–	–	–	–
0,074	0,086	0,089	0,100	0,112
–	–	–	–	–
0,074	0,086	0,089	0,100	0,112
0,074	0,086	0,089	0,100	0,112
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–
–	–	–	–	–



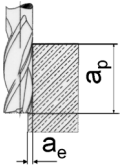
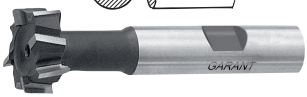


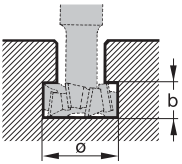
Таблица 8.22 GARANT – Фрезы для сегментных шпонок, фрезы для Т-образных пазов, грибковые фрезы (HSS-Co5)

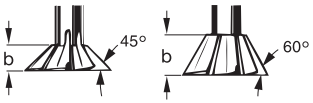
Каталож. № от 194010 до 194120
DIN 850-D/F; 1833

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 5 f_z [мм/зуб]	∅ 8 f_z [мм/зуб]	∅ 12 f_z [мм/зуб]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	35	0,030	0,050	0,060	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	35	0,030	0,050	0,060	
2.0	Автоматные стали	< 850	35	0,030	0,050	0,060	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	28	0,025	0,045	0,060	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	28	0,025	0,050	0,060	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	28	0,025	0,045	0,060	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	20	0,020	0,040	0,050	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	28	0,025	0,050	0,060	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	20	0,020	0,040	0,050	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	28	0,030	0,050	0,060	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	28	0,025	0,045	0,060	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	20	0,020	0,040	0,050	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	20	0,020	0,040	0,050	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	20	0,020	0,040	0,050	
8.0	Инструментал. стали	< 850	28	0,025	0,045	0,060	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	20	0,020	0,040	0,050	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	0,020	0,040	0,050	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	0,020	0,040	0,050	
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–	–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	22	0,025	0,050	0,060	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	22	0,025	0,050	0,060	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	22	0,025	0,050	0,060	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	10	0,010	0,028	0,060	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	22	0,014	0,024	0,050	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	28	0,040	0,070	0,080	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	22	0,030	0,050	0,060	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	22	0,030	0,050	0,060	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	22	0,030	0,050	0,060	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	22	0,014	0,024	0,050	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	12	0,010	0,018	0,040	
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	250	0,030	0,030	0,030	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		70	0,020	0,025	0,030	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–	–	–	–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	70	0,020	0,025	0,030	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	35	0,020	0,025	0,030	
18.2	Латунь, длиннструж.	< 600	35	0,030	0,050	0,060	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	42	0,020	0,025	0,030	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	42	0,020	0,025	0,030	
18.5	Бронза, длиннструж.	< 850	35	0,030	0,050	0,060	
18.6	Бронза, длиннструж.	850 – 1200	35	0,030	0,050	0,060	
19.0	Графит		70	0,030	0,040	0,050	
20.0	Термопласт		250	0,030	0,030	0,030	
20.1	Реактопласт		70	0,030	0,040	0,050	
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	

∅ 20 f_z [мм/зуб]	∅ 32 f_z [мм/зуб]	> ∅ 50 f_z [мм/зуб]
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
0,080	0,090	0,100
–	–	–
–	–	–
0,070	0,080	0,090
0,070	0,080	0,090
0,070	0,080	0,090
0,070	0,080	0,090
0,080	0,080	0,100
0,100	0,120	0,150
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,080	0,080	0,100
0,060	0,070	0,080
0,030	0,030	0,030
0,040	0,060	0,100
–	–	–
0,040	0,060	0,100
0,040	0,060	0,090
0,080	0,090	0,100
0,040	0,060	0,090
0,040	0,060	0,090
0,080	0,090	0,100
0,080	0,090	0,100
0,060	0,080	0,100
0,030	0,030	0,030
0,060	0,080	0,100
–	–	–







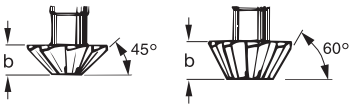
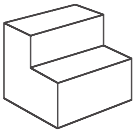
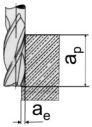


Таблица 8.23 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Контурная черновая обработка (контурное фрезерование)

f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	80	0,001	80	0,003	80	0,006	80	0,011
			VHM, с покрытием	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
1.1	Констр. стали общего назн.	500–850	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,002	55	0,004	55	0,007
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,002	100	0,004	100	0,007
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,011
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,002	55	0,004	55	0,007
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,002	100	0,004	100	0,007
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,007
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,004	85	0,007
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,006
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,007
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,004	85	0,007
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,006
7.0	Азотируемые стали	< 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,007
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,004	85	0,007
7.1	Азотируемые стали	> 1000	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,006
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,007
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,004	85	0,007
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,006
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,003	30	0,006
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,003	60	0,006
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,003	30	0,006
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,003	60	0,006
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	55	0,001	55	0,002	55	0,003	55	0,006
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,002	45	0,003	45	0,006
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
11.0	Износост. констр. стали	1350	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
11.1	Износост. констр. стали	1800	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
12.0	Пружинные стали	< 1500	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,006



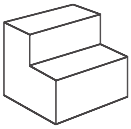


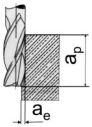
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	80	0,023	80	0,033	80	0,045	80	0,060	80	0,080	80	0,100	80	0,120	эмульсия
	140	0,023	140	0,033	140	0,045	140	0,060	140	0,080	140	0,100	140	0,120	эмульсия
	70	0,023	70	0,033	70	0,045	70	0,060	70	0,080	70	0,100	70	0,120	эмульсия
	120	0,023	120	0,033	120	0,045	120	0,060	120	0,080	120	0,100	120	0,120	эмульсия
	70	0,023	70	0,033	70	0,045	70	0,060	70	0,080	70	0,100	70	0,120	эмульсия
	120	0,023	120	0,033	120	0,045	120	0,060	120	0,080	120	0,100	120	0,120	эмульсия
	55	0,014	55	0,022	55	0,028	55	0,035	55	0,045	55	0,060	55	0,080	эмульсия
	100	0,014	100	0,022	100	0,028	100	0,035	100	0,045	100	0,060	100	0,080	эмульсия
	70	0,023	70	0,033	70	0,045	70	0,060	70	0,080	70	0,100	70	0,120	эмульсия
	120	0,023	120	0,033	120	0,045	120	0,060	120	0,080	120	0,100	120	0,120	эмульсия
	60	0,023	60	0,033	60	0,045	60	0,060	60	0,080	60	0,100	60	0,120	эмульсия
	110	0,023	110	0,033	110	0,045	110	0,060	110	0,080	110	0,100	110	0,120	эмульсия
	55	0,014	55	0,022	55	0,028	55	0,035	55	0,045	55	0,060	55	0,080	эмульсия
	100	0,014	100	0,022	100	0,028	100	0,035	100	0,045	100	0,060	100	0,080	эмульсия
	50	0,014	50	0,022	50	0,028	50	0,035	50	0,045	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	85	0,014	85	0,022	85	0,028	85	0,035	85	0,045	85	0,060	85	0,080	эмульсия
	40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,040	40	0,055	40	0,065	эмульсия
	70	0,013	70	0,020	70	0,025	70	0,030	70	0,040	70	0,055	70	0,065	эмульсия
	70	0,023	70	0,033	70	0,045	70	0,060	70	0,080	70	0,100	70	0,120	эмульсия
	120	0,023	120	0,033	120	0,045	120	0,060	120	0,080	120	0,100	120	0,120	эмульсия
	50	0,014	50	0,022	50	0,028	50	0,035	50	0,045	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	85	0,014	85	0,022	85	0,028	85	0,035	85	0,045	85	0,060	85	0,080	эмульсия
	40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,040	40	0,055	40	0,065	эмульсия
	70	0,013	70	0,020	70	0,025	70	0,030	70	0,040	70	0,055	70	0,065	эмульсия
	50	0,014	50	0,022	50	0,028	50	0,035	50	0,045	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	85	0,014	85	0,022	85	0,028	85	0,035	85	0,045	85	0,060	85	0,080	эмульсия
	40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,040	40	0,055	40	0,065	эмульсия
	70	0,013	70	0,020	70	0,025	70	0,030	70	0,040	70	0,055	70	0,065	эмульсия
	50	0,014	50	0,022	50	0,028	50	0,035	50	0,045	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	85	0,014	85	0,022	85	0,028	85	0,035	85	0,045	85	0,060	85	0,080	эмульсия
	40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,040	40	0,055	40	0,065	эмульсия
	70	0,013	70	0,020	70	0,025	70	0,030	70	0,040	70	0,055	70	0,065	эмульсия
	30	0,013	30	0,020	30	0,025	30	0,030	30	0,040	30	0,055	30	0,065	эмульсия
	60	0,013	60	0,020	60	0,025	60	0,030	60	0,040	60	0,055	60	0,065	эмульсия
	30	0,013	30	0,020	30	0,025	30	0,030	30	0,040	30	0,055	30	0,065	эмульсия
	60	0,013	60	0,020	60	0,025	60	0,030	60	0,040	60	0,055	60	0,065	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	55	0,013	55	0,020	55	0,025	55	0,030	55	0,040	55	0,055	55	0,065	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	45	0,013	45	0,020	45	0,025	45	0,030	45	0,040	45	0,055	45	0,065	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,040	40	0,055	40	0,065	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	50	0,016	50	0,024	50	0,032	50	0,040	50	0,050	50	0,060	50	0,070	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	45	0,016	45	0,024	45	0,032	45	0,040	45	0,050	45	0,060	45	0,070	эмульсия
	40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,040	40	0,055	40	0,065	эмульсия
	70	0,013	70	0,020	70	0,025	70	0,030	70	0,040	70	0,055	70	0,065	эмульсия

Таблица 8.23 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Контурная черновая обработка (контурное фрезерование)

f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,002	55	0,004	55	0,008
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,002	90	0,004	90	0,008
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,004	85	0,008
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,003	45	0,006
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,003	85	0,006
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,002	35	0,003	35	0,006
			VHM, с покрытием	65	0,001	65	0,002	65	0,003	65	0,006
14.0	Спец. сплавы	< 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
15.0	Чугун	< 180 HB	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,005	70	0,010
			VHM, с покрытием	130	0,001	130	0,003	130	0,005	130	0,010
15.1	Чугун	> 180 HB	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,003	100	0,005	100	0,010
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,003	55	0,005	55	0,010
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,003	85	0,005	85	0,010
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,003	45	0,005	45	0,010
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,003	80	0,005	80	0,010
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	VHM, без покрытия	200	0,001	200	0,003	200	0,005	200	0,010
			VHM, с покрытием	350	0,001	350	0,003	350	0,005	350	0,010
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		VHM, без покрытия	150	0,001	150	0,003	150	0,005	150	0,010
			VHM, с покрытием	300	0,001	300	0,003	300	0,005	300	0,010
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,003	120	0,005	120	0,010
			VHM, с покрытием	220	0,001	220	0,003	220	0,005	220	0,010
18.0	Медь, низколегир.	< 400	VHM, без покрытия	150	0,001	150	0,003	150	0,005	150	0,010
			VHM, с покрытием	300	0,001	300	0,003	300	0,005	300	0,010
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,005	140	0,010
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,003	280	0,005	280	0,010
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,005	140	0,010
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,003	280	0,005	280	0,010
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,005	140	0,010
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,003	280	0,005	280	0,010
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,003	120	0,005	120	0,010
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,003	240	0,005	240	0,010
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,003	120	0,005	120	0,010
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,003	240	0,005	240	0,010
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	VHM, без покрытия	95	0,001	95	0,003	95	0,005	95	0,010
			VHM, с покрытием	190	0,001	190	0,003	190	0,005	190	0,010
19.0	Графит		VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,005	70	0,010
			VHM, с покрытием	130	0,001	130	0,003	130	0,005	130	0,010
20.0	Термопласт		VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,003	120	0,005	120	0,010
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,003	240	0,005	240	0,010
20.1	Реактопласт		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–



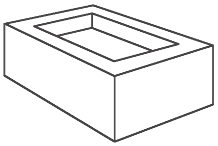


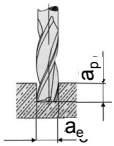
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
55	0,015	55	0,025	55	0,030	55	0,040	55	0,050	55	0,055	55	0,090	эмульсия
90	0,015	90	0,025	90	0,030	90	0,040	90	0,050	90	0,055	90	0,090	эмульсия
45	0,015	45	0,025	45	0,030	45	0,040	45	0,050	45	0,055	45	0,090	эмульсия
85	0,015	85	0,025	85	0,030	85	0,040	85	0,050	85	0,055	85	0,090	эмульсия
45	0,012	45	0,017	45	0,025	45	0,032	45	0,045	45	0,060	45	0,075	эмульсия
85	0,012	85	0,017	85	0,025	85	0,032	85	0,045	85	0,060	85	0,075	эмульсия
35	0,012	35	0,017	35	0,025	35	0,032	35	0,045	35	0,060	35	0,075	эмульсия
65	0,012	65	0,017	65	0,025	65	0,032	65	0,045	65	0,060	65	0,075	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
45	0,016	45	0,024	45	0,032	45	0,040	45	0,050	45	0,060	45	0,070	эмульсия
70	0,020	70	0,030	70	0,040	70	0,050	70	0,060	70	0,080	70	0,100	Нет
130	0,020	130	0,030	130	0,040	130	0,050	130	0,060	130	0,080	130	0,100	Нет
60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,080	60	0,100	Нет
100	0,020	100	0,030	100	0,040	100	0,050	100	0,060	100	0,080	100	0,100	Нет
55	0,020	55	0,030	55	0,040	55	0,050	55	0,060	55	0,080	55	0,100	Нет
85	0,020	85	0,030	85	0,040	85	0,050	85	0,060	85	0,080	85	0,100	Нет
45	0,020	45	0,030	45	0,040	45	0,050	45	0,060	45	0,080	45	0,100	Нет
80	0,020	80	0,030	80	0,040	80	0,050	80	0,060	80	0,080	80	0,100	Нет
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
50	0,016	50	0,024	50	0,032	50	0,040	50	0,050	50	0,060	50	0,070	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
45	0,016	45	0,024	45	0,032	45	0,040	45	0,050	45	0,060	45	0,070	эмульсия
200	0,020	200	0,030	200	0,040	200	0,050	200	0,070	200	0,090	200	0,120	эмульсия
350	0,020	350	0,030	350	0,040	350	0,050	350	0,070	350	0,090	350	0,120	эмульсия
150	0,020	150	0,030	150	0,040	150	0,050	150	0,070	150	0,090	150	0,120	эмульсия
300	0,020	300	0,030	300	0,040	300	0,050	300	0,070	300	0,090	300	0,120	эмульсия
120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,070	120	0,090	120	0,120	эмульсия
220	0,020	220	0,030	220	0,040	220	0,050	220	0,070	220	0,090	220	0,120	эмульсия
150	0,020	150	0,030	150	0,040	150	0,050	150	0,070	150	0,090	150	0,120	эмульсия
300	0,020	300	0,030	300	0,040	300	0,050	300	0,070	300	0,090	300	0,120	эмульсия
140	0,020	140	0,030	140	0,040	140	0,050	140	0,070	140	0,090	140	0,120	Нет
280	0,020	280	0,030	280	0,040	280	0,050	280	0,070	280	0,090	280	0,120	Нет
140	0,020	140	0,030	140	0,040	140	0,050	140	0,070	140	0,090	140	0,120	Нет
280	0,020	280	0,030	280	0,040	280	0,050	280	0,070	280	0,090	280	0,120	Нет
140	0,020	140	0,030	140	0,040	140	0,050	140	0,070	140	0,090	140	0,120	Нет
280	0,020	280	0,030	280	0,040	280	0,050	280	0,070	280	0,090	280	0,120	Нет
120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,070	120	0,090	120	0,120	Нет
240	0,020	240	0,030	240	0,040	240	0,050	240	0,070	240	0,090	240	0,120	Нет
120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,070	120	0,090	120	0,120	эмульсия
240	0,020	240	0,030	240	0,040	240	0,050	240	0,070	240	0,090	240	0,120	эмульсия
95	0,020	95	0,030	95	0,040	95	0,050	95	0,070	95	0,090	95	0,120	эмульсия
190	0,020	190	0,030	190	0,040	190	0,050	190	0,070	190	0,090	190	0,120	эмульсия
70	0,020	70	0,030	70	0,040	70	0,050	70	0,060	70	0,080	70	0,100	Нет
130	0,020	130	0,030	130	0,040	130	0,050	130	0,060	130	0,080	130	0,100	Нет
120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,070	120	0,090	120	0,120	эмульсия
240	0,020	240	0,030	240	0,040	240	0,050	240	0,070	240	0,090	240	0,120	эмульсия
80	0,015	80	0,030	80	0,040	80	0,050	80	0,070	80	0,090	80	0,120	сух./ воздух
80	0,015	80	0,030	150	0,040	150	0,050	150	0,070	150	0,090	150	0,120	сух./ воздух
80	0,015	80	0,030	80	0,040	80	0,050	80	0,070	80	0,090	80	0,120	сух./ воздух
150	0,015	150	0,030	150	0,040	150	0,050	150	0,070	150	0,090	150	0,120	сух./ воздух

Таблица 8.24 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,005	70	0,010
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,005	120	0,010
1.1	Констр. стали общего назн.	500–850	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	105	0,001	105	0,003	105	0,005	105	0,010
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	105	0,001	105	0,003	105	0,005	105	0,010
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,002	90	0,004	90	0,008
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	105	0,001	105	0,003	105	0,005	105	0,010
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,003	55	0,005	55	0,010
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,003	100	0,005	100	0,010
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,002	90	0,004	90	0,008
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,004	80	0,008
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,001	35	0,003	35	0,005
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,003	70	0,005
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	105	0,001	105	0,003	105	0,005	105	0,010
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,004	80	0,008
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,001	35	0,003	35	0,005
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,003	70	0,005
7.0	Азотируемые стали	< 1000	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,004	45	0,008
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,004	80	0,008
7.1	Азотируемые стали	> 1000	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,001	35	0,003	35	0,005
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,003	70	0,005
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,004	80	0,008
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,001	35	0,003	35	0,005
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,003	70	0,005
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,001	30	0,003	30	0,005
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,003	60	0,005
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	25	0,001	25	0,001	25	0,003	25	0,005
			VHM, с покрытием	55	0,001	55	0,001	55	0,003	55	0,005
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	35	0,001	35	0,001	35	0,003	35	0,005
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,003	30	0,005
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	25	0,001	25	0,001	25	0,003	25	0,005
11.0	Износост. констр. стали	1350	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,003	50	0,005
11.1	Износост. констр. стали	1800	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,003	40	0,005
12.0	Пружинные стали	< 1500	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,001	30	0,003	30	0,005
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,003	60	0,005



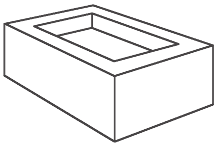


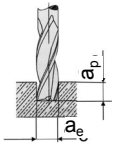
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	70	0,020	70	0,030	70	0,040	70	0,050	70	0,060	70	0,080	70	0,100	эмульсия
	120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,060	120	0,080	120	0,100	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,080	60	0,100	эмульсия
	105	0,020	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,060	105	0,080	105	0,100	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,080	60	0,100	эмульсия
	105	0,020	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,060	105	0,080	105	0,100	эмульсия
	50	0,015	50	0,018	50	0,030	50	0,035	50	0,040	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	90	0,015	90	0,018	90	0,030	90	0,035	90	0,040	90	0,060	90	0,080	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,080	60	0,100	эмульсия
	105	0,020	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,060	105	0,080	105	0,100	эмульсия
	55	0,020	55	0,030	55	0,040	55	0,050	55	0,060	55	0,080	55	0,100	эмульсия
	100	0,020	100	0,030	100	0,040	100	0,050	100	0,060	100	0,080	100	0,100	эмульсия
	50	0,015	50	0,018	50	0,030	50	0,035	50	0,040	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	90	0,015	90	0,018	90	0,030	90	0,035	90	0,040	90	0,060	90	0,080	эмульсия
	45	0,015	45	0,018	45	0,030	45	0,035	45	0,040	45	0,060	45	0,080	эмульсия
	80	0,015	80	0,018	80	0,030	80	0,035	80	0,040	80	0,060	80	0,080	эмульсия
	35	0,010	35	0,015	35	0,020	35	0,025	35	0,035	35	0,050	35	0,060	эмульсия
	70	0,010	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,035	70	0,050	70	0,060	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,080	60	0,100	эмульсия
	105	0,020	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,060	105	0,080	105	0,100	эмульсия
	45	0,015	45	0,018	45	0,030	45	0,035	45	0,040	45	0,060	45	0,080	эмульсия
	80	0,015	80	0,018	80	0,030	80	0,035	80	0,040	80	0,060	80	0,080	эмульсия
	35	0,010	35	0,015	35	0,020	35	0,025	35	0,035	35	0,050	35	0,060	эмульсия
	70	0,010	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,035	70	0,050	70	0,060	эмульсия
	45	0,015	45	0,018	45	0,030	45	0,035	45	0,040	45	0,060	45	0,080	эмульсия
	80	0,015	80	0,018	80	0,030	80	0,035	80	0,040	80	0,060	80	0,080	эмульсия
	35	0,010	35	0,015	35	0,020	35	0,025	35	0,035	35	0,050	35	0,060	эмульсия
	70	0,010	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,035	70	0,050	70	0,060	эмульсия
	50	0,015	50	0,018	50	0,030	50	0,025	50	0,040	50	0,060	50	0,080	эмульсия
	80	0,015	80	0,018	80	0,030	80	0,025	80	0,040	80	0,060	80	0,080	эмульсия
	35	0,010	35	0,015	35	0,020	35	0,025	35	0,035	35	0,050	35	0,060	эмульсия
	70	0,010	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,035	70	0,050	70	0,060	эмульсия
	30	0,010	30	0,015	30	0,020	30	0,025	30	0,035	30	0,050	30	0,060	эмульсия
	60	0,010	60	0,015	60	0,020	60	0,025	60	0,035	60	0,050	60	0,060	эмульсия
	25	0,010	25	0,015	25	0,020	25	0,025	25	0,035	25	0,050	25	0,060	эмульсия
	55	0,010	55	0,015	55	0,020	55	0,025	55	0,035	55	0,050	55	0,060	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	35	0,010	35	0,015	35	0,020	35	0,025	35	0,025	35	0,030	35	0,035	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	30	0,010	30	0,015	30	0,020	30	0,025	30	0,025	30	0,030	30	0,035	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	25	0,010	25	0,015	25	0,020	25	0,025	25	0,025	25	0,030	25	0,035	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	50	0,010	50	0,015	50	0,020	50	0,025	50	0,035	50	0,045	50	0,055	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	40	0,010	40	0,015	40	0,020	40	0,025	40	0,035	40	0,045	40	0,055	эмульсия
	30	0,010	30	0,015	30	0,020	30	0,025	30	0,035	30	0,050	30	0,060	эмульсия
	60	0,010	60	0,015	60	0,020	60	0,025	60	0,035	60	0,050	60	0,060	эмульсия

Таблица 8.24 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,003	50	0,006
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,002	85	0,003	85	0,006
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,006
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,003	80	0,006
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,001	40	0,003	40	0,005
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,001	80	0,003	80	0,005
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,001	30	0,003	30	0,005
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,003	60	0,005
14.0	Спец. сплавы	< 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,003	40	0,005
15.0	Чугун	< 180 HB	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,002	70	0,004	70	0,008
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
15.1	Чугун	> 180 HB	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,002	55	0,004	55	0,008
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,002	90	0,004	90	0,008
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,004	80	0,008
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,004	40	0,008
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,004	70	0,008
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,003	50	0,005
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	40	0,001	40	0,001	40	0,003	40	0,005
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	VHM, без покрытия	180	0,001	180	0,002	180	0,004	180	0,008
			VHM, с покрытием	300	0,001	300	0,002	300	0,004	300	0,008
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,002	140	0,004	140	0,008
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,002	280	0,004	280	0,008
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		VHM, без покрытия	105	0,001	105	0,002	105	0,004	105	0,008
			VHM, с покрытием	200	0,001	200	0,002	200	0,004	200	0,008
18.0	Медь, низколегир.	< 400	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,002	140	0,004	140	0,008
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,002	280	0,004	280	0,008
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,002	240	0,004	240	0,008
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,002	240	0,004	240	0,008
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,002	240	0,004	240	0,008
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	VHM, без покрытия	105	0,001	105	0,002	105	0,004	105	0,008
			VHM, с покрытием	210	0,001	210	0,002	210	0,004	210	0,008
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	VHM, без покрытия	105	0,001	105	0,002	105	0,004	105	0,008
			VHM, с покрытием	210	0,001	210	0,002	210	0,004	210	0,008
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	VHM, без покрытия	85	0,001	85	0,002	85	0,004	85	0,008
			VHM, с покрытием	170	0,001	170	0,002	170	0,004	170	0,008
19.0	Графит		VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
20.0	Термопласт		VHM, без покрытия	105	0,001	105	0,002	105	0,004	105	0,008
			VHM, с покрытием	210	0,001	210	0,002	210	0,004	210	0,008
20.1	Реактопласт		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–



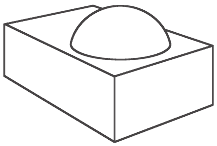


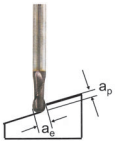
Диаметр [мм]															СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0			
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
50	0,013	50	0,020	50	0,025	50	0,030	50	0,035	50	0,050	50	0,060	эмульсия
85	0,013	85	0,020	85	0,025	85	0,030	85	0,035	85	0,050	85	0,060	эмульсия
40	0,013	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,035	40	0,050	40	0,060	эмульсия
80	0,013	80	0,020	80	0,025	80	0,030	80	0,035	80	0,050	80	0,060	эмульсия
40	0,010	40	0,015	40	0,020	40	0,025	40	0,030	40	0,045	40	0,060	эмульсия
80	0,010	80	0,015	80	0,020	80	0,025	80	0,030	80	0,045	80	0,060	эмульсия
30	0,010	30	0,015	30	0,020	30	0,025	30	0,030	30	0,045	30	0,060	эмульсия
60	0,010	60	0,015	60	0,020	60	0,025	60	0,030	60	0,045	60	0,060	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
40	0,010	40	0,015	40	0,020	40	0,025	40	0,035	40	0,045	40	0,055	эмульсия
70	0,015	70	0,020	70	0,030	70	0,040	70	0,045	70	0,060	70	0,080	Нет
120	0,015	120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,045	120	0,060	120	0,080	Нет
55	0,015	55	0,020	55	0,030	55	0,040	55	0,045	55	0,060	55	0,080	Нет
90	0,015	90	0,020	90	0,030	90	0,040	90	0,045	90	0,060	90	0,080	Нет
50	0,015	50	0,020	50	0,030	50	0,040	50	0,045	50	0,060	50	0,080	Нет
80	0,015	80	0,020	80	0,030	80	0,040	80	0,045	80	0,060	80	0,080	Нет
40	0,015	40	0,020	40	0,030	40	0,040	40	0,045	40	0,060	40	0,080	эмульсия
70	0,015	70	0,020	70	0,030	70	0,040	70	0,045	70	0,060	70	0,080	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
50	0,010	50	0,015	50	0,020	50	0,025	50	0,035	50	0,045	50	0,055	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
40	0,010	40	0,015	40	0,020	40	0,025	40	0,035	40	0,045	40	0,055	эмульсия
180	0,015	180	0,025	180	0,030	180	0,040	180	0,050	180	0,065	180	0,085	эмульсия
300	0,015	300	0,025	300	0,030	300	0,040	300	0,050	300	0,065	300	0,085	эмульсия
140	0,015	140	0,025	140	0,030	140	0,040	140	0,050	140	0,065	140	0,085	эмульсия
280	0,015	280	0,025	280	0,030	280	0,040	280	0,050	280	0,065	280	0,085	эмульсия
105	0,015	105	0,025	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,065	105	0,085	эмульсия
200	0,015	200	0,025	200	0,030	200	0,040	200	0,050	200	0,065	200	0,085	эмульсия
140	0,015	140	0,025	140	0,030	140	0,040	140	0,050	140	0,065	140	0,085	эмульсия
280	0,015	280	0,025	280	0,030	280	0,040	280	0,050	280	0,065	280	0,085	эмульсия
120	0,015	120	0,025	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,065	120	0,085	Нет
240	0,015	240	0,025	240	0,030	240	0,040	240	0,050	240	0,065	240	0,085	Нет
120	0,015	120	0,025	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,065	120	0,085	Нет
240	0,015	240	0,025	240	0,030	240	0,040	240	0,050	240	0,065	240	0,085	Нет
120	0,015	120	0,025	120	0,030	120	0,040	120	0,050	120	0,065	120	0,085	Нет
240	0,015	240	0,025	240	0,030	240	0,040	240	0,050	240	0,065	240	0,085	Нет
105	0,015	105	0,025	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,065	105	0,085	Нет
210	0,015	210	0,025	210	0,030	210	0,040	210	0,050	210	0,065	210	0,085	Нет
105	0,015	105	0,025	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,065	105	0,085	эмульсия
210	0,015	210	0,025	210	0,030	210	0,040	210	0,050	210	0,065	210	0,085	эмульсия
85	0,015	85	0,025	85	0,030	85	0,040	85	0,050	85	0,065	85	0,085	эмульсия
170	0,015	170	0,025	170	0,030	170	0,040	170	0,050	170	0,065	170	0,085	эмульсия
60	0,015	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,045	60	0,060	60	0,080	Нет
120	0,015	120	0,020	120	0,030	120	0,040	120	0,045	120	0,060	120	0,080	Нет
105	0,015	105	0,025	105	0,030	105	0,040	105	0,050	105	0,065	105	0,085	сух./ воздух
210	0,015	210	0,025	210	0,030	210	0,040	210	0,050	210	0,065	210	0,085	сух./ воздух
80	0,015	80	0,025	80	0,030	80	0,040	80	0,050	80	0,065	80	0,085	сух./ воздух
150	0,015	150	0,025	150	0,030	150	0,040	150	0,050	150	0,065	150	0,085	сух./ воздух
80	0,015	80	0,025	80	0,030	80	0,040	80	0,050	80	0,065	80	0,085	сух./ воздух
150	0,015	150	0,025	150	0,030	150	0,040	150	0,050	150	0,065	150	0,085	сух./ воздух

Таблица 8.25 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Черновое копирование

f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,003	90	0,006	90	0,013
			VHM, с покрытием	160	0,002	160	0,003	160	0,006	160	0,013
1.1	Констр. стали общего назн.	500–850	VHM, без покрытия	80	0,002	80	0,003	80	0,006	80	0,013
			VHM, с покрытием	140	0,002	140	0,003	140	0,006	140	0,013
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	80	0,002	80	0,003	80	0,006	80	0,013
			VHM, с покрытием	140	0,002	140	0,003	140	0,006	140	0,013
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	65	0,001	65	0,002	65	0,004	65	0,008
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	VHM, без покрытия	80	0,002	80	0,003	80	0,006	80	0,013
			VHM, с покрытием	140	0,002	140	0,003	140	0,006	140	0,013
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,003	70	0,006	70	0,013
			VHM, с покрытием	130	0,002	130	0,003	130	0,006	130	0,013
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	65	0,001	65	0,002	65	0,004	65	0,008
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,002	120	0,004	120	0,008
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
			VHM, с покрытием	110	0,001	110	0,002	110	0,004	110	0,008
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,003	45	0,007
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,003	80	0,007
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	VHM, без покрытия	80	0,002	80	0,003	80	0,006	80	0,013
			VHM, с покрытием	140	0,002	140	0,003	140	0,006	140	0,013
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,002	100	0,004	100	0,008
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,003	45	0,007
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,003	80	0,007
7.0	Азотируемые стали	< 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,002	100	0,004	100	0,008
7.1	Азотируемые стали	> 1000	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,003	45	0,007
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,003	80	0,007
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,002	100	0,004	100	0,008
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,002	45	0,003	45	0,007
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,003	80	0,007
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,002	35	0,003	35	0,007
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,007
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,003	30	0,007
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,003	60	0,007
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,005	60	0,009
11.1	Износост. констр. стали	1800	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
12.0	Пружинные стали	< 1500	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,002	35	0,003	35	0,007
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,007



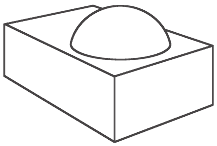


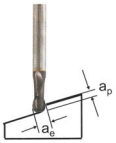
	Диаметр [мм]																СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0				
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]			
	90	0,025	90	0,037	90	0,051	90	0,068	90	0,090	90	0,113	90	0,135			эмульсия
	160	0,025	160	0,037	160	0,051	160	0,068	160	0,090	160	0,113	160	0,135			эмульсия
	80	0,025	80	0,037	80	0,051	80	0,068	80	0,090	80	0,113	80	0,135			эмульсия
	140	0,025	140	0,037	140	0,051	140	0,068	140	0,090	140	0,113	140	0,135			эмульсия
	80	0,025	80	0,037	80	0,051	80	0,068	80	0,090	80	0,113	80	0,135			эмульсия
	140	0,025	140	0,037	140	0,051	140	0,068	140	0,090	140	0,113	140	0,135			эмульсия
	65	0,016	65	0,025	65	0,032	65	0,039	65	0,051	65	0,068	65	0,090			эмульсия
	120	0,016	120	0,025	120	0,032	120	0,039	120	0,051	120	0,068	120	0,090			эмульсия
	80	0,025	80	0,037	80	0,051	80	0,068	80	0,090	80	0,113	80	0,135			эмульсия
	140	0,025	140	0,037	140	0,051	140	0,068	140	0,090	140	0,113	140	0,135			эмульсия
	70	0,025	70	0,037	70	0,051	70	0,068	70	0,090	70	0,113	70	0,135			эмульсия
	130	0,025	130	0,037	130	0,051	130	0,068	130	0,090	130	0,113	130	0,135			эмульсия
	65	0,016	65	0,025	65	0,032	65	0,039	65	0,051	65	0,068	65	0,090			эмульсия
	120	0,016	120	0,025	120	0,032	120	0,039	120	0,051	120	0,068	120	0,090			эмульсия
	60	0,016	60	0,025	60	0,032	60	0,039	60	0,051	60	0,068	60	0,090			эмульсия
	110	0,016	110	0,025	110	0,032	110	0,039	110	0,051	110	0,068	110	0,090			эмульсия
	45	0,014	45	0,023	45	0,028	45	0,034	45	0,045	45	0,062	45	0,073			эмульсия
	80	0,014	80	0,023	80	0,028	80	0,034	80	0,045	80	0,062	80	0,073			эмульсия
	80	0,025	80	0,037	80	0,051	80	0,068	80	0,090	80	0,113	80	0,135			эмульсия
	140	0,025	140	0,037	140	0,051	140	0,068	140	0,090	140	0,113	140	0,135			эмульсия
	60	0,016	60	0,025	60	0,032	60	0,039	60	0,051	60	0,068	60	0,090			эмульсия
	100	0,016	100	0,025	100	0,032	100	0,039	100	0,051	100	0,068	100	0,090			эмульсия
	45	0,014	45	0,023	45	0,028	45	0,034	45	0,045	45	0,062	45	0,073			эмульсия
	80	0,014	80	0,023	80	0,028	80	0,034	80	0,045	80	0,062	80	0,073			эмульсия
	60	0,016	60	0,025	60	0,032	60	0,039	60	0,051	60	0,068	60	0,090			эмульсия
	100	0,016	100	0,025	100	0,032	100	0,039	100	0,051	100	0,068	100	0,090			эмульсия
	45	0,014	45	0,023	45	0,028	45	0,034	45	0,045	45	0,062	45	0,073			эмульсия
	80	0,014	80	0,023	80	0,028	80	0,034	80	0,045	80	0,062	80	0,073			эмульсия
	60	0,016	60	0,025	60	0,032	60	0,039	60	0,051	60	0,068	60	0,090			эмульсия
	100	0,016	100	0,025	100	0,032	100	0,039	100	0,051	100	0,068	100	0,090			эмульсия
	45	0,014	45	0,023	45	0,028	45	0,034	45	0,045	45	0,062	45	0,073			эмульсия
	80	0,014	80	0,023	80	0,028	80	0,034	80	0,045	80	0,062	80	0,073			эмульсия
	35	0,014	35	0,023	35	0,028	35	0,034	35	0,045	35	0,062	35	0,073			эмульсия
	70	0,014	70	0,023	70	0,028	70	0,034	70	0,045	70	0,062	70	0,073			эмульсия
	30	0,014	30	0,023	30	0,028	30	0,034	30	0,045	30	0,062	30	0,073			эмульсия
	60	0,014	60	0,023	60	0,028	60	0,034	60	0,045	60	0,062	60	0,073			эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	60	0,018	60	0,027	60	0,036	60	0,045	60	0,056	60	0,068	60	0,079			эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–			–
	50	0,018	50	0,027	50	0,036	50	0,045	50	0,056	50	0,068	50	0,079			эмульсия
	35	0,014	35	0,023	35	0,028	35	0,034	35	0,045	35	0,062	35	0,073			эмульсия
	70	0,014	70	0,023	70	0,028	70	0,034	70	0,045	70	0,062	70	0,073			эмульсия

Таблица 8.25 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Черновое копирование

f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,002	100	0,004	100	0,008
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,002	90	0,004	90	0,008
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,002	40	0,003	40	0,007
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,002	80	0,003	80	0,007
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,002	35	0,003	35	0,007
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,003	70	0,007
14.0	Спец. сплавы	< 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
15.0	Чугун	< 180 HB	VHM, без покрытия	80	0,001	80	0,003	80	0,006	80	0,011
			VHM, с покрытием	150	0,001	150	0,003	150	0,006	150	0,011
15.1	Чугун	> 180 HB	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	VHM, без покрытия	65	0,001	65	0,003	65	0,006	65	0,011
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,003	100	0,006	100	0,011
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,003	55	0,006	55	0,011
			VHM, с покрытием	99	0,001	99	0,003	99	0,006	99	0,011
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,005	60	0,009
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	VHM, без покрытия	230	0,001	230	0,003	230	0,006	230	0,011
			VHM, с покрытием	400	0,001	400	0,003	400	0,006	400	0,011
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		VHM, без покрытия	180	0,001	180	0,003	180	0,006	180	0,011
			VHM, с покрытием	350	0,001	350	0,003	350	0,006	350	0,011
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
			VHM, с покрытием	250	0,001	250	0,003	250	0,006	250	0,011
18.0	Медь, низколегир.	< 400	VHM, без покрытия	180	0,001	180	0,003	180	0,006	180	0,011
			VHM, с покрытием	350	0,001	350	0,003	350	0,006	350	0,011
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	160	0,001	160	0,003	160	0,006	160	0,011
			VHM, с покрытием	320	0,001	320	0,003	320	0,006	320	0,011
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	VHM, без покрытия	160	0,001	160	0,003	160	0,006	160	0,011
			VHM, с покрытием	320	0,001	320	0,003	320	0,006	320	0,011
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	160	0,001	160	0,003	160	0,006	160	0,011
			VHM, с покрытием	320	0,001	320	0,003	320	0,006	320	0,011
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,003	280	0,006	280	0,011
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,003	280	0,006	280	0,011
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	VHM, без покрытия	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,011
			VHM, с покрытием	220	0,001	220	0,003	220	0,006	220	0,011
19.0	Графит		VHM, без покрытия	80	0,001	80	0,003	80	0,006	80	0,011
			VHM, с покрытием	150	0,001	150	0,003	150	0,006	150	0,011
20.0	Термопласт		VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,003	280	0,006	280	0,011
20.1	Реактопласт		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–

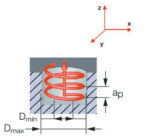




	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	60	0,017	60	0,028	60	0,034	60	0,045	60	0,056	60	0,062	60	0,101	эмульсия
	100	0,017	100	0,028	100	0,034	100	0,045	100	0,056	100	0,062	100	0,101	эмульсия
	50	0,017	50	0,028	50	0,034	50	0,045	50	0,056	50	0,062	50	0,101	эмульсия
	90	0,017	90	0,028	90	0,034	90	0,045	90	0,056	90	0,062	90	0,101	эмульсия
	40	0,013	40	0,019	40	0,028	40	0,036	40	0,051	40	0,068	40	0,084	эмульсия
	80	0,013	80	0,019	80	0,028	80	0,036	80	0,051	80	0,068	80	0,084	эмульсия
	35	0,013	35	0,019	35	0,028	35	0,036	35	0,051	35	0,068	35	0,084	эмульсия
	70	0,013	70	0,019	70	0,028	70	0,036	70	0,051	70	0,068	70	0,084	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	50	0,018	50	0,027	50	0,036	50	0,045	50	0,056	50	0,068	50	0,079	эмульсия
	80	0,023	80	0,034	80	0,045	80	0,056	80	0,068	80	0,090	80	0,113	Нет
	150	0,023	150	0,034	150	0,045	150	0,056	150	0,068	150	0,090	150	0,113	Нет
	70	0,023	70	0,034	70	0,045	70	0,056	70	0,068	70	0,090	70	0,113	Нет
	120	0,023	120	0,034	120	0,045	120	0,056	120	0,068	120	0,090	120	0,113	Нет
	65	0,023	65	0,034	65	0,045	65	0,056	65	0,068	65	0,090	65	0,113	Нет
	100	0,023	100	0,034	100	0,045	100	0,056	100	0,068	100	0,090	100	0,113	Нет
	55	0,023	55	0,034	55	0,045	55	0,056	55	0,068	55	0,090	55	0,113	эмульсия
	90	0,023	90	0,034	90	0,045	90	0,056	90	0,068	90	0,090	90	0,113	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	60	0,018	60	0,027	60	0,036	60	0,045	60	0,056	60	0,068	60	0,079	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	50	0,018	50	0,027	50	0,036	50	0,045	50	0,056	50	0,068	50	0,079	эмульсия
	230	0,023	230	0,034	230	0,045	230	0,056	230	0,079	230	0,101	230	0,135	эмульсия
	400	0,023	400	0,034	400	0,045	400	0,056	400	0,079	400	0,101	400	0,135	эмульсия
	180	0,023	180	0,034	180	0,045	180	0,056	180	0,079	180	0,101	180	0,135	эмульсия
	350	0,023	350	0,034	350	0,045	350	0,056	350	0,079	350	0,101	350	0,135	эмульсия
	140	0,023	140	0,034	140	0,045	140	0,056	140	0,079	140	0,101	140	0,135	эмульсия
	250	0,023	250	0,034	250	0,045	250	0,056	250	0,079	250	0,101	250	0,135	эмульсия
	180	0,023	180	0,034	180	0,045	180	0,056	180	0,079	180	0,101	180	0,135	эмульсия
	350	0,023	350	0,034	350	0,045	350	0,056	350	0,079	350	0,101	350	0,135	эмульсия
	160	0,023	160	0,034	160	0,045	160	0,056	160	0,079	160	0,101	160	0,135	Нет
	320	0,023	320	0,034	320	0,045	320	0,056	320	0,079	320	0,101	320	0,135	Нет
	160	0,023	160	0,034	160	0,045	160	0,056	160	0,079	160	0,101	160	0,135	Нет
	320	0,023	320	0,034	320	0,045	320	0,056	320	0,079	320	0,101	320	0,135	Нет
	160	0,023	160	0,034	160	0,045	160	0,056	160	0,079	160	0,101	160	0,135	Нет
	320	0,023	320	0,034	320	0,045	320	0,056	320	0,079	320	0,101	320	0,135	Нет
	140	0,023	140	0,034	140	0,045	140	0,056	140	0,079	140	0,101	140	0,135	Нет
	280	0,023	280	0,034	280	0,045	280	0,056	280	0,079	280	0,101	280	0,135	Нет
	140	0,023	140	0,034	140	0,045	140	0,056	140	0,079	140	0,101	140	0,135	эмульсия
	280	0,023	280	0,034	280	0,045	280	0,056	280	0,079	280	0,101	280	0,135	эмульсия
	110	0,023	110	0,034	110	0,045	110	0,056	110	0,079	110	0,101	110	0,135	эмульсия
	220	0,023	220	0,034	220	0,045	220	0,056	220	0,079	220	0,101	220	0,135	эмульсия
	80	0,023	80	0,034	80	0,045	80	0,056	80	0,068	80	0,090	80	0,113	Нет
	150	0,023	150	0,034	150	0,045	150	0,056	150	0,068	150	0,090	120	0,113	Нет
	140	0,023	140	0,034	140	0,045	140	0,056	140	0,079	140	0,101	140	0,135	сух./ воздух
	280	0,023	280	0,034	280	0,045	280	0,056	280	0,079	280	0,101	280	0,135	сух./ воздух
	80	0,023	80	0,034	80	0,045	80	0,056	80	0,079	80	0,101	80	0,135	сух./ воздух
	150	0,023	150	0,034	150	0,045	150	0,056	150	0,079	150	0,101	150	0,135	сух./ воздух
	80	0,023	80	0,034	80	0,045	80	0,056	80	0,079	80	0,101	80	0,135	сух./ воздух
	150	0,023	150	0,034	150	0,045	150	0,056	150	0,079	150	0,101	150	0,135	сух./ воздух

Таблица 8.26 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка, врезное/циркулярное фрезерование

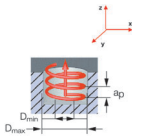
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм]							
				0,25		0,5		1,0		2,0	
				v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	80	0,001	80	0,001	80	0,002	80	0,005
			VHM, с покрытием	140	0,001	140	0,001	140	0,002	140	0,005
1.1	Констр. стали общего назн.	500 –850	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,005
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,005
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,005
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,005
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,001	55	0,001	55	0,003
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,001	100	0,001	100	0,003
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,005
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,005
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,005
			VHM, с покрытием	110	0,001	110	0,001	110	0,002	110	0,005
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,001	55	0,001	55	0,003
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,001	100	0,001	100	0,003
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,001	50	0,001	50	0,003
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,001	85	0,003
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,001	40	0,001	40	0,003
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,001	70	0,003
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,005
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,005
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,001	50	0,001	50	0,003
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,001	85	0,003
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,001	40	0,001	40	0,003
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,001	70	0,003
7.0	Азотируемые стали	< 1000	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,001	50	0,003	50	0,001
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,003	85	0,001
7.1	Азотируемые стали	> 1000	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,001	40	0,003	40	0,001
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,003	70	0,001
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,001	50	0,001	50	0,003
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,001	85	0,003
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,001	40	0,001	40	0,003
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,001	70	0,003
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,001	30	0,001	30	0,003
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,001	60	0,003
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,001	30	0,001	30	0,003
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,001	60	0,001	60	0,003
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,003
11.1	Износост. констр. стали	1800	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
12.0	Пружинные стали	<1500	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,001	40	0,001	40	0,003
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,001	70	0,001	70	0,003



Диаметр [мм]														СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
80	0,006	80	0,008	80	0,011	80	0,015	80	0,020	80	0,025	80	0,030	эмульсия
140	0,006	140	0,008	140	0,011	140	0,015	140	0,020	140	0,025	140	0,030	эмульсия
70	0,006	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,030	эмульсия
120	0,006	120	0,008	120	0,011	120	0,015	120	0,020	120	0,025	120	0,030	эмульсия
70	0,006	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,030	эмульсия
120	0,006	120	0,008	120	0,011	120	0,015	120	0,020	120	0,025	120	0,030	эмульсия
55	0,004	55	0,006	55	0,007	55	0,009	55	0,011	55	0,015	55	0,020	эмульсия
100	0,004	100	0,006	100	0,007	100	0,009	100	0,011	100	0,015	100	0,020	эмульсия
70	0,006	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,030	эмульсия
120	0,006	120	0,008	120	0,011	120	0,015	120	0,020	120	0,025	120	0,030	эмульсия
60	0,006	60	0,008	60	0,011	60	0,015	60	0,020	60	0,025	60	0,030	эмульсия
110	0,006	110	0,008	110	0,011	110	0,015	110	0,020	110	0,025	110	0,030	эмульсия
55	0,004	55	0,006	55	0,008	55	0,010	55	0,013	55	0,017	55	0,023	эмульсия
100	0,004	100	0,006	100	0,008	100	0,010	100	0,013	100	0,017	100	0,023	эмульсия
50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,017	50	0,023	эмульсия
85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,017	85	0,023	эмульсия
40	0,003	40	0,005	40	0,007	40	0,008	40	0,011	40	0,015	40	0,018	эмульсия
70	0,003	70	0,005	70	0,007	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,018	эмульсия
70	0,006	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,020	70	0,025	70	0,030	эмульсия
120	0,006	120	0,008	120	0,011	120	0,015	120	0,020	120	0,025	120	0,030	эмульсия
50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,017	50	0,023	эмульсия
85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,017	85	0,023	эмульсия
40	0,003	40	0,005	40	0,007	40	0,008	40	0,011	40	0,015	40	0,018	эмульсия
70	0,003	70	0,005	70	0,007	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,018	эмульсия
50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,017	50	0,023	эмульсия
85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,017	85	0,023	эмульсия
40	0,003	40	0,005	40	0,007	40	0,008	40	0,011	40	0,015	40	0,018	эмульсия
70	0,003	70	0,005	70	0,007	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,018	эмульсия
50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,017	50	0,023	эмульсия
85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,017	85	0,023	эмульсия
40	0,003	40	0,005	40	0,007	40	0,008	40	0,011	40	0,015	40	0,018	эмульсия
70	0,003	70	0,005	70	0,007	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,018	эмульсия
50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,017	50	0,023	эмульсия
85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,017	85	0,023	эмульсия
40	0,003	40	0,005	40	0,007	40	0,008	40	0,011	40	0,015	40	0,018	эмульсия
70	0,003	70	0,005	70	0,007	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,018	эмульсия
30	0,003	30	0,005	30	0,007	30	0,008	30	0,011	30	0,015	30	0,018	эмульсия
60	0,003	60	0,005	60	0,007	60	0,008	60	0,011	60	0,015	60	0,018	эмульсия
30	0,003	30	0,005	30	0,007	30	0,008	30	0,011	30	0,015	30	0,018	эмульсия
60	0,003	60	0,005	60	0,007	60	0,008	60	0,011	60	0,015	60	0,018	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,015	50	0,018	эмульсия
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
45	0,004	45	0,006	45	0,008	45	0,010	45	0,013	45	0,015	45	0,018	эмульсия
40	0,003	40	0,005	40	0,007	40	0,008	40	0,011	40	0,015	40	0,018	эмульсия
70	0,003	70	0,005	70	0,007	70	0,008	70	0,011	70	0,015	70	0,018	эмульсия

Таблица 8.26 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Черновая обработка, врезное/циркулярное фрезерование

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,003
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,001	90	0,002	90	0,003
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,002	85	0,003
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,001	45	0,001	45	0,002
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,001	85	0,002
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,001	35	0,001	35	0,002
			VHM, с покрытием	65	0,001	65	0,001	65	0,001	65	0,002
14.0	Спец. сплавы	<1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
15.0	Чугун	< 180 HB	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,004
			VHM, с покрытием	130	0,001	130	0,001	130	0,002	130	0,004
15.1	Чугун	> 180 HB	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,001	60	0,002	60	0,004
			VHM, с покрытием	100	0,001	100	0,001	100	0,002	100	0,004
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	VHM, без покрытия	55	0,001	55	0,001	55	0,002	55	0,004
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,001	85	0,002	85	0,004
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,004
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,001	80	0,002	80	0,004
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,001	50	0,002	50	0,003
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	45	0,001	45	0,001	45	0,002	45	0,003
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	VHM, без покрытия	200	0,001	200	0,001	200	0,002	200	0,004
			VHM, с покрытием	350	0,001	350	0,001	350	0,002	350	0,004
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		VHM, без покрытия	150	0,001	150	0,001	150	0,002	150	0,004
			VHM, с покрытием	300	0,001	300	0,001	300	0,002	300	0,004
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,004
			VHM, с покрытием	220	0,001	220	0,001	220	0,002	220	0,004
18.0	Медь, низколегир.	< 400	VHM, без покрытия	150	0,001	150	0,001	150	0,002	150	0,004
			VHM, с покрытием	300	0,001	300	0,001	300	0,002	300	0,004
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,001	140	0,002	140	0,004
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,001	280	0,002	280	0,004
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,001	140	0,002	140	0,004
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,001	280	0,002	280	0,004
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	140	0,001	140	0,001	140	0,002	140	0,004
			VHM, с покрытием	280	0,001	280	0,001	280	0,002	280	0,004
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,004
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,001	240	0,002	240	0,004
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	VHM, без покрытия	120	0,001	120	0,001	120	0,002	120	0,004
			VHM, с покрытием	240	0,001	240	0,001	240	0,002	240	0,004
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	VHM, без покрытия	95	0,001	95	0,001	95	0,002	95	0,004
			VHM, с покрытием	190	0,001	190	0,001	190	0,002	190	0,004
19.0	Графит		VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,001	70	0,002	70	0,004
			VHM, с покрытием	130	0,001	130	0,001	130	0,002	130	0,004
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	–	–	–

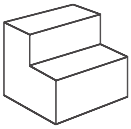


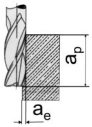
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	55	0,004	55	0,006	55	0,008	55	0,010	55	0,013	55	0,014	55	0,023	эмульсия
	90	0,004	90	0,006	90	0,008	90	0,010	90	0,013	90	0,014	90	0,023	эмульсия
	45	0,004	45	0,006	45	0,008	45	0,010	45	0,013	45	0,014	45	0,023	эмульсия
	85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,014	85	0,023	эмульсия
	45	0,003	45	0,004	45	0,006	45	0,008	45	0,011	45	0,015	45	0,019	эмульсия
	85	0,003	85	0,004	85	0,006	85	0,008	85	0,011	85	0,015	85	0,019	эмульсия
	35	0,003	35	0,004	35	0,006	35	0,008	35	0,011	35	0,015	35	0,019	эмульсия
	65	0,003	65	0,004	65	0,006	65	0,008	65	0,011	65	0,015	65	0,019	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	0,004	45	0,006	45	0,008	45	0,010	45	0,013	45	0,015	45	0,018	эмульсия
	70	0,005	70	0,008	70	0,010	70	0,013	70	0,015	70	0,020	70	0,025	Нет
	130	0,005	130	0,008	130	0,010	130	0,013	130	0,015	130	0,020	130	0,025	Нет
	60	0,005	60	0,008	60	0,010	60	0,013	60	0,015	60	0,020	60	0,025	Нет
	100	0,005	100	0,008	100	0,010	100	0,013	100	0,015	100	0,020	100	0,025	Нет
	55	0,005	55	0,008	55	0,010	55	0,013	55	0,015	55	0,020	55	0,025	Нет
	85	0,005	85	0,008	85	0,010	85	0,013	85	0,015	85	0,020	85	0,025	Нет
	45	0,005	45	0,008	45	0,010	45	0,013	45	0,015	45	0,020	45	0,025	эмульсия
	80	0,005	80	0,008	80	0,010	80	0,013	80	0,015	80	0,020	80	0,025	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	50	0,004	50	0,006	50	0,008	50	0,010	50	0,013	50	0,015	50	0,018	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45	0,004	45	0,006	45	0,008	45	0,010	45	0,013	45	0,015	45	0,018	эмульсия
	200	0,005	200	0,008	200	0,010	200	0,013	200	0,018	200	0,023	200	0,030	эмульсия
	350	0,005	350	0,008	350	0,010	350	0,013	350	0,018	350	0,023	350	0,030	эмульсия
	150	0,005	150	0,008	150	0,010	150	0,013	150	0,018	150	0,023	150	0,030	эмульсия
	300	0,005	300	0,008	300	0,010	300	0,013	300	0,018	300	0,023	300	0,030	эмульсия
	120	0,005	120	0,008	120	0,010	120	0,013	120	0,018	120	0,023	120	0,030	эмульсия
	220	0,005	220	0,008	220	0,010	220	0,013	220	0,018	220	0,023	220	0,030	эмульсия
	150	0,005	150	0,008	150	0,010	150	0,013	150	0,018	150	0,023	150	0,030	эмульсия
	300	0,005	300	0,008	300	0,010	300	0,013	300	0,018	300	0,023	300	0,030	эмульсия
	140	0,005	140	0,008	140	0,010	140	0,013	140	0,018	140	0,023	140	0,030	Нет
	280	0,005	280	0,008	280	0,010	280	0,013	280	0,018	280	0,023	280	0,030	Нет
	140	0,005	140	0,008	140	0,010	140	0,013	140	0,018	140	0,023	140	0,030	Нет
	280	0,005	280	0,008	280	0,010	280	0,013	280	0,018	280	0,023	280	0,030	Нет
	140	0,005	140	0,008	140	0,010	140	0,013	140	0,018	140	0,023	140	0,030	Нет
	280	0,005	280	0,008	280	0,010	280	0,013	280	0,018	280	0,023	280	0,030	Нет
	120	0,005	120	0,008	120	0,010	120	0,013	120	0,018	120	0,023	120	0,030	Нет
	240	0,005	240	0,008	240	0,010	240	0,013	240	0,018	240	0,023	240	0,030	Нет
	120	0,005	120	0,008	120	0,010	120	0,013	120	0,018	120	0,023	120	0,030	эмульсия
	240	0,005	240	0,008	240	0,010	240	0,013	240	0,018	240	0,023	240	0,030	эмульсия
	95	0,005	95	0,008	95	0,010	95	0,013	95	0,018	95	0,023	95	0,030	эмульсия
	190	0,005	190	0,008	190	0,010	190	0,013	190	0,018	190	0,023	190	0,030	эмульсия
	70	0,005	70	0,008	70	0,010	70	0,013	70	0,015	70	0,020	70	0,025	Нет
	130	0,005	130	0,008	130	0,010	130	0,013	130	0,015	130	0,020	130	0,025	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 8.27 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покр., с покрытием) – Получистовое контурное фрезерование

f_z для a_e = 0,1 x D и a_p = 1,5 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	100	0,002	100	0,004	100	0,008	100	0,016
			VHM, с покрытием	190	0,002	190	0,004	190	0,008	190	0,016
1.1	Констр. стали общего назн.	500–850	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,016
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,008	170	0,016
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,016
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,008	170	0,016
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	75	0,001	75	0,003	75	0,006	75	0,011
			VHM, с покрытием	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,016
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,008	170	0,016
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	VHM, без покрытия	85	0,002	85	0,004	85	0,008	85	0,016
			VHM, с покрытием	160	0,002	160	0,004	160	0,008	160	0,016
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	75	0,001	75	0,003	75	0,006	75	0,011
			VHM, с покрытием	140	0,001	140	0,003	140	0,006	140	0,011
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,005	95	0,010
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,016
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,008	170	0,016
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,005	95	0,010
7.0	Азотируемые стали	< 1000	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
7.1	Азотируемые стали	> 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,005	95	0,010
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	70	0,001	70	0,003	70	0,006	70	0,011
			VHM, с покрытием	120	0,001	120	0,003	120	0,006	120	0,011
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,005	60	0,010
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,005	95	0,010
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,003	45	0,005	45	0,010
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,003	85	0,005	85	0,010
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,003	40	0,005	40	0,010
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,003	80	0,005	80	0,010
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	65	0,001	65	0,003	65	0,005	65	0,010
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,003	30	0,006
11.0	Износост. констр. стали	1350	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,004	30	0,008
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
11.1	Износост. констр. стали	1800	VHM, без покрытия	20	0,001	20	0,002	20	0,004	20	0,008
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
12.0	Пружинные стали	< 1500	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,003	45	0,005	45	0,010
			VHM, с покрытием	85	0,0013	85	0,0025	85	0,005	85	0,01



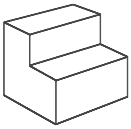


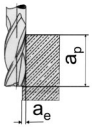
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	100	0,032	100	0,054	100	0,063	100	0,072	100	0,080	100	0,089	100	0,107	эмульсия
	190	0,032	190	0,054	190	0,063	190	0,072	190	0,080	190	0,089	190	0,107	эмульсия
	90	0,032	90	0,054	90	0,063	90	0,072	90	0,080	90	0,089	90	0,107	эмульсия
	170	0,032	170	0,054	170	0,063	170	0,072	170	0,080	170	0,089	170	0,107	эмульсия
	90	0,032	90	0,054	90	0,063	90	0,072	90	0,080	90	0,089	90	0,107	эмульсия
	170	0,032	170	0,054	170	0,063	170	0,072	170	0,080	170	0,089	170	0,107	эмульсия
	75	0,023	75	0,036	75	0,045	75	0,054	75	0,063	75	0,080	75	0,100	эмульсия
	140	0,023	140	0,036	140	0,045	140	0,054	140	0,063	140	0,080	140	0,100	эмульсия
	90	0,032	90	0,054	90	0,063	90	0,072	90	0,080	90	0,089	90	0,107	эмульсия
	170	0,032	170	0,054	170	0,063	170	0,072	170	0,080	170	0,089	170	0,107	эмульсия
	85	0,032	85	0,054	85	0,063	85	0,072	85	0,080	85	0,089	85	0,107	эмульсия
	160	0,032	160	0,054	160	0,063	160	0,072	160	0,080	160	0,089	160	0,107	эмульсия
	75	0,023	75	0,036	75	0,045	75	0,054	75	0,063	75	0,080	75	0,100	эмульсия
	140	0,023	140	0,036	140	0,045	140	0,054	140	0,063	140	0,080	140	0,100	эмульсия
	70	0,023	70	0,036	70	0,045	70	0,054	70	0,063	70	0,080	70	0,100	эмульсия
	120	0,023	120	0,036	120	0,045	120	0,054	120	0,063	120	0,080	120	0,100	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,070	60	0,080	эмульсия
	95	0,020	95	0,030	95	0,040	95	0,050	95	0,060	95	0,070	95	0,080	эмульсия
	90	0,032	90	0,054	90	0,063	90	0,072	90	0,080	90	0,089	90	0,107	эмульсия
	170	0,032	170	0,054	170	0,063	170	0,072	170	0,080	170	0,089	170	0,107	эмульсия
	70	0,023	70	0,036	70	0,045	70	0,054	70	0,063	70	0,080	70	0,100	эмульсия
	120	0,023	120	0,036	120	0,045	120	0,054	120	0,063	120	0,080	120	0,100	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,070	60	0,080	эмульсия
	95	0,020	95	0,030	95	0,040	95	0,050	95	0,060	95	0,070	95	0,080	эмульсия
	70	0,023	70	0,036	70	0,045	70	0,054	70	0,063	70	0,080	70	0,100	эмульсия
	120	0,023	120	0,036	120	0,045	120	0,054	120	0,063	120	0,080	120	0,100	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,070	60	0,080	эмульсия
	95	0,020	95	0,030	95	0,040	95	0,050	95	0,060	95	0,070	95	0,080	эмульсия
	70	0,023	70	0,036	70	0,045	70	0,054	70	0,063	70	0,080	70	0,100	эмульсия
	120	0,023	120	0,036	120	0,045	120	0,054	120	0,063	120	0,080	120	0,100	эмульсия
	60	0,020	60	0,030	60	0,040	60	0,050	60	0,060	60	0,070	60	0,080	эмульсия
	95	0,020	95	0,030	95	0,040	95	0,050	95	0,060	95	0,070	95	0,080	эмульсия
	45	0,020	45	0,030	45	0,040	45	0,050	45	0,060	45	0,070	45	0,080	эмульсия
	85	0,020	85	0,030	85	0,040	85	0,050	85	0,060	85	0,070	85	0,080	эмульсия
	40	0,020	40	0,030	40	0,040	40	0,050	40	0,060	40	0,070	40	0,080	эмульсия
	80	0,020	80	0,030	80	0,040	80	0,050	80	0,060	80	0,070	80	0,080	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	65	0,020	65	0,030	65	0,040	65	0,050	65	0,060	65	0,070	65	0,080	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	50	0,016	50	0,023	50	0,030	50	0,038	50	0,045	50	0,050	50	0,055	Нет
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	30	0,012	30	0,018	30	0,025	30	0,030	30	0,038	30	0,045	30	0,050	Нет
	30	0,006	30	0,025	30	0,032	30	0,030	30	0,054	30	0,070	30	0,105	эмульсия
	50	0,006	50	0,025	50	0,032	50	0,030	50	0,054	50	0,070	50	0,018	эмульсия
	20	0,006	20	0,020	20	0,032	20	0,030	20	0,054	20	0,070	20	0,105	эмульсия
	50	0,006	50	0,020	50	0,032	50	0,030	50	0,054	50	0,070	50	0,105	эмульсия
	45	0,020	45	0,030	45	0,040	45	0,050	45	0,060	45	0,070	45	0,080	эмульсия
	85	0,020	85	0,030	85	0,040	85	0,050	85	0,060	85	0,070	85	0,080	эмульсия

Таблица 8.27 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покрытия, с покрытием) – Получистовое контурное фрезерование

f_z для a_e = 0,1 x D и a_p = 1,5 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,011
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	110	0,001	110	0,003	110	0,006	110	0,011
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,003	50	0,005	50	0,010
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,003	90	0,005	90	0,010
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,003	35	0,005	35	0,010
			VHM, с покрытием	75	0,001	75	0,003	75	0,005	75	0,010
14.0	Спец. сплавы	< 1200	VHM, без покрытия	20	0,001	20	0,002	20	0,004	20	0,008
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,004	50	0,008
15.0	Чугун	< 180 HB	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,003	90	0,007	90	0,014
			VHM, с покрытием	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,014
15.1	Чугун	> 180 HB	VHM, без покрытия	80	0,002	80	0,003	80	0,007	80	0,014
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,007	120	0,014
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,003	70	0,007	70	0,014
			VHM, с покрытием	100	0,002	100	0,003	100	0,007	100	0,014
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	VHM, без покрытия	60	0,002	60	0,003	60	0,007	60	0,014
			VHM, с покрытием	90	0,002	90	0,003	90	0,007	90	0,014
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,004	30	0,008
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,004	70	0,008
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	VHM, без покрытия	25	0,001	25	0,002	25	0,004	25	0,008
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,004	60	0,008
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	VHM, без покрытия	400	0,002	400	0,003	400	0,006	400	0,012
			VHM, с покрытием	800	0,002	800	0,003	800	0,006	800	0,012
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		VHM, без покрытия	300	0,002	300	0,003	300	0,006	300	0,012
			VHM, с покрытием	600	0,002	600	0,003	600	0,006	600	0,012
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		VHM, без покрытия	250	0,002	250	0,003	250	0,006	250	0,012
			VHM, с покрытием	400	0,002	400	0,003	400	0,006	400	0,012
18.0	Медь, низколегир.	< 400	VHM, без покрытия	200	0,002	200	0,003	200	0,006	200	0,012
			VHM, с покрытием	350	0,002	350	0,003	350	0,006	350	0,012
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	180	0,002	180	0,003	180	0,006	180	0,012
			VHM, с покрытием	320	0,002	320	0,003	320	0,006	320	0,012
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	VHM, без покрытия	180	0,002	180	0,003	180	0,006	180	0,012
			VHM, с покрытием	320	0,002	320	0,003	320	0,006	320	0,012
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	180	0,002	180	0,003	180	0,006	180	0,012
			VHM, с покрытием	320	0,002	320	0,003	320	0,006	320	0,012
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	VHM, без покрытия	150	0,002	150	0,003	150	0,006	150	0,012
			VHM, с покрытием	280	0,002	280	0,003	280	0,006	280	0,012
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	VHM, без покрытия	150	0,002	150	0,003	150	0,006	150	0,012
			VHM, с покрытием	280	0,002	280	0,003	280	0,006	280	0,012
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	VHM, без покрытия	120	0,002	120	0,003	120	0,006	120	0,012
			VHM, с покрытием	220	0,002	220	0,003	220	0,006	220	0,012
19.0	Графит		VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,003	90	0,007	90	0,014
			VHM, с покрытием	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,014
20.0	Термопласт		VHM, без покрытия	150	0,002	150	0,003	150	0,006	150	0,012
			VHM, с покрытием	280	0,002	280	0,003	280	0,006	280	0,012
20.1	Реактопласт		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		VHM, без покрытия	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	–	–	–	–	–	–	–	–





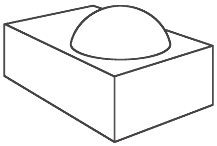
	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	60	0,023	60	0,036	60	0,045	60	0,054	60	0,063	60	0,085	60	0,115	эмульсия
	110	0,023	110	0,036	110	0,045	110	0,054	110	0,063	110	0,085	110	0,115	эмульсия
	60	0,023	60	0,036	60	0,045	60	0,054	60	0,063	60	0,085	60	0,115	эмульсия
	110	0,023	110	0,036	110	0,045	110	0,054	110	0,063	110	0,085	110	0,115	эмульсия
	50	0,020	50	0,030	50	0,040	50	0,050	50	0,060	50	0,085	50	0,100	эмульсия
	90	0,020	90	0,030	90	0,040	90	0,050	90	0,060	90	0,085	90	0,100	эмульсия
	35	0,020	35	0,030	35	0,040	35	0,050	35	0,060	35	0,085	35	0,100	эмульсия
	75	0,020	75	0,030	75	0,040	75	0,050	75	0,060	75	0,085	75	0,100	эмульсия
	20	0,006	20	0,020	20	0,032	20	0,030	20	0,054	20	0,070	20	0,105	эмульсия
	50	0,006	50	0,020	50	0,032	50	0,030	50	0,054	50	0,070	50	0,105	эмульсия
	90	0,020	90	0,027	90	0,054	90	0,072	90	0,089	90	0,107	90	0,125	Нет
	150	0,020	150	0,027	150	0,054	150	0,072	150	0,089	150	0,107	150	0,125	Нет
	80	0,020	80	0,027	80	0,054	80	0,072	80	0,089	80	0,107	80	0,125	Нет
	120	0,020	120	0,027	120	0,054	120	0,072	120	0,089	120	0,107	120	0,125	Нет
	70	0,020	70	0,027	70	0,054	70	0,072	70	0,089	70	0,107	70	0,125	Нет
	100	0,020	100	0,027	100	0,054	100	0,072	100	0,089	100	0,107	100	0,125	Нет
	60	0,020	60	0,027	60	0,054	60	0,072	60	0,089	60	0,107	60	0,125	эмульсия
	90	0,020	90	0,027	90	0,054	90	0,072	90	0,089	90	0,107	90	0,125	эмульсия
	30	0,006	30	0,020	30	0,032	30	0,030	30	0,054	30	0,070	30	0,105	эмульсия
	70	0,006	70	0,020	70	0,032	70	0,030	70	0,054	70	0,070	70	0,105	эмульсия
	25	0,006	25	0,020	25	0,032	25	0,030	25	0,054	25	0,070	25	0,105	эмульсия
	60	0,006	60	0,020	60	0,032	60	0,030	60	0,054	60	0,070	60	0,105	эмульсия
	400	0,024	400	0,031	400	0,047	400	0,063	400	0,079	400	0,101	400	0,126	эмульсия
	800	0,024	800	0,031	800	0,047	800	0,063	800	0,079	800	0,101	800	0,126	эмульсия
	300	0,024	300	0,031	300	0,047	300	0,063	300	0,079	300	0,101	300	0,126	эмульсия
	600	0,024	600	0,031	600	0,047	600	0,063	600	0,079	600	0,101	600	0,126	эмульсия
	250	0,024	250	0,031	250	0,047	250	0,063	250	0,079	250	0,101	250	0,126	эмульсия
	400	0,024	400	0,031	400	0,047	400	0,063	400	0,079	400	0,101	400	0,126	эмульсия
	200	0,024	200	0,031	200	0,047	200	0,063	200	0,079	200	0,101	200	0,126	эмульсия
	350	0,024	350	0,031	350	0,047	350	0,063	350	0,079	350	0,101	350	0,126	эмульсия
	180	0,024	180	0,031	180	0,047	180	0,063	180	0,079	180	0,101	180	0,126	Нет
	320	0,024	320	0,031	320	0,047	320	0,063	320	0,079	320	0,101	320	0,126	Нет
	180	0,024	180	0,031	180	0,047	180	0,063	180	0,079	180	0,101	180	0,126	Нет
	320	0,024	320	0,031	320	0,047	320	0,063	320	0,079	320	0,101	320	0,126	Нет
	180	0,024	180	0,031	180	0,047	180	0,063	180	0,079	180	0,101	180	0,126	Нет
	320	0,024	320	0,031	320	0,047	320	0,063	320	0,079	320	0,101	320	0,126	Нет
	150	0,024	150	0,031	150	0,047	150	0,063	150	0,079	150	0,101	150	0,126	Нет
	280	0,024	280	0,031	280	0,047	280	0,063	280	0,079	280	0,101	280	0,126	Нет
	150	0,024	150	0,031	150	0,047	150	0,063	150	0,079	150	0,101	150	0,126	эмульсия
	280	0,024	280	0,031	280	0,047	280	0,063	280	0,079	280	0,101	280	0,126	эмульсия
	120	0,024	120	0,031	120	0,047	120	0,063	120	0,079	120	0,101	120	0,126	эмульсия
	220	0,024	220	0,031	220	0,047	220	0,063	220	0,079	220	0,101	220	0,126	эмульсия
	90	0,020	90	0,027	90	0,054	90	0,072	90	0,089	90	0,107	90	0,125	Нет
	150	0,020	150	0,027	150	0,054	150	0,072	150	0,089	130	0,107	150	0,125	Нет
	150	0,024	150	0,031	150	0,047	150	0,063	150	0,079	150	0,101	150	0,126	сух./ воздух
	280	0,024	280	0,031	280	0,047	280	0,063	280	0,079	280	0,101	280	0,126	сух./ воздух
	80	0,024	80	0,031	80	0,047	80	0,063	80	0,079	80	0,101	80	0,126	сух./ воздух
	150	0,024	150	0,031	150	0,047	150	0,063	150	0,079	150	0,101	150	0,126	сух./ воздух
	80	0,024	80	0,031	80	0,047	80	0,063	80	0,079	80	0,101	80	0,126	сух./ воздух
	150	0,024	150	0,031	150	0,047	150	0,063	150	0,079	150	0,101	150	0,126	сух./ воздух

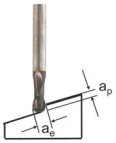
Таблица 8.28 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покрытия, с покрытием) – Получистовое копирование

(параметры резания для высокоскоростной обработки содержатся в соответствующих таблицах)

f_z для a_e = 0,03 x D и a_p = 0,03 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25 v_c [м/мин]	0,25 f_z [мм/зуб]	0,5 v_c [м/мин]	0,5 f_z [мм/зуб]	1,0 v_c [м/мин]	1,0 f_z [мм/зуб]	2,0 v_c [м/мин]	2,0 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	VHM, без покрытия	100	0,002	100	0,004	100	0,009	100	0,018
			VHM, с покрытием	190	0,002	190	0,004	190	0,009	190	0,018
1.1	Констр. стали общего назн.	500–850	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,009	90	0,018
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,009	170	0,018
2.0	Автомат. стали	< 850	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,009	90	0,018
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,009	170	0,018
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	75	0,002	75	0,003	75	0,006	75	0,013
			VHM, с покрытием	140	0,002	140	0,003	140	0,006	140	0,013
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,009	90	0,018
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,009	170	0,018
3.1	Нелег. улучш. стали	750 – 850	VHM, без покрытия	85	0,002	85	0,004	85	0,009	85	0,018
			VHM, с покрытием	160	0,002	160	0,004	160	0,009	160	0,018
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	75	0,002	75	0,003	75	0,006	75	0,013
			VHM, с покрытием	140	0,002	140	0,003	140	0,006	140	0,013
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,003	70	0,006	70	0,013
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,006	120	0,013
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,006	95	0,011
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,009	90	0,018
			VHM, с покрытием	170	0,002	170	0,004	170	0,009	170	0,018
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,003	70	0,006	70	0,013
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,006	120	0,013
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,006	95	0,011
7.0	Азотируемые стали	< 1000	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,003	70	0,006	70	0,013
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,006	120	0,013
7.1	Азотируемые стали	> 1000	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,006	95	0,011
8.0	Инструментал. стали	< 850	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,003	70	0,006	70	0,013
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,003	120	0,006	120	0,013
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	VHM, без покрытия	60	0,001	60	0,003	60	0,006	60	0,011
			VHM, с покрытием	95	0,001	95	0,003	95	0,006	95	0,011
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	VHM, без покрытия	45	0,001	45	0,003	45	0,006	45	0,011
			VHM, с покрытием	85	0,001	85	0,003	85	0,006	85	0,011
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	VHM, без покрытия	40	0,001	40	0,003	40	0,006	40	0,011
			VHM, с покрытием	80	0,001	80	0,003	80	0,006	80	0,011
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	VHM, без покрытия	25	0,001	25	0,003	25	0,006	25	0,011
			VHM, с покрытием	65	0,001	65	0,003	65	0,006	65	0,011
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			VHM, с покрытием	30	0,001	30	0,001	30	0,003	30	0,007
11.0	Износост. констр. стали	1350	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,005	30	0,009
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
11.1	Износост. констр. стали	1800	VHM, без покрытия	20	0,001	20	0,002	20	0,005	20	0,009
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
12.0	Пружинные стали	<1500	VHM, без покрытия	45	0,0015	45	0,0028	45	0,0056	45	0,0113
			VHM, с покрытием	85	0,0015	85	0,0028	85	0,0056	85	0,0113





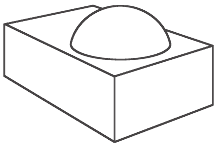
Диаметр [мм]																	СОЖ
4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0					
v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]				
100	0,035	100	0,061	100	0,071	100	0,081	100	0,090	100	0,100	100	0,120				эмульсия
190	0,035	190	0,061	190	0,071	190	0,081	190	0,090	190	0,100	190	0,120				эмульсия
90	0,035	90	0,061	90	0,071	90	0,081	90	0,090	90	0,100	90	0,120				эмульсия
170	0,035	170	0,061	170	0,071	170	0,081	170	0,090	170	0,100	170	0,120				эмульсия
90	0,035	90	0,061	90	0,071	90	0,081	90	0,090	90	0,100	90	0,120				эмульсия
170	0,035	170	0,061	170	0,071	170	0,081	170	0,090	170	0,100	170	0,120				эмульсия
75	0,025	75	0,041	75	0,051	75	0,061	75	0,071	75	0,090	75	0,113				эмульсия
140	0,025	140	0,041	140	0,051	140	0,061	140	0,071	140	0,090	140	0,113				эмульсия
90	0,035	90	0,061	90	0,071	90	0,081	90	0,090	90	0,100	90	0,120				эмульсия
170	0,035	170	0,061	170	0,071	170	0,081	170	0,090	170	0,100	170	0,120				эмульсия
85	0,035	85	0,061	85	0,071	85	0,081	85	0,090	85	0,100	85	0,120				эмульсия
160	0,035	160	0,061	160	0,071	160	0,081	160	0,090	160	0,100	160	0,120				эмульсия
75	0,025	75	0,041	75	0,051	75	0,061	75	0,071	75	0,090	75	0,113				эмульсия
140	0,025	140	0,041	140	0,051	140	0,061	140	0,071	140	0,090	140	0,113				эмульсия
70	0,025	70	0,041	70	0,051	70	0,061	70	0,071	70	0,090	70	0,113				эмульсия
120	0,025	120	0,041	120	0,051	120	0,061	120	0,071	120	0,090	120	0,113				эмульсия
60	0,023	60	0,034	60	0,045	60	0,056	60	0,068	60	0,079	60	0,090				эмульсия
95	0,023	95	0,034	95	0,045	95	0,056	95	0,068	95	0,079	95	0,090				эмульсия
90	0,035	90	0,061	90	0,071	90	0,081	90	0,090	90	0,100	90	0,120				эмульсия
170	0,035	170	0,061	170	0,071	170	0,081	170	0,090	170	0,100	170	0,120				эмульсия
70	0,025	70	0,041	70	0,051	70	0,061	70	0,071	70	0,090	70	0,113				эмульсия
120	0,025	120	0,041	120	0,051	120	0,061	120	0,071	120	0,090	120	0,113				эмульсия
60	0,023	60	0,034	60	0,045	60	0,056	60	0,068	60	0,079	60	0,090				эмульсия
95	0,023	95	0,034	95	0,045	95	0,056	95	0,068	95	0,079	95	0,090				эмульсия
70	0,025	70	0,041	70	0,051	70	0,061	70	0,071	70	0,090	70	0,113				эмульсия
120	0,025	120	0,041	120	0,051	120	0,061	120	0,071	120	0,090	120	0,113				эмульсия
60	0,023	60	0,034	60	0,045	60	0,056	60	0,068	60	0,079	60	0,090				эмульсия
95	0,023	95	0,034	95	0,045	95	0,056	95	0,068	95	0,079	95	0,090				эмульсия
70	0,025	70	0,041	70	0,051	70	0,061	70	0,071	70	0,090	70	0,113				эмульсия
120	0,025	120	0,041	120	0,051	120	0,061	120	0,071	120	0,090	120	0,113				эмульсия
60	0,023	60	0,034	60	0,045	60	0,056	60	0,068	60	0,079	60	0,090				эмульсия
95	0,023	95	0,034	95	0,045	95	0,056	95	0,068	95	0,079	95	0,090				эмульсия
45	0,023	45	0,034	45	0,045	45	0,056	45	0,068	45	0,079	45	0,090				эмульсия
85	0,023	85	0,034	85	0,045	85	0,056	85	0,068	85	0,079	85	0,090				эмульсия
40	0,023	40	0,034	40	0,045	40	0,056	40	0,068	40	0,079	40	0,090				эмульсия
80	0,023	80	0,034	80	0,045	80	0,056	80	0,068	80	0,079	80	0,090				эмульсия
25	0,023	25	0,034	25	0,045	25	0,056	25	0,068	25	0,079	25	0,090				Нет
65	0,023	65	0,034	65	0,045	65	0,056	65	0,068	65	0,079	65	0,090				Нет
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				–
50	0,018	50	0,026	50	0,034	50	0,043	50	0,051	50	0,056	50	0,062				Нет
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				–
30	0,014	30	0,020	30	0,028	30	0,034	30	0,043	30	0,051	30	0,056				Нет
30	0,007	30	0,028	30	0,036	30	0,034	30	0,061	30	0,079	30	0,118				эмульсия
50	0,007	50	0,028	50	0,036	50	0,034	50	0,061	50	0,079	50	0,118				эмульсия
20	0,007	20	0,023	20	0,036	20	0,034	20	0,061	20	0,079	20	0,118				эмульсия
50	0,007	50	0,023	50	0,036	50	0,034	50	0,061	50	0,079	50	0,118				эмульсия
45	0,0225	45	0,0338	45	0,045	45	0,0563	45	0,0675	45	0,0788	45	0,0900				эмульсия
85	0,0225	85	0,0338	85	0,045	85	0,0563	85	0,0675	85	0,0788	85	0,0900				эмульсия

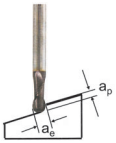
Таблица 8.28 GARANT – Концевые фрезы VHM (без покрытия, с покрытием) – Получистовое копирование

(параметры резания для высокоскоростной обработки содержатся в соответствующих таблицах)

f_z для a_e = 0,03 x D и a_p = 0,03 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Инструментальный материал / покрытие	Диаметр [мм] 0,25		0,5		1,0		2,0	
				v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	VHM, без покрытия	60	0,002	60	0,003	60	0,006	60	0,013
			VHM, с покрытием	110	0,002	110	0,003	110	0,006	110	0,013
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	VHM, без покрытия	60	0,002	60	0,003	60	0,006	60	0,013
			VHM, с покрытием	110	0,002	110	0,003	110	0,006	110	0,013
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	VHM, без покрытия	50	0,001	50	0,003	50	0,006	50	0,011
			VHM, с покрытием	90	0,001	90	0,003	90	0,006	90	0,011
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	VHM, без покрытия	35	0,001	35	0,003	35	0,006	35	0,011
			VHM, с покрытием	75	0,001	75	0,003	75	0,006	75	0,011
14.0	Спец. сплавы	< 1200	VHM, без покрытия	20	0,001	20	0,002	20	0,005	20	0,009
			VHM, с покрытием	50	0,001	50	0,002	50	0,005	50	0,009
15.0	Чугун	< 180 HB	VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,015
			VHM, с покрытием	150	0,002	150	0,004	150	0,008	150	0,015
15.1	Чугун	> 180 HB	VHM, без покрытия	80	0,002	80	0,004	80	0,008	80	0,015
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,004	120	0,008	120	0,015
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	VHM, без покрытия	70	0,002	70	0,004	70	0,008	70	0,015
			VHM, с покрытием	100	0,002	100	0,004	100	0,008	100	0,015
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	VHM, без покрытия	60	0,002	60	0,004	60	0,008	60	0,015
			VHM, с покрытием	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,015
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	VHM, без покрытия	30	0,001	30	0,002	30	0,005	30	0,009
			VHM, с покрытием	70	0,001	70	0,002	70	0,005	70	0,009
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	VHM, без покрытия	25	0,001	25	0,002	25	0,005	25	0,009
			VHM, с покрытием	60	0,001	60	0,002	60	0,005	60	0,009
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	VHM, без покрытия	400	0,002	400	0,003	400	0,007	400	0,013
			VHM, с покрытием	800	0,002	800	0,003	800	0,007	800	0,013
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		VHM, без покрытия	300	0,002	300	0,003	300	0,007	300	0,013
			VHM, с покрытием	600	0,002	600	0,003	600	0,007	600	0,013
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		VHM, без покрытия	250	0,002	250	0,003	250	0,007	250	0,013
			VHM, с покрытием	400	0,002	400	0,003	400	0,007	400	0,013
18.0	Медь, низколегир.	< 400	VHM, без покрытия	200	0,002	200	0,003	200	0,007	200	0,013
			VHM, с покрытием	350	0,002	350	0,003	350	0,007	350	0,013
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	180	0,002	180	0,003	180	0,007	180	0,013
			VHM, с покрытием	320	0,002	320	0,003	320	0,007	320	0,013
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	VHM, без покрытия	180	0,002	180	0,003	180	0,007	180	0,013
			VHM, с покрытием	320	0,002	320	0,003	320	0,007	320	0,013
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	VHM, без покрытия	180	0,002	180	0,003	180	0,007	180	0,013
			VHM, с покрытием	320	0,002	320	0,003	320	0,007	320	0,013
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	VHM, без покрытия	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,013
			VHM, с покрытием	280	0,002	280	0,003	280	0,007	280	0,013
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	VHM, без покрытия	150	0,002	150	0,003	150	0,007	150	0,013
			VHM, с покрытием	280	0,002	280	0,003	280	0,007	280	0,013
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	VHM, без покрытия	120	0,002	120	0,003	120	0,007	120	0,013
			VHM, с покрытием	220	0,002	220	0,003	220	0,007	220	0,013
19.0	Графит		VHM, без покрытия	90	0,002	90	0,004	90	0,008	90	0,015
			VHM, с покрытием	150	0,002	150	0,004	150	0,008	150	0,015
20.0	Термопласт		VHM, без покрытия	100	0,003	100	0,007	100	0,014	100	0,028
			VHM, с покрытием	150	0,003	150	0,007	150	0,014	150	0,028
20.1	Реактопласт		VHM, без покрытия	90	0,003	90	0,007	90	0,014	90	0,028
			VHM, с покрытием	140	0,003	140	0,007	140	0,014	140	0,028
20.2	Стекло- и углепластик		VHM, без покрытия	75	0,002	75	0,004	75	0,008	75	0,016
			VHM, с покрытием	120	0,002	120	0,004	120	0,008	120	0,016

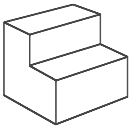


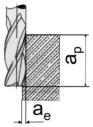


	Диаметр [мм]														СОЖ
	4,0		6,0		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		
	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	
	60	0,025	60	0,041	60	0,051	60	0,061	60	0,071	60	0,096	60	0,129	эмульсия
	110	0,025	110	0,041	110	0,051	110	0,061	110	0,071	110	0,096	110	0,129	эмульсия
	60	0,025	60	0,041	60	0,051	60	0,061	60	0,071	60	0,096	60	0,129	эмульсия
	110	0,025	110	0,041	110	0,051	110	0,061	110	0,071	110	0,096	110	0,129	эмульсия
	50	0,023	50	0,034	50	0,045	50	0,056	50	0,068	50	0,096	50	0,113	эмульсия
	90	0,023	90	0,034	90	0,045	90	0,056	90	0,068	90	0,096	90	0,113	эмульсия
	35	0,023	35	0,034	35	0,045	35	0,056	35	0,068	35	0,096	35	0,113	эмульсия
	75	0,023	75	0,034	75	0,045	75	0,056	75	0,068	75	0,096	75	0,113	эмульсия
	20	0,007	20	0,023	20	0,036	20	0,034	20	0,061	20	0,079	20	0,118	эмульсия
	50	0,007	50	0,023	50	0,036	50	0,034	50	0,061	50	0,079	50	0,118	эмульсия
	90	0,023	90	0,030	90	0,061	90	0,081	90	0,100	90	0,120	90	0,141	Нет
	150	0,023	150	0,030	150	0,061	150	0,081	150	0,100	150	0,120	150	0,141	Нет
	80	0,023	80	0,030	80	0,061	80	0,081	80	0,100	80	0,120	80	0,141	Нет
	120	0,023	120	0,030	120	0,061	120	0,081	120	0,100	120	0,120	120	0,141	Нет
	70	0,023	70	0,030	70	0,061	70	0,081	70	0,100	70	0,120	70	0,141	Нет
	100	0,023	100	0,030	100	0,061	100	0,081	100	0,100	100	0,120	100	0,141	Нет
	60	0,023	60	0,030	60	0,061	60	0,081	60	0,100	60	0,120	60	0,141	эмульсия
	90	0,023	90	0,030	90	0,061	90	0,081	90	0,100	90	0,120	90	0,141	эмульсия
	30	0,007	30	0,023	30	0,036	30	0,034	30	0,061	30	0,079	30	0,118	эмульсия
	70	0,007	70	0,023	70	0,036	70	0,034	70	0,061	70	0,079	70	0,118	эмульсия
	25	0,007	25	0,023	25	0,036	25	0,034	25	0,061	25	0,079	25	0,118	эмульсия
	60	0,007	60	0,023	60	0,036	60	0,034	60	0,061	60	0,079	60	0,118	эмульсия
	400	0,026	400	0,035	400	0,053	400	0,071	400	0,089	400	0,114	400	0,142	эмульсия
	800	0,026	800	0,035	800	0,053	800	0,071	800	0,089	800	0,114	800	0,142	эмульсия
	300	0,026	300	0,035	300	0,053	300	0,071	300	0,089	300	0,114	300	0,142	эмульсия
	6400	0,026	600	0,035	600	0,053	600	0,071	600	0,089	600	0,114	600	0,142	эмульсия
	250	0,026	250	0,035	250	0,053	250	0,071	250	0,089	250	0,114	250	0,142	эмульсия
	400	0,026	400	0,035	400	0,053	400	0,071	400	0,089	400	0,114	400	0,142	эмульсия
	200	0,026	200	0,035	200	0,053	200	0,071	200	0,089	200	0,114	200	0,142	эмульсия
	350	0,026	350	0,035	350	0,053	350	0,071	350	0,089	350	0,114	350	0,142	эмульсия
	180	0,026	180	0,035	180	0,053	180	0,071	180	0,089	180	0,114	180	0,142	Нет
	320	0,026	320	0,035	320	0,053	320	0,071	320	0,089	320	0,114	320	0,142	Нет
	180	0,026	180	0,035	180	0,053	180	0,071	180	0,089	180	0,114	180	0,142	Нет
	320	0,026	320	0,035	320	0,053	320	0,071	320	0,089	320	0,114	320	0,142	Нет
	180	0,026	180	0,035	180	0,053	180	0,071	180	0,089	180	0,114	180	0,142	Нет
	320	0,026	320	0,035	320	0,053	320	0,071	320	0,089	320	0,114	320	0,142	Нет
	150	0,026	150	0,035	150	0,053	150	0,071	150	0,089	150	0,114	150	0,142	Нет
	280	0,026	280	0,035	280	0,053	280	0,071	280	0,089	280	0,114	280	0,142	Нет
	150	0,026	150	0,035	150	0,053	150	0,071	150	0,089	150	0,114	150	0,142	эмульсия
	280	0,026	280	0,035	280	0,053	280	0,071	280	0,089	280	0,114	280	0,142	эмульсия
	120	0,026	120	0,035	120	0,053	120	0,071	120	0,089	120	0,114	120	0,142	эмульсия
	220	0,026	220	0,035	220	0,053	220	0,071	220	0,089	220	0,114	220	0,142	эмульсия
	90	0,023	90	0,030	90	0,061	90	0,081	90	0,100	90	0,120	90	0,141	Нет
	150	0,023	150	0,030	150	0,061	150	0,081	150	0,100	130	0,120	150	0,141	Нет
	100	0,040	100	0,060	100	0,080	100	0,120	100	0,200	100	0,250	100	0,300	Нет
	150	0,040	150	0,060	150	0,080	150	0,120	150	0,200	150	0,250	150	0,300	Нет
	90	0,040	90	0,060	90	0,080	90	0,120	90	0,200	90	0,250	90	0,300	Нет
	140	0,040	140	0,060	140	0,080	140	0,120	140	0,200	140	0,250	140	0,300	Нет
	75	0,035	75	0,055	75	0,070	75	0,095	75	0,115	75	0,140	75	0,155	Нет
	120	0,035	120	0,055	120	0,070	120	0,095	120	0,115	120	0,140	120	0,155	Нет

Таблица 8.29 GARANT – Концевые фрезы VHM (с покрытием) – Высокоскоростное получистовое контурное фрезерование

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	vc [м/мин]			Диаметр [мм]					
						4,0			6,0		
			мин.	нач.	макс.	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500		–		–	–	–	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850		–		–	–	–	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850		–		–	–	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000		–		–	–	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700		–		–	–	–	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850		–		–	–	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	280	–	340	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750		–		–	–	–	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	280	–	340	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
7.0	Азотируемые стали	< 1000	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
7.1	Азотируемые стали	> 1000	280	–	340	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
8.0	Инструментал. стали	< 850	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	280	–	340	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	210	–	270	2,0	0,10	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	210	–	270	2,0	0,10	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	160	–	240	2,0	0,10	0,056 – 0,081	3,0	0,17	0,066 – 0,094
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	90	–	140	2,0	0,07	0,056 – 0,081	3,0	0,12	0,066 – 0,094
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	75	–	120	2,0	0,07	0,056 – 0,081	3,0	0,12	0,066 – 0,094
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500		–		–	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–		–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–		–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		–		–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100		–		–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	<1200		–		–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB		–		–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB		–		–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	300	–	360	2,0	0,12	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	210	–	270	2,0	0,10	0,056 – 0,081	3,0	0,15	0,066 – 0,094
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	90	–	140	2,0	0,07	0,056 – 0,081	3,0	0,12	0,066 – 0,094
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–		–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			–		–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–		–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–		–	–	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–		–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–		–	–	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–		–	–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	90	–	140	2,0	0,07	0,056 – 0,081	3,0	0,12	0,066 – 0,094
19.0	Графит			–		–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт			–		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт			–		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик			–		–	–	–	–	–	–

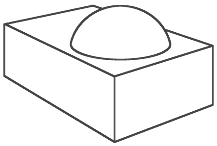


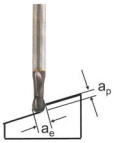


Диаметр [мм]																
	8,0			10,0			12,0			16,0			20,0			
	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,150	0,080 – 0,115	6,0	0,200	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,35	0,128 – 0,184	
	4,5	0,15	0,080 – 0,115	6,0	0,200	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,35	0,128 – 0,184	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,40	0,128 – 0,184	
	4,5	0,20	0,080 – 0,115	6,0	0,250	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,35	0,128 – 0,184	
	4,5	0,15	0,080 – 0,115	6,0	0,200	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,35	0,128 – 0,184	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	4,5	0,15	0,080 – 0,115	6,0	0,200	0,092 – 0,132	7,5	0,25	0,100 – 0,144	9,0	0,30	0,112 – 0,161	12,0	0,35	0,066 – 0,184	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

Таблица 8.30 GARANT – Концевые фрезы VHM (с покрытием) – Высокоскоростное получистовое копирование

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Диаметр [мм]									
			v_c [м/мин]		0,25			0,50				
			мин.	макс.	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	550	600	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850		–	–	–	–	–	–	–		
2.0	Автоматные стали	< 850	550	600	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	360	420	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	360	420	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	360	430	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	300	350	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	300	350	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	250	310	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	360	420	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	300	350	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	250	310	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
7.0	Азотируемые стали	< 1000	300	350	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
7.1	Азотируемые стали	> 1000	250	310	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
8.0	Инструментал. стали	< 850	360	420	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	250	310	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	160	240	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	160	240	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	120	180	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	110	170	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	90	160	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
11.0	Износост. констр. стали	1350	160	240	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
11.1	Износост. констр. стали	1800	120	180	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
12.0	Пружинные стали	< 1500	120	180	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	300	350	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	180	220	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	180	220	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	160	240	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
14.0	Спец. сплавы	<1200	120	180	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
15.0	Чугун	< 180 HB	550	600	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
15.1	Чугун	> 180 HB	550	600	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	360	420	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	360	420	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–	–	–	–	–	–	–		
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–	–	–	–	–	–	–		
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	800	1000	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
17.1	Алюм. сплавы, коротструж.		700	900	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		500	650	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
18.0	Медь, низколегир.	< 400	700	900	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
18.1	Латунь, коротструж.	< 600	700	900	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	700	900	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
18.3	Бронза, коротструж.	< 600	500	650	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
18.4	Бронза, коротструж.	650 – 850	500	650	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,006
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–	–	–	–	–	–	–		
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–	–	–	–	–	–	–		
19.0	Графит		300	450	0,007	0,005	0,005 – 0,007	0,02	0,01	0,008	–	0,010
20.0	Термопласты		1200	1300	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,010
20.1	Реактопласты		600	700	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,010
20.2	Стекло- и углепластик		400	450	0,005	0,005	0,004 – 0,005	0,01	0,01	0,005	–	0,010

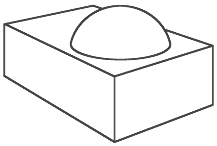


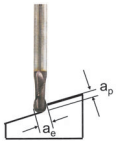


Диаметр [мм]																				
	1				2				4				6							
	a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]					
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	–	–	–		–	–	–		–	–	–		–	–	–					
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,029	– 0,038	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,029	– 0,038	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,029	– 0,038	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,029	– 0,038	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,029	– 0,038	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,040	– 0,0538				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,040	– 0,053				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	–	–	–		–	–	–		–	–	–		–	–	–					
	–	–	–		–	–	–		–	–	–		–	–	–					
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	0,020	0,020	0,006	– 0,008	0,06	0,06	0,010	– 0,013	0,12	0,12	0,032	– 0,042	0,18	0,18	0,044	– 0,058				
	–	–	–		–	–	–		–	–	–		–	–	–					
	–	–	–		–	–	–		–	–	–		–	–	–					
	0,030	0,020	0,010	– 0,012	0,06	0,06	0,020	– 0,022	0,12	0,12	0,025	– 0,040	0,18	0,18	0,050	– 0,080				
	0,020	0,020	0,010	– 0,012	0,06	0,06	0,012	– 0,024	0,12	0,12	0,032	– 0,045	0,18	0,18	0,050	– 0,075				
	0,020	0,020	0,010	– 0,012	0,06	0,06	0,012	– 0,024	0,12	0,12	0,032	– 0,045	0,18	0,18	0,050	– 0,075				
	0,020	0,020	0,010	– 0,012	0,06	0,06	0,012	– 0,024	0,12	0,12	0,032	– 0,045	0,18	0,18	0,050	– 0,075				

Таблица 8.30 Продолжение – GARANT – Концевые фрезы VHM (с покрытием) – Высокоскоростное получистовое копирование

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин. – макс.	Диаметр [мм] 8: a_p max [мм]	8: a_e max [мм]	8: f_z [мм/зуб]	10: a_p max [мм]	10: a_e max [мм]	10: f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	550 – 600	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–	–	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	550 – 600	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	300 – 350	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	300 – 350	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	250 – 310	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	300 – 350	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	250 – 310	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
7.0	Азотируемые стали	< 1000	300 – 350	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
7.1	Азотируемые стали	> 1000	250 – 310	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
8.0	Инструментал. стали	< 850	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	250 – 310	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	160 – 240	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	160 – 240	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	120 – 180	0,240	0,240	0,048 – 0,062	0,300	0,300	0,056 – 0,074
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	110 – 170	0,240	0,240	0,048 – 0,062	0,300	0,300	0,056 – 0,074
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	90 – 160	0,240	0,240	0,048 – 0,062	0,300	0,300	0,056 – 0,074
11.0	Износост. констр. стали	1350	160 – 240	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
11.1	Износост. констр. стали	1800	120 – 180	0,240	0,240	0,052 – 0,062	0,300	0,300	0,056 – 0,074
12.0	Пружинные стали	< 1500	120 – 180	0,240	0,240	0,048 – 0,069	0,300	0,300	0,056 – 0,074
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	300 – 350	0,240	0,240	0,048 – 0,062	0,300	0,300	0,062 – 0,081
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	180 – 220	0,240	0,240	0,048 – 0,069	0,300	0,300	0,056 – 0,074
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	180 – 220	0,240	0,240	0,048 – 0,062	0,300	0,300	0,056 – 0,074
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	160 – 240	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
14.0	Спец. сплавы	< 1200	120 – 180	0,240	0,240	0,048 – 0,062	0,300	0,300	0,056 – 0,074
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	550 – 600	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	550 – 600	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	360 – 420	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	800 – 1000	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		700 – 900	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		500 – 650	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
18.0	Медь, низколегир.	< 400	700 – 900	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	700 – 900	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	700 – 900	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	500 – 650	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	500 – 650	0,240	0,240	0,052 – 0,069	0,300	0,300	0,062 – 0,081
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		300 – 450	0,240	0,240	0,090 – 0,120	0,300	0,300	0,090 – 0,120
20.0	Термопласты		1200 – 1300	0,240	0,240	0,075 – 0,090	0,300	0,300	0,100 – 0,130
20.1	Реактопласты		600 – 700	0,240	0,240	0,075 – 0,090	0,300	0,300	0,100 – 0,130
20.2	Стекло- и углепластик		400 – 450	0,240	0,240	0,075 – 0,090	0,300	0,300	0,100 – 0,130





Диаметр [мм]												
12				16				20				
a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		a_p max [мм]	a_e max [мм]	f_z [мм/зуб]		
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
–	–	–		–	–	–		–	–	–		
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,073 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,066 –	0,087	0,480	0,480	0,092 –	0,121	0,600	0,600	0,109 –		0,143
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
–	–	–		–	–	–		–	–	–		
–	–	–		–	–	–		–	–	–		
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
0,360	0,360	0,073 –	0,096	0,480	0,480	0,102 –	0,133	0,600	0,600	0,120 –		0,157
–	–	–		–	–	–		–	–	–		
–	–	–		–	–	–		–	–	–		
0,360	0,360	0,120 –	0,150	0,480	0,480	0,150 –	0,200	0,600	0,600	0,200 –		0,240
0,360	0,360	0,125 –	0,145	0,480	0,480	0,140 –	0,155	0,600	0,600	0,150 –		0,175
0,360	0,360	0,125 –	0,145	0,480	0,480	0,140 –	0,155	0,600	0,600	0,150 –		0,175
0,360	0,360	0,125 –	0,145	0,480	0,480	0,140 –	0,155	0,600	0,600	0,150 –		0,175

Таблица 8.31 GARANT – Микрофрезы (VHM с TiAlN)

Каталож. № 201641

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c для коэффициента 1,00 [м/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220
2.0	Автоматные стали	< 850	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	220
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	220
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	210
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	210
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	190
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	220
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	190
7.0	Азотируемые стали	< 1000	210
7.1	Азотируемые стали	> 1000	190
8.0	Инструментал. стали	< 850	220
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	210
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	190
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	210
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	120
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	72
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	55
11.0	Износост. констр. стали	1350	190
11.1	Износост. констр. стали	1800	120
12.0	Пружинные стали	< 1500	190
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	95
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	95
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	95
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	75
14.0	Спец. сплавы	< 1200	82
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	82
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	82
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	360
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	360
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	360
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	360
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	360
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	360
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	360
19.0	Графит		360
20.0	Термопласты		360
20.1	Реактопласты		360
20.2	Стекло- и углепластик		–

Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Сквозной паз	Контурное фрезерование
			a_p a_e	a_p a_e
			a_e = 1 x D a_p = 0,05 x D	a_e = 0,1 x D a_p = 0,1 x D
			Подача на зуб	Подача на зуб
De x L4		[м/мин]	fz [мм/зуб]	fz [мм/зуб]
0,2x0,5	1,00	55	0,0020	0,0025
0,2x1	0,90	50	0,0018	0,0023
0,2x1,5	0,81	45	0,0016	0,0020
0,3x1	1,00	55	0,0024	0,0030
0,3x2	0,90	50	0,0022	0,0027
0,3x3	0,81	45	0,0019	0,0024
0,3x6	0,73	40	0,0017	0,0022
0,3x9	0,66	36	0,0016	0,0020
0,4x2	0,90	50	0,0023	0,0029
0,4x3	0,81	45	0,0021	0,0026
0,4x4	0,73	40	0,0018	0,0022
0,4x5	0,66	36	0,0015	0,0019
0,4x8	0,59	32	0,0013	0,0016
0,4x12	0,48	27	0,0011	0,0014
0,5x2	0,95	52	0,0030	0,0038
0,5x4	0,77	42	0,0023	0,0029
0,5x6	0,54	30	0,0017	0,0021
0,5x8	0,49	27	0,0014	0,0018
0,5x10	0,41	23	0,0012	0,0015
0,5x15	0,34	19	0,0010	0,0013
0,6x2	1,00	55	0,0042	0,0052
0,6x4	0,90	50	0,0034	0,0042
0,6x6	0,81	45	0,0030	0,0038
0,6x8	0,73	40	0,0026	0,0032
0,6x10	0,62	34	0,0022	0,0027
0,6x12	0,53	29	0,0018	0,0023
0,6x18	0,45	25	0,0016	0,0020
0,7x2	1,00	55	0,0046	0,0057
0,7x4	0,95	52	0,0041	0,0051
0,7x6	0,86	47	0,0037	0,0046
0,7x8	0,77	42	0,0031	0,0039
0,7x10	0,66	36	0,0027	0,0033
0,8x4	1,00	55	0,0050	0,0062
0,8x6	0,95	52	0,0045	0,0056
0,8x8	0,90	50	0,0040	0,0050
0,8x10	0,81	45	0,0036	0,0045
0,8x12	0,73	40	0,0033	0,0041
0,8x16	0,63	35	0,0028	0,0035
0,8x24	0,52	28	0,0024	0,0029

Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Сквозной паз	Контурное фрезерование
			a_e = 1 x D a_p = 0,05 x D	a_e = 0,1 x D a_p = 0,1 x D
			Подача на зуб	Подача на зуб
De x L4		[м/мин]	fz [мм/зуб]	fz [мм/зуб]
0,9x4	1,00	**55**	0,0052	0,0065
0,9x6	0,95	**52**	0,0047	0,0059
0,9x8	0,90	**50**	0,0042	0,0053
0,9x10	0,81	**45**	0,0038	0,0047
0,9x15	0,73	**40**	0,0032	0,0040
1x4	0,95	**52**	0,0054	0,0068
1x6	0,86	**47**	0,0049	0,0061
1x8	0,77	**42**	0,0042	0,0052
1x10	0,69	**38**	0,0037	0,0047
1x12	0,62	**34**	0,0034	0,0042
1x14	0,56	**31**	0,0029	0,0036
1x16	0,48	**26**	0,0024	0,0030
1x20	0,41	**22**	0,0021	0,0026
1x25	0,34	**19**	0,0018	0,0022
1x30	0,29	**16**	0,0015	0,0019
1,2x6	1,00	**55**	0,0088	0,0110
1,2x8	0,95	**52**	0,0079	0,0099
1,2x10	0,90	**50**	0,0071	0,0089
1,2x12	0,86	**47**	0,0064	0,0080
1,2x16	0,77	**42**	0,0058	0,0072
1,2x20	0,69	**38**	0,0049	0,0061
1,4x6	1,00	**55**	0,0094	0,0118
1,4x8	0,95	**52**	0,0085	0,0106
1,4x10	0,90	**50**	0,0076	0,0096
1,4x12	0,86	**47**	0,0069	0,0086
1,4x14	0,77	**42**	0,0062	0,0077
1,4x16	0,69	**38**	0,0056	0,0070
1,4x22	0,63	**34**	0,0047	0,0059
1,5x6	0,95	**52**	0,0090	0,0113
1,5x8	0,90	**50**	0,0081	0,0101
1,5x10	0,81	**45**	0,0073	0,0091
1,5x12	0,73	**41**	0,0065	0,0082
1,5x14	0,66	**36**	0,0059	0,0074
1,5x16	0,59	**33**	0,0053	0,0066
1,5x18	0,53	**30**	0,0045	0,0056
1,5x20	0,48	**27**	0,0038	0,0048
1,5x25	0,43	**24**	0,0033	0,0041
1,5x30	0,39	**22**	0,0028	0,0035
1,5x35	0,35	**19**	0,0024	0,0029
1,5x40	0,31	**17**	0,0020	0,0025
1,5x45	0,28	**16**	0,0017	0,0021

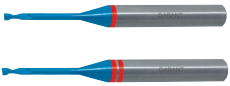
Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Сквозной паз	Контурное фрезерование
			a_e = 1 x D a_p = 0,05 x D	a_e = 0,1 x D a_p = 0,1 x D
			Подача на зуб	Подача на зуб
De x L4		[м/мин]	fz [мм/зуб]	fz [мм/зуб]
1,6x6	1,00	**55**	0,0104	0,0130
1,6x8	0,95	**52**	0,0094	0,0117
1,6x10	0,90	**50**	0,0084	0,0105
1,6x12	0,86	**47**	0,0076	0,0095
1,6x14	0,77	**42**	0,0068	0,0085
1,6x16	0,69	**38**	0,0061	0,0077
1,6x18	0,63	**34**	0,0055	0,0069
1,6x20	0,56	**31**	0,0047	0,0059
1,6x26	0,48	**27**	0,0040	0,0050
1,8x6	1,00	**55**	0,0112	0,0140
1,8x8	0,95	**52**	0,0101	0,0126
1,8x10	0,90	**50**	0,0091	0,0113
1,8x12	0,86	**47**	0,0082	0,0102
1,8x14	0,77	**42**	0,0073	0,0092
1,8x16	0,69	**38**	0,0066	0,0083
1,8x18	0,63	**34**	0,0060	0,0074
1,8x20	0,56	**31**	0,0054	0,0067
1,8x25	0,48	**27**	0,0046	0,0057
2x6	0,95	**52**	0,0105	0,0131
2x8	0,90	**50**	0,0094	0,0117
2x10	0,81	**45**	0,0084	0,0105
2x12	0,73	**41**	0,0076	0,0095
2x14	0,66	**36**	0,0068	0,0085
2x16	0,59	**33**	0,0061	0,0077
2x18	0,53	**30**	0,0055	0,0069
2x20	0,48	**27**	0,0047	0,0059
2x25	0,43	**24**	0,0040	0,0050
2x30	0,39	**22**	0,0034	0,0042
2x35	0,35	**19**	0,0029	0,0036
2x40	0,31	**17**	0,0025	0,0031
2x50	0,28	**16**	0,0021	0,0026
2x60	0,25	**14**	0,0018	0,0022
2,5x8	1,00	**55**	0,0128	0,0160
2,5x10	0,95	**52**	0,0115	0,0144
2,5x12	0,90	**50**	0,0104	0,0130
2,5x14	0,86	**47**	0,0093	0,0117
2,5x16	0,81	**45**	0,0084	0,0105
2,5x18	0,73	**40**	0,0076	0,0094
2,5x20	0,66	**36**	0,0068	0,0085
2,5x25	0,59	**33**	0,0058	0,0072
2,5x30	0,53	**29**	0,0049	0,0061
2,5x40	0,46	**25**	0,0042	0,0052
2,5x50	0,38	**21**	0,0036	0,0044

Таблица 8.32 GARANT – Микрофрезы с тороидальным торцом (VHM с TiAlN)

Каталож. № 206142; 206143; 206144; 206150; 206151; 206152; 206153

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c для коэффициента 1,00 [м/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220
2.0	Автоматные стали	< 850	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	220
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	220
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	210
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	210
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	190
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	220
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	190
7.0	Азотируемые стали	< 1000	210
7.1	Азотируемые стали	> 1000	190
8.0	Инструментал. стали	< 850	220
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	210
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	190
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	210
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	120
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	72
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	55
11.0	Износост. констр. стали	1350	190
11.1	Износост. констр. стали	1800	120
12.0	Пружинные стали	< 1500	190
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	95
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	95
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	95
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	75
14.0	Спец. сплавы	< 1200	82
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	82
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	82
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	360
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	360
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	360
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	360
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	360
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	360
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	360
19.0	Графит		360
20.0	Термопласты		360
20.1	Реактопласты		360
20.2	Стекло- и углепластик		–

Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Контурное фрезерование	Копирование
			a_e = 0,1 x D a_p = 0,1 x D	a_e = 0,05 x D a_p = 0,05 x D
			Подача на зуб	Подача на зуб
De x L4		[м/мин]	fz [мм/зуб]	fz [мм/зуб]
0,4x1	1,00	55	0,0036	0,0048
0,4x1,5	0,95	52	0,0032	0,0043
0,4x2	0,90	50	0,0029	0,0039
0,4x3	0,81	45	0,0026	0,0035
0,4x4	0,73	40	0,0022	0,0030
0,5x1	1,00	55	0,0042	0,0056
0,5x2	0,95	52	0,0038	0,0050
0,5x3	0,86	47	0,0034	0,0045
0,5x4	0,77	42	0,0029	0,0038
0,5x5	0,66	36	0,0025	0,0033
0,5x6	0,54	30	0,0021	0,0028
0,6x2	1,00	55	0,0052	0,0069
0,6x3	0,95	52	0,0047	0,0062
0,6x4	0,90	50	0,0042	0,0056
0,6x6	0,81	45	0,0038	0,0050
0,6x8	0,73	40	0,0032	0,0043
0,7x4	0,95	52	0,0051	0,0068
0,7x6	0,86	47	0,0037	0,0049
0,8x4	1,00	55	0,0062	0,0082
0,8x6	0,95	52	0,0056	0,0074
1x2	1,00	55	0,0075	0,0100
1x4	0,95	52	0,0068	0,0090
1x6	0,86	47	0,0061	0,0081
1x8	0,77	42	0,0052	0,0069
1x10	0,69	38	0,0047	0,0063
1x12	0,62	34	0,0042	0,0056
1x16	0,48	26	0,0030	0,0040
1x20	0,41	22	0,0026	0,0035



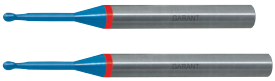
Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Контурное фрезерование	Копирование
			a_e = 0,1 x D a_p = 0,1 x D	a_e = 0,05 x D a_p = 0,05 x D
			Подача на зуб	Подача на зуб
De x L4		[м/мин]	fz [мм/зуб]	fz [мм/зуб]
1,2x6	1,00	**55**	0,0110	0,0146
1,2x12	0,86	**47**	0,0080	0,0106
1,2x20	0,69	**38**	0,0049	0,0065
1,5x4	1,00	**55**	0,0125	0,0166
1,5x6	0,95	**52**	0,0113	0,0150
1,5x8	0,90	**50**	0,0101	0,0135
1,5x10	0,81	**45**	0,0091	0,0121
1,5x12	0,73	**41**	0,0082	0,0109
1,5x16	0,59	**33**	0,0066	0,0078
1,5x20	0,48	**27**	0,0048	0,0064
2x4	1,00	**55**	0,0145	0,0193
2x6	0,95	**52**	0,0131	0,0174
2x8	0,90	**50**	0,0117	0,0156
2x10	0,81	**45**	0,0105	0,0140
2x12	0,73	**41**	0,0095	0,0126
2x16	0,59	**33**	0,0077	0,0102
2x20	0,48	**27**	0,0059	0,0078
2x26	0,43	**24**	0,0050	0,0067
2,5x10	0,95	**52**	0,0144	0,0192
2,5x12	0,90	**50**	0,0130	0,0173
2,5x30	0,53	**29**	0,0061	0,0081

Таблица 8.33 GARANT – Радиусная копировальная микрофреза (VHM с TiAlN)

Каталож. № **207374; 207375**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c для коэффициента 1,00 [м/мин]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220
2.0	Автоматные стали	< 850	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	220
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	220
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	210
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	210
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	190
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	220
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	190
7.0	Азотируемые стали	< 1000	210
7.1	Азотируемые стали	> 1000	190
8.0	Инструментал. стали	< 850	220
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	210
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	190
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	210
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	120
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	72
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	55
11.0	Износост. констр. стали	1350	190
11.1	Износост. констр. стали	1800	120
12.0	Пружинные стали	<1500	190
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	95
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	95
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	95
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	75
14.0	Спец. сплавы	< 1200	82
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	82
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	82
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	360
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	360
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	360
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	360
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	360
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	360
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	360
19.0	Графит		360
20.0	Термопласты		360
20.1	Реактопласты		360
20.2	Стекло- и углепластик		–

Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Копирование a_e = 0,05 x D a_p = 0,05 x D Подача на зуб
De x L4		[м/мин]	fz [мм/зуб]
0,2x0,3	1,00	55	0,0010
0,2x0,5	0,95	52	0,0009
0,2x0,75	0,90	50	0,0008
0,2x1	0,81	45	0,0007
0,2x1,25	0,73	40	0,0006
0,2x1,5	0,66	36	0,0005
0,2x1,75	0,59	33	0,0004
0,2x2	0,53	29	0,0004
0,2x2,5	0,48	26	0,0003
0,2x3	0,41	22	0,0003
0,3x0,5	1,00	55	0,0015
0,3x0,75	0,95	52	0,0014
0,3x1	0,90	50	0,0012
0,3x1,25	0,86	47	0,0011
0,3x1,5	0,81	45	0,0010
0,3x1,75	0,77	43	0,0008
0,3x2	0,74	40	0,0007
0,3x2,25	0,70	38	0,0006
0,3x2,5	0,66	36	0,0005
0,3x2,75	0,63	35	0,0004
0,3x3	0,60	33	0,0004
0,3x3,5	0,57	31	0,0003
0,3x4	0,51	28	0,0003
0,3x4,5	0,46	25	0,0002
0,4x0,5	1,00	55	0,0020
0,4x0,75	0,95	52	0,0018
0,4x1	0,90	50	0,0016
0,4x1,5	0,81	45	0,0015
0,4x2	0,73	40	0,0012
0,4x2,5	0,66	36	0,0011
0,4x3	0,59	33	0,0009
0,4x3,5	0,53	29	0,0008
0,4x4	0,48	26	0,0006
0,4x4,5	0,43	24	0,0005
0,4x5	0,39	21	0,0005
0,4x5,5	0,35	19	0,0004
0,4x6	0,31	17	0,0003
0,5x1	1,00	55	0,0025
0,5x1,5	0,95	52	0,0023
0,5x2	0,90	50	0,0020
0,5x2,5	0,86	47	0,0018
0,5x3	0,81	45	0,0016
0,5x3,5	0,77	43	0,0014
0,5x4	0,74	40	0,0012

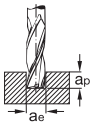


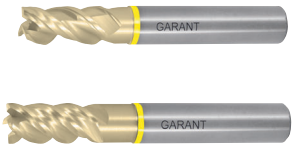
Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Копирование
			a_e = 0,05 x D a_p = 0,05 x D
De x L4		[м/мин]	Подача на зуб fz [мм/зуб]
0,5x4,5	0,70	**38**	0,0010
0,5x5	0,66	**36**	0,0009
0,5x5,5	0,63	**35**	0,0007
0,5x6	0,57	**31**	0,0006
0,5x7	0,51	**28**	0,0005
0,5x8	0,46	**25**	0,0004
0,5x9	0,41	**23**	0,0004
0,5x10	0,37	**20**	0,0003
0,6x1	1,00	**55**	0,0030
0,6x1,5	0,95	**52**	0,0027
0,6x2	0,90	**50**	0,0024
0,6x2,5	0,86	**47**	0,0022
0,6x3	0,81	**45**	0,0020
0,6x3,5	0,77	**43**	0,0017
0,6x4	0,74	**40**	0,0014
0,6x4,5	0,70	**38**	0,0012
0,6x5	0,66	**36**	0,0010
0,6x5,5	0,63	**35**	0,0009
0,6x6	0,60	**33**	0,0007
0,6x6,5	0,57	**31**	0,0006
0,6x7	0,54	**30**	0,0005
0,6x7,5	0,51	**28**	0,0005
0,6x8	0,49	**27**	0,0004
0,6x8,5	0,46	**25**	0,0003
0,6x9	0,44	**24**	0,0003
0,6x9,5	0,40	**22**	0,0002
0,6x10	0,36	**20**	0,0002
0,6x11	0,32	**18**	0,0002
0,6x12	0,29	**16**	0,0001
0,8x2	1,00	**55**	0,0035
0,8x3	0,95	**52**	0,0032
0,8x4	0,90	**50**	0,0028
0,8x5	0,86	**47**	0,0026
0,8x6	0,81	**45**	0,0023
0,8x7	0,77	**43**	0,0020
0,8x8	0,74	**40**	0,0017
0,8x9	0,70	**38**	0,0014
0,8x10	0,66	**36**	0,0012
1x2,5	1,00	**55**	0,0040
1x3	0,96	**53**	0,0036
1x4	0,92	**51**	0,0032
1x5	0,88	**49**	0,0029
1x6	0,85	**47**	0,0026

Размер	Коэффициент для v_c	v_c для 10.2 60-67 HRC	Копирование
			a_e = 0,05 x D a_p = 0,05 x D
De x L4		[м/мин]	Подача на зуб fz [мм/зуб]
1x7	0,82	**45**	0,0024
1x8	0,78	**43**	0,0020
1x9	0,75	**41**	0,0017
1x10	0,70	**38**	0,0015
1x12	0,65	**36**	0,0012
1x14	0,60	**33**	0,0010
1x16	0,56	**31**	0,0009
1,2x6	1,00	**55**	0,0045
1,2x8	0,95	**52**	0,0041
1,2x10	0,90	**50**	0,0036
1,2x12	0,86	**47**	0,0033
1,2x14	0,81	**45**	0,0030
1,2x16	0,77	**43**	0,0027
1,4x8	1,00	**55**	0,0045
1,4x12	0,95	**52**	0,0041
1,4x16	0,90	**50**	0,0036
1,5x3	1,00	**55**	0,0045
1,5x4	0,95	**52**	0,0041
1,5x6	0,90	**50**	0,0036
1,5x8	0,86	**47**	0,0033
1,5x10	0,81	**45**	0,0028
1,5x12	0,73	**40**	0,0024
1,5x14	0,66	**36**	0,0020
1,5x16	0,59	**33**	0,0017
1,6x8	1,00	**55**	0,0048
1,6x12	0,95	**52**	0,0043
1,6x16	0,90	**50**	0,0039
1,8x8	1,00	**55**	0,0052
1,8x12	0,95	**52**	0,0047
1,8x16	0,90	**50**	0,0042
2x3	1,00	**55**	0,0055
2x4	0,95	**52**	0,0050
2x6	0,90	**50**	0,0045
2x8	0,86	**47**	0,0040
2x10	0,81	**45**	0,0036
2x12	0,77	**40**	0,0032
2x14	0,74	**36**	0,0028
2x16	0,70	**33**	0,0023
2,5x10	1,00	**55**	0,0060
2,5x15	0,95	**52**	0,0054

Таблица 8.34 GARANT – Концевые фрезы VHM HPC с покрытием ZOX
Черновая обработка пазов/уступов

Каталож. № **202248; 202548**

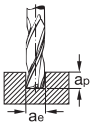




Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и
до Ø 4 a_p 0,5xD / > Ø 4 a_p 1,0xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	до ∅ 4 f_z [мм/зуб]	> ∅ 4 до ∅ 8 f_z [мм/зуб]	> ∅ 8 до ∅ 12 f_z [мм/зуб]	> ∅ 12 до ∅ 16 f_z [мм/зуб]	> ∅ 16 до ∅ 20 f_z [мм/зуб]	> ∅ 20 до ∅ 25 f_z [мм/зуб]	> ∅ 25 до ∅ 32 f_z [мм/зуб]
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400	500	600	0,035	0,060	0,070	0,090	0,120	0,140	0,180
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		390	480	580	0,035	0,060	0,070	0,090	0,120	0,140	0,180
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		190	240	290	0,030	0,050	0,070	0,120	0,170	0,210	0,270
18.0	Медь, низколегир.	< 400	110	135	160	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200	240	280	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	140	180	210	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	130	170	200	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.4	Бронза, короткоструж.	600 – 850	110	150	190	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	110	150	190	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	110	150	190	0,020	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180

Каталож. № **202253 202551**



Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	до ∅ 8 f_z [мм/зуб]	> ∅ 8 до ∅ 12 f_z [мм/зуб]	> ∅ 12 до ∅ 16 f_z [мм/зуб]	> ∅ 16 до ∅ 20 f_z [мм/зуб]	> ∅ 20 до ∅ 25 f_z [мм/зуб]	> ∅ 25 до ∅ 32 f_z [мм/зуб]
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	270	330	390	0,060	0,070	0,090	0,120	0,140	0,180
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		260	320	380	0,060	0,070	0,090	0,120	0,140	0,180
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		125	160	190	0,050	0,070	0,120	0,170	0,210	0,270
18.0	Медь, низколегир.	< 400	75	90	110	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	130	160	190	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	95	120	140	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	85	110	130	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.4	Бронза, короткоструж.	600 – 850	75	100	125	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	75	100	125	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	75	100	125	0,040	0,060	0,080	0,120	0,140	0,180

Таблица 8.35 GARANT – Концевые фрезы VHM HPC с покрытием ZOX Контурная черновая обработка (периферийное фрезерование)

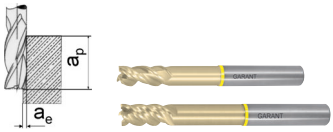
Каталож. № **202248; 202548**

Примечание — f_z для $a_{e\ max}$ = 0,3 x D и a_p = 1,0xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	до ∅ 4 f_z [мм/зуб]	> ∅ 4 до ∅ 8 f_z [мм/зуб]	> ∅ 8 до ∅ 12 f_z [мм/зуб]	> ∅ 12 до ∅ 16 f_z [мм/зуб]	> ∅ 16 до ∅ 20 f_z [мм/зуб]	> ∅ 20 до ∅ 25 f_z [мм/зуб]	> ∅ 25 до ∅ 32 f_z [мм/зуб]
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400	500	600	0,046	0,078	0,090	0,117	0,156	0,182	0,234
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		390	480	580	0,045	0,080	0,090	0,120	0,160	0,182	0,234
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		190	240	290	0,039	0,065	0,090	0,156	0,221	0,273	0,350
18.0	Медь, низколегир.	< 400	110	135	160	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	200	240	280	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	140	180	210	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	130	170	200	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.4	Бронза, коротконструж.	600 – 850	110	150	190	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	110	150	190	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	110	150	190	0,026	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234

Каталож. № **202253; 202551**

Примечание — f_z для a_e = 0,3 x D и a_p = 1,0 x D



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	до ∅ 8 f_z [мм/зуб]	> ∅ 8 до ∅ 12 f_z [мм/зуб]	> ∅ 12 до ∅ 16 f_z [мм/зуб]	> ∅ 16 до ∅ 20 f_z [мм/зуб]	> ∅ 20 до ∅ 25 f_z [мм/зуб]	> ∅ 25 до ∅ 32 f_z [мм/зуб]
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	270	330	390	0,078	0,090	0,117	0,156	0,182	0,234
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		260	320	380	0,080	0,090	0,120	0,160	0,182	0,234
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		125	160	190	0,065	0,090	0,156	0,221	0,273	0,350
18.0	Медь, низколегир.	< 400	75	90	110	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	130	160	190	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	95	120	140	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	85	110	130	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.4	Бронза, коротконструж.	600 – 850	75	100	125	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	75	100	125	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	75	100	125	0,052	0,078	0,104	0,156	0,182	0,234

Таблица 8.36 GARANT – Концевые фрезы VHM HPC с покрытием ZOX Контурная черновая обработка (периферийное фрезерование)

Каталож. № **203170; 203175**

Примечание — f_z для $a_{e\ max}$ = 0,05 x D и $a_{p\ max}$ = 2,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	> ∅ 2 до ∅ 4 f_z [мм/зуб]	> ∅ 4 до э 8 f_z [мм/зуб]	> ∅ 8 до ∅ 12 f_z [мм/зуб]	> ∅ 12 до ∅ 16 f_z [мм/зуб]	> ∅ 16 до ∅ 25 f_z [мм/зуб]
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400 –	**460**	– 460	0,020	0,040	0,050	0,060	0,070
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		360 –	**400**	– 440	0,020	0,040	0,050	0,060	0,070
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		180 –	**210**	– 230	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.0	Медь, низколегир.	< 400	110 –	**120**	– 150	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	160 –	**180**	– 220	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	130 –	**150**	– 170	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	120 –	**140**	– 160	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.4	Бронза, короткоструж.	600 – 850	110 –	**130**	– 150	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	110 –	**120**	– 150	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	110 –	**120**	– 150	0,0015	0,020	0,030	0,050	0,060

Примечание — Начальные значения для v_c действительны для исполнения 203170.

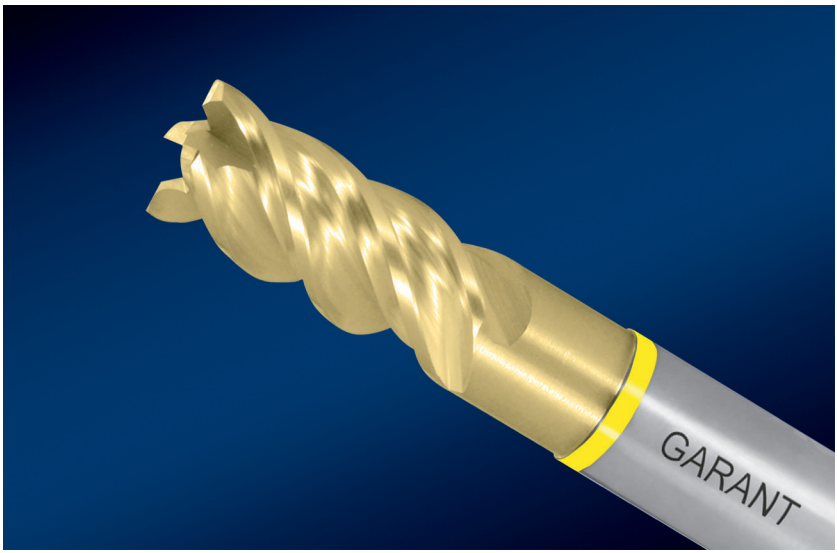
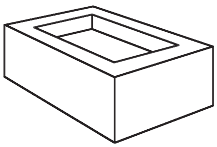


Таблица 8.37 GARANT – Обдирочные фрезы VHM MTC

Каталож. № **202390**



Примечание — f_z для a_e = 1 x D
Коэффициент для значений fz при фрезеровании кромок: 1,2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Скорость резания v_c [м/мин]	Глубина резания $a_{p\ max}$ [мм]	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]				
					> 2 до 4	> 4 до 8	> 8 до 12	> 12 до 16	> 16 до 20
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
2.0	Автоматные стали	< 850	220	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	190	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	190	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	1 x D	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	220	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
7.0	Азотируемые стали	< 1000	190	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
7.1	Азотируемые стали	> 1000	170	1 x D	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08
8.1	Инструментал. стали	850–1100	190	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
8.2	Инструментал. стали	1100–1400	170	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	130	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	130	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	100	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	0,5 x D	0,010	0,020	0,03	0,04	0,05
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	160	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	190	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	170	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	80	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	60	1 x D	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08
18.0	Медь, низколегир.	< 400	280	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	350	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	280	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	240	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12

Таблица 8.38 GARANT – Концевые фрезы VHM MTC

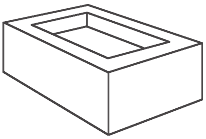
Каталож. № 202975; 202980; 202985

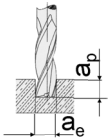
Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Скорость резания v_c [м/мин]	Глубина резания $a_{p\ max}$ [мм]	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм] до 4	> 4 до 8	> 8 до 12	> 12 до 16	> 16 до 20
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	160	1 x D	0,015	0,03	0,04	0,05	0,006
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	160	1 x D	0,015	0,03	0,04	0,05	0,06
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	135	1 x D	0,015	0,03	0,04	0,05	0,06
7.1	Азотируемые стали	> 1000	160	1 x D	0,015	0,03	0,04	0,05	0,06
8.0	Инструментал. стали	< 850	160	1 x D	0,015	0,03	0,04	0,05	0,06
8.1	Инструментал. стали	850-1100	115	1 x D	0,015	0,03	0,04	0,05	0,06
8.2	Инструментал. стали	1100-1400	115	1 x D	0,010	0,02	0,03	0,04	0,05
10.0	Закалённые стали	44-55 HRC	60	1 x D	0,010	0,02	0,03	0,04	0,05
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	40	0,5 x D	0,008	0,01	0,02	0,03	0,04
10.2	Закалённые стали	60-67 HRC	25	0,5 x D	0,008	0,01	0,02	0,03	0,04
12.0	Пружинные стали	< 1500	100	1 x D	0,010	0,02	0,03	0,04	0,05

Таблица 8.39 GARANT – Концевые и тороидальные фрезы HPC (VHM, с покрытием TiAlN)

Каталож. № **201644; 202380; 202990; 203000; 203002; 206350**



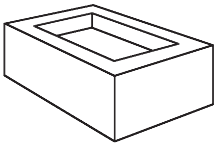


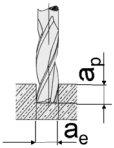
Примечание — f_z для a_e = 1 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Скорость резания v_c [м/мин]	Глубина резания $a_{p\ max}$ [мм]	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]				
					> 2 до 4	> 4 до 8	> 8 до 12	> 12 до 16	> 16 до 20
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	230	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
2.0	Автоматные стали	< 850	230	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	180	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	180	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	1 x D	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	230	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
7.0	Азотируемые стали	< 1000	180	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
7.1	Азотируемые стали	> 1000	170	1 x D	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08
8.1	Инструментал. стали	< 700	180	1,5 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
8.2	Инструментал. стали	< 700	170	1,5 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	120	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	100	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	90	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	80	1 x D	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	0,5 x D	0,010	0,020	0,03	0,04	0,05
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	70	1 x D	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	60	1 x D	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08
18.0	Медь, низколегир.	< 400	280	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	350	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	280	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	240	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12

Таблица 8.40 GARANT – Тороидальные фрезы HPC (VHM, с покрытием TiAlN)

Каталож. № **203005; 203010**



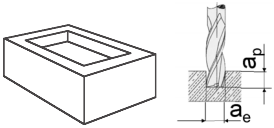


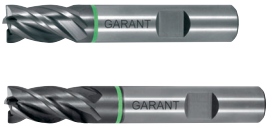
Примечание — f_z для a_e = 1 x D
Коэффициент для значений f_z при фрезеровании кромок: 1,2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания v_c [м/мин]		Глубина резания $a_{p\,max}$ [мм]	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]				
		[Н/мм²]	203005	203010		до 4	> 4 до 8	> 8 до 12	> 12 до 16	> 16 до 20
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	210	175	1 x D	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	195	160	1 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
2.0	Автоматные стали	< 850	195	160	1 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	170	140	1 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	125	1 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150	125	1 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	145	120	1 x D	0,015	0,030	0,050	0,060	0,080
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	195	160	1 x D	0,025	0,045	0,070	0,100	0,120
7.0	Азотируемые стали	< 1000	150	120	1 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
7.1	Азотируемые стали	> 1000	145	120	1 x D	0,015	0,030	0,050	0,060	0,080
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	125	1,5 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
8.2	Инструментал. стали	1100–1400	14	120	1,5 x D	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100	90	1 x D	0,014	0,030	0,050	0,070	0,080
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	90	80	1 x D	0,012	0,025	0,040	0,050	0,070
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	85	75	1 x D	0,012	0,025	0,040	0,050	0,070
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	75	65	1 x D	0,012	0,025	0,040	0,050	0,070
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	20	0,5 x D	0,010	0,028	0,018	0,040	0,050
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	40	30	1 x D	0,012	0,040	0,025	0,050	0,070
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	50	40	1 x D	0,012	0,032	0,020	0,045	0,060

Таблица 8.41 GARANT – Высокопроизводительные обдирочные фрезы VHM (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **203030; 203040**





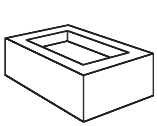
Примечание — **Для 203030:** f_z для a_e = 1,0 x D и $a_{p\ max}$ = 1,0 x D
Для 203040: f_z для a_e = 1,0 x D и $a_{p\ max}$ = 1,5 x D

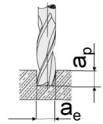
Коэффициент для значений f_z при фрезеровании кромок: 1,3

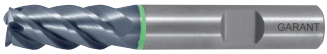
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм] > 2 до 4	> 4 до 8	> 8 до 12	> 12 до 16	> 16 до 20	более 20 до 25
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12	0,14
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	230	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
2.0	Автоматные стали	< 850	260	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12	0,14
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	190	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	180	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08	0,10
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12	0,14
7.0	Азотируемые стали	< 1000	190	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
7.1	Азотируемые стали	> 1000	170	0,015	0,030	0,05	0,06	0,08	0,10
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	180	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	170	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
12.0	Пружинные стали	1500	110	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07	0,09
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	90	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	80	0,015	0,028	0,04	0,06	0,08	0,10
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	70	0,015	0,028	0,04	0,06	0,08	0,10
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	50	0,012	0,025	0,04	0,05	0,07	0,09
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	0,025	0,045	0,07	0,10	0,12	0,14
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	120	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	190	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	150	0,020	0,040	0,06	0,08	0,10	0,12

Таблица 8.42 GARANT – Высокопроизводительные обдирочные фрезы VHM MTC (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **203050; 203060**





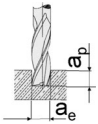


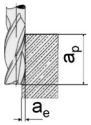
Примечание — f_z **для** $a_e = 1{,}0 \times D$ **и** $a_{p\,max} = 1{,}5 \times D$
Коэффициент для значений f_z **при фрезеровании кромок: 1,3**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания v_c	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]				
				3	5	10	14	18
		[Н/мм²]	[м/мин]	до 4	до 8	до 12	до 16	до 20
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,055	0,065	0,080	0,120	0,140
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	230	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
2.0	Автоматные стали	< 850	260	0,055	0,065	0,080	0,120	0,140
2.1	Автоматные стали	850–1000	240	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	190	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	180	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	230	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	190	0,040	0,050	0,060	0,100	0,100
7.0	Азотируемые стали	< 1000	190	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
7.1	Азотируемые стали	> 1000	170	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100
8.0	Инструментал. стали	< 850	185	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	180	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	150	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	140	0,040	0,050	0,070	0,100	0,120
11.0	Износост. констр. стали	1350	130	0,040	0,050	0,060	0,080	0,100
12.0	Пружинные стали	< 1500	110	0,015	0,030	0,050	0,060	0,080
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	90	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	80	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	70	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	50	0,045	0,055	0,070	0,100	0,120
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	0,055	0,065	0,080	0,120	0,140
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	180	0,055	0,065	0,080	0,120	0,140
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	170	0,055	0,065	0,080	0,120	0,140
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	150	0,055	0,065	0,080	0,120	0,140

Таблица 8.43 GARANT – Высокопроизводительные обдирочные фрезы VHM MTC (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **203070**





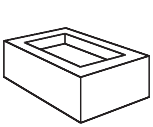
f_z для a_e = 1,0 x D и $a_{p\ max}$ = 0,7 x D **f_z для a_e = 0,3 x D и $a_{p\ max}$ = 1,5 x D**

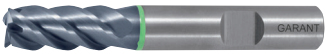
Примечание — Коэффициент для значений f_z при фрезеровании кромок: 1,3

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]				
			v_c	3	5	10	14	18
		[Н/мм²]	[м/мин]	до 4	до 8	до 12	до 16	до 20
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	0,028	0,050	0,050	0,070	0,080
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	0,025	0,050	0,050	0,070	0,080
2.0	Автоматные стали	< 850	100	0,028	0,040	0,050	0,060	0,070
2.1	Автоматные стали	< 850	90	0,025	0,040	0,050	0,060	0,070
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	90	0,025	0,030	0,040	0,050	0,060
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	85	0,025	0,030	0,040	0,050	0,060
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	80	0,025	0,030	0,040	0,050	0,060
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	80	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	90	0,028	0,040	0,050	0,060	0,070
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	90	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
7.0	Азотируемые стали	< 1000	90	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
8.0	Инструментал. стали	< 850	85	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	80	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	60	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	50	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	110	0,025	0,050	0,050	0,070	0,080
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	100	0,025	0,050	0,050	0,070	0,080
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100	0,025	0,050	0,050	0,070	0,080
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	95	0,025	0,050	0,050	0,070	0,080

Таблица 8.44 GARANT – Обдирочные фрезы VHM MTC с внутренним охлаждением (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **203075**





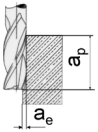
Сквозной паз: f_z для a_e = 1,0 x D и $a_{p\ max}$ = 1,5 x D

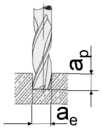
Примечание — Коэффициент для значений f_z при фрезеровании кромок: 1,2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания	Подача на зуб f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]				
			v_c	3	5	10	14	18
		[Н/мм²]	[м/мин]	до 4	до 8	до 12	до 16	до 20
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,035	0,65	0,065	0,090	0,105
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	230	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
2.0	Автоматные стали	< 850	230	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	0,045	0,055	0,070	0,090	0,110
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	230	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	0,045	0,055	0,070	0,090	0,110
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	180	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	180	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 12000	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	230	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,045	0,055	0,070	0,090	0,110
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
7.0	Азотируемые стали	< 1000	180	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
7.1	Азотируемые стали	> 1000	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
8.0	Инструментал. стали	< 850	200	0,045	0,055	0,070	0,090	0,110
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	180	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
11.0	Износост. констр. стали	1350	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
12.0	Пружинные стали	< 1500	150	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	90	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	80	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	60	0,026	0,040	0,050	0,065	0,080
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	170	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	160	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	170	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	0,030	0,65	0,065	0,090	0,105

Таблица 8.45 GARANT – Концевые фрезы Diabolo HPC/тороидальные фрезы VHM HPC
Фрезы со специальным покрытием для обработки закалённых сталей

Каталож. № 201643; 203210; 203280; 203370; 203380; 206420; 206440; 206460; 206480





f_z для a_e до 0,07x D при a_p = макс. 1,0–1,5xD f_z для a_e = 1 x D при a_p = макс. 0,25 x D

Каталож. № 201643; 203210; 206420

Примечание — Для 201643 поправочный коэффициент для значений f_z: 0,7

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания		Подача на зуб							
			v_c [м/мин]		f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]							
		[Н/мм²]	201643	203210, 206420	2–6	8	10	12	14	16	18	20
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	120	170	0,020	0,025	0,025	0,035	0,035	0,040	0,040	0,045
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	80	170	0,020	0,025	0,025	0,035	0,035	0,040	0,040	0,045
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	80	145	0,018	0,025	0,025	0,035	0,035	0,040	0,040	0,045
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	50	100	0,016	0,020	0,020	0,025	0,025	0,025	0,030	0,030
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	170	0,020	0,025	0,025	0,035	0,035	0,040	0,040	0,045
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	145	0,018	0,025	0,025	0,035	0,035	0,040	0,040	0,041

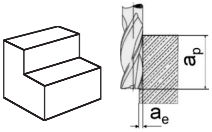
Каталож. № 203280; 203370; 203380; 206440; 206460; 206480

Примечание — Для 203370; 206440 поправочный коэффициент для v_c: 0,9
Для 203380; 206460; 206480 поправочный коэффициент для v_c: 0,8

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания						Подача на зуб									
			v_c [м/мин]						f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]									
		[Н/мм²]	мин.	–	нач.	–	макс.		до 3	4–5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	140	–	170	–	200		0,010	0,013	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030	0,031	0,035	0,036	0,044
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	140	–	170	–	200		0,010	0,013	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030	0,031	0,035	0,036	0,044
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	130	–	145	–	160		0,009	0,011	0,015	0,018	0,020	0,023	0,027	0,028	0,032	0,033	0,040
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	80	–	100	–	120		0,008	0,010	0,014	0,016	0,018	0,021	0,024	0,025	0,029	0,030	0,036
11.0	Износост. констр. стали	1350	140	–	170	–	200		0,010	0,013	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030	0,031	0,035	0,036	0,044
11.1	Износост. констр. стали	1800	130	–	145	–	160		0,009	0,011	0,015	0,018	0,023	0,023	0,026	0,028	0,032	0,033	0,040

Таблица 8.46 GARANT – Прецизионные фрезы VHM (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **203530; 203535**



f_z для $a_{e\ max}$ = 0,05 x D и $a_{p\ max}$ = 2,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]				до ∅ 8 f_z	> ∅ 8 до ∅ 12 f_z	> ∅ 12 до ∅ 16 f_z	> ∅ 16 до ∅ 20 f_z
		[Н/мм²]	мин.	–	нач. –	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	220	–	250 –	270	0,046	0,070	0,100	0,120
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	–	200 –	220	0,040	0,060	0,080	0,100
2.0	Автоматные стали	< 850	180	–	200 –	220	0,045	0,070	0,100	0,120
2.1	Автоматные стали	< 850	160	–	175 –	200	0,040	0,060	0,080	0,100
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	–	200 –	220	0,040	0,060	0,080	0,100
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	160	–	175 –	200	0,040	0,060	0,080	0,100
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	–	145 –	160	0,040	0,060	0,080	0,100
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120	–	145 –	160	0,040	0,060	0,080	0,100
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 12000	100	–	120 –	140	0,030	0,050	0,060	0,080
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	–	200 –	220	0,040	0,060	0,080	0,100
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	160	–	175 –	200	0,040	0,060	0,080	0,100
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	–	120 –	140	0,030	0,050	0,060	0,080
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	–	145 –	160	0,040	0,060	0,080	0,100
7.1	Азотируемые стали	> 1000	100	–	120 –	140	0,030	0,050	0,060	0,080
8.0	Инструментал. стали	< 850	160	–	175 –	200	0,040	0,060	0,080	0,100
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	120	–	145 –	160	0,040	0,060	0,080	0,100
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	–	120 –	140	0,030	0,050	0,060	0,080
10.0	Закалённые стали	44–55 HRC	40	–	50 –	55	0,025	0,040	0,050	0,070
12.0	Пружинные стали	< 1500	100	–	120 –	140	0,025	0,040	0,050	0,070
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	80	–	100 –	120	0,025	0,040	0,050	0,070
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	80	–	100 –	120	0,025	0,040	0,050	0,070
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	80	–	100 –	120	0,025	0,040	0,050	0,070
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	70	–	80 –	100	0,025	0,040	0,050	0,070
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	–	220 –	250	0,045	0,070	0,100	0,120
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	190	–	210 –	230	0,045	0,070	0,100	0,120
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	200	–	220 –	240	0,040	0,060	0,080	0,100
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	190	–	210 –	230	0,040	0,060	0,080	0,100

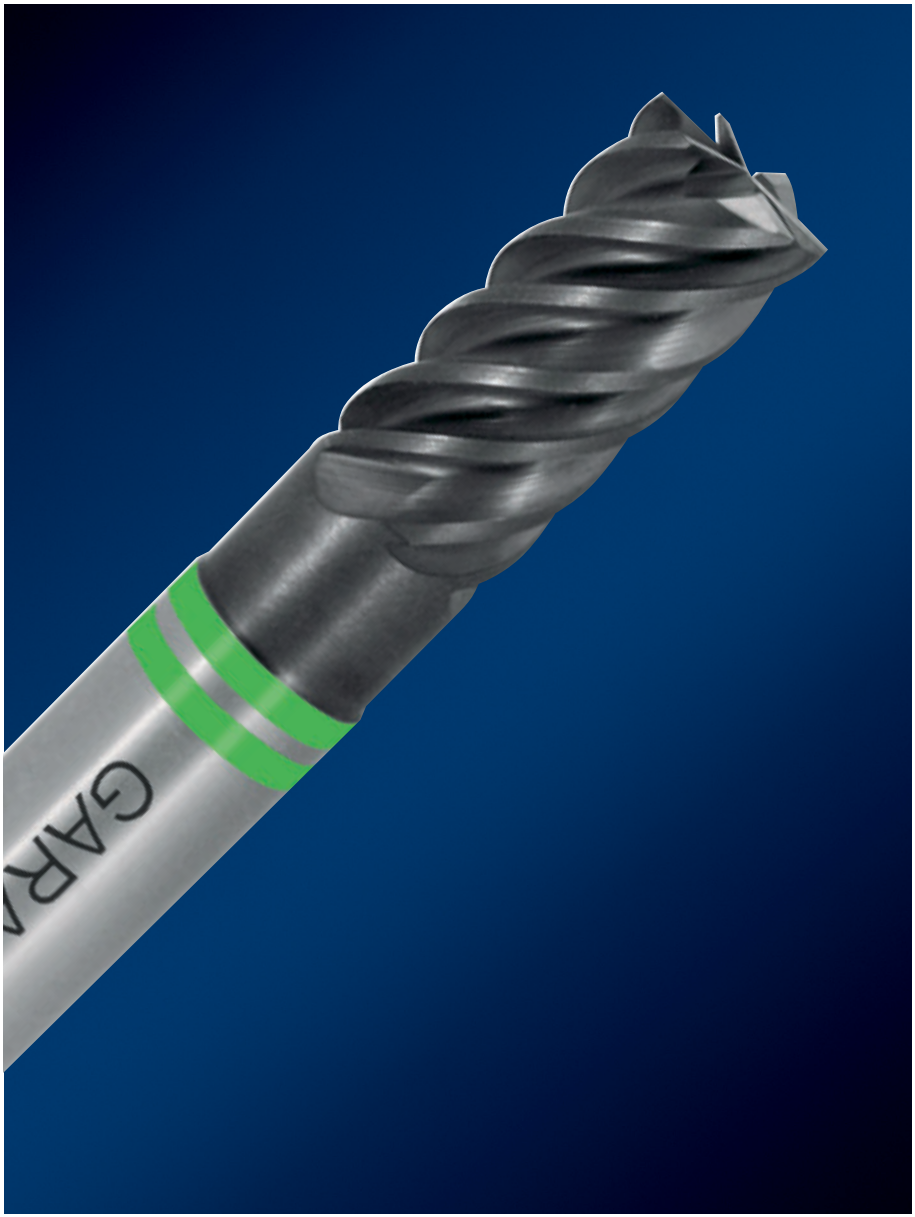


Таблица 8.47 GARANT – Обдирочные фрезы VHM HPC, сверхдлинные (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 205590

Фрезерование сквозных пазов

Примечание — a_e = 1,0 x D и a_p = 1xD

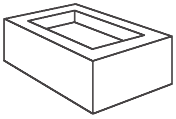
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			⌀ 6	⌀ 8
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	110	130	140	0,028	0,040
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	115	130	0,028	0,040
2.0	Автоматные стали	< 850	90	115	130	0,028	0,040
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	85	100	110	0,028	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	85	100	110	0,028	0,040
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	95	110	0,028	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	70	90	100	0,028	0,040
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	85	110	0,028	0,040
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	55	80	100	0,028	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	95	110	0,028	0,040
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	80	100	0,028	0,040
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	55	80	100	0,028	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	90	110	0,028	0,040
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	55	80	100	0,028	0,040
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	45	70	85	0,028	0,040
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	55	80	95	0,014	0,020
13.3	Нерж. аустенитн. стали	> 1100	45	60	75	0,014	0,020
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	60	70	85	0,028	0,040
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	55	70	80	0,028	0,040
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	55	70	80	0,028	0,040
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	55	70	80	0,028	0,040

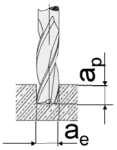
Получистовое и периферийное фрезерование

a_e = 0,3 x D и a_p = 1,0 x D

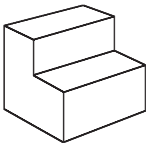
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			⌀ 6	⌀ 8
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	f_z [мм/зуб]	f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	110	130	140	0,030	0,050
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	115	130	0,030	0,050
2.0	Автоматные стали	< 850	90	115	130	0,030	0,050
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	85	100	110	0,030	0,050
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	85	100	110	0,030	0,050
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	95	110	0,030	0,050
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	70	90	100	0,030	0,050
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	85	110	0,030	0,050
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	55	80	100	0,030	0,050
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	80	95	110	0,030	0,050
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	55	80	100	0,030	0,050
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	55	80	100	0,030	0,050
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	90	110	0,030	0,050
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	55	80	100	0,030	0,050
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	45	70	85	0,030	0,050
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	55	80	95	0,015	0,026
13.3	Нерж. аустенитн. стали	> 1100	45	60	75	0,015	0,026
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	60	70	85	0,030	0,050
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	55	70	80	0,030	0,050
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	55	70	80	0,030	0,050
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	55	70	80	0,030	0,050

∅ 10 f_z [мм/зуб]	∅ 12 f_z [мм/зуб]	∅ 16 f_z [мм/зуб]	∅ 20 f_z [мм/зуб]
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,025	0,030	0,040	0,050
0,025	0,030	0,040	0,050
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100





∅ 10 f_z [мм/зуб]	∅ 12 f_z [мм/зуб]	∅ 16 f_z [мм/зуб]	∅ 20 f_z [мм/зуб]
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,030	0,035	0,045	0,060
0,030	0,035	0,045	0,060
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120



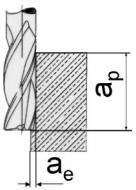


Таблица 8.48 GARANT – Обдирочные фрезы VHM со спиралью 45° MTC (с покрытием TiAlN)

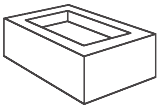
Каталож. № **205710; 205714**

Черновая обработка пазов/уступов

Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	170	190	220	0,028	0,040
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	150	170	200	0,028	0,040
2.0	Автоматные стали	< 850	150	170	200	0,028	0,040
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150	170	190	0,028	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150	180	200	0,028	0,040
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	170	190	0,028	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	160	0,028	0,040
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	140	170	0,028	0,040
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	120	160	0,028	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	140	170	190	0,028	0,040
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	100	140	180	0,028	0,040
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	120	140	0,028	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	160	200	0,028	0,040
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100	140	180	0,028	0,040
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	120	150	0,028	0,040
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	45	65	85	0,020	0,030
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	35	60	85	0,020	0,030
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	60	85	0,020	0,030
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	45	60	0,020	0,030
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	110	130	150	0,028	0,040
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	100	120	140	0,028	0,040
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100	120	140	0,028	0,040
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	120	140	0,028	0,040
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	35	50	60	0,020	0,030
16.1	Титан, титановые сплавы	> 850 – 1200	30	40	50	0,020	0,030

∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 25 z = 5 f_z [мм/зуб]
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,040	0,050	0,060	0,080	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080	0,080
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,040	0,050	0,060	0,080	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080	0,080



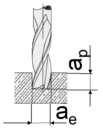


Таблица 8.49 GARANT – Обдирочные фрезы VHM со спиралью 45° MTC (с покрытием TiAlN)

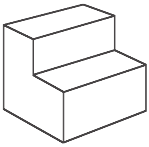
Каталож. № 205710; 205714

Получистовое и периферийное фрезерование

Примечание — f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1,0xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	170	190	220	0,030	0,050
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	150	170	200	0,030	0,050
2.0	Автоматные стали	< 850	150	170	200	0,030	0,050
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150	170	190	0,030	0,050
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150	180	200	0,030	0,050
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	170	190	0,030	0,050
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	160	0,030	0,050
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	140	170	0,030	0,050
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	120	160	0,030	0,050
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	140	170	190	0,030	0,050
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	100	140	180	0,030	0,050
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	120	140	0,030	0,050
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	160	200	0,030	0,050
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100	140	180	0,030	0,050
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	120	150	0,030	0,050
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	45	65	85	0,030	0,040
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	35	60	85	0,030	0,040
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35	60	85	0,030	0,040
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	30	45	60	0,030	0,040
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	110	130	150	0,030	0,050
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	100	120	140	0,030	0,050
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100	120	140	0,030	0,050
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	120	140	0,030	0,050
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	35	50	60	0,030	0,040
16.1	Титан, титановые сплавы	> 850 – 1200	30	40	50	0,030	0,040

	∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 25 z = 4 f_z [мм/зуб]
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
	0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
	0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
	0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
	0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
	0,050	0,060	0,080	0,100	0,100



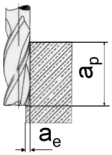


Таблица 8.50 GARANT – Обдирочные фрезы VHM со спиралью 45° MTC (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 205712

Черновая обработка пазов/уступов

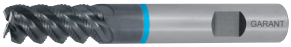
Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и a_p = 1xD

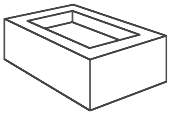
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	160	180	200	0,030	0,050
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	150	170	190	0,030	0,050
2.0	Автоматные стали	< 850	150	170	190	0,030	0,050
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150	170	190	0,028	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150	170	190	0,030	0,050
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	170	190	0,028	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	160	0,018	0,020
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	110	140	160	0,018	0,020
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	150	170	200	0,030	0,050
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150	170	190	0,028	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	150	170	190	0,028	0,040
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	140	160	0,018	0,020
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	70	100	120	0,018	0,028
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	70	100	120	0,018	0,028
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	70	100	120	0,018	0,028
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	60	80	100	0,014	0,022

Получистовое и периферийное фрезерование

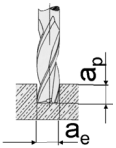
Примечание — f_z для a_e = 0,5 x D и a_p = 1xD

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	160	180	200	0,040	0,060
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	150	170	190	0,040	0,060
2.0	Автоматные стали	< 850	150	170	190	0,040	0,060
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150	170	190	0,030	0,050
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150	180	190	0,040	0,060
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	170	190	0,030	0,050
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	160	0,030	0,040
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	110	140	160	0,030	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	150	170	200	0,040	0,060
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150	170	190	0,030	0,050
8.0	Инструментал. стали	< 850	150	170	190	0,030	0,050
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	140	160	0,030	0,040
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	70	100	120	0,030	0,040
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	70	100	120	0,030	0,040
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	70	100	120	0,030	0,040
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	50	80	100	0,020	0,030

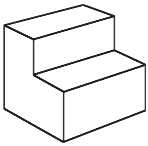




∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]
0,060	0,070	0,090	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110
0,050	0,060	0,080	0,100
0,060	0,070	0,090	0,110
0,050	0,060	0,080	0,100
0,030	0,040	0,050	0,070
0,030	0,040	0,050	0,070
0,060	0,070	0,090	0,110
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,030	0,040	0,050	0,070
0,030	0,040	0,050	0,070
0,030	0,040	0,050	0,070
0,030	0,040	0,050	0,070
0,025	0,030	0,040	0,050



∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 5 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 5 f_z [мм/зуб]
0,070	0,080	0,100	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,050	0,060	0,070	0,090
0,050	0,060	0,070	0,090
0,070	0,080	0,100	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,050	0,060	0,070	0,090
0,050	0,060	0,070	0,090
0,050	0,060	0,070	0,090
0,050	0,060	0,070	0,090
0,040	0,050	0,060	0,080



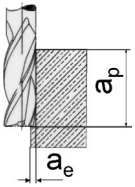


Таблица 8.51 GARANT – Обдирочные фрезы VHM со спиралью 45° MTC (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 205713

Черновая обработка и фрезерование пазов/уступов

Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и $a_{p\ max}$ = 0,5 x D

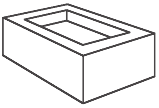
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	120	140	0,030	0,050
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	105	120	0,030	0,050
2.0	Автоматные стали	< 850	90	105	120	0,030	0,050
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	80	105	120	0,028	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	90	105	120	0,030	0,050
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	105	120	0,028	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	55	70	80	0,018	0,020
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	70	80	0,018	0,020
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	90	105	120	0,030	0,050
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	80	100	120	0,028	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	80	100	120	0,028	0,040
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	55	70	80	0,018	0,020
14.0	Спец. сплавы	< 1200	40	50	60	0,015	0,020
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	90	110	0,030	0,050
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	70	90	100	0,030	0,050
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	70	90	110	0,030	0,050
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	65	85	100	0,030	0,050
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	40	55	70	0,018	0,022
16.1	Титан, титановые сплавы	> 850 – 1200	40	50	60	0,015	0,020

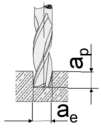
Получистовое и периферийное фрезерование

Примечание — f_z для a_e = 0,5 x D и $a_{p\ max}$ = 1,0 x D

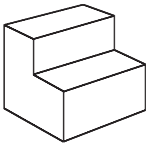
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	120	140	0,040	0,060
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	90	105	120	0,040	0,060
2.0	Автоматные стали	< 850	90	105	120	0,040	0,060
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	80	105	120	0,030	0,050
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	90	105	120	0,040	0,060
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	100	120	0,030	0,050
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	55	70	80	0,030	0,040
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	55	70	80	0,030	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	90	105	120	0,040	0,060
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	80	100	120	0,030	0,050
8.0	Инструментал. стали	< 850	80	100	120	0,030	0,050
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	55	70	80	0,030	0,040
14.0	Спец. сплавы	< 1200	40	50	60	0,020	0,025
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	70	90	110	0,040	0,060
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	70	90	100	0,040	0,060
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	70	90	110	0,040	0,060
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	65	85	100	0,040	0,060
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	40	55	70	0,022	0,028
16.1	Титан, титановые сплавы	> 850 – 1200	40	50	60	0,020	0,025

∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 25 z = 4 f_z [мм/зуб]
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,030	0,040	0,050	0,070	0,070
0,030	0,040	0,050	0,070	0,070
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100	0,100
0,030	0,040	0,050	0,070	0,070
0,025	0,035	0,045	0,055	0,055
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,060	0,070	0,090	0,110	0,110
0,028	0,040	0,050	0,060	0,060
0,025	0,035	0,045	0,055	0,055





∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 25 z = 4 f_z [мм/зуб]
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
0,050	0,060	0,070	0,090	0,090
0,050	0,060	0,070	0,090	0,090
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120	0,120
0,050	0,060	0,070	0,090	0,090
0,030	0,040	0,050	0,060	0,060
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,070	0,080	0,100	0,120	0,120
0,035	0,045	0,055	0,065	0,065
0,030	0,040	0,050	0,060	0,060



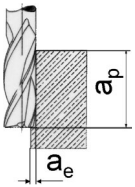


Таблица 8.52 GARANT – Обдирочные фрезы VHM MTC с каналом подвода СОЖ (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 205716

Черновая обработка и фрезерование пазов/уступов

f_z для a_e = 1,0 x D и для ∅ 6 a_p = 1,0 x D/от ∅ 8 a_p = 1,5 x D

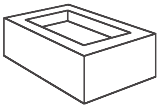
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	230	265	290	0,026	0,040
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	185	240	265	0,028	0,040
2.0	Автоматные стали	< 850	185	240	265	0,028	0,040
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	175	210	230	0,028	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	175	210	230	0,028	0,040
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	160	195	220	0,028	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	185	210	0,028	0,040
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	115	175	230	0,028	0,040
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	115	160	210	0,028	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	160	195	220	0,028	0,040
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	115	160	210	0,028	0,040
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	115	160	210	0,028	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	185	230	0,028	0,040
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	115	160	210	0,028	0,040
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	95	140	175	0,028	0,040
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	30	35	40	0,020	0,030
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	35	40	0,020	0,030
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	50	75	100	0,020	0,030
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40	70	100	0,020	0,030
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	40	70	100	0,028	0,030
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	125	145	175	0,028	0,030
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	125	145	175	0,028	0,040
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	115	145	175	0,028	0,040
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	115	140	160	0,028	0,040
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	115	140	160	0,028	0,040
16.1	Титан, титановые сплавы	> 850 – 1200	40	60	70	0,020	0,030

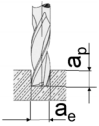
Получистовое и периферийное фрезерование

Примечание — f_z для a_e = 0,5 x D и $a_{p\,max}$ = 1,0 x D

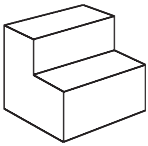
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	230	265	290	0,030	0,050
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	185	240	265	0,030	0,050
2.0	Автоматные стали	< 850	185	240	265	0,030	0,050
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	175	210	230	0,030	0,050
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	175	210	230	0,030	0,050
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	160	195	220	0,030	0,050
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	185	210	0,030	0,050
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	115	175	230	0,030	0,050
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	115	160	210	0,030	0,050
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	160	195	220	0,030	0,050
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	115	160	210	0,030	0,050
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	115	160	210	0,030	0,050
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	185	230	0,030	0,050
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	115	160	210	0,030	0,040
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	95	140	175	0,028	0,050
10.0	Закалённые стали	44–55 HRC	95	140	175	0,030	0,040
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	30	35	40	0,030	0,040
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	50	75	100	0,030	0,040
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40	70	100	0,030	0,040
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	40	70	100	0,030	0,050
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	35	50	70	0,030	0,050
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	125	145	175	0,030	0,050
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	125	145	175	0,030	0,050
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	115	140	160	0,030	0,040
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	50	75	90	0,030	0,040
16.1	Титан, титановые сплавы	> 850 – 1200	40	65	80	0,030	0,050

∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,040	0,050	0,060	0,080
0,050	0,060	0,080	0,100
0,040	0,050	0,060	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080
0,040	0,050	0,060	0,080
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,040	0,050	0,060	0,080





∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,050	0,060	0,080	0,100
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,060	0,070	0,090	0,120
0,050	0,060	0,080	0,100



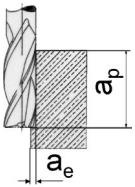


Таблица 8.53 GARANT – Обдирочные фрезы VHM MTC

Каталож. № 205718

Черновая обработка и фрезерование пазов/уступов

Примечание — f_z для a_e = 1,0 x D и
для ∅ 6 a_p = 0,75 x D/от ∅ 8 a_p = 1,0 x D

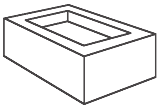
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	90	115	130	0,022	0,030
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70	85	110	0,022	0,030
2.0	Автоматные стали	< 850	70	85	110	0,022	0,030
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	80	100	0,022	0,030
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	80	100	0,022	0,030
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	75	90	0,022	0,030
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50	70	90	0,022	0,030
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50	65	80	0,022	0,030
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50	60	80	0,022	0,030
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70	85	110	0,022	0,030
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	75	90	0,022	0,030
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	70	90	0,022	0,030
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	85	100	0,022	0,030
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	70	90	0,022	0,030
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	50	60	80	0,022	0,030
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	50	60	0,022	0,030
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	40	50	60	0,022	0,030
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40	50	60	0,022	0,030
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	25	35	50	0,022	0,030
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	50	70	90	0,022	0,030
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	60	80	0,022	0,030
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	50	60	80	0,022	0,030
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	50	60	80	0,022	0,030

Получистовое и периферийное фрезерование

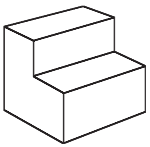
Примечание — f_z для a_e = 0,3 x D и $a_{p\ max}$ = 1,0 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	<500	90	115	130	0,024	0,040
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	70	85	110	0,024	0,040
2.0	Автоматные стали	< 850	70	85	110	0,024	0,040
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	60	80	100	0,024	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	60	80	100	0,024	0,040
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	60	75	90	0,024	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	50	70	90	0,024	0,040
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	50	65	80	0,024	0,040
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	50	60	80	0,024	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	70	85	110	0,024	0,040
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	60	75	90	0,024	0,040
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	50	70	90	0,024	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	70	85	100	0,024	0,040
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	50	70	90	0,024	0,040
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	50	60	80	0,024	0,040
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	40	50	60	0,024	0,040
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	40	50	60	0,024	0,040
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40	50	60	0,024	0,040
13.3	Нерж. мартенситн. стали	<1100	25	35	50	0,024	0,040
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	50	70	90	0,024	0,040
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	50	60	80	0,024	0,040
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	50	60	80	0,024	0,040
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	50	60	80	0,024	0,040

∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080
0,040	0,050	0,065	0,080



∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096
0,048	0,056	0,072	0,096



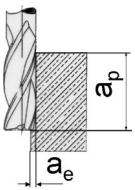
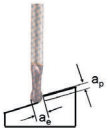


Таблица 8.54 GARANT – Тороидальные фрезы Diabolo HPC и сферические концевые фрезы (с покрытием TiAlN) фрезы для обработки закалённых сталей со специальным покрытием

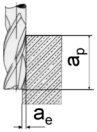
Каталож. № **206160; 206320; 206340; 207340; 207345; 207360; 207370; 207470; 207475**

Сферические фрезы

Копирование:
f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D



периферия
f_z для a_e = 0,2 x D и a_p = 1,0 x D



Примечание — Поправочный коэффициент v_c для 207370: 0,9

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания			Подача на зуб								
			v_c [м/мин]			f_z [мм/зуб] при диаметре [мм]								
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	до 2	> 2 до 4	> 4 до 6	> 6 до 8	> 8 до 10	12	14	16	20
8.2	**Инструментал. стали**	**1100 – 1400**	160	**200**	240	0,012	0,030	0,038	0,080	0,090	0,095	0,100	0,115	0,130
10.0	**Закалённые стали**	**45–55 HRC**	140	**170**	200	0,006	0,025	0,055	0,070	0,080	0,090	0,095	0,100	0,120
10.1	**Закалённые стали**	**55–60 HRC**	120	**150**	180	0,006	0,021	0,050	0,065	0,075	0,085	0,090	0,095	0,110
10.2	**Закалённые стали**	**60–67 HRC**	90	**110**	130	0,005	0,019	0,048	0,060	0,070	0,080	0,085	0,090	0,100

Таблица 8.55 GARANT – Торцовые тороидальные фрезы VHM HPC (с покрытием TiAlN)

Каталож. № **206270**

Копирование f_z для $a_{p\ max}$= 0,03 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин]	∅ 4 z=3 f_z [мм/зуб]	∅ 5 z=43 f_z [мм/зуб]	∅ 6 z=3 f_z [мм/зуб]	∅ 8 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 10 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 12 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 16 z = 4 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 4 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	240	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
2.0	Автоматные стали	< 850	250	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	230	0,125	0,125	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	210	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	210	0,125	0,125	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	190	0,125	0,125	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	180	0,125	0,125	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	0,125	0,125	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	220	0,125	0,125	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	220	0,125	0,125	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	200	0,125	0,125	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
7.0	Азотируемые стали	< 1000	180	0,125	0,125	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
7.1	Азотируемые стали	> 1000	170	0,100	0,100	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
8.0	Инструментал. стали	< 850	190	0,125	0,125	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	170	0,100	0,100	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	120	0,100	0,100	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,125	0,125	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
10.0	Закалённые стали	44–55 HRC	120	0,075	0,075	0,15	0,15	0,25	0,25	0,35	0,45
11.0	Износост. констр. стали	1350	120	0,100	0,100	0,25	0,25	0,35	0,35	0,45	0,55
11.1	Износост. констр. стали	1800	250	0,075	0,075	0,15	0,15	0,25	0,25	0,35	0,45
12.0	Пружинные стали	< 1500	130	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	250	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	230	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65
18.0	Медь, низколегир.	< 400	250	0,175	0,175	0,35	0,35	0,45	0,45	0,55	0,65

Таблица 8.56 GARANT – Тороидальные фрезы VHM HPC (с покрытием TiAlN)

Каталож. № 206355

Копирование

f_z для a_e = 0,05 x D

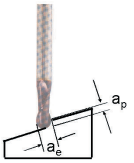
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	a_p	∅ 4 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 5 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 6 f_z f_z (мм/зуб)
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	230	250	270	0,05 x D	0,016	0,024	0,030
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	210	230	250	0,05 x D	0,016	0,024	0,030
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100	120	150	0,05 x D	0,016	0,024	0,030
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	90	100	140	0,05 x D	0,014	0,020	0,025
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	70	90	110	0,05 x D	0,014	0,020	0,025
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	65	80	100	0,05 x D	0,012	0,018	0,020
14.0	Спец. сплавы	< 1200	25	30	35	0,05 x D	0,080	0,014	0,016
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	50	55	60	0,05 x D	0,016	0,024	0,030
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	50	55	60	0,05 x D	0,016	0,024	0,030

Периферийное фрезерование

f_z для a_p = 0,3 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	a_p	∅ 4 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 5 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 6 f_z f_z (мм/зуб)
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	230	250	270	0,05 x D	0,014	0,018	0,022
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	210	230	250	0,05 x D	0,014	0,018	0,022
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100	120	150	0,05 x D	0,014	0,018	0,022
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	90	100	140	0,05 x D	0,012	0,016	0,020
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	70	90	110	0,05 x D	0,012	0,016	0,020
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	65	80	100	0,05 x D	0,010	0,012	0,016
14.0	Спец. сплавы	< 1200	25	30	35	0,05 x D	0,070	0,090	0,012
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	50	55	60	0,05 x D	0,014	0,018	0,022
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	50	55	60	0,05 x D	0,014	0,018	0,022

	∅ 8 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 10 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 12 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 16 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 20 f_z f_z (мм/зуб)
	0,032	0,043	0,060	0,072	0,096
	0,032	0,043	0,060	0,072	0,096
	0,032	0,043	0,060	0,072	0,096
	0,028	0,040	0,055	0,070	0,090
	0,028	0,040	0,055	0,070	0,090
	0,025	0,035	0,050	0,065	0,085
	0,020	0,028	0,040	0,055	0,075
	0,032	0,035	0,048	0,060	0,077
	0,032	0,035	0,048	0,060	0,077



	∅ 8 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 10 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 12 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 16 f_z f_z (мм/зуб)	∅ 20 f_z f_z (мм/зуб)
	0,024	0,032	0,044	0,054	0,070
	0,024	0,032	0,044	0,054	0,070
	0,024	0,032	0,044	0,054	0,070
	0,022	0,030	0,040	0,050	0,065
	0,022	0,030	0,040	0,050	0,065
	0,020	0,025	0,035	0,045	0,060
	0,014	0,020	0,028	0,035	0,050
	0,024	0,030	0,030	0,040	0,058
	0,024	0,029	0,036	0,045	0,058

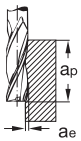
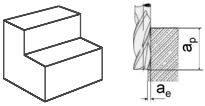


Таблица 8.57 GARANT – Сферические фрезы VHM с 3 торцевыми режущими кромками

Каталож. № 207420

Чистовая обработка – контурная; копирование



f_z для a_e = 0,2 x D и a_p = 1,0 x D (контур)
f_z для a_e = 0,05 x D и a_p = 0,05 x D (копирование)

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 3 f_z [мм/зуб]	∅ 4 f_z [мм/зуб]	∅ 5 f_z [мм/зуб]	∅ 6 f_z [мм/зуб]
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	270	300	330	0,028	0.038	0,050	0,060
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	250	280	310	0,028	0,038	0,050	0,060
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	160	200	240	0,028	0,038	0,050	0,060
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	120	140	160	0,008	0,025	0,040	0,055
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	110	130	150	0,008	0,021	0,035	0,050

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 8 f_z [мм/зуб]	∅ 10 f_z [мм/зуб]	∅ 12 f_z [мм/зуб]
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	270	300	330	0,075	0.082	0,098
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	250	280	310	0,075	0,082	0,098
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	160	200	240	0,075	0,082	0,098
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	120	140	160	0,070	0,080	0,090
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	110	130	150	0,065	0,075	0,085

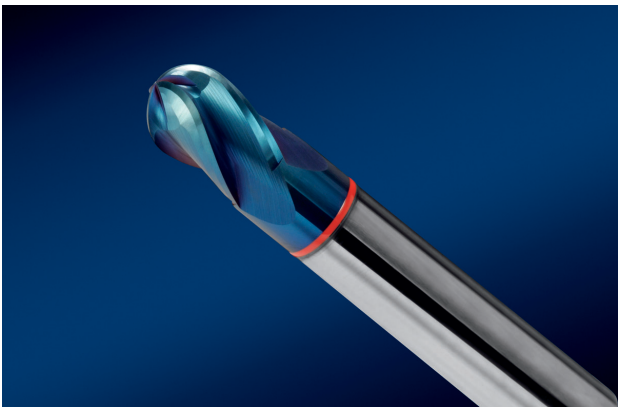


Таблица 8.58 GARANT – Высокопроизводительные фрезы для сегментных шпонок VHM

Каталож. № 208025

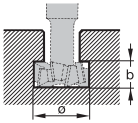
Примечание — Значения для a_p = 0,25 до 0,3 x D

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 10,5 z = 6 f_z	∅ 13,5 z = 8 f_z	∅ 16,5 z = 10 f_z	∅ 19,5 z = 10 f_z	∅ 22,5 z = 10 f_z
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	66 –	70 –	74	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	61 –	66 –	69	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
2.0	Автоматные стали	< 850	61 –	66 –	69	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	58 –	68 –	70	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	61 –	66 –	69	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	58 –	65 –	69	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	58 –	63 –	68	0,032	0,035	0,035	0,035	0,035
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	58 –	63 –	68	0,032	0,032	0,032	0,035	0,035
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	58 –	63 –	68	0,030	0,030	0,030	0,033	0,033
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	61 –	66 –	69	0,035	0,035	0,035	0,038	0,038
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	58 –	63 –	68	0,032	0,032	0,032	0,035	0,035
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–		–	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	58 –	63 –	68	0,030	0,030	0,030	0,033	0,033
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	55 –	60 –	67	0,030	0,030	0,030	0,033	0,033
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	50 –	55 –	60	0,025	0,025	0,025	0,028	0,028
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	40 –	45 –	50	0,025	0,025	0,025	0,028	0,028
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35 –	40 –	45	0,025	0,025	0,025	0,028	0,028

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 25,5 z = 6 f_z	∅ 28,5 z = 8 f_z	∅ 32,5 z = 10 f_z	∅ 38,5 z = 10 f_z	∅ 45,5 z = 10 f_z
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	66 –	70 –	74	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	61 –	66 –	69	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
2.0	Автоматные стали	< 850	61 –	66 –	69	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	58 –	68 –	70	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	61 –	66 –	69	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	58 –	65 –	69	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	58 –	63 –	68	0,035	0,037	0,037	0,037	0,037
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	58 –	63 –	68	0,035	0,037	0,037	0,037	0,037
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	58 –	63 –	68	0,033	0,035	0,035	0,035	0,035
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	61 –	66 –	69	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	58 –	63 –	68	0,035	0,037	0,037	0,037	0,037
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–		–	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	58 –	63 –	68	0,033	0,035	0,035	0,035	0,035
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	55 –	60 –	67	0,033	0,035	0,035	0,035	0,035
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	50 –	55 –	60	0,028	0,030	0,030	0,030	0,030
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	40 –	45 –	50	0,028	0,030	0,030	0,030	0,030
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	35 –	40 –	45	0,028	0,030	0,030	0,030	0,030

Таблица 8.59 GARANT – Цельные твердосплавные фрезы для Т-образных пазов типов N и NF

Каталож. № **208032; 208034**



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 12,5x6 z = 6 f_z [мм/зуб]	∅ 16x8 z = 6 f_z [мм/зуб]	∅ 18x8 z = 6 f_z [мм/зуб]	∅ 21x9 z = 6 f_z [мм/зуб]	∅ 25x11 z = 6 f_z [мм/зуб]	∅ 28x12 z = 6 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85 –	105 –	120	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	85 –	105 –	120	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
2.0	Автоматные стали	< 850	85 –	105 –	120	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	75 –	100 –	120	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	75 –	100 –	120	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	65 –	90 –	95	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,030	0,031	0,031	0,031	0,031	0,032
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,030	0,031	0,031	0,031	0,031	0,032
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65 –	95 –	100	0,028	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65 –	90 –	95	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65 –	90 –	95	0,030	0,031	0,031	0,031	0,031	0,032
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,028	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65 –	90 –	95	0,030	0,031	0,031	0,031	0,031	0,032
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,028	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030
8.0	Инструментал. стали	< 850	60 –	80 –	90	0,030	0,031	0,031	0,031	0,031	0,032
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60 –	80 –	90	0,028	0,029	0,029	0,029	0,029	0,030

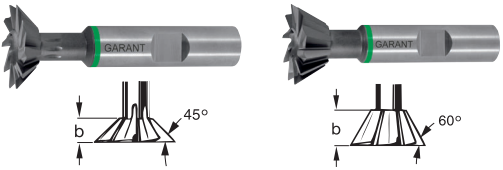
.

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 32x14 z = 6 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85 –	105 –	120	0,045
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	85 –	105 –	120	0,045
2.0	Автоматные стали	< 850	85 –	105 –	120	0,045
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	75 –	100 –	120	0,045
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	75 –	100 –	120	0,045
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	65 –	90 –	95	0,045
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,042
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,042
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65 –	95 –	100	0,040
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65 –	90 –	95	0,045
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65 –	90 –	95	0,042
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,040
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65 –	90 –	95	0,042
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,040
8.0	Инструментал. стали	< 850	60 –	80 –	90	0,042
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60 –	80 –	90	0,040

Примечание — До полного врезания фрезы подача должна составлять 50%.

Таблица 8.60 GARANT – Грибковые фрезы формы C 45°/60° – VHM

Каталож. № 208035; 208037



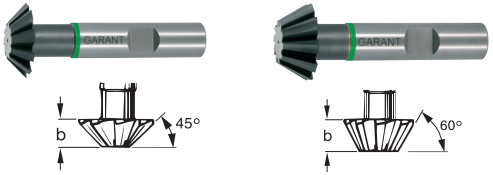
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 16 z = 6 f_z [мм/зуб]	∅ 20 z = 8 f_z [мм/зуб]	∅ 22 z = 8 f_z [мм/зуб]	∅ 25 z = 8 f_z [мм/зуб]	∅ 28 z = 9 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85	105	120	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	85	105	120	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
2.0	Автоматные стали	< 850	85	105	120	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	75	100	120	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	75	100	120	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	65	90	100	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	65	95	100	0,038	0,038	0,039	0,041	0,041
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	65	95	100	0,038	0,038	0,039	0,041	0,041
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65	95	100	0,036	0,036	0,037	0,039	0,039
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65	90	95	0,042	0,042	0,043	0,045	0,045
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65	90	95	0,038	0,038	0,039	0,041	0,041
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	80	90	0,036	0,036	0,037	0,039	0,039
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65	90	95	0,038	0,038	0,039	0,041	0,041
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	80	90	0,036	0,036	0,037	0,039	0,039
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	80	90	0,038	0,038	0,039	0,041	0,041
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	80	90	0,036	0,036	0,037	0,039	0,039

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 32 z = 9 f_z [мм/зуб]	∅ 38 z = 9 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85	105	120	0,045	0,045
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	85	105	120	0,045	0,045
2.0	Автоматные стали	< 850	85	105	120	0,045	0,045
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	75	100	120	0,045	0,045
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	75	100	120	0,045	0,045
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	65	90	100	0,045	0,045
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	65	95	100	0,041	0,041
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	65	95	100	0,041	0,041
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65	95	100	0,039	0,039
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65	90	95	0,045	0,045
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65	90	95	0,041	0,041
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	80	90	0,039	0,039
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65	90	95	0,041	0,041
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60	80	90	0,039	0,039
8.0	Инструментал. стали	< 850	60	80	90	0,041	0,041
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	80	90	0,039	0,039

Примечание — До полного врезания фрезы подача должна составлять 50%.

Таблица 8.61 GARANT – Грибковые фрезы формы D 45°/60° – VHM

Каталож. № **208036; 208038**



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 16 z = 6 f_z	∅ 20 z = 8 f_z	∅ 22 z = 8 f_z	∅ 25 z = 8 f_z
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85 –	105 –	120	0,030	0,031	0,032	0,033
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	85 –	105 –	120	0,030	0,031	0,032	0,033
2.0	Автоматные стали	< 850	85 –	105 –	120	0,030	0,031	0,032	0,033
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	75 –	100 –	120	0,030	0,031	0,032	0,033
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	75 –	100 –	120	0,030	0,031	0,032	0,033
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	75 –	100 –	120	0,030	0,031	0,032	0,033
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,028	0,028	0,029	0,029
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,028	0,028	0,029	0,029
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65 –	95 –	100	0,026	0,026	0,027	0,027
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65 –	90 –	100	0,030	0,031	0,032	0,033
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65 –	90 –	100	0,028	0,028	0,029	0,029
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,026	0,026	0,027	0,027
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65 –	90 –	95	0,028	0,028	0,029	0,029
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,026	0,026	0,027	0,027
8.0	Инструментал. стали	< 850	60 –	80 –	90	0,028	0,028	0,029	0,029
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60 –	80 –	90	0,026	0,026	0,027	0,027

Примечание — До полного врезания фрезы подача должна составлять 50%.

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			∅ 28 z = 10 f_z	∅ 32 z = 10 f_z	∅ 38 z = 10 f_z
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	[мм/зуб]	[мм/зуб]	[мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	85 –	105 –	120	0,034	0,035	0,036
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	85 –	105 –	120	0,034	0,035	0,036
2.0	Автоматные стали	< 850	85 –	105 –	120	0,034	0,035	0,036
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	75 –	100 –	120	0,034	0,035	0,036
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	75 –	100 –	120	0,034	0,035	0,036
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	75 –	100 –	120	0,034	0,035	0,036
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,030	0,030	0,031
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	65 –	95 –	100	0,030	0,030	0,031
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	65 –	95 –	100	0,028	0,028	0,029
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	65 –	90 –	100	0,034	0,035	0,036
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	65 –	90 –	100	0,030	0,030	0,031
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,028	0,028	0,029
7.0	Азотируемые стали	< 1000	65 –	90 –	95	0,030	0,030	0,031
7.1	Азотируемые стали	> 1000	60 –	80 –	90	0,028	0,028	0,029
8.0	Инструментал. стали	< 850	60 –	80 –	90	0,030	0,030	0,031
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60 –	80 –	90	0,028	0,028	0,029

Примечание — До полного врезания фрезы подача должна составлять 50%.

Таблица 8.62 GARANT – Секторные фрезы для удаления заусенцев с прямым и обратным рабочим ходом (VHM)

Каталож. № **208168; 208170; 208180**

Примечание **Значения действительны для проходного или наружного диаметра инструмента**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	∅ 6 f_z [мм/зуб]	∅ 8 f_z [мм/зуб]	∅ 10 f_z [мм/зуб]	∅ 12 f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	45	65	75	0,014	0,018	0,022	0,026
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	45	65	75	0,014	0,018	0,022	0,026
2.0	Автоматные стали	< 850	45	65	75	0,014	0,018	0,022	0,026
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	30	39	45	0,014	0,018	0,022	0,026
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	45	65	75	0,014	0,018	0,022	0,026
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	45	65	75	0,014	0,018	0,022	0,026
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
7.0	Азотируемые стали	< 1000	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
8.0	Инструментал. стали	< 850	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	30	39	45	0,010	0,012	0,014	0,017
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	22	37	40	0,010	0,012	0,014	0,017
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	20	35	40	0,010	0,012	0,014	0,017
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 700	20	35	40	0,010	0,012	0,014	0,017
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	22	36	45	0,014	0,018	0,022	0,026
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	22	36	45	0,014	0,018	0,022	0,026
15.2	Чугун (СЧ, КЧ)	> 180 HB	22	36	45	0,014	0,018	0,022	0,026
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	22	36	45	0,014	0,018	0,022	0,026
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	150	230	300	0,015	0,020	0,025	0,030
17.1	Алюм. сплав; короткоструж.		75	115	150	0,015	0,020	0,025	0,030
17.2	Лит. алюм. сплав >10% Si		40	70	120	0,015	0,020	0,025	0,030
18.0	Медь, низколегир.	< 400	38	60	75	0,014	0,018	0,022	0,026
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	38	60	75	0,014	0,018	0,022	0,026
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	38	60	75	0,014	0,018	0,022	0,026
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	38	60	75	0,014	0,018	0,022	0,026
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	38	58	75	0,014	0,018	0,022	0,026
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	38	58	75	0,014	0,018	0,022	0,026
20.0	Термопласт		38	60	75	0,014	0,018	0,022	0,026
20.1	Реактопласт		35	50	70	0,014	0,018	0,022	0,026

Таблица 8.63 GARANT – Микрофрезы с алмазным покрытием (VHM) для резания графита

Каталож. № **209040; 209060; 209165; 209185**

Обработка резанием графита (группа обрабатываемых материалов 19.0)
(воздушное охлаждение или сухая обр.)

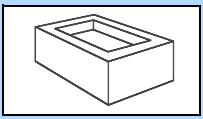
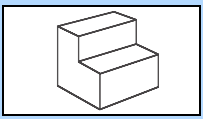
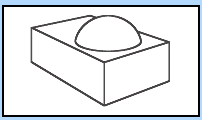
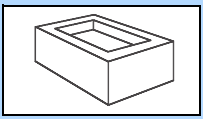
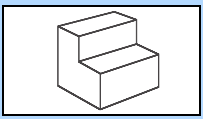
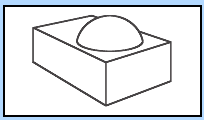
Диаметр инстру-мента	Фрезерование пазов				Контурное фрезерование				Копирование			
												
	Чистовая обработка (короткие) a_e = 1,00xD a_p = 0,15xD		Получистовая (длинные) a_e = 1,00xD a_p = 0,12xD		Чистовая обработка (короткие) a_e = 0,06xD a_p = 0,15xD		Получистовая (длинные) a_e = 0,06xD a_p = 0,12xD		Чистовая обработка (короткие) a_e = 0,02xD a_p = 0,15xD		Получистовая (длинные) a_e = 0,02xD a_p = 0,12xD	
D [мм]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]	Скорость резания v_c [м/мин]	Подача на зуб f_z [мм/зуб]
0,6	600	0,006	480	0,006	600	0,006	480	0,006	800	0,006	640	0,006
0,8		0,010		0,008		0,010		0,008		0,010		0,008
1,0		0,011		0,010		0,011		0,010		0,011		0,010
1,2		0,014		0,011		0,014		0,011		0,014		0,011
1,5		0,016		0,014		0,016		0,014		0,016		0,014
2,0		0,022		0,019		0,022		0,019		0,022		0,019

Таблица 8.64 GARANT – Фрезы с алмазным покрытием (хвостовик VHM)

Каталож. № **209080; 209115; 209210; 209220**

Обработка резанием меди (группа обрабатываемых материалов 18)
(эмульсия или минимальный расход смазки)

Диаметр инстру-мента	Фрезерование пазов			Контурное фрезерование			Копирование		
									
	Скорость резания v_c [м/мин]	Черновая обработка a_e = 1,00xD a_p = 0,09xD	Чистовая обработка a_e = 1,00xD a_p = 0,03xD	Скорость резания v_c [м/мин]	Черновая обработка a_e = 0,15xD a_p = 1,05xD	Чистовая обработка a_e = 0,04xD a_p = 0,75xD	Скорость резания v_c [м/мин]	Черновая обработка a_e = 0,08xD a_p = 0,15xD	Чистовая обработка a_e = 0,03xD a_p = 0,05xD
D [мм]		Подача на зуб f_z [мм/зуб]			Подача на зуб f_z [мм/зуб]			Подача на зуб f_z [мм/зуб]	
2,0 ... 3,0	400	0,014	0,018	400	0,018	0,022	600	0,020	0,024
4,0 ... 6,0		0,027	0,036		0,036	0,045		0,040	0,049
8,0 ... 10,0		0,054	0,076		0,072	0,095		0,080	0,104
12,0 ... 16,0		0,081	0,125		0,108	0,130		0,120	0,141
20,0 ... 25,0		0,135	0,14		0,180	0,175		0,200	0,191

Обработка резанием графита (группа обрабатываемых материалов 19.0)
(воздушное охлаждение или сухая обр.)

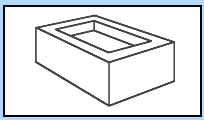
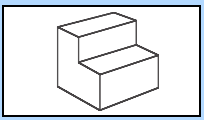
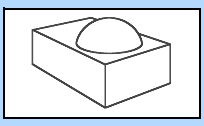
Диаметр инстру-мента	Фрезерование пазов			Контурное фрезерование			Копирование		
									
	Скорость резания v_c [м/мин]	Черновая обработка a_e = 1,00xD a_p = 0,09xD	Чистовая обработка a_e = 1,00xD a_p = 0,03xD	Скорость резания v_c [м/мин]	Черновая обработка a_e = 1,15xD a_p = 1,05xD	Чистовая обработка a_e = 0,04xD a_p = 0,75xD	Скорость резания v_c [м/мин]	Черновая обработка a_e = 0,08xD a_p = 0,15xD	Чистовая обработка a_e = 0,03xD a_p = 0,05xD
D [мм]		Подача на зуб f_z [мм/зуб]			Подача на зуб f_z [мм/зуб]			Подача на зуб f_z [мм/зуб]	
2,0 ... 3,0	600	0,016	0,016	600	0,020	0,020	800	0,022	0,022
4,0 ... 6,0		0,032	0,032		0,041	0,041		0,044	0,044
8,0 ... 10,0		0,068	0,068		0,086	0,086		0,094	0,094
12,0 ... 16,0		0,103	0,103		0,117	0,117		0,127	0,127
20,0 ... 25,0		0,126	0,126		0,158	0,158		0,172	0,172

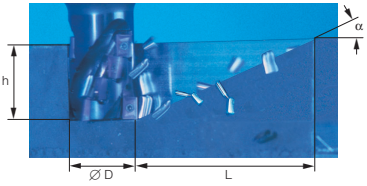
Таблица 8.65 GARANT – Врезные и копирные фрезы для изготовления инструментов и профилей (врезание под углом)

Каталож. № 211805; 211810; 211812; 211845; 211850; 212070; 212090; 212100; 212105; 212110; 212125; 212135; 212145; 212155; 212165; 212170; 212900; 212905; 212910; 213300; 213370; 213375; 214395; 214400; 215155; 215157; 215160; 215800; 215850

Врезание под углом

Каталож. №	СМП	Диаметр	8	10	12	14	15	16	18	20	24	25
211805; 218810; 211812	VCGT22..	угол α										
		L для α max										
		h, max										
211845; 211850	VDGT11..	угол α						16		12,5		9
		L для α max						19,2		24,8		34,7
		h, max						5,5		5,5		5,5
212070	RDHX0501	угол a	5	10	8	7	6,5	6	5	4		
		L для α max	28,6	14,2	17,8	20,4	21,9	23,8	285,6	35,8		
		h, max	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
212090; 212100	RD..0702	угол α					7	6,5	5,5	5		4,5
		L для α max					28,5	30,7	36,3	40,0		44,5
		h, max					3,5	3,5	3,5	3,5		3,5
212105; 212110; 212125; 212135	RD..1003	угол α								7		9
		L для α max								40,7		31,6
		h, max								5		5
212145; 212155	RD..12T3	угол α									9,5	
		L для α max									35,9	
		h, max									6	
212165; 212170	RD..1604	угол α										
		L для α max										
		h, max										
212900; 212905; 212910	XDLW..	Угол a [°]								2,5		3,2
		L для a, max [мм]								80,2		80,5
		h, max [мм]								3,5		4,5
213300	OFKX0504	Угол a [°]										
		L для a, max [мм]										
		h, max [мм]										
213370; 213375	HNGJ0805	Угол a [°]										
		L для a, max [мм]										
		h, max [мм]										
214395; 214400	SD.X0903	Угол a [°]						28,5		19,5		13,5
		L для a, max [мм]						7,4		11,3		16,7
		h, max [мм]						4		4		4
215155; 215157; 215160	APMT1805	Угол a [°]										3,7
		L для a, max [мм]										139,2
		h, max [мм]										9
215800; 215850	AP.T1003	Угол a [°]		5	5	4,5		4,5	3	2,3		1,7
		L для a, max [мм]		91,4	91,4	101,6		101,6	152,6	199,2		269,5
		h, max [мм]		8	8	8		8	8	8		8

(*) Для указанных ниже изделий значения отличаются от приведённых в таблице
212900 25/2: угол a [°] 3,2 / L для a, max [мм] 80,5
212905 25/2: угол a [°] 3,2 / L для a, max [мм] 80,5
212910 50/4: угол a [°] 0,9 / L для a, max [мм] 381,9



30	32	35	40	42	48	50	52	63	66	80	100	125	160
	6 104,7 11			5 125,7 11			4 157,3 11		3 209,9 11	2,5 251,9 11			
4 50,1 3,5	3,5 57,2 3,5	3,5 57,2 3,5											
	7 40,7 5	6 47,6 5		5 63,5 5			4 81,7 5						
	8,5 40,1 6	8 42,7 6		6,5 52,7 6	8,5 40,1 6		4 85,8 6		2,7 127,2 6	2 171,8 6	1,5 229,1 6	1 343,7 6	1 343,7 6
	15 30,9 8						9 53,5 8		6 76,1 8	5 101,6 8	3 152,6 8	2 229,1 8	2 229,1 8
	1,8 143,2 4,5	1,6 161,1 4,5	1,2 214,8 4,5	1,1 234,4 4,5		0,8 429,7 6	0,8 429,7 6	0,6 572,9 6					
	7,7 25,9 3,5		5,6 35,7 3,5			4,2 47,7 3,5		3,2 62,6 3,5		2,5 80,2 3,5	1,8 111,4 3,5	1,5 133,7 3,5	1,5 133,7 3,5
						1,5 148,9 3,9		1,2 186,2 3,9		0,9 248,3 3,9	0,7 319,2 3,9	0,5 446,9 3,9	0,4 558,6 3,9
	9,5 23,9 4		7 32,6 4			5,5 41,5 4		4,2 54,5 4		3,2 71,5 4	2,5 91,5 4	1,95 116,6 4	
	2,6 198,2 9		1,8 286,4 9			1,3 396,6 9	1,2 429,7 9	0,7 736,6 9	0,7 736,6 9	0,6 859,4 9	0,5 1031,3 9	0,4 1289,1 9	0,3 1718,9 9
	1,2 381,9 8		0,9 509,3 8			0,7 654,8 8		0,5 916,7 8		0,4 1145,9 8	0,3 1527,9 8		

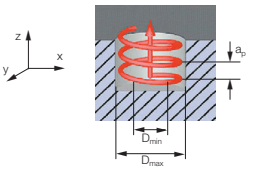
Таблица 8.66 GARANT – Врезные и копирные фрезы для изготовления инструментов и профилей (циркулярное врезание)

Каталож. № 211805; 211810; 211812; 211845; 211850; 212070; 212090; 212100; 212105; 212110 212125; 212135; 212145; 212155; 212165; 212170; 212900; 212905; 212910; 213300; 213370; 213375; 214395; 214400; 215155; 215157; 215160; 215800; 215850

Циркулярное врезание

Каталож. №	СМП	Диаметр	8	10	12	14	15	16	18	20	24	25
211805; 218810 211812	VCGT22..	от (D, min) при ap [мм]										
		до (D, max) при ap [мм]										
211845; 211850	VDGT11..	от (D, min) при ap [мм]						24 2		32 2		42 2
		до (D, max) при ap [мм]						30 2		38 2		48 2
212070	RDHX0501	от (D, min) при ap [мм]	8,6 0,3	12,6 0,3	16,6 0,3	20 0,5	22 0,5	24 0,5	28 0,5	32 0,5		
		до (D, max) при ap [мм]	13,3 0,3	17 0,3	21 0,3	26 0,5	28 0,5	30 0,5	34 0,5	38 0,5		
212090; 212100	RD..0702	от (D, min) при ap [мм]					19 0,6	21 0,6	25 0,6	29 0,8		38,5 0,8
		до (D, max) при ap [мм]					22 0,6	29 0,6	33 0,6	37 0,8		47,5 0,8
212105; 212110; 212125; 212135	RD..1003	от (D, min) при ap [мм]								24,5 0,8		33,5 1,2
		до (D, max) при ap [мм]								35,4 0,8		46,5 1,2
212145; 212155	RD..12T3	от (D, min) при ap [мм]									29,3 1	
		до (D, max) при ap [мм]									43,6 1	
212185; 212170	RD..1604	от (D, min) при ap [мм]										
		до (D, max) при ap [мм]										
212900; 212905; 212910	XDLW..	от (D, min) [мм] при ap [мм]								26,7 0,85		36,9 0,85
		до (D, max) [мм] при ap [мм]								39,0 0,85		49,0 0,85
213300	OFKX0504	от (D, min) [мм] при ap [мм]										
		до (D, max) [мм] при ap [мм]										
213370; 213375	HNGJ0805	от (D, min) [мм] при ap [мм]										
		до (D, max) [мм] при ap [мм]										
214395; 214400	SD.X0903	от (D, min) [мм] при ap [мм]						36,5 1,5		44,5 1,5		54,5 1,5
		до (D, max) [мм] при ap [мм]						39 1,5		47 1,5		57 1,5
215155; 215157; 215160	APMT1805	от (D, min) [мм] при ap [мм]										31,3 1
		до (D, max) [мм] при ap [мм]										47 1
215800; 215850	AP.T1003	от (D, min) [мм] при ap [мм]	Эти значения нельзя использовать при циркулярном расточном фрезеровании.					20 0,9	24 1,4	28 1,8		37 2,1
		до (D, max) [мм] при ap [мм]						31 3,5	35 4	38 4,3		48 3,9

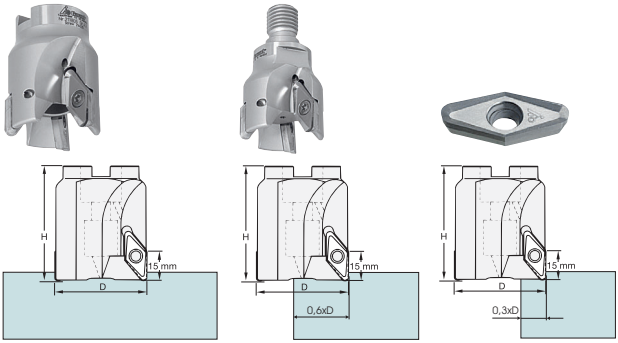
(*) Для указанных ниже изделий значения отличаются от приведённых в таблице
212900 25/2: от (D, min) [мм] 34,3 / до (D, max) [мм] 49,0 /при a_p [мм] 1,15
212910 50/4: от (D, min) [мм] 79,1 / до (D, max) [мм] 98,9 /при a_p [мм] 1,8
212910 52/4: от (D, min) [мм] 83,1 / до (D, max) [мм] 102,9 /при a_p [мм] 1,8
212910 63/5: от (D, min) [мм] 105,1 / до (D, max) [мм] 124,9 /при a_p [мм] 1,8



30	32	35	40	42	48	50	52	63	66	80	100	125	160
	50 4			70 4			90 4		118 4	156 4			
	62 4			82 4			100 4		128 4	156 4			
48,5 0,8	52,5 0,8	58,5 0,8											
57,5 0,8	52,5 0,8	67,5 0,8											
	47,5 1,2	53,5 1,2		67,5 1,2			87,5 1,2						
	60,5 1,2	66,5 1,2		80,5 1,2			100,5 1,2						
	44 1,5	50 1,5		64 1,5	76 1,5		84 1,5		112 1,5	140 1,5	180 1,5	230 1,5	
	59,9 1,5	65,9 1,5		79,9 1,5	91,9 1,5		99,9 1,5		127,9 1,5	155,9 1,5	195,9 1,5	245,9 1,5	
							77,4 2		105,4 2	133,4 2	173 2	223,4 2	
							98,3 2		126,6 2	154,6 2	194,6 2	244,6 2	
	48,4 1,15	54,5 1,15	64,5 1,15	68,5 1,15		84,5 1,15	88,4 1,15	110,4 1,15					
	63,0 1,15	69,0 1,15	79,0 1,15	83,0 1,15		98,9 1,15	103 1,15	125 1,15					
	60 5		76 5			95 5		121 5		156 5	196 5	245 5	
	79 5		95 5			115 5		140 5		175 5	215 5	265 5	
						108,0 3,9		133,9 3,9		167,9 3,9	208,0 3,9	258,0 3,9	327,9 3,9
						105,1 3,9		131,0 3,9		165,0 3,9	205,1 3,9	255,1 3,9	325,0 3,9
	68,5 1,5		84,5 1,5			104,5 1,5		130,5 1,5		164,5 1,5	204,5 1,5	254,5 1,5	
	71 1,5		87 1,5			107 1,5		133 1,5		167 1,5	207 1,5	257 1,5	
	45,4 1		61,4 1			81,4 0,9	85,4 0,9	107,4 0,8	113,4 0,8	141,5 0,8	181,5 0,85	231,5 0,85	301,5 0,85
	62,5 1		78,5 1			98,5 0,9	102,5 0,9	124,5 0,8	130,5 0,8	158,5 0,8	198,5 0,85	248,5 0,85	318,5 0,85
	51 2,1		67 1,8			87 2,0		113 1,9		147 1,9	187 1,7		
	62 3,4		78 2,5			99 2,7		124 2,3		158 2,1	198 1,9		

Таблица 8.67 GARANT – Врезные фрезы для цветных металлов и пластмасс (внутреннее охлаждение)

Каталож. № **211805; 211810; 211812**



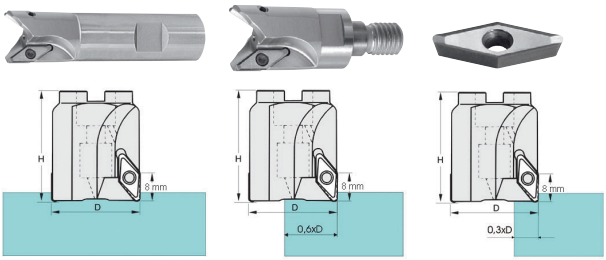
Для пластины VCGT 22..

Обработка	Глубина резания	Скорость резания	Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
			a_e = 1,0xD			a_e = 0,6xD			a_e = 0,3xD		
	a_p max [мм]	v_c [м/мин]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
Черновая обработка	**15,0**	**< 1000**	0,07	**0,10**	0,15	0,15	**0,20**	0,25	0,25	**0,30**	0,35
Получистовая обработка	**4,0**	**< 1000**	0,10	**0,15**	0,20	0,20	**0,25**	0,30	0,30	**0,35**	0,40
Черновая обработка	**1,5**	**< 1000**	0,15	**0,25**	0,30	0,20	**0,35**	0,50	0,30	**0,45**	0,60

Примечание —

Начальные значения выделены **жирным** шрифтом.
Указанные параметры резания в значительной степени зависят от внешних условий, например, жёсткости крепления инструмента и заготовки, свойств обрабатываемого материала и технических данных станка. Они являются ориентировочными параметрами при оптимальных условиях.

Каталож. № **211845; 211850**

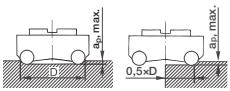


Для пластины VCGT 11..

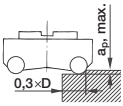
Обработка	Глубина резания	Скорость резания	Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
			a_e = 1,0xD			a_e = 0,6xD			a_e = 0,3xD		
	a_p max [мм]	v_c [м/мин]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
Черновая обработка	**8,0**	**< 1000**	0,04	– **0,07**	– 0,10	0,06	– **0,10**	– 0,15	0,15	– **0,20**	– 0,25
Получистовая обработка	**2,0**	**< 1000**	0,06	– **0,10**	– 0,15	0,10	– **0,15**	– 0,20	0,15	– **0,20**	– 0,25
Черновая обработка	**1,0**	**< 1000**	0,08	– **0,15**	– 0,20	0,10	– **0,20**	– 0,30	0,15	– **0,30**	– 0,45

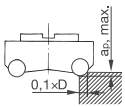
Таблица 8.68 GARANT – Универсальные фрезы (круглые СМП)

Каталож. №			
212070; 212085	для пластины RDHX0501	a_p max = 1,1 мм
212090; 212100	для пластины RD..0702	a_p max = 1,5 мм
212105; 212110; 212125; 212135	для пластины RD..1003	a_p max = 2,5 мм
212145; 212155	для пластины RD..12T3	a_p max = 4,0 мм
212165; 212170	для пластины RD..1604	a_p max = 5,0 мм



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	a_e = (0,5 ... 1) x D							
			WPL ∅ 5		WPL ∅ 7		WPL ∅ 10/12		WPL ∅ 16	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]	v_c [м/мин]	f_z [мм/зуб]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	275	0,08	250	0,12	220	0,18	180	0,32
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	0,08	225	0,12	200	0,18	165	0,32
2.0	Автоматные стали	< 850	320	0,08	290	0,12	260	0,18	220	0,32
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	250	0,08	225	0,12	200	0,18	165	0,32
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	275	0,08	250	0,12	220	0,18	180	0,32
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	250	0,08	225	0,12	200	0,18	165	0,32
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	210	0,08	190	0,12	170	0,18	140	0,32
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	185	0,08	170	0,12	150	0,18	130	0,32
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	160	0,08	145	0,12	130	0,18	110	0,32
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	275	0,08	250	0,12	220	0,18	180	0,32
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	185	0,08	170	0,12	150	0,18	130	0,32
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	160	0,08	145	0,12	130	0,18	110	0,32
7.0	Азотируемые стали	< 1000	185	0,08	170	0,12	150	0,18	130	0,32
7.1	Азотируемые стали	> 1000	160	0,08	145	0,12	130	0,18	110	0,32
8.0	Инструментал. стали	< 850	185	0,08	170	0,12	150	0,18	130	0,32
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	160	0,08	145	0,12	130	0,18	110	0,32
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	130	0,05	120	0,08	100	0,13	80	0,23
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	130	0,05	120	0,08	100	0,13	80	0,23
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	165	0,05	150	0,08	130	0,13	110	0,23
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	145	0,05	130	0,08	110	0,13	100	0,23
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	120	0,05	110	0,08	90	0,13	80	0,23
11.0	Износост. констр. стали	1350	130	0,05	120	0,08	100	0,13	80	0,23
11.1	Износост. констр. стали	1800	60	0,05	55	0,08	45	0,13	40	0,23
12.0	Пружинные стали	< 1500	185	0,08	170	0,12	150	0,18	130	0,32
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	250	0,08	225	0,12	200	0,18	165	0,32
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	290	0,08	265	0,12	230	0,18	200	0,32
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	255	0,08	230	0,12	210	0,18	175	0,32
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	220	0,08	200	0,12	170	0,18	145	0,32
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,05	45	0,08	40	0,13	30	0,23
15.0	Чугун	< 160 HB	260	0,08	235	0,12	210	0,18	170	0,32
15.1	Чугун	> 180 HB	240	0,08	220	0,12	190	0,18	150	0,32
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	220	0,08	200	0,12	175	0,18	140	0,32
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	175	0,08	160	0,12	140	0,18	120	0,32
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	75	0,05	70	0,08	60	0,13	55	0,23
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	60	0,05	55	0,08	45	0,13	40	0,23
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	1210	0,08	1100	0,12	1000	0,18	950	0,32
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		660	0,08	600	0,12	500	0,18	400	0,32
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		440	0,08	400	0,12	320	0,18	280	0,32
18.0	Медь, низколегир.	< 350	660	0,08	600	0,12	500	0,18	400	0,32
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	550	0,08	500	0,12	400	0,18	350	0,32
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	550	0,08	500	0,12	400	0,18	350	0,32
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	550	0,08	500	0,12	400	0,18	350	0,32
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	550	0,08	500	0,12	400	0,18	350	0,32
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	550	0,08	500	0,12	400	0,18	350	0,32
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	440	0,08	400	0,12	320	0,18	280	0,32
19.0	Графит		260	0,08	235	0,12	210	0,18	170	0,32
20.0	Термопласт		1210	0,08	1100	0,12	1000	0,18	950	0,32
20.1	Реактопласт		660	0,08	600	0,12	500	0,18	400	0,32
20.2	Стекло- и углепластик		440	0,08	400	0,12	320	0,18	280	0,32



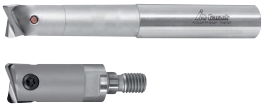


a_e = 0,3 x D								a_e = 0,1 x D								СОЖ
WPL ∅ 5		WPL ∅ 7		WPL ∅ 10/12		WPL ∅ 16		WPL ∅ 5		WPL ∅ 7		WPL ∅ 10/12		WPL ∅ 16		
v_c	f_z	v_c	f_z	v_c	f_z	v_c	f_z	v_c	f_z	v_c	f_z	v_c	f_z	v_c	f_z	
[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	[м/мин]	[мм/зуб]	
335	0,12	310	0,18	275	0,22	235	0,40	375	0,15	350	0,22	310	0,27	250	0,55	нет
300	0,12	280	0,18	250	0,22	215	0,40	340	0,15	315	0,22	280	0,27	230	0,55	нет
390	0,12	360	0,18	325	0,22	285	0,40	440	0,15	410	0,22	365	0,27	310	0,55	нет
300	0,12	280	0,18	250	0,22	215	0,40	335	0,15	315	0,22	280	0,27	230	0,55	нет
335	0,12	310	0,18	275	0,22	235	0,40	375	0,15	350	0,22	310	0,27	250	0,55	нет
300	0,12	280	0,18	250	0,22	215	0,40	335	0,15	315	0,22	280	0,27	230	0,55	нет
260	0,12	240	0,18	210	0,22	180	0,40	285	0,15	265	0,22	240	0,27	195	0,55	нет
225	0,12	210	0,18	185	0,22	170	0,40	255	0,15	240	0,22	210	0,27	180	0,55	нет
195	0,12	180	0,18	160	0,22	145	0,40	220	0,15	205	0,22	180	0,27	155	0,55	эмульсия
335	0,12	310	0,18	275	0,22	235	0,40	375	0,15	350	0,22	310	0,27	250	0,55	нет
225	0,12	210	0,18	185	0,22	170	0,40	255	0,15	240	0,22	210	0,27	180	0,55	нет
195	0,12	180	0,18	160	0,22	145	0,40	220	0,15	205	0,22	180	0,27	155	0,55	эмульсия
225	0,12	210	0,18	185	0,22	170	0,40	255	0,15	240	0,22	210	0,27	180	0,55	нет
155	0,12	145	0,18	130	0,22	145	0,40	155	0,15	145	0,22	130	0,27	110	0,55	эмульсия
230	0,12	210	0,18	185	0,22	170	0,40	255	0,15	240	0,22	210	0,27	180	0,55	нет
195	0,12	180	0,18	160	0,22	145	0,40	220	0,15	205	0,22	180	0,27	155	0,55	эмульсия
160	0,08	150	0,13	125	0,16	105	0,30	180	0,16	170	0,16	140	0,19	110	0,38	эмульсия
160	0,08	150	0,13	125	0,16	105	0,30	180	0,16	170	0,16	140	0,19	110	0,38	эмульсия
200	0,08	185	0,13	155	0,16	140	0,30	250	0,16	235	0,16	180	0,19	155	0,38	нет
180	0,08	165	0,13	140	0,16	130	0,30	190	0,16	180	0,16	155	0,19	140	0,38	нет
150	0,08	140	0,13	110	0,16	100	0,30	165	0,16	155	0,16	125	0,19	110	0,38	нет
160	0,08	150	0,13	125	0,16	105	0,30	180	0,16	170	0,16	140	0,19	110	0,38	эмульсия
75	0,08	70	0,13	55	0,16	50	0,30	80	0,16	75	0,16	65	0,19	55	0,38	эмульсия
225	0,12	210	0,18	185	0,22	170	0,40	255	0,15	240	0,22	210	0,27	180	0,55	нет
300	0,12	280	0,18	250	0,22	215	0,40	335	0,15	315	0,22	280	0,27	230	0,55	нет
355	0,12	330	0,18	290	0,22	260	0,40	395	0,15	370	0,22	320	0,27	280	0,55	нет
310	0,12	285	0,18	260	0,22	230	0,40	340	0,15	320	0,22	295	0,27	245	0,55	эмульсия
270	0,12	250	0,18	210	0,22	190	0,40	300	0,15	280	0,22	240	0,27	200	0,55	эмульсия
60	0,08	55	0,13	50	0,16	37	0,30	65	0,16	63	0,16	55	0,19	56	0,38	эмульсия
320	0,12	295	0,18	265	0,22	220	0,40	355	0,15	330	0,22	295	0,27	240	0,55	нет
295	0,12	275	0,18	240	0,22	195	0,40	330	0,15	310	0,22	260	0,27	210	0,55	нет
270	0,12	250	0,18	220	0,22	180	0,40	300	0,15	280	0,22	245	0,27	195	0,55	нет
215	0,12	200	0,18	175	0,22	155	0,40	235	0,15	220	0,22	190	0,27	165	0,55	эмульсия
95	0,08	90	0,13	75	0,16	70	0,30	105	0,16	100	0,16	85	0,19	75	0,38	эмульсия
75	0,08	70	0,13	55	0,16	50	0,30	80	0,16	75	0,16	65	0,19	55	0,38	эмульсия
1485	0,12	1375	0,18	1250	0,22	1230	0,40	1650	0,15	1540	0,22	1400	0,27	1330	0,55	эмульсия
810	0,12	750	0,18	630	0,22	500	0,40	900	0,15	840	0,22	700	0,27	560	0,55	эмульсия
540	0,12	500	0,18	400	0,22	360	0,40	600	0,15	560	0,22	450	0,27	390	0,55	эмульсия
810	0,12	750	0,18	630	0,22	500	0,40	900	0,15	840	0,22	700	0,27	560	0,55	эмульсия
675	0,12	625	0,18	500	0,22	450	0,40	750	0,15	700	0,22	560	0,27	490	0,55	нет
675	0,12	625	0,18	500	0,22	450	0,40	750	0,15	700	0,22	560	0,27	490	0,55	нет
675	0,12	625	0,18	500	0,22	450	0,40	750	0,15	700	0,22	560	0,27	490	0,55	нет
675	0,12	625	0,18	500	0,22	450	0,40	750	0,15	700	0,22	560	0,27	490	0,55	нет
675	0,12	625	0,18	500	0,22	450	0,40	750	0,15	700	0,22	560	0,27	490	0,55	нет
540	0,12	500	0,18	400	0,22	360	0,40	600	0,15	560	0,22	450	0,27	390	0,55	эмульсия
320	0,12	295	0,18	265	0,22	220	0,40	355	0,15	330	0,22	295	0,27	240	0,55	нет
1485	0,12	1375	0,18	1250	0,22	1230	0,40	1650	0,15	1540	0,22	1400	0,27	1330	0,55	эмульсия
810	0,12	750	0,18	630	0,22	500	0,40	900	0,15	840	0,22	700	0,27	560	0,55	эмульсия
540	0,12	500	0,18	400	0,22	360	0,40	560	0,15	560	0,22	450	0,27	390	0,55	эмульсия

Таблица 8.69 GARANT – Фрезы с тороидальным торцом

Каталож. № 212675; 212679

a_p = 0,25 x радиус закругления r_e



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания v_c [м/мин]			Подача f_z [мм/зуб] для Диаметр фрезы D [мм]					
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	8	10	12	16	20	25
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	170	200	230	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	170	200	220	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
2.0	Автоматные стали	< 850	190	230	260	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	220	250	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	200	230	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	200	230	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	170	200	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	110	140	170	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	110	140	170	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	200	230	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	200	230	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	160	180	210	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
7.0	Азотируемые стали	< 1000	160	180	210	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
7.1	Азотируемые стали	> 1000	160	180	210	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
8.0	Инструментал. стали	< 850	130	150	180	0,125	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	140	170	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	120	140	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	120	140	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	70	80	90	0,125	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	70	80	90	0,125	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	60	70	80	0,125	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3
11.0	Износост. констр. стали	1350	110	140	170	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
11.1	Износост. констр. стали	1800	110	140	170	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
12.0	Пружинные стали	< 1500	110	140	170	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	140	160	180	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	140	160	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	100	120	140	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	140	160	180	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	40	50	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
15.0	Чугун	< 180 HB	200	300	400	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35
15.1	Чугун	> 180 HB	180	280	350	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	150	250	350	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	130	150	150	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	70	80	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	40	50	60	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	1300	1400	1500	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		600	700	800	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		400	500	600	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3
18.0	Медь, низколегир.	< 400	700	800	900	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	500	600	700	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	500	600	700	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	500	600	700	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	500	600	700	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	500	600	700	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	390	450	560	0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3
19.0	Графит		170	200	230	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45
20.0	Термопласт		1300	1400	1500	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3

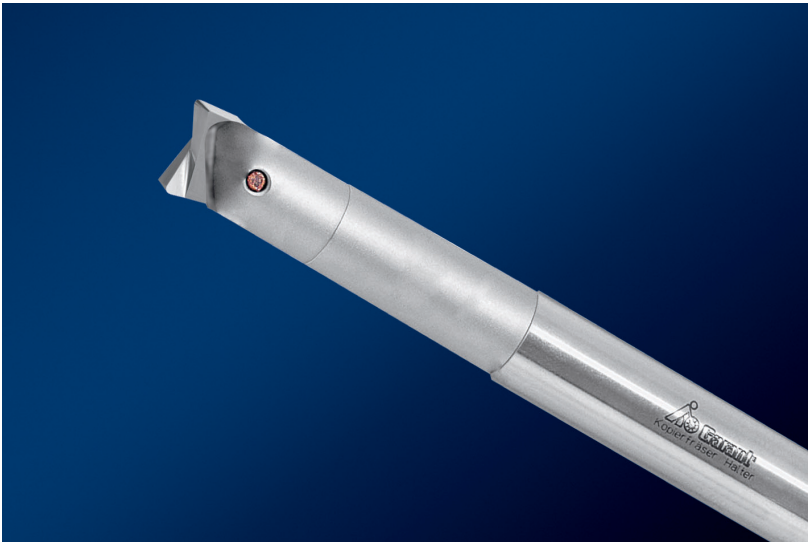
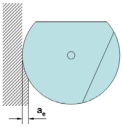
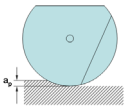


Таблица 8.70 GARANT – Универсальные фрезы – Сферические копировальные фрезы

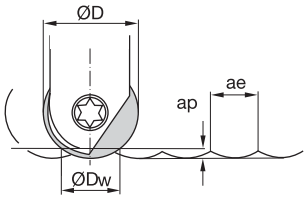
Каталож. № от 212800 до 212820



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания v_c [м/мин]			Подача f_z [мм/зуб] для Диаметр фрезы D [мм]					
		[Н/мм^2]	мин.	нач.	макс.	8	10	12	16	20	25
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	170	200	230	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	170	200	220	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
2.0	Автоматные стали	< 850	190	230	260	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	220	250	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	200	230	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	200	230	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	170	200	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	110	140	170	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	110	140	170	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	200	230	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	200	230	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	160	180	210	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15
7.0	Азотируемые стали	< 1000	160	180	210	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15
7.1	Азотируемые стали	> 1000	160	180	210	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15
8.0	Инструментал. стали	< 850	130	150	180	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	140	170	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	120	140	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	120	140	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	70	80	90	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	70	80	90	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	60	70	80	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
11.0	Износост. констр. стали	1350	110	140	170	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
11.1	Износост. констр. стали	1800	110	140	170	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
12.0	Пружинные стали	< 1500	110	140	170	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	140	160	180	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	140	160	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	100	120	140	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	140	160	180	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
14.0	Спец. сплавы	<1200	30	40	50	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
15.0	Чугун	< 180 HB	200	300	400	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25
15.1	Чугун	> 180 HB	180	280	350	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	150	250	350	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	130	150	150	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	70	80	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	40	50	60	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	1300	1400	1500	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		600	700	800	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		400	500	600	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
18.0	Медь, низколегир.	< 400	700	800	900	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	500	600	700	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	500	600	700	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	500	600	700	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	500	600	700	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	500	600	700	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	390	450	560	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2
19.0	Графит		200	300	400	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45
20.0	Термопласт		1300	1400	1500	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
20.1	Реактопласт		600	700	800	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2
20.2	Стекло- и углепластик		400	500	600	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2



Подача f_z [мм/зуб] для Диаметр фрезы D [мм]						Глубина резания	Ширина резания
8	10	12	16	20	25	$a_{p\ max}$ [мм]	$a_{e\ max}$ [мм]
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,25	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,25	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/15	D/15
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/20	D/20
0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	D/20	D/20
0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	D/20	D/20
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	D/20	D/20
0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	D/20	D/20
0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,25	D/20	D/20
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25	D/20	D/20
0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	D/20	D/20
0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	D/20	D/20
0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	D/20	D/20
0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	D/20	D/20
0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	D/20	D/20
0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,7	D/10	D/10
0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,7	D/10	D/10
0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,7	D/10	D/10
0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,7	D/10	D/10
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/10	D/10
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/10	D/10
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/10	D/10
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/15	D/15
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/15	D/15
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/15	D/15
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/15	D/15
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/15	D/15
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/15	D/15
0,125	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	D/20	D/20
0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	D/5	D/5
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/10	D/10
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/10	D/10
0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	D/10	D/10



Эффективный диаметр фрезы

Диаметр фрезы	Эффективный диаметр D_w [мм] При глубине резания a_p												
[мм]	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
8	1,8	2,5	3,0	3,9	5,3	6,2	–	–	–	–	–	–	–
10	2,0	2,8	3,4	4,4	6,0	7,1	8,0	–	–	–	–	–	–
12	2,2	3,1	3,7	4,8	6,6	7,9	8,9	9,7	–	–	–	–	–
16	2,5	3,6	4,3	5,6	7,7	9,3	10,6	11,6	12,5	–	–	–	–
20	2,8	4,0	4,9	6,2	8,7	10,5	12,0	13,2	14,3	15,2	16,0	–	–
25	3,2	4,5	5,4	7,0	9,8	11,9	13,6	15,0	16,2	17,3	18,3	19,2	20,0

Таблица 8.71 GARANT – Высокопроизводительные фрезы HPC

Каталож. № 212900; 212905; 212910

для сменной пластины XDLW 0703$a_{p\ max}$ = 0,85 мм
для сменной пластины XDLW 09T3$a_{p\ max}$ = 1,15 мм
для сменной пластины XDLW 1204$a_{p\ max}$ = 1,8 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Скорость резания v_c [м/мин]			Подача на зуб f_z [мм/зуб] до a_e = 0,5xD		
						WPL	WPL	WPL
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	XDLW 0703	XDLW 09T3	XDLW 1204
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	270	300	320	1,0	1,1	1,2
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	270	300	1,0	1,1	1,2
2.0	Автоматные стали	< 850	250	270	300	1,0	1,1	1,2
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	220	240	1,0	1,1	1,2
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	250	270	300	1,0	1,1	1,2
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	190	220	240	0,9	1,1	1,2
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	180	200	0,9	1,0	1,1
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150	180	200	0,9	1,0	1,1
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	130	160	180	0,9	1,0	1,1
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	250	270	300	1,0	1,1	1,2
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	220	240	1,0	1,1	1,2
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	130	160	180	0,9	1,0	1,1
7.0	Азотируемые стали	< 1000	150	180	200	0,9	1,0	1,1
7.1	Азотируемые стали	> 1000	130	160	180	0,9	1,0	1,1
8.0	Инструментал. стали	< 850	200	220	240	1,0	1,1	1,2
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	180	200	0,9	1,0	1,1
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	130	160	180	0,9	1,0	1,1
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	150	180	200	0,9	1,0	1,1
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	120	140	160	0,5	0,5	0,6
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	80	90	100	0,5	0,5	0,6
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	50	60	70	0,5	0,5	0,6
11.0	Износост. констр. стали	1350	140	160	180	0,9	1,0	1,1
11.1	Износост. констр. стали	1800	120	140	150	0,5	0,5	0,6
12.0	Пружинные стали	< 1500	140	160	170	0,9	1,0	1,1
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	220	250	270	1,0	1,1	1,2
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	220	250	270	1,0	1,1	1,2
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	220	250	270	1,0	1,1	1,2
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	150	175	190	1,0	1,1	1,2
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–			–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–			–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–			–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–			–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–			–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–			–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–			–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–			–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–			–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–			–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–			–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–			–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–			–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–			–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–			–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–			–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–			–	–	–
19.0	Графит		–			–	–	–
20.0	Термопласт		–			–	–	–
20.1	Реактопласт		–			–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–			–	–	–

Подача на зуб f_z [мм/зуб] до a_e = 0,3xD		
WPL XDLW 0703	WPL XDLW 09T3	WPL XDLW 1204
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,1	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,0	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
1,1	1,2	1,5
1,0	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
1,0	1,1	1,4
0,5	0,6	0,8
0,5	0,6	0,8
0,5	0,6	0,8
1,0	1,1	1,4
0,5	0,6	0,8
1,0	1,1	1,4
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
1,1	1,2	1,5
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–

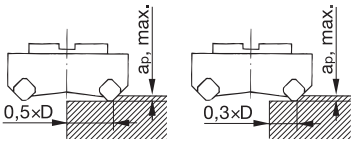
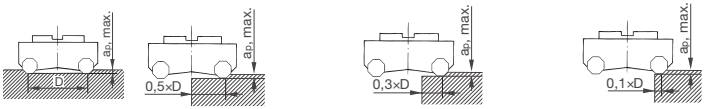


Таблица 8.72 GARANT – Торцовые фрезы 43°

Каталож. № 213300 для сменной пластины OFKX 0504

Полезных углов СМП 7: $a_{p\ max}$ = 3,5 мм
Полезных углов СМП 8: $a_{p\ max}$ = 2,2 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200	250	300	180	220	270
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	170	200	230	150	170	190
2.0	Автоматные стали	< 850	170	200	230	150	170	190
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150	180	220	140	160	180
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	250	300	180	220	270
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	170	200	230	150	170	190
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	180	220	140	160	180
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	140	170	200	120	150	180
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	110	135	160	100	120	140
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200	250	300	180	220	270
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	140	170	200	120	150	180
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	110	135	160	100	120	140
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	140	160	110	120	130
7.1	Азотируемые стали	> 1000	110	135	160	100	120	140
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	170	200	120	150	180
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	135	160	100	120	140
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	95	110	120	90	100	110
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	95	110	120	90	100	110
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		40	50	60
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		25	30	35
12.0	Пружинные стали	< 1500	110	135	160	100	120	140
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	200	220	240	70	90	100
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	200	220	240	70	90	100
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	140	160	180	60	75	90
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	130	145	160	60	70	80
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–		30	40	50
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	180	190	200	160	170	180
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	160	170	180	160	170	180
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	130	145	160	120	135	150
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	120	135	150	120	135	150
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		60	70	80
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		40	50	60
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	1200	1350	1500	1200	1350	1500
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		1000	1150	1300	1000	1150	1300
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		600	700	800	600	700	800
18.0	Медь, низколегир.	< 400	500	550	600	500	550	600
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	500	550	600	500	550	600
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	500	550	600	500	550	600
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	500	550	600	500	550	600
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	300	350	500	300	350	500
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	350	500	300	350	500
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	250	300	400	250	300	400
19.0	Графит		180	190	200		–	
20.0	Термопласт		1200	1350	1500	1200	1350	1500
20.1	Реактопласт		1000	1150	1300	1000	1150	1300
20.2	Стекло- и углепластик		600	700	800	600	700	800



Подача на зуб f_z [мм/зуб]												
до a_e = (0,5 ... 1)xD				до a_e = 0,3xD				до a_e = 0,1xD				
мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,35	–	**0,40**	–	0,45
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,35	–	**0,40**	–	0,45
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,35	–	**0,40**	–	0,45
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,35	–	**0,40**	–	0,45
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,12	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,25	–	**0,30**	–	0,35
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,35	–	**0,40**	–	0,45
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,25	–	**0,30**	–	0,35
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,25	–	**0,30**	–	0,35
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,25	–	**0,30**	–	0,35
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
	–		–			–		–			–		–	
	–		–			–		–			–		–	
	–		–			–		–			–		–	
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,25	–	**0,30**	–	0,35
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,26	0,30	–	**0,35**	–	0,40
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,17	–	**0,15**	–	0,18	0,22	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,25	–	**0,31**	–	0,35	0,40	–	**0,50**	–	0,60
0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,25	–	**0,31**	–	0,35	0,40	–	**0,50**	–	0,60
0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,25	–	**0,31**	–	0,35	0,40	–	**0,50**	–	0,60
0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,25	–	**0,31**	–	0,35	0,40	–	**0,50**	–	0,60
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,10	–	**0,15**	–	0,18	0,15	–	**0,20**	–	0,24	0,22	–	**0,28**	–	0,32
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30			**–**		
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50
0,15	–	**0,20**	–	0,25	0,20	–	**0,25**	–	0,30	0,30	–	**0,40**	–	0,50

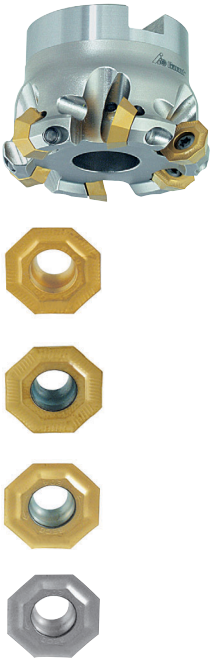
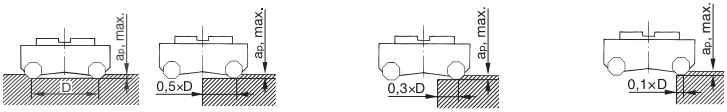


Таблица 8.73 GARANT – Высокопроизводительные торцовые насадные фрезы 45° HPC

Каталож. № 213370; 213375 **для сменной пластины HNGJ 0805**

f_z для a_p = 3 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	240	270	300	220	250	270
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	240	270	300	220	250	270
2.0	Автоматные стали	< 850	240	270	300	220	250	270
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	240	270	290	220	250	270
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	240	270	300	220	250	270
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	240	270	290	220	250	270
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	180	200	130	160	180
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150	180	200	130	160	180
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150	180	200	130	160	180
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	270	300	220	250	270
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	250	270	290	220	250	270
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150	180	200	130	160	180
7.0	Азотируемые стали	< 1000	160	180	200	130	160	180
7.1	Азотируемые стали	> 1000	160	180	200	130	160	180
8.0	Инструментал. стали	< 850	240	270	300	220	250	270
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	180	200	130	160	180
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	150	180	200	130	160	180
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	150	180	200	130	160	180
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	150	180	200	130	160	180
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	150	180	200	130	160	180
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	170	200	220	150	180	200
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	170	200	220	150	180	200
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	170	200	220	150	180	200
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	170	200	220	150	180	200
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–		30	50	50
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	290	320	340	270	300	320
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	270	300	320	270	300	320
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	250	280	300	230	260	280
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	230	260	280	230	260	280
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		60	70	80
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		40	50	60
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–	
19.0	Графит			–			–	
20.0	Термопласт			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–	



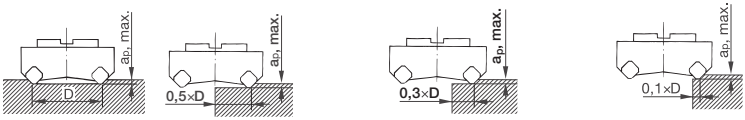
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,30	**0,35**	0,40
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,30	**0,35**	0,40
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,30	**0,35**	0,40
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,25	**0,30**	0,35
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,30	**0,35**	0,40
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,25	**0,30**	0,35
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,35
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,08	**0,12**	0,15	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,30	**0,35**	0,40
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,08	**0,12**	0,15	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,08	**0,12**	0,15	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,08	**0,12**	0,15	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,08	**0,12**	0,15	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,25	0,30	**0,35**	0,40
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,30	**0,35**	0,38
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,20**	0,23	0,25	**0,30**	0,32
0,08	**0,12**	0,15	0,12	**0,18**	0,20	0,20	**0,23**	0,25
0,06	**0,10**	0,12	0,10	**0,17**	0,20	0,20	**0,22**	0,25
0,15	**0,20**	0,23	0,23	**0,25**	0,30	0,35	**0,40**	0,45
0,15	**0,20**	0,23	0,23	**0,25**	0,30	0,35	**0,40**	0,45
0,15	**0,20**	0,23	0,23	**0,25**	0,28	0,35	**0,40**	0,45
0,15	**0,20**	0,23	0,23	**0,25**	0,28	0,35	**0,40**	0,45
0,06	**0,10**	0,12	0,10	**0,17**	0,20	0,20	**0,22**	0,25
0,06	**0,10**	0,12	0,10	**0,17**	0,20	0,20	**0,22**	0,25

Таблица 8.74 GARANT – Торцовые фрезы 45° MTC

Каталож. № **213700** **для сменной пластины SE..1203**
214200 **для сменной пластины SE..1204**

$a_{p\ max}$ = 3,5 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	220	235	250	200	215	230
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	250	275	300	200	215	230
2.0	Автоматные стали	< 850	230	250	270	200	225	250
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	220	240	270	190	215	230
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	230	260	180	205	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	190	220	250	175	200	215
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	175	200	140	160	180
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	190	220	250	175	200	215
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150	175	200	140	160	180
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200	230	260	180	205	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150	165	180	130	150	170
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	160	175	190	40	160	180
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	135	150	100	120	140
7.1	Азотируемые стали	> 1000	120	135	150	100	120	140
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	135	150	100	120	140
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	95	105	115	80	95	110
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	95	105	115	80	95	110
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	95	105	115	80	90	110
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	40	50	60	35	45	55
11.1	Износост. констр. стали	1800	25	30	35	20	25	30
12.0	Пружинные стали	< 1500	95	105	115	80	95	110
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	170	190	210	60	80	100
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	190	210	230	70	90	110
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	150	170	190	60	80	100
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	130	145	160	70	90	110
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–		35	45	55
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	220	235	250	190	210	230
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	115	130	145	95	115	130
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	220	235	250	190	210	225
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	200	220	240	180	200	220
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		65	80	95
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		55	65	75
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	600	725	850	600	725	850
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		400	500	600	400	500	600
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	350	500	250	350	500
18.0	Медь, низколегир.	< 400	500	550	600	500	550	600
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	500	550	600	500	550	600
18.2	Латунь, длиннструж.	< 600	500	550	600	500	550	600
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	500	550	600	500	550	600
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	300	350	500	300	350	500
18.5	Бронза, длиннструж.	< 850	300	350	500	300	350	500
18.6	Бронза, длиннструж.	850 – 1200	250	300	400	250	300	400
19.0	Графит		80	110	140		–	
20.0	Термопласт		600	725	850	600	725	850
20.1	Реактопласт		400	500	600	400	500	600
20.2	Стекло- и углепластик		250	350	500	250	350	500



Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,18	**0,21**	0,24	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,18	**0,21**	0,24	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,18	**0,21**	0,24	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,27	**0,30**	0,33
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,30**	0,33
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,33
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,33
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,17	**0,20**	0,23	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,15	**0,20**	0,25	0,18	**0,23**	0,28		**–**	
0,12	**0,15**	0,18	0,15	**0,17**	0,19		**–**	
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,13	**0,16**	0,19	0,19	**0,22**	0,25	0,24	**0,28**	0,32
0,25	**0,29**	0,33	0,25	**0,29**	0,33	0,25	**0,29**	0,33
0,18	**0,21**	0,24	0,18	**0,21**	0,24	0,18	**0,28**	0,24
0,25	**0,29**	0,33	0,25	**0,29**	0,33	0,25	**0,29**	0,33
0,18	**0,21**	0,24	0,18	**0,21**	0,24	0,18	**0,28**	0,24
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,16	**0,19**	0,22	0,22	**0,26**	0,30	0,32	**0,34**	0,36
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,15	**0,20**	0,25	0,25	**0,30**	0,35		**–**	
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46

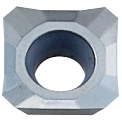
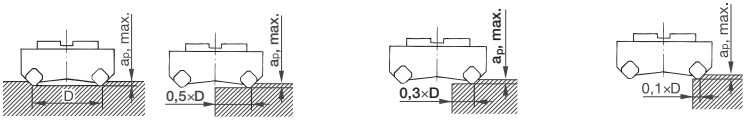


Таблица 8.75 GARANT – Торцовые фрезы -45°

Каталож. № 214395; 214400 для сменной пластины SDH..0903

$a_{p\ max}$ = 3 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	280	350	400	250	270	300
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	230	250	280	200	230	250
2.0	Автоматные стали	< 850	300	350	400	250	270	300
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	220	235	250	220	235	250
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	240	255	270	200	220	240
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	210	230	260	200	220	240
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	190	210	230	180	190	200
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	145	165	190	110	135	155
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	130	155	175	100	125	145
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	255	270	200	220	240
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	205	230	160	180	200
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	140	160	180	120	140	160
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	140	160	110	130	150
7.1	Азотируемые стали	> 1000	100	125	150	80	100	125
8.0	Инструментал. стали	< 850	170	190	220	150	170	190
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	180	210	130	150	170
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	130	160	80	105	135
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	90	115	140	70	95	120
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	80	90	100	60	70	80
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	100	130	160	80	100	120
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	220	260	300	100	130	160
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	160	195	230	60	90	120
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	130	165	200	60	80	100
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	110	130	150	80	100	120
14.0	Спец. сплавы	<1200		–		40	50	65
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	240	270	300	240	270	300
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	200	235	270	200	235	270
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	215	250	180	215	250
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	120	150	180	120	150	180
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		80	90	100
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		40	50	65
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	1000	1500	2000	1000	1500	2000
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		800	1000	2000	800	1000	2000
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		200	500	800	200	500	800
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	550	800	300	550	800
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200	300	400	200	300	400
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200	300	400	200	300	400
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200	300	400	200	300	400
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	180	250	300	180	250	300
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	150	220	280	150	220	280
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	50	60	70	50	60	70
19.0	Графит		240	270	300		–	
20.0	Термопласт		1000	1500	2000	1000	1500	2000
20.1	Реактопласт		800	1000	2000	800	1000	2000
20.2	Стекло- и углепластик		200	500	800	200	500	800



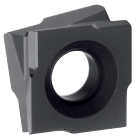
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,15	**0,20**	0,25	0,21	**0,26**	0,31	0,25	**0,32**	0,36
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,15	**0,20**	0,25	0,21	**0,26**	0,31	0,25	**0,32**	0,36
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,18	**0,23**	0,28
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
	–			**–**			**–**	
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,15	**0,20**	0,25	0,21	**0,26**	0,31	0,25	**0,32**	0,36
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,10	**0,15**	0,20	0,15	**0,20**	0,25	0,20	**0,25**	0,28
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,20	**0,23**	0,26	0,29	**0,33**	0,37	0,38	**0,42**	0,46
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32
0,15	**0,20**	0,25	0,21	**0,26**	0,31	0,25	**0,32**	0,36
0,13	**0,18**	0,23	0,18	**0,23**	0,28	0,23	**0,28**	0,32

Таблица 8.76 GARANT – Высокопроизводительные тангенциальные торцовые насадные фрезы 70° HPC

Каталож. № 214490; 214495 для сменной пластины SPHX 1205..
$a_{p\ max}$ = 5,5 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500		–			–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	220	240	160	200	220
2.0	Автоматные стали	< 850	180	220	240	160	200	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	220	240	160	200	220
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	220	240	160	200	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	180	220	240	160	200	220
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	160	200	220	140	180	200
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	160	200	220	140	180	200
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	140	180	200	120	160	180
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	220	240	160	200	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	180	220	240	160	200	220
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	140	180	200	120	160	180
7.0	Азотируемые стали	< 1000	160	200	220	140	180	200
7.1	Азотируемые стали	> 1000	140	180	200	120	160	180
8.0	Инструментал. стали	< 850	180	220	240	160	200	220
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	160	200	220	140	180	200
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	140	180	200	120	160	180
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	160	200	220	140	180	200
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	140	180	200	120	160	180
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	140	180	200	120	160	180
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–			–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–			–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		–			–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100		–			–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	260	300	320	240	280	300
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	240	280	300	220	260	280
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	220	240	160	200	220
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	160	200	220	140	180	200
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–	
19.0	Графит			–			–	
20.0	Термопласт			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–	

Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
	a_e = 1xD a_p = 3 мм			a_e = 0,75xD a_p = 5,5 мм		
мин.	нач.		макс.	мин.	нач.		макс.
	–				–		
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,26
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
	–				–		
	–				–		
	–				–		
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
	–				–		
0,10	– **0,15**	–	0,18	0,15	– **0,20**	–	0,23
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,20
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,20
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,20
0,12	– **0,18**	–	0,20	0,18	– **0,23**	–	0,20
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		
	–				–		



Ø резания	Макс. наруж. Ø [мм]
50	54,7
63	67,7
80	84,6
100	104,6
125	129,6
160	164,5

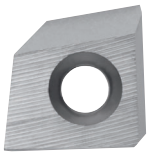
Таблица 8.77 GARANT – Высокопроизводительные тангенциальные торцовые насадные фрезы 70° HPC

Каталож. № **214550** **для сменной пластины BGHX 15L5**

$a_{p\ max}$ = 5,5 мм **при фрезерования пазов (a_e = 1 x D)**

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Сухая обработка						Обработка с СОЖ					
			v_c						v_c					
			HU 7710			HB 7510			HU 7710			HB 7510		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–			–			–			–		
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–			–			–			–		
2.0	Автоматные стали	< 850	–			–			–			–		
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–			–			–			–		
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–			–			–			–		
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–			–			–			–		
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–			–			–			–		
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–			–			–			–		
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–			–			–			–		
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–			–			–			–		
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–			–			–			–		
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–			–			–			–		
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–			–			–			–		
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–			–			–			–		
8.0	Инструментал. стали	< 850	–			–			–			–		
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–			–			–			–		
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–			–			–			–		
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–			–			–			–		
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–			–			–			–		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–			–			–			–		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–			–			–			–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	–			–			–			–		
11.1	Износост. констр. стали	1800	–			–			–			–		
12.0	Пружинные стали	< 1500	–			–			–			–		
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–			–			–			–		
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–			–			–			–		
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–			–			–			–		
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–			–			–			–		
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–			–			–			–		
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–			–			–			–		
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–			–			–			–		
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–			–			–			–		
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–			–			–			–		
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–			–			–			–		
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–			–			–			–		
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	450	– **500**	– 550	800	– **900**	– 1000	400	– **450**	– 500	700	– **800**	– 900
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		450	– **500**	– 550	550	– **600**	– 650	400	– **450**	– 500	500	– **550**	– 600
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	– **300**	– 350	300	– **350**	– 400	220	– **270**	– 320	260	– **310**	– 350
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–			–			–			–		
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–			–			–			–		
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–			–			–			–		
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–			–			–			–		
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–			–			–			–		
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–			–			–			–		
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–			–			–			–		
19.0	Графит		–			–			–			–		
20.0	Термопласт		–			–			–			–		
20.1	Реактопласт		–			–			–			–		
20.2	Стекло- и углепластик		–			–			–			–		

Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
	a_e = 1xD a_p = 3 мм			a_e = 0,75xD a_p = 5,5 мм				
	мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,25	–	**0,28**	–	0,30
	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,25	–	**0,28**	–	0,30
	0,20	–	**0,25**	–	0,28	0,25	–	**0,28**	–	0,30
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			
		–					–			



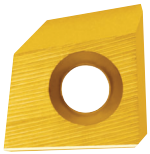


Таблица 8.78 GARANT – Высокопроизводительные тангенциальные насадные фрезы для обработки уступов 90° HPC

Каталож. № **214705; 214735** **для сменной пластины SPHX 1205..**

$a_{p\ max}$ = 6 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–			–		
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	190	220	240	170	200	220
2.0	Автоматные стали	< 850	190	220	240	170	200	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	190	220	240	170	200	220
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	190	220	240	170	200	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	190	220	240	170	200	220
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	170	200	220	150	180	200
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	170	200	220	150	180	200
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150	180	200	130	160	180
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	190	220	240	170	200	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	190	220	240	170	200	220
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150	180	200	130	160	180
7.0	Азотируемые стали	< 1000	170	200	220	150	180	200
7.1	Азотируемые стали	> 1000	150	180	200	130	160	180
8.0	Инструментал. стали	< 850	190	220	240	170	200	180
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	170	200	220	150	180	200
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	150	180	200	130	160	180
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	170	200	220	150	180	200
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–			–		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–			–		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–			–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	150	180	200	130	160	180
11.1	Износост. констр. стали	1800	–			–		
12.0	Пружинные стали	< 1500	150	180	200	130	160	180
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–			–		
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–			–		
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–			–		
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–			–		
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–			–		
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	350	375	390	330	360	380
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	340	365	380	310	340	360
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	190	220	240	170	200	220
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	180	210	230	160	190	210
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–			–		
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–			–		
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–			–		
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–			–		
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–			–		
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–			–		
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–			–		
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–			–		
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–			–		
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–			–		
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–			–		
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–			–		
19.0	Графит		–			–		
20.0	Термопласт		–			–		
20.1	Реактопласт		–			–		
20.2	Стекло- и углепластик		–			–		

Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
	a_e = 1xD a_p = 3 мм				a_e = 0,75xD a_p = 3 мм			
мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.
	–					–			
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,15	–	**0,20**	–	0,23	0,20	–	**0,25**	–	0,28
	–					–			
	–					–			
	–					–			
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
	–					–			
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
0,12	–	**0,18**	–	0,20	0,18	–	**0,23**	–	0,25
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			
	–					–			

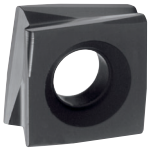


Таблица 8.79 GARANT – Насадные фрезы для обработки уступов 90°

Каталож. № 214800 для сменной пластины MPHX 1104..

$a_{p\ max}$ = 4,2 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	240	270	290	220	250	270
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	190	220	240	170	200	220
2.0	Автоматные стали	< 850	190	220	240	170	200	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	170	200	220	150	180	200
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	190	220	240	170	200	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	170	200	220	150	180	200
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000		–			–	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000		–			–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		–			–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	190	220	240	170	200	220
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	170	200	220	150	180	200
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000		–			–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–			–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000		–			–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	170	200	220	150	180	200
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100		–			–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–			–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	170	200	220	150	180	200
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	170	200	220	150	180	200
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	170	200	220	150	180	200
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	130	160	180	110	140	160
14.0	Спец. сплавы	< 1200	13	17	19	12	15	17
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	13	17	19	12	15	17
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	13	17	19	12	15	17
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	460	500	530	460	500	530
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		340	380	400	340	380	400
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		210	250	280	210	250	280
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–	
19.0	Графит			–			–	
20.0	Термопласт			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–	

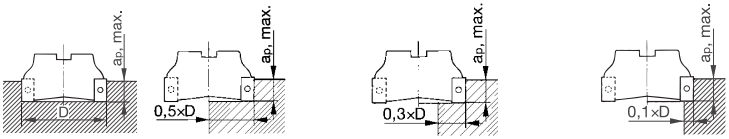
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
	a_e = 1xD a_p = 3 мм				a_e = 0,75xD a_p = 4,2 мм			
мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
		–					–		
		–					–		
		–					–		
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
		–					–		
		–					–		
		–					–		
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
0,06	–	**0,10**	–	0,15	0,10	–	**0,15**	–	0,20
		–			0,06	–	**0,10**	–	0,15
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–			0,06	–	**0,10**	–	0,15
		–			0,06	–	**0,10**	–	0,15
0,10	–	**0,15**	–	0,20	0,15	–	**0,20**	–	0,25
0,10	–	**0,15**	–	0,20	0,15	–	**0,20**	–	0,25
0,10	–	**0,15**	–	0,20	0,15	–	**0,20**	–	0,25
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		
		–					–		

Таблица 8.80 GARANT – Концевые фрезы 90°

Каталож. № 215045; 215050 для сменной пластины SOMT 09T3

a_p max = 5 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	220	250	300	200	220	270
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	160	180	220	120	160	190
2.0	Автоматные стали	< 850	180	240	260	150	210	240
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	240	260	160	220	240
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	140	170	200	120	150	180
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	170	200	120	150	180
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	140	170	200	120	150	180
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	140	170	200	120	150	180
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	140	170	200	120	150	180
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	160	180	220	140	160	180
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	140	170	200	120	150	180
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	120	140	180	100	120	160
7.0	Азотируемые стали	< 1000	140	170	200	120	150	180
7.1	Азотируемые стали	> 1000	120	140	180	100	120	160
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	170	200	120	150	180
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	90	110	130	80	90	110
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	90	110	130	80	90	110
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	90	110	130	80	90	110
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	40	60	80	40	50	70
11.1	Износост. констр. стали	1800	30	50	70	30	40	60
12.0	Пружинные стали	< 1500	40	60	80	40	50	70
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	220	250	300	90	110	130
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	160	180	220	60	80	120
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	100	120	140	60	70	80
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	80	100	120	40	50	60
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	230	250	200	230	250
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	180	200	230	180	200	230
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	200	230	250	200	230	250
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	180	200	230	180	200	230
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	50	60	80	50	60	80
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	30	40	55	30	40	55
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	300	600	1000	300	600	1000
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		200	500	900	200	500	900
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		200	400	700	200	400	700
18.0	Медь, низколегир.	< 400	200	450	800	200	450	800
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200	400	700	200	400	700
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200	400	700	200	400	700
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200	400	700	200	400	700
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	200	400	700	200	400	700
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	200	400	700	200	400	700
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	200	400	700	200	400	700
19.0	Графит		180	200	230		–	
20.0	Термопласт		300	600	1000	300	600	1000
20.1	Реактопласт		200	500	900	200	500	900
20.2	Стекло- и углепластик		200	400	700	200	400	700



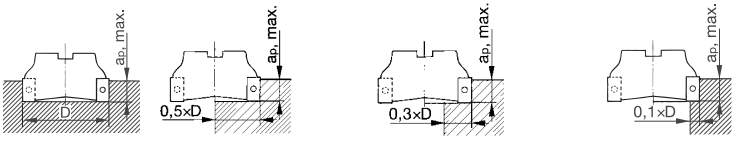
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,12**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,12**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,12**	0,18	0,14	**0,18**	0,25
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
0,06	**0,11**	0,15	0,08	**0,12**	0,15	0,10	**0,18**	0,22
	–			**–**			**–**	
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,12**	0,14
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25
0,08	**0,12**	0,18	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,20**	0,25

Таблица 8.81 GARANT – Концевые фрезы 90°

Каталож. № 215098; 215099; 215100 для сменной пластины AP..1604

a_p max = 7 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Сухая обработка v_c [м/мин]			Обработка с СОЖ v_c [м/мин]		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	225	250	275	200	230	250
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200	220	240	160	180	200
2.0	Автоматные стали	< 850	200	220	240	160	180	200
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	220	240	160	180	200
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	165	185	200	150	170	180
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	165	185	200	150	170	180
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	155	175	190	140	170	170
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	155	175	190	140	160	170
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	155	175	190	140	160	170
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	225	250	275	200	230	250
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	155	175	190	140	160	170
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	155	175	190	140	160	170
7.0	Азотируемые стали	< 1000	155	175	190	140	160	170
7.1	Азотируемые стали	> 1000	120	140	160	100	120	140
8.0	Инструментал. стали	< 850	155	175	190	140	160	170
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	120	140	160	100	120	140
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	90	110	125	75	90	110
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	90	110	125	75	90	110
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	30	40	45	25	30	40
11.1	Износост. констр. стали	1800	25	35	45	20	25	35
12.0	Пружинные стали	< 1500	30	40	45	25	30	40
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	190	210	230	100	120	140
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	180	200	220	80	100	120
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	160	180	200	70	90	110
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	150	170	190	70	90	110
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	40	45	25	30	40
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	220	240	260	200	220	240
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	120	140	160	100	120	150
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	220	240	260	200	220	240
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	120	140	160	100	120	150
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	30	40	45	30	40	45
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	25	35	45	25	35	45
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	600	700	800	600	700	800
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		400	500	700	400	500	700
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		200	350	500	200	350	500
18.0	Медь, низколегир.	< 400	400	500	700	400	500	700
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	500	600	700	500	600	700
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	500	600	700	500	600	700
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	500	600	700	500	600	700
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	400	500	700	400	500	700
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	300	400	500	300	400	500
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	300	400	500	300	400	500
19.0	Графит		300	400	500		–	
20.0	Термопласт		600	700	800	600	700	800
20.1	Реактопласт		400	500	700	400	500	700
20.2	Стекло- и углепластик		200	350	500	200	350	500



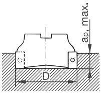
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,08	**0,12**	0,16	0,10	**0,15**	0,20	0,14	**0,21**	0,28
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,08	**0,12**	0,16	0,10	**0,15**	0,20	0,14	**0,21**	0,28
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,08	**0,11**	0,16	0,10	**0,12**	0,20	0,14	**0,18**	0,28
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,08	**0,12**	0,16	0,10	**0,15**	0,20	0,14	**0,21**	0,28
0,08	**0,11**	0,14	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,19**	0,24
0,08	**0,11**	0,14	0,10	**0,14**	0,18	0,14	**0,19**	0,24
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,16	0,14	**0,17**	0,20
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,16	0,14	**0,17**	0,20
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,16	0,14	**0,17**	0,20
0,10	**0,13**	0,16	0,13	**0,17**	0,21	0,17	**0,22**	0,28
0,10	**0,13**	0,16	0,13	**0,17**	0,21	0,17	**0,22**	0,28
0,09	**0,12**	0,14	0,13	**0,16**	0,19	0,17	**0,21**	0,25
0,09	**0,11**	0,12	0,12	**0,14**	0,15	0,17	**0,19**	0,21
0,06	**0,08**	0,10	0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,14**	0,18
0,08	**0,13**	0,18	0,10	**0,17**	0,24	0,14	**0,23**	0,32
0,08	**0,13**	0,18	0,10	**0,17**	0,24	0,14	**0,23**	0,32
0,08	**0,13**	0,18	0,10	**0,17**	0,24	0,14	**0,23**	0,32
0,08	**0,13**	0,18	0,10	**0,17**	0,24	0,14	**0,23**	0,32
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,16	0,14	**0,17**	0,20
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,16	0,14	**0,17**	0,20
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31
0,10	**0,14**	0,18	0,13	**0,18**	0,23	0,17	**0,24**	0,31

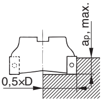
Таблица 8.82 GARANT – Высокопроизводительные концевые фрезы 90° MTC

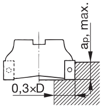
Каталож. № 215155; 215157; 215160 для сменной пластины APMT1805

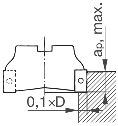
a_p max = 9 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	230	**260**	280	220	**240**	260
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220	**240**	260	200	**220**	240
2.0	Автоматные стали	< 850	220	**240**	260	200	**220**	240
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	**220**	240	180	**200**	220
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	220	**240**	260	200	**220**	240
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	**220**	240	180	**200**	220
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	140	**160**	180	120	**140**	160
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	140	**160**	180	120	**140**	160
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	110	**135**	150	100	**120**	140
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	220	**240**	260	200	**220**	240
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	**220**	240	180	**200**	220
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	110	**135**	150	100	**120**	140
7.0	Азотируемые стали	< 1000	140	**160**	180	120	**140**	160
7.1	Азотируемые стали	> 1000	110	**135**	150	100	**120**	140
8.0	Инструментал. стали	< 850	200	**220**	240	180	**200**	220
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	140	**160**	180	120	**140**	160
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	110	**135**	150	100	**120**	140
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	140	**160**	180	120	**140**	160
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	110	**130**	150	100	**120**	140
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	110	**130**	150	100	**120**	140
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	160	**180**	200	140	**160**	180
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	160	**180**	200	140	**160**	180
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	160	**180**	200	140	**160**	180
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	140	**160**	180	120	**140**	160
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.			–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si			–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–	
19.0	Графит			–			–	
20.0	Термопласт			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–	









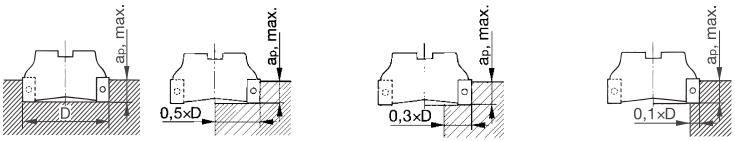
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
	–			–			–	
0,08 –	**0,12** –	0,15	0,12 –	**0,15** –	0,20	0,15 –	**0,20** –	0,28
0,10 –	**0,15** –	0,18	0,15 –	**0,20** –	0,25	0,20 –	**0,25** –	0,30
0,10 –	**0,15** –	0,18	0,15 –	**0,20** –	0,25	0,20 –	**0,25** –	0,30
0,10 –	**0,15** –	0,18	0,15 –	**0,20** –	0,25	0,20 –	**0,25** –	0,30
0,10 –	**0,15** –	0,18	0,15 –	**0,20** –	0,25	0,20 –	**0,25** –	0,30
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 8.83 GARANT – Концевые фрезы 90° MTC

Каталож. № 215180 для сменной пластины ANGT 1606

$a_{p\ max}$ = 6 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин]			Обработка с СОЖ v_c [м/мин]		
			мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	310	**330**	350	290	**310**	330
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	210	**250**	290	210	**230**	250
2.0	Автоматные стали	< 850	300	**320**	340	280	**300**	330
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	300	**320**	340	280	**300**	330
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	250	**270**	290	230	**250**	280
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	220	**250**	280	210	**230**	260
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	220	**250**	280	210	**230**	260
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	220	**240**	260	200	**210**	240
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	220	**240**	260	200	**210**	240
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	**270**	300	230	**250**	280
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	130	**160**	190	120	**140**	160
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	130	**160**	190	120	**140**	160
7.0	Азотируемые стали	< 1000	140	**180**	220	140	**160**	180
7.1	Азотируемые стали	> 1000	130	**160**	190	130	**140**	160
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	**180**	220	140	**160**	180
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	130	**160**	190	120	**140**	160
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	110	**130**	150	90	**110**	130
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	110	**130**	150	90	**110**	130
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		**–**			**–**	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		**–**			**–**	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		**–**			**–**	
11.0	Износост. констр. стали	1350	40	**50**	60	40	**50**	60
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	**30**	40	20	**30**	40
12.0	Пружинные стали	< 1500	110	**130**	150	110	**130**	150
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	140	**160**	180	90	**105**	120
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	180	**220**	260	120	**140**	170
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	**150**	180	80	**100**	120
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	90	**120**	150	60	**80**	100
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	**40**	45	35	**48**	60
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	280	**310**	340	260	**300**	320
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	250	**280**	310	230	**270**	300
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	220	**240**	280	200	**230**	260
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	120	**180**	240	100	**170**	220
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		**–**		65	**75**	85
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		**–**		65	**75**	85
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	900	**1000**	1100	900	**1000**	1100
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		600	**700**	900	600	**700**	900
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		400	**600**	750	400	**600**	750
18.0	Медь, низколегир.	< 400	750	**850**	950	750	**850**	950
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	750	**850**	950	750	**850**	950
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	750	**850**	950	750	**850**	950
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	750	**850**	950	750	**850**	950
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	650	**700**	750	650	**700**	750
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	650	**700**	750	650	**700**	750
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	600	**650**	700	600	**650**	700
19.0	Графит		75	**100**	125		**–**	
20.0	Термопласт		900	**1000**	1100	900	**1000**	1100
20.1	Реактопласт		600	**700**	900	600	**700**	900
20.2	Стекло- и углепластик		600	**650**	750	600	**650**	750



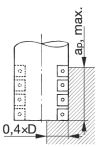
Подача на зуб f_z [мм/зуб]									
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19	0,18	**0,20**	0,22
0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19	0,18	**0,20**	0,22
0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19	0,18	**0,20**	0,22
0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17	0,17	**0,19**	0,21
0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19	0,18	**0,20**	0,22
0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19	0,18	**0,20**	0,22
0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17	0,17	**0,19**	0,21
0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17	0,17	**0,19**	0,21
0,09	**0,11**	0,13	0,12	**0,14**	0,16	0,16	**0,18**	0,20
0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19	0,18	**0,20**	0,22
0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17	0,17	**0,19**	0,21
0,09	**0,11**	0,13	0,12	**0,14**	0,16	0,16	**0,18**	0,20
0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17	0,17	**0,19**	0,21
0,09	**0,11**	0,13	0,12	**0,14**	0,16	0,16	**0,18**	0,20
0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17	0,17	**0,19**	0,21
0,09	**0,11**	0,13	0,12	**0,14**	0,16	0,16	**0,18**	0,20
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,06	**0,08**	0,10	0,08	**0,11**	0,14	0,11	**0,14**	0,17
0,05	**0,06**	0,07	0,08	**0,09**	0,10	0,10	**0,11**	0,12
0,09	**0,11**	0,13	0,12	**0,14**	0,16	0,16	**0,18**	0,20
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,07	**0,09**	0,11	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,07	**0,09**	0,11	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,16**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19

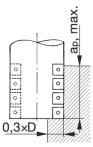
Таблица 8.84 GARANT – Концевые фрезы MTC (кукурузные фрезы)

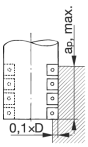
Каталож. № 215240; 215260 для сменной пластины ANGT 1606

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин]			Обработка с СОЖ v_c [м/мин]		
			мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	260	**280**	300	240	**260**	280
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	160	**200**	240	150	**180**	200
2.0	Автоматные стали	< 850	250	**270**	290	220	**250**	270
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	250	**270**	290	220	**250**	270
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	**220**	240	170	**200**	220
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	170	**200**	230	150	**180**	200
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	170	**200**	230	150	**180**	200
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	170	**200**	230	150	**180**	200
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	**200**	230	150	**180**	200
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	260	**280**	300	240	**260**	280
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	130	**160**	190	120	**140**	160
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	130	**160**	190	120	**140**	160
7.0	Азотируемые стали	< 1000	140	**180**	220	140	**160**	190
7.1	Азотируемые стали	> 1000	130	**160**	190	120	**140**	160
8.0	Инструментал. стали	< 850	140	**180**	220	140	**160**	190
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	130	**160**	190	120	**140**	180
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	110	**130**	150	90	**110**	140
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	110	**130**	150	90	**110**	140
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		**–**			**–**	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		**–**			**–**	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		**–**			**–**	
11.0	Износост. констр. стали	1350	40	**50**	60	30	**40**	50
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	**30**	40	20	**25**	35
12.0	Пружинные стали	< 1500	130	**160**	190	120	**140**	170
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	140	**160**	180	60	**80**	100
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	180	**220**	260	70	**90**	110
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	**150**	180	60	**80**	100
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	90	**120**	150	70	**90**	110
14.0	Спец. сплавы	< 1200	30	**40**	50	38	**48**	58
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	200	**220**	240	180	**200**	220
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	140	**160**	180	120	**140**	160
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	140	**160**	180	120	**140**	160
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	**140**	160	100	**120**	140
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		**–**			**–**	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		**–**			**–**	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	900	**1000**	1100	900	**1000**	1100
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		600	**700**	900	600	**700**	900
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		400	**600**	750	400	**600**	750
18.0	Медь, низколегир.	< 400	750	**850**	950	750	**850**	950
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	750	**850**	950	750	**850**	950
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	750	**850**	950	750	**850**	950
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	750	**850**	950	750	**850**	950
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	650	**700**	750	650	**700**	750
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	650	**700**	750	650	**700**	750
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	600	**650**	700	600	**650**	700
19.0	Графит		75	**100**	125		**–**	
20.0	Термопласт		900	**1000**	1100	900	**1000**	1100
20.1	Реактопласт		600	**700**	900	600	**700**	900
20.2	Стекло- и углепластик		400	**600**	750	400	**600**	750

Внимание: требуется станок достаточной мощности (см. также главу «Фрезерование», раздел 3)!







Подача на зуб f_z [мм/зуб]

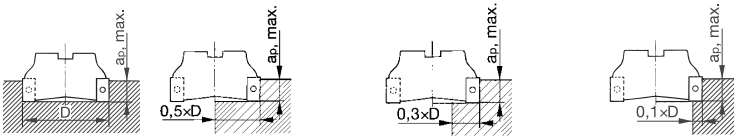
до a_e = 0,4xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23	0,22	– **0,24**	– 0,26
0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23	0,22	– **0,24**	– 0,26
0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23	0,22	– **0,24**	– 0,26
0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20	0,20	– **0,23**	– 0,25
0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23	0,22	– **0,24**	– 0,26
0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23	0,22	– **0,24**	– 0,26
0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20	0,20	– **0,23**	– 0,25
0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20	0,20	– **0,23**	– 0,25
0,11	– **0,13**	– 0,16	0,14	– **0,17**	– 0,19	0,19	– **0,22**	– 0,24
0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23	0,22	– **0,24**	– 0,26
0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20	0,20	– **0,23**	– 0,25
0,11	– **0,13**	– 0,16	0,14	– **0,17**	– 0,19	0,19	– **0,22**	– 0,24
0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20	0,20	– **0,23**	– 0,25
0,11	– **0,13**	– 0,16	0,14	– **0,17**	– 0,19	0,19	– **0,22**	– 0,24
0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20	0,20	– **0,23**	– 0,25
0,11	– **0,13**	– 0,16	0,14	– **0,17**	– 0,19	0,19	– **0,22**	– 0,24
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
0,07	– **0,10**	– 0,12	0,10	– **0,13**	– 0,17	0,13	– **0,17**	– 0,20
0,06	– **0,07**	– 0,08	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
0,11	– **0,13**	– 0,16	0,14	– **0,17**	– 0,19	0,19	– **0,22**	– 0,24
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
	–			–			–	
	–			–			–	
0,08	– **0,11**	– 0,13	0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,08	– **0,11**	– 0,13	0,12	– **0,14**	– 0,17	0,16	– **0,18**	– 0,20
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23
0,10	– **0,12**	– 0,14	0,13	– **0,16**	– 0,18	0,18	– **0,20**	– 0,23

Таблица 8.85 GARANT – Концевые фрезы 90° MTC

Каталож. № 215380; 215400 для сменной пластины ANGT 1003

$a_{p\ max}$ = 4,2 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	260	280	220	240	260
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	170	200	230	160	180	200
2.0	Автоматные стали	< 850	240	260	270	220	240	260
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	240	260	270	220	240	260
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	210	230	170	190	210
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	170	200	220	160	180	200
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	170	200	220	160	180	200
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	170	190	210	159	170	190
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	170	190	210	150	170	190
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	230	250	260	215	235	255
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	110	130	150	100	110	130
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	110	130	150	100	110	130
7.0	Азотируемые стали	< 1000	110	140	170	100	120	140
7.1	Азотируемые стали	> 1000	110	130	150	100	110	130
8.0	Инструментал. стали	< 850	110	150	180	110	130	160
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	90	110	150	90	100	130
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	90	150	150	90	100	130
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	90	110	120	90	100	110
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	30	40	50	30	35	45
11.1	Износост. констр. стали	1800	20	30	40	20	25	35
12.0	Пружинные стали	< 1500	70	90	120	70	80	100
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	150	180	210	100	120	140
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	110	130	150	70	85	100
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	90	120	150	60	80	95
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	70	100	120	45	65	80
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	220	250	270	220	230	250
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	200	230	250	200	210	230
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	190	230	180	170	200
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	150	190	100	130	160
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–		50	60	70
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–		40	50	60
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	700	800	1100	700	800	1100
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		450	550	700	450	550	700
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		300	500	600	300	500	600
18.0	Медь, низколегир.	< 400	600	700	800	600	700	800
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	600	700	800	600	700	800
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	600	700	800	600	700	800
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	600	700	800	600	700	800
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	500	550	600	500	550	600
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	500	550	600	500	550	600
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	450	500	550	450	500	550
19.0	Графит		70	90	110		–	
20.0	Термопласт		700	800	1100	700	800	1100
20.1	Реактопласт		450	550	700	450	550	700
20.2	Стекло- и углепластик		300	500	600	300	500	600



Подача на зуб f_z [мм/зуб]

до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
	–			**–**			**–**	
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,12	0,10	**0,12**	0,14
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,04	**0,06**	0,08	0,11	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,08	**0,10**	0,12	0,07	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23

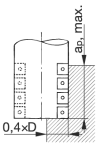
Таблица 8.86 GARANT – Концевые фрезы 90° MTC (кукурузные фрезы)

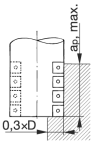
Каталож. № 215500; 215550

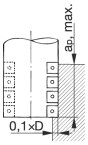
$a_{p\ max}$ = 4,2 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	180 – 200 – 220			160 – 180 – 200		
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	160 – 180 – 200			140 – 160 – 180		
2.0	Автоматные стали	< 850	180 – 200 – 200			160 – 180 – 200		
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	160 – 180 – 200			140 – 160 – 180		
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	170 – 190 – 210			140 – 160 – 180		
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	160 – 180 – 200			130 – 150 – 170		
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	140 – 160 – 180			120 – 140 – 160		
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 140 – 160			100 – 120 – 140		
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	110 – 130 – 150			90 – 110 – 130		
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	170 – 190 – 210			140 – 160 – 180		
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	160 – 180 – 200			120 – 140 – 160		
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	140 – 160 – 180			120 – 130 – 150		
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120 – 140 – 170			110 – 130 – 150		
7.1	Азотируемые стали	> 1000	110 – 125 – 140			90 – 110 – 130		
8.0	Инструментал. стали	< 850	130 – 150 – 170			120 – 140 – 160		
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	120 – 140 – 160			110 – 130 – 150		
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	90 – 110 – 130			60 – 90 – 110		
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	80 – 100 – 120			60 – 90 – 110		
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–			–		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–			–		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–			–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	60 – 80 – 100			–		
11.1	Износост. констр. стали	1800	–			–		
12.0	Пружинные стали	< 1500	–			–		
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–			–		
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–			–		
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–			–		
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–			–		
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–			–		
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–			–		
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–			–		
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–			–		
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–			–		
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–			–		
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–			–		
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	250 – 280 – 300			250 – 280 – 300		
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		250 – 280 – 300			250 – 280 – 300		
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		220 – 240 – 270			220 – 240 – 270		
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–			–		
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	–			–		
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–			–		
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	–			–		
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	–			–		
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–			–		
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–			–		
19.0	Графит		–			–		
20.0	Термопласт		–			–		
20.1	Реактопласт		–			–		
20.2	Стекло- и углепластик		–			–		

Внимание: требуется станок достаточной мощности (см. также главу «Фрезерование», раздел 3)!







Подача на зуб f_z [мм/зуб]

до a_e = 0,4xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,09	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,09	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,09	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–		0,11	– **0,12**	– 0,13
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

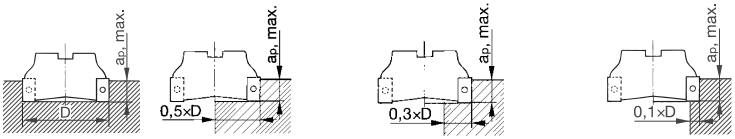
Таблица 8.87 GARANT – Концевые фрезы 90° MTC

Каталож. № 215800; 215840; 215850; 215870для сменной пластины AP.T 1003

a_p max = 4,8 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин]			Обработка с СОЖ v_c [м/мин]		
			мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	260	300	330	160	180	220
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	220	250	270	140	160	180
2.0	Автоматные стали	< 850	260	300	330	160	180	220
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	180	200	230	140	160	180
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	240	250	270	140	160	180
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	210	240	260	130	150	170
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	190	210	230	120	140	160
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	140	160	200	120	140	160
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120	140	170	110	130	150
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	240	250	270	140	160	180
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	140	160	200	120	140	160
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	120	140	170	120	130	150
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	140	170	120	130	150
7.1	Азотируемые стали	> 1000	110	130	150	110	125	140
8.0	Инструментал. стали	< 850	170	190	220	120	140	160
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	140	160	200	110	130	150
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	100	125	150	90	110	130
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	90	120	140	80	100	120
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–		60	80	100
11.1	Износост. констр. стали	1800		–		30	40	60
12.0	Пружинные стали	< 1500	100	125	150	100	125	150
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	200	240	260	100	120	140
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	160	180	230	60	90	110
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	160	180	200	60	90	120
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	140	160	180	80	80	100
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–		35	45	55
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	230	250	280	230	250	280
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	200	220	250	200	220	250
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	180	200	220	180	200	220
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	120	150	180	120	150	180
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	70	100	60	70	100
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	40	50	70	40	50	70
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	500	700	1300	500	700	1300
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		300	600	1000	300	600	1000
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		300	400	800	300	400	800
18.0	Медь, низколегир.	< 400	300	400	800	300	400	800
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	300	400	800	300	400	800
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200	300	600	200	300	600
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200	300	600	200	300	600
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	160	200	240	160	200	240
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	160	200	240	160	200	240
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	60	70	100	60	70	100
19.0	Графит		160	200	240		–	
20.0	Термопласт		500	700	1300	500	700	1300
20.1	Реактопласт		300	600	1000	300	600	1000
20.2	Стекло- и углепластик		300	400	800	300	400	800

Примечание — См. также таблицу для циркулярного расточного фрезерования



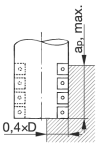
Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = (0,5 ... 1)xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
	–			**–**			**–**	
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,13**	0,15
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,08	**0,10**	0,12	0,12	**0,15**	0,17	0,15	**0,17**	0,19
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,06	**0,08**	0,10	0,10	**0,12**	0,14	0,13	**0,15**	0,17
0,05	**0,07**	0,09	0,08	**0,10**	0,13	0,10	**0,12**	0,14
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,13	**0,15**	0,18
0,04	**0,06**	0,08	0,07	**0,09**	0,12	0,09	**0,12**	0,13
0,08	**0,10**	0,12	0,11	**0,13**	0,15	0,15	**0,17**	0,19
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23
0,10	**0,12**	0,15	0,12	**0,15**	0,20	0,13	**0,20**	0,23

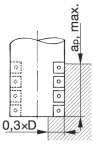
Таблица 8.88 GARANT – Концевые фрезы 90° MTC (кукурузные фрезы)

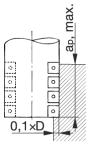
Каталож. № 215860 для сменной пластины AP.T 1003

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	180	200	220	160	180	200
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	160	180	200	140	160	180
2.0	Автоматные стали	< 850	180	200	220	160	180	200
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	160	180	200	140	160	180
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	170	190	210	140	160	180
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	160	180	200	130	150	170
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	140	160	180	120	140	160
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120	140	160	100	120	140
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	110	130	150	90	110	130
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	170	190	210	140	160	180
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	160	180	200	120	140	160
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	140	160	180	120	130	150
7.0	Азотируемые стали	< 1000	120	140	170	110	130	150
7.1	Азотируемые стали	> 1000	110	125	140	90	110	130
8.0	Инструментал. стали	< 850	130	150	170	120	140	160
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	120	140	160	110	130	150
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	60	130	110	90	110	130
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	80	100	120	60	90	110
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	60	80	100		–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	90	110	130	90	110	130
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	140	160	180	80	100	130
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	140	160	70	90	120
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	100	120	140	60	80	100
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	100	120	140	60	80	100
14.0	Спец. сплавы	< 1200	25	40	60		–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	170	190	210	170	190	210
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	140	160	180	140	160	180
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	130	150	170	130	150	170
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	110	130	150	110	130	150
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–		250	280	300
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		250	280	300	250	280	300
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		220	240	270	220	240	270
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		200	220	250
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	300	320	350	300	320	350
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		200	220	250
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–	
19.0	Графит			–			–	
20.0	Термопласт			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–	

Внимание: требуется станок достаточной мощности (см. также главу «Фрезерование», раздел 3)!







Подача на зуб f_z [мм/зуб]

до a_e = 0,4xD			до a_e = 0,3xD			до a_e = 0,1xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–		0,11	– **0,12**	– 0,13
	–			–			–	
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13
	–			–		0,09	– **0,10**	– 0,11
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
0,09	– **0,10**	– 0,11	0,10	– **0,12**	– 0,13	0,12	– **0,13**	– 0,15
	–			–			–	
	–			–			–	
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
	–			–			–	
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
	–			–			–	
	–			–			–	
0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,15	0,15	– **0,16**	– 0,17
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 8.89 GARANT – Фрезы для изготовления фасок 15°, 30°, 45°, 60°, 75°

Каталож. № 215096 для сменной пластины AP..1604

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	160	**180**	200	140	**160**	180
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	140	**160**	180	130	**140**	160
2.0	Автоматные стали	< 850	160	**180**	200	140	**160**	180
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	140	**160**	180	130	**140**	160
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150	**170**	190	130	**140**	160
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	**160**	180	120	**140**	150
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	130	**140**	160	110	**130**	140
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	130	**140**	160	110	**130**	140
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120	**130**	150	100	**120**	140
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	150	**170**	190	130	**140**	160
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	140	**160**	180	110	**130**	140
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	130	**140**	160	110	**120**	140
7.0	Азотируемые стали	< 1000	110	**130**	150	100	**120**	140
7.1	Азотируемые стали	> 1000	100	**110**	130	80	**100**	120
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	**140**	150	110	**130**	140
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	**130**	140	100	**120**	140
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	**100**	120	50	**80**	100
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	70	**90**	110	50	**80**	100
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		**–**			**–**	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		**–**			**–**	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		**–**			**–**	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	**70**	90		**–**	
11.1	Износост. констр. стали	1800		**–**			**–**	
12.0	Пружинные стали	< 1500	80	**100**	120	80	**100**	120
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	130	**140**	160	70	**90**	120
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	110	**130**	140	60	**80**	110
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	90	**110**	130	50	**70**	90
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	90	**110**	130	50	**70**	90
14.0	Спец. сплавы	< 1200	20	**40**	50		**–**	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	150	**170**	190	150	**170**	190
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	130	**140**	160	130	**140**	160
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	**140**	150	120	**140**	150
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	**120**	140	100	**120**	140
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		**–**			**–**	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		**–**			**–**	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		**–**		230	**250**	270
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		230	**250**	270	230	**250**	270
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		200	**220**	240	200	**220**	240
18.0	Медь, низколегир.	< 400		**–**		180	**200**	230
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		**–**			**–**	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	270	**290**	320	270	**290**	320
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		**–**			**–**	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		**–**			**–**	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		**–**		180	**200**	230
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		**–**			**–**	
19.0	Графит			**–**			**–**	
20.0	Термопласт			**–**			**–**	
20.1	Реактопласт			**–**			**–**	
20.2	Стекло- и углепластик			**–**			**–**	

Подача на зуб f_z [мм/зуб]									
до $a_e = {}^3/_3$ xD			до $a_e = {}^2/_3$ xD			до $a_e = {}^1/_3$ xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,01	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–		0,09	– **0,10**	– 0,10
	–			–			–	
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
0,05	– **0,06**	– 0,07	0,07	– **0,08**	– 0,09	0,09	– **0,10**	– 0,10
	–			–		0,07	– **0,08**	– 0,09
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
0,07	– **0,08**	– 0,09	0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,10**	– 0,12
	–			–			–	
	–			–			–	
0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
	–			–			–	
0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
	–			–			–	
	–			–			–	
0,08	– **0,10**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,12	0,12	– **0,13**	– 0,14
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 8.90 GARANT – Фрезы для изготовления фасок 15°, 30°, 45°, 60°, 75°

Каталож. № 215795 для сменной пластины APT 1003

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Сухая обработка v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.	Обработка с СОЖ v_c [м/мин] мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	160	180	200	140	160	180
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	140	160	180	130	140	160
2.0	Автоматные стали	< 850	160	180	200	140	160	180
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	140	160	180	130	140	160
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150	170	190	130	140	160
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	140	160	180	120	140	150
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	130	140	160	110	130	140
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	130	140	160	110	130	140
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120	130	150	100	120	130
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	150	170	190	130	140	160
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	140	160	180	110	130	140
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	130	140	160	110	120	140
7.0	Азотируемые стали	< 1000	110	130	150	100	120	140
7.1	Азотируемые стали	> 1000	100	110	130	80	100	120
8.0	Инструментал. стали	< 850	120	140	150	110	130	140
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	110	130	140	100	120	140
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	100	120	50	80	100
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	70	90	110	50	80	100
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	70	90		–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	80	100	120	80	100	120
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	130	140	160	70	90	120
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	110	130	140	60	80	110
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	90	110	130	50	70	90
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	90	110	130	50	70	90
14.0	Спец. сплавы	< 1200	20	40	50		–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	170	190	210	170	190	210
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	140	160	180	140	160	180
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	130	150	170	130	150	170
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	110	130	150	110	130	150
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350		–		230	250	270
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		230	250	270	230	250	270
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		200	220	240	200	220	240
18.0	Медь, низколегир.	< 400		–		180	200	230
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	270	290	320	270	290	320
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850		–		180	200	230
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200		–			–	
19.0	Графит			–			–	
20.0	Термопласт			–			–	
20.1	Реактопласт			–			–	
20.2	Стекло- и углепластик			–			–	

Внимание: требуется станок достаточной мощности (см. также главу «Фрезерование», раздел 3)!

Подача на зуб f_z [мм/зуб]								
до a_e = 3/3xD			до a_e = 2/3xD			до a_e = 1/3xD		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
0,055	– **0,07**	– 0,10	0,08	– **0,09**	– 0,10	0,10	– **0,11**	– 0,11
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–		0,10	– **0,11**	– 0,11
	–			–			–	
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
	–			–		0,08	– **0,09**	– 0,10
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
0,08	– **0,09**	– 0,10	0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,11**	– 0,13
	–			–			–	
	–			–			–	
0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,155
0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,155
0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,155
0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,155
	–			–			–	
0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,155
	–			–			–	
	–			–			–	
0,09	– **0,11**	– 0,11	0,11	– **0,12**	– 0,13	0,13	– **0,14**	– 0,155
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	
	–			–			–	

Таблица 8.91 GARANT – Фрезы для изготовления фасок 45°

Каталож. № 216100 для сменной пластины SDL.. 0903

Число зубьев 1 или 2

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	v_c	Размер 8			Размеры 16 и 25			СОЖ
				f	n	v_f	f	n	v_f	
			[м/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	[мм/об]	[об/мин]	[мм/мин]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,08	5684	455	0,12	3061	367	эмульсия
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
2.0	Автоматные стали	< 850	250	0,08	5684	455	0,12	3061	367	эмульсия
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	0,10	4547	455	0,14	2449	343	эмульсия
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
7.0	Азотируемые стали	< 1000	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
7.1	Азотируемые стали	> 1000	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
8.0	Инструментал. стали	< 850	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150	0,10	3411	341	0,14	1836	257	эмульсия
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	120	0,08	2728	205	0,10	1469	147	эмульсия
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	100	0,09	2274	205	0,12	1224	147	эмульсия
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–		–			–		–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–		–			–		–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–			–		–
11.0	Износост. констр. стали	1350	50	0,06	1137	68	0,08	612	49	эмульсия
11.1	Износост. констр. стали	1800	–		–			–		–
12.0	Пружинные стали	< 1500	50	0,06	1137	68	0,08	612	49	эмульсия
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	160	0,08	3638	273	0,10	1959	196	эмульсия
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	0,08	2728	205	0,10	1469	147	эмульсия
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	0,08	2728	205	0,10	1469	147	эмульсия
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	100	0,08	2274	171	0,10	1224	122	эмульсия
14.0	Спец. сплавы	< 1200	50	0,06	1137	68	0,08	1224	49	эмульсия
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	150	0,10	3411	682	0,24	1836	441	сухая обр.
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	150	0,10	3411	682	0,24	1836	441	сухая обр.
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	0,15	2728	409	0,20	1469	294	эмульсия
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	0,10	2274	227	0,14	1224	171	эмульсия
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	100	0,10	2274	227	0,12	1224	147	эмульсия
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	100	0,10	2274	227	0,12	1224	147	эмульсия
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	250	0,10	5684	568	0,14	3061	429	эмульсия
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		250	0,10	5684	568	0,14	3061	429	эмульсия
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		120	0,13	2728	341	0,16	1469	235	эмульсия
18.0	Медь, низколегир.	< 400	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	250	0,15	5684	853	0,18	3061	551	эмульсия
19.0	Графит		–		–			–		–
20.0	Термопласт		250	0,10	5684	568	0,14	3061	429	эмульсия
20.1	Реактопласт		250	0,10	5684	568	0,14	3061	429	эмульсия
20.2	Стекло- и углепластик		120	0,13	2728	341	0,16	1469	235	эмульсия

Примечание — Значения частоты вращения n и скорости подачи vf действительны для среднего диаметра отверстия.

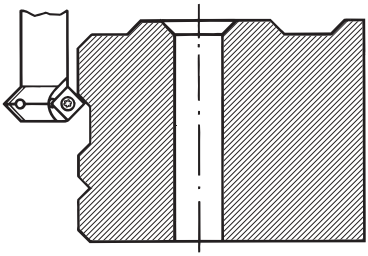
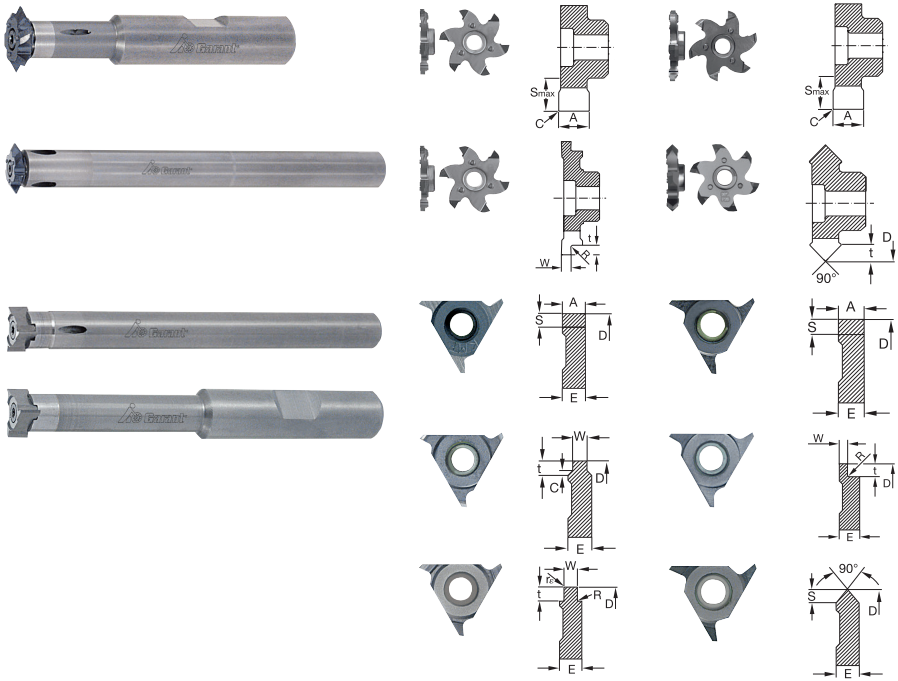


Таблица 8.92 GARANT – Циркулярная фреза с многогранными и треугольными СМП

Каталож. № 217250; 217252; 217400; 217405

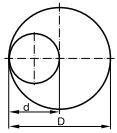
Примечание — Для твердосплавных фрез подачу на зуб fz следует умножить на следующий коэффициент:
Исполнение L (длинные): f_z x 0,5
Исполнение XL (особо длинные): f_z x 0,4

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Многогранные СМП P16/P26			Треугольные СМП 04, 03, 02, 01		
			v_c	f_z [мм/зуб]		v_c	f_z [мм/зуб]	
		[Н/мм²]	[м/мин]	мин.	макс.	[м/мин]	мин.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	250	0,05	0,25	260	0,05	0,12
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	180	0,05	0,25	220	0,05	0,12
2.0	Автоматные стали	< 850	180	0,05	0,25	220	0,05	0,12
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120	0,05	0,25	180	0,05	0,12
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	180	0,05	0,25	220	0,05	0,12
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120	0,05	0,25	180	0,05	0,12
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120	0,05	0,25	100	0,05	0,12
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100	0,05	0,25	100	0,05	0,12
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	0,05	0,25	80	0,05	0,12
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	180	0,05	0,25	220	0,05	0,12
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120	0,05	0,25	180	0,05	0,12
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80	0,05	0,25	80	0,05	0,12
7.0	Азотируемые стали	< 1000	100	0,05	0,25	100	0,05	0,12
7.1	Азотируемые стали	> 1000	80	0,05	0,25	80	0,05	0,12
8.0	Инструментал. стали	< 850	100	0,05	0,25	180	0,05	0,12
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100	0,05	0,25	100	0,05	0,12
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	0,05	0,25	80	0,05	0,12
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	120	0,05	0,25	100	0,05	0,12
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	60	0,05	0,15	60	0,05	0,10
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	45	0,05	0,10	45	0,05	0,08
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	30	0,05	0,08	30	0,05	0,08
11.0	Износост. констр. стали	1350	80	0,05	0,15	80	0,05	0,12
11.1	Износост. констр. стали	1800	60	0,05	0,15	60	0,05	0,12
12.0	Пружинные стали	< 1500	80	0,05	0,15	80	0,03	0,08
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	120	0,05	0,15	130	0,05	0,12
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	120	0,05	0,15	130	0,05	0,12
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	120	0,05	0,15	130	0,05	0,12
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	120	0,05	0,15	120	0,05	0,12
14.0	Спец. сплавы	< 1200	60	0,05	0,15	100	0,05	0,12
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	140	0,05	0,25	140	0,05	0,12
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	120	0,05	0,25	120	0,05	0,12
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	120	0,05	0,25	120	0,05	0,12
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100	0,05	0,25	100	0,05	0,12
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	60	0,01	0,08	100	0,01	0,05
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	60	0,01	0,08	100	0,01	0,05
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400	0,15	0,40	600	0,05	0,25
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		300	0,15	0,40	500	0,05	0,25
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		250	0,15	0,40	400	0,05	0,25
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–			–	
19.0	Графит		–	–			–	
20.0	Термопласт		–	–			–	
20.1	Реактопласт		–	–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		–	–			–	

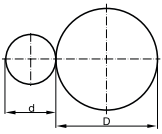


Циркулярное фрезерование с использованием многогранных и треугольных СМП

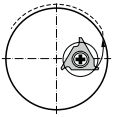
Внутреннее фрезерование



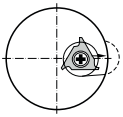
Наружное фрезерование



Врезание по дуге

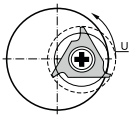


Прямое врезание



Запрограммированная тангенциальная подача относительно середины инструмента

Эффективная подача относительно наруж. Ø инструмента



Информация

Идеальное соотношение диаметров отверстия инструмента 2:1 и обеспечивает уменьшение угла обхвата и, тем самым, ровное движение инструмента. Рекомендуется попутное фрезерование.

По возможности врезание всегда следует производить по дуге. При прямом врезании использовать только 1/3 подачи и только после достижения глубины прорезания обрабатывать с полной подачей.

Всегда следить за фактической подачей (эффективной подачей) по наружному диаметру инструмента.

Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания. Точение и накатка рифлений 653
Обзор инструментов для точения 654
Пластины HPC и MTC для токарных резцов 655

1 **Способы обработки точением 656**

2 **Параметры резания и стружкообразования при обработке точением 657**

3 **Силы и потребляемая мощность при обработке точением 658**

4 **Расчёт основного машинного времени при обработке точением 659**
4.1 Основное машинное время при продольном точении 659
4.2 Основное машинное время при торцевом точении 660

5 **Токарные инструменты 661**
5.1 Цельные токарные инструменты 661
5.1.1 Токарные резцы из быстрорежущей стали 661
5.1.2 Токарные резцы с твердосплавными напайными пластинами 661
5.1.3 Форма рабочей части резца 661
5.2 Державки для СМП и сменные многогранные пластины (СМП) 662
5.2.1 Державки для СМП 662
5.2.2 Сменные многогранные пластины 664
5.2.3 Стружколомы и стружкоотводные ступеньки 668

6 **Растачивание 671**

7 **Обработка отрезными и прорезными резцами 672**

8 **Чистовое точение с использованием сменных многогранных пластин 673**

9 **Токарно-сверлильный инструмент GARANT «5 в 1» 674**

10 **Чистовое точение сменными цельнотвердосплавными резцами (Komet UniTurn) 675**

11 **Решение проблем 676**
11.1 Решение проблем при обработке точением 676
11.2 Решение проблем при обработке канавочными и отрезными резцами 677

12 **Применение токарных инструментов GARANT 678**
12.1 Обработка нержавеющих сталей 678
12.2 Обработка прорезными резцами 679
12.3 Чистовое точение 680

13 **Накатывание рифлений 681**
13.1 Стандарты накаток и накатных профилей 681
13.2 Выбор материала накаток 683
13.3 Способы накатывания рифлений 685
13.3.1 Формирование рифлений (обработка давлением) 687
13.3.2 Фрезерование рифлений 689
13.4 Руководства по эксплуатации фрезеровальных накаток 690
13.5 Руководство по эксплуатации накатного инструмента с ClickPin 700

14 **Ориентировочные режимы резания, точение и накатывание 701**

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания. Точение и накатка рифлений

Способ обработки точением	Обработка		№ табл.	С.
Токарная обработка 0°	CNM..	Твёрдый сплав, кермет	9.9	702
	DNMG	Твёрдый сплав, кермет	9.10	704
	KNUX	Твёрдый сплав	9.11	706
	SNMG	Твёрдый сплав	9.12	708
	VNMG	Твёрдый сплав, кермет	9.13	709
	TNMG	Твёрдый сплав	9.14	710
	WNMG	Твёрдый сплав, кермет	9.15	712
	CNMA, DNMA, VNMA	КНБ	9.16	714
	CNGN, DNGN, SNGN, TNGN	Керамика	9.17	716
Токарная обработка 7°	CC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.18	718
	DC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.19	720
	SC.T	Твёрдый сплав	9.20	722
	TC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.21	724
	VC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.22	726
	CCMW, DCMW	КНБ	9.23	728
Резцы GARANT для чистового точения с использованием СМП 7° /11° / 15°			9.24	730
Чистовое точение сменными цельнотвердосплавными резцами Komet UniTurn			9.25	732
Отрезка			9.27	736
Накатывание рифлений – обработка давлением			9.28	738
Фрезерование рифлений – обработка резанием			9.29	740

Вид обработки	№ табл.	С.
Растачивание (см. главу «Сверление»)	3.46	282
	3.47	284
	3.48	286
	3.49	288
	3.50	290
Нарезание резьбы резьбовыми резцами (см. главу «Нарезание резьбы»)	4.13	335

Обзор пластин для токарных резцов / отрезных пластин

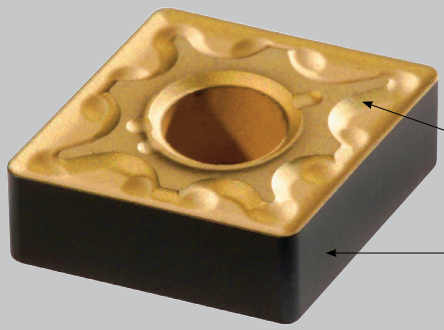
Garant | HOLEX | SECO | Обзор – токарные СМП / отрезные СМП | Информация

	Код ISO	Артикульный №
	CCGT	260220–260496 284220–284232
	CCMT	260580–261661 263965–264005 284048–284160
	CCMW	265290–265450
	CDCT	268520–268540
	CNGN	255800–255804
	CNMA	255390–255460
	CNMG	250180–251774 255365–255377 280121–280173 280230–280234 280250–280275
	CNMM	251820–252061 280178–280183 280238
	DCGT	262020–262186 284237 284380–284388
	DCMT	262250–262610 264015–264045 284241–284362
	DCMW	265490–265587
	DNGN	255810–255814
	DNMA	255500–255514
	DNMG	252480–253716 280331–280426 280497–280533
	DNMM	280461–280463
	GCCT	268590–268600
	GPCT	268560–268570
	KNUX	253721–253765
	LCGA	277250
	LCGN	277226–277228 277241–277243
	LCMF	274010–274730 275910–276080 277200–277215 277230–277235
	LCMR	274800–274814 276082–276089

	Артикульный №
	SCGT 262611–262635
	SCMT 262636–262651
	SNGN 255822–255824
	SNMG 253911–254036 280601–280636 280681–280686 280780–280785
	SNMM 254045–254051 280643–280646 280757
	TCGT 262660–262736 284580–284592
	TCMT 262800–263065 284472–284552
	TDAT 268620–268640
	TNGN 255830–255834
	TNMG 254190–254270 280841–280876 280919–280935
	TNMM 280883–280885
	T.. Нарезание резьбы резцом 60°метр. полный профиль 270700–270730 270750–270776 60° метр. неполный проф. 270740–270749 270790–270797 55° полный профиль 270800–270805 270820–270834 55° неполный профиль 270810–270815 270840–270847 Трапец. резьба полн. проф. 270850–270884
	T.. Профильное точение для стопорных колец DIN 471/472, 271005–271015 для колец круглого сечения DIN 7993 271025–271035
	VBMT 284624–284649
	VCGT 263318–263472
	VCMT 263520–263961 264080–264090
	VNMA 255695–255720
	VNMG 254501–254517
	WCHX 268910–268962
	WNMG 254701–255015 255381 281099–281413
	X..Отрезные пластины 273100–273210 278000–278120

Пластины HPC и MTC для токарных резцов

HPC для стали



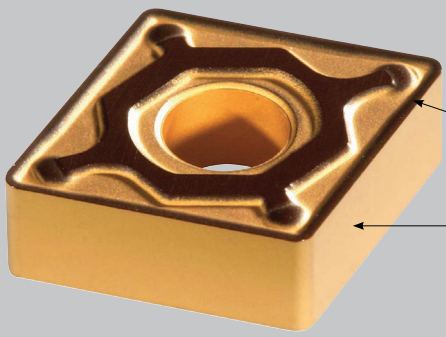
HB 7010 сорт твердого сплава

Специальное 2-компонентное покрытие методом CVD - комбинированное гальваническое покрытие TiN в области стружколома и исключительно износостойкое покрытие Al_2O_3 на задней поверхности для высокопроизводительного резания.

золотой = специальный верхний слой TiN:
- предотвращает нарост на режущей кромке
- устойчивость к истиранию
- оптимальный отвод стружки

тёмный = нанопокрытие Al_2O_3:
- дополнительное полирование
- снижение коэффициента трения
- очень высокая износостойкость

HPC для нержавеющих сталей



V4F V4M Стружколом

Специальные стружколомы и специальное многослойное покрытие методом PVD для высокопроизводительного резания нержавеющих и кислотостойких сталей.

тёмный = нанопокрытие Al_2O_3:
- высокая твёрдость
- высокая износостойкость
- оптимальный отвод стружки

золотой = специальный верхний слой TiCN:
- большой период стойкости
- устойчивость к истиранию

MTC для стали и нержавеющих сталей

UNI Стружколом

Очень прочная пластина с **большими стружколомами с позитивной геометрией,** которые обеспечивают **очень мягкий рез** и одновременно **снижение силы резания** для снижения вибраций **при нестабильных условиях обработки.**

Нанопокрытие:
- многослойное, с зацеплением
- высокая износостойкость

Специальная геометрия:
- мягкий рез
- для нестабильных условий обработки

1 Способы обработки точением

В соответствии со стандартом DIN 8589, часть 1, способы обработки точением с точки зрения

- чистоты получаемой поверхности,
- формы инструмента, а также
- кинематики процесса резания

подразделяются следующим образом:

- В зависимости от расположения поверхности обработки: наружное точение, растачивание
- В зависимости от характера обрабатываемой поверхности: обтачивание цилиндрических поверхностей, торцевое точение, обработка отверстий, обработка эксцентрических тел вращения, обработка профилей, обработка фасонных поверхностей
- В зависимости от направления подачи: продольное точение, поперечное точение

Кроме этого в зависимости от чистоты обработки поверхности различают черновое, получистовое, чистовое и тонкое точение. На *рис. 9.1* представлены некоторые способы обработки точением в соответствии со стандартом DIN 8589.

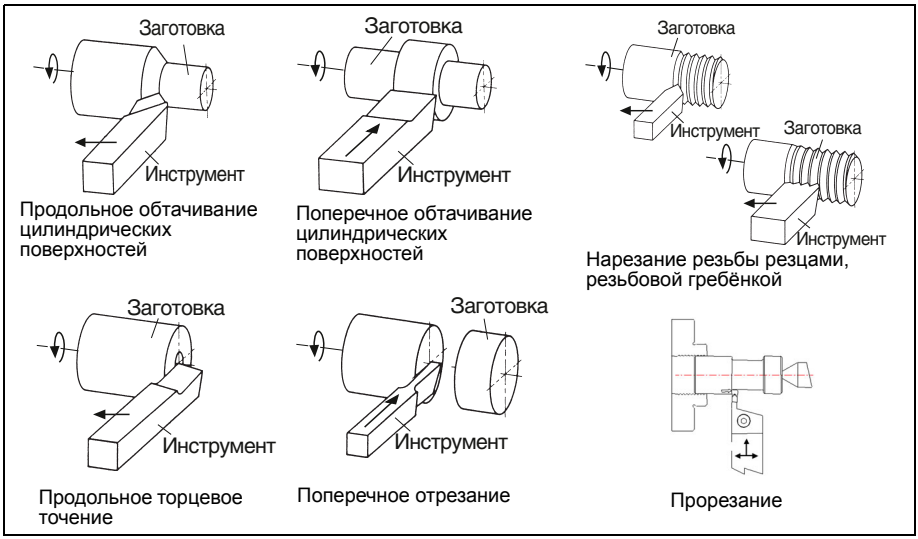


Рис. 9.1 Способы обработки точением (примеры) по стандарту DIN 8589, часть 1

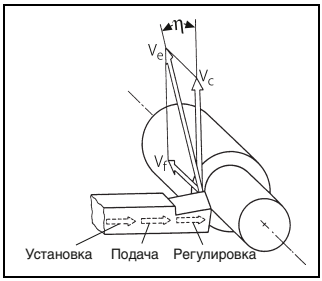
2 Параметры резания и стружкообразования при обработке точением

Скорость резания v_c создаётся за счёт вращения заготовки с частотой *n*. Скорость резания имеет место в точке режущей кромки, удаленной на d/2 от оси обточки. Она по-разному распределяется по всей заготовке. В направлении центра заготовки по мере уменьшения диаметра происходит её снижение (это необходимо учитывать в первую очередь при торцевом точении). Если требуется поддержание постоянной скорости резания, частоту вращения *n* надлежит соответственно изменить (отрегулировать).

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

(уравн. 9.1)

v_c Скорость резания [м/мин]
D Диаметр заготовки [мм]
n Частота вращения [об/мин]



v_c Скорость резания
v_f Скорость подачи
v_e Скорость результирующего движения резания
h Угол скорости резания

Рис. 9.2 Скорости главного движения и движения подачи при обработке точением

Скорость подачи v_f характеризуется следующей зависимостью:

$$v_f = f_z \cdot n$$

(уравн. 9.2)

v_f Скорость подачи [мм/мин]
f Подача [мм/об]
n Частота вращения [об/мин]

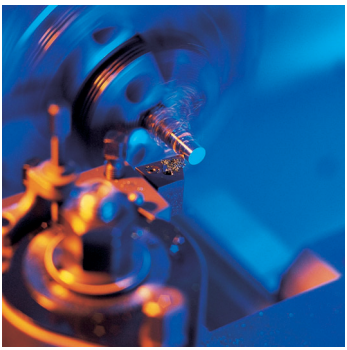


Рис. 9.3 Обработка твёрдых материалов

На *рис. 9.4* показано **поперечное сечение стружки *A***. Оно представляет собой поперечное сечение материала, снимаемого за один проход режущего инструмента. При этом логическая связь между регулируемыми параметрами настройки станка (a_p и f) и технологическими параметрами (b и h) определяется углом в плане k (см. также уравн. 3.3–3.5).

$$A = f \cdot a_p = b \cdot h$$

f	Подача	(уравн. 9.3)
a_p	Глубина резания	
b	Ширина стружки	
h	Толщина стружки	

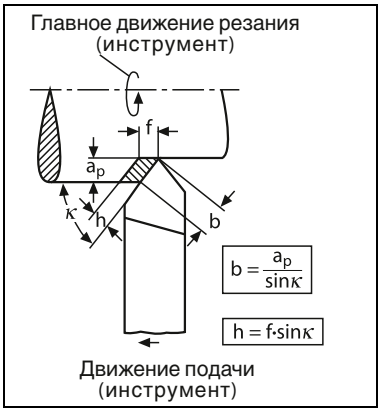


Рис. 9.4 Условия врезания при продольном обтачивании цилиндрической поверхности

Имеют место также следующие зависимости:

$$b = \frac{a_p}{\sin k}$$

b	Ширина стружки [мм]	(уравн. 9.4)
a_p	Глубина резания [мм]	
k	Угол зацепления	

$$h = f \cdot \sin k$$

h	Толщина стружки [мм]	(уравн. 9.5)
f	Подача [мм]	

3 Силы и потребляемая мощность при обработке точением

Расчёты силы резания, а также соответствующих критериев мощности представлены в главе «Теоретические основы», раздел 1.4.

4 Расчёт основного машинного времени при обработке точением

Общее уравнение для определения основного машинного времени t_h:

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$$

t_h	Основное машинное время [мин]	
L	Общее перемещение инструмента [мм]	(уравн. 9.6)
i	Число резов	
f	Подача [мм/об]	
n	Частота вращения [об/мин]	

4.1 Основное машинное время при продольном точении

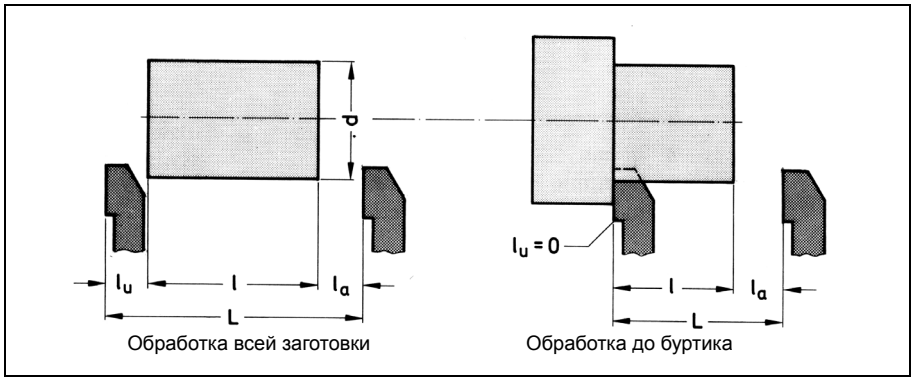


Рис. 9.5 Врезание, перебег и общее перемещение при продольном обтачивании цилиндрической поверхности

Для **общего перемещения *L*** в данном случае действительно следующее:

$$L = l + l_a + l_u$$

l	Длина заготовки [мм]	
l_a	Врезание [мм]	(уравн. 9.7)
l_u	Длина перебега [мм]	

Действительно: $l_a \approx l_u \approx 2$ мм

4.2 Основное машинное время при торцевом точении

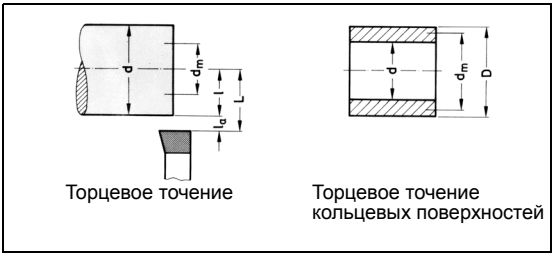


Рис. 9.6
Врезание, общее перемещение и средний диаметр при торцевом точении

Для торцевого точения полнотелых цилиндров:

При $l = \frac{D}{2}$ действительно следующее:

$$L = l_a + l = l_a + \frac{D}{2}$$ (уравн. 9.8)

L Общее перемещение инструмента [мм]
l Длина заготовки [мм]
l_a Врезание [мм]
D Наружный диаметр заготовки [мм]

Для торцевого точения кольцевых поверхностей (полых цилиндров):

При $l = \frac{D-d}{2}$ действительно следующее:

$$L = l_a + l + l_u = l_a + \frac{D-d}{2} + l_u$$ (уравн. 9.9)

D Наружный диаметр заготовки [мм]
d Внутренний диаметр заготовки [мм]
l_a Врезание [мм]
l_u Длина перебега [мм]

При расчёте частоты вращения n для торцевого точения используется **средний диаметр заготовки d_m**. Следовательно:

для полнотелого цилиндра: $d_m = \frac{D}{2}$ для полого цилиндра: $d_m = \frac{D+d}{2}$

и, таким образом, для **частоты вращения n**:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_m \cdot \pi}$$ (уравн. 9.10)

n Частота вращения [об/мин]
v_c Скорость резания [м/мин]
d_m Средний диаметр заготовки [мм]

5 Токарные инструменты

В данном разделе представлено общее описание токарных инструментов. Сведения о специальных инструментах, например, о прорезных токарных резцах, содержатся в помещенных ниже разделах, посвященных конкретным способам обработки.

5.1 Цельные токарные инструменты

5.1.1 Токарные резцы из быстрорежущей стали

Токарные резцы из быстрорежущей стали являются монолитным инструментом. Они различаются по форме сечения хвостовика и режущей части.

Для наружного точения используются **резцы** квадратного или прямоугольного сечения, для растачивания – цилиндрические или квадратные.

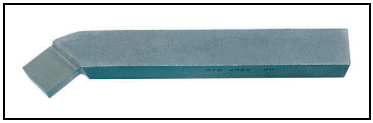
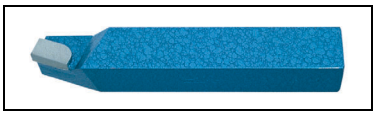


Рис. 9.7
Токарный резец GARANT HSS/E, отогнутый

Форма **режущей части резца** зависит от его назначения – для продольного точения, поперечного торцевого точения, углового растачивания, обрезки, нарезания резьбы, отрезания или растачивания. Для изготовления режущей части используют легированную сталь.

5.1.2 Токарные резцы с твердосплавными напайными пластинами

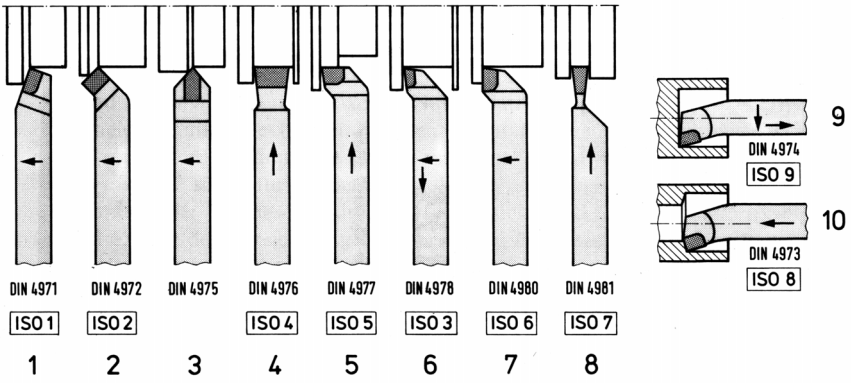


Резцы с твердосплавными пластинами имеют такую же форму, как и резцы из быстрорежущей стали HSS.

Рис. 9.8 Твердосплавный токарный резец GARANT, прямой

5.1.3 Форма рабочей части резца

В зависимости от положения головки по отношению к стержню резцы делятся на **прямые**, **отогнутые** и **оттянутые** (*см. рис. 9.9*). Ещё одним отличительным признаком является направление, в котором обрабатывают заготовку. Резцы, используемые при движении подачи справа налево, называют **правыми резцами**, так как они обрабатывают правую сторону заготовки (если смотреть на вершину инструмента, главная режущая кромка резца находится справа). На *рис. 9.9* показаны основные формы токарных резцов. Соответствующие поперечные сечения стержней определяются стандартом DIN 770.



Токарные резцы:

1 прямой резец
2 отогнутый резец
3 пикообразный резец
4 широкий резец
5 отогнутый подрезной резец
6 отогнутый упорный резец
7 отогнутый проходной резец
8 прорезной резец
9 расточной упорный резец
10 расточной резец

Резцы 1, 2, 5, 6, 7 являются правыми.

Рис. 9.9 Форма токарных резцов

5.2 Державки для СМП и сменные многогранные пластины

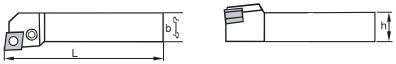
5.2.1 Державки для СМП

В случае обработки при помощи СМП, например, из твёрдого сплава, часто применяются токарные инструменты с державками для крепления режущих пластин. От цельных инструментов они отличаются в основном формой корпуса, который снабжён креплением. Классификация составных инструментов в соответствии со стандартом DIN 4984 осуществляется по основной форме СМП и её геометрическому расположению и, следовательно, по возможному направлению резания. На *рис. 9.10* представлена система обозначений токарных и расточных державок согласно стандарту ISO.

Обозначение токарных и расточных державок по ISO

Информация

Токарные державки



P	C	L	N	R	25	25	M	16

Система крепления

C	
D	
M	
P	
S	

Форма СМП

C	80°
D	55°
G	90°
K	55°
R	
S	
T	
V	35°
W	80°

Тип инструмента

A	90°
B	75°
D	45°
E	60°
F	90°
G	90°
H	107.5°
J	93°
K	75°
L	95° 95°
N	63°
Q	15°
S	45°
T	60°
U	93°
V	72°30'
X	Специальные исполнения

Задний угол СМП

B	5°
C	7°
D	15°
E	20°
N	0°
P	11°

Направление обработки

R	
L	
N	

Хвостовик (мм) Высота (h) / Ширина (b)

08	08
10	10
12	12
16	16
20	20
25	25
32	32
40	40
50	50

Длина инструмента L (мм)

D	60
E	70
F	80
H	100
K	125
M	150
N	160
P	170
R	200
S	250
T	300
U	350

Длина рабочей части (мм)

C	80°
D	55°
G	90°
K	55°
R	
S	
T	
V	35°
W	80°

Расточные державки

A	16	M	S	C	L	C	R	09

Исполнение хвостовика

A	Стальной хвостовик с внутренним подводом СОЖ
C	Твердосплавный хвостовик
E	Твердосплавный хвостовик с внутренним подводом СОЖ
S	Стальной хвостовик

? d (мм)

08	8
10	10
12	12
16	16
20	20
25	25
32	32
40	40
50	50

Длина инструмента L (мм)

F	80
H	100
K	125
M	150
Q	180
R	200
S	250
T	300
U	350
X	Специальная длина

Система крепления

M	
P	
S	

Форма СМП

C	80°
D	55°
G	90°
R	
S	
T	
V	35°
W	80°

Угол зацепления

F	90°
J	52°
K	75°
L	95° 95°
Q	107.5° 117.5°
U	93°
X	
Z	

Задний угол СМП

B	5°
C	7°
D	15°
E	20°
N	0°
P	11°

Направление обработки

R	
L	

Длина рабочей части (мм)

C	80°
D	55°
G	90°
R	
S	
T	
V	35°
W	80°

Рис. 9.10 Система обозначений токарных и расточных державок согласно стандарту ISO

5.2.2 Сменные многогранные пластины

За счёт внедрения СМП удалось повысить экономичность использования инструментальных материалов. Пластины могут иметь самую разную форму в зависимости от назначения. На *рис. 9.12* представлена классификация сменных многогранных пластин в соответствии со стандартом ISO (обработка точением и фрезерование).

В поперечном сечении СМП имеют боковые поверхности, расположенные наклонно или перпендикулярно базовой поверхности. Таким образом, режущие пластины имеют разный задний угол α. При перпендикулярных боковых поверхностях задний угол α равен 0°. Такие режущие пластины для обеспечения благоприятных параметров резания должны вставляться в державку наклонно, чтобы на главной и вспомогательной режущих кромках получился положительный задний угол (см. *рис. 9.11*)

При правильной геометрии инструмента одновременно получаются отрицательный передний угол γ и отрицательный угол уклона λ. Задний угол α на главной режущей кромке и осевой задний угол α_n на вспомогательной режущей кромке являются положительными за счёт наклонного крепления СМП.

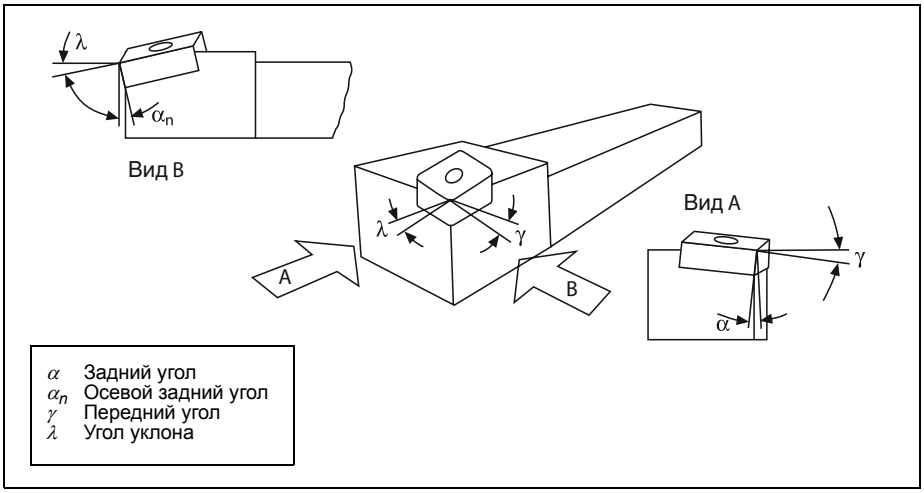


Рис. 9.11 Державки для получения отрицательного переднего угла и отрицательного угла уклона

5.2.2.1 Система обозначений СМП по ISO

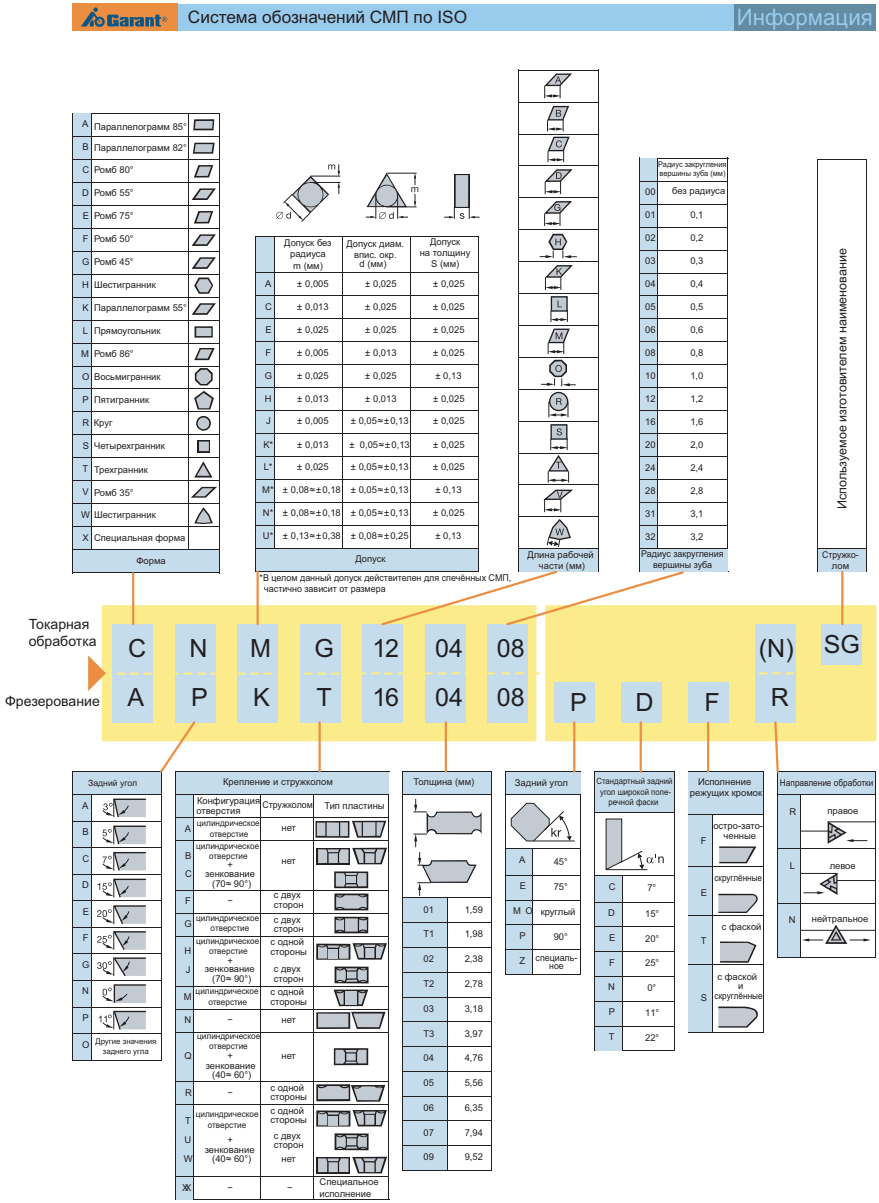


Рис. 9.12 Классификация СМП в соответствии со стандартом ISO (обработка точением и фрезерование)

5.2.2.2 Размер СМП

Форма и размер СМП (и, следовательно, также максимально возможная глубина резания) определяются выбором державки для СМП. В помещенной ниже таблице представлены данные зависимости.

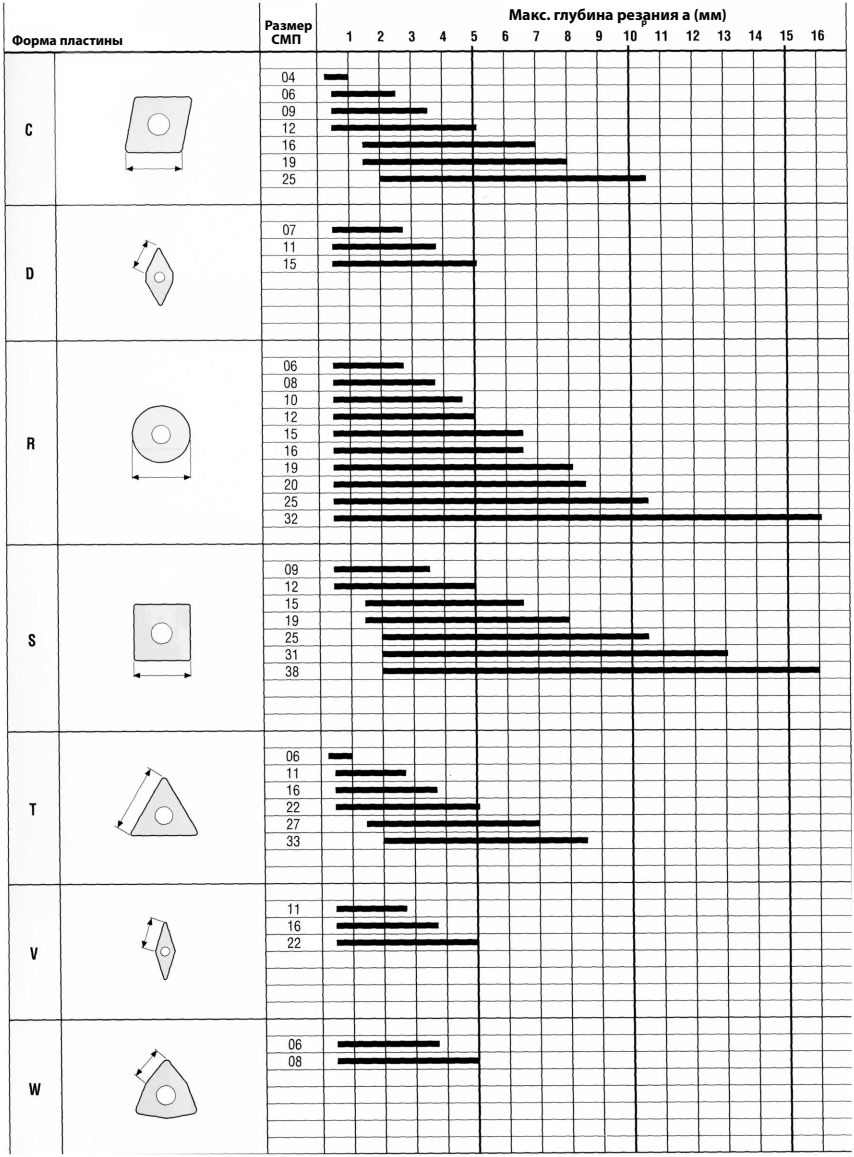


Таблица 9.1 Зависимость между формой СМП, размером СМП и максимальной глубиной резания

Подача выбирается в **зависимости от радиуса при вершине** сменной пластины. Ниже приводятся значения подачи на оборот для различных значений радиуса. Как правило **подача при черновой обработке должна быть в два раза меньше величины радиуса**.

Радиус при вершине	Диапазон подачи
0,2 мм	f = 0,05 … 0,15 мм/об
0,4 мм	f = 0,12 … 0,25 мм/об
0,8 мм	f = 0,25 … 0,5 мм/об
1,2 мм	f = 0,36 … 0,7 мм/об
1,6 мм	f = 0,5 … 1,0 мм/об
2,4 мм	f = 0,7 … 1,6 мм/об

Таблица 9.2 Значения подачи при разных радиусах при вершине

Меняя радиус при вершине, можно влиять на шероховатость обработанной поверхности. Основные зависимости между **шероховатостью поверхности и радиусом при вершине** рассмотрены в главе «Теоретические основы», раздел 1.5.

5.2.2.3 Зачистные СМП (Wiper)

Зачистные СМП Wiper (см. *рис. 9.13*) предназначены только для обработки при небольшой глубине резания. При соблюдении данного условия они обладают следующими преимуществами по сравнению с СМП стандартной геометрии:

- снижение степени шероховатости поверхности при величине подачи от нормальной до высокой
- во многих случаях не требуется дополнительное шлифование

В левой части *рисунка 9.13* сравнение профилей и характер резания зачистной СМП Wiper и СМП стандартной геометрии. На диаграмме представлено снижение степени шероховатости поверхности при использовании зачистной СМП Wiper для обработки стали точением (CNMG120408, твёрдый сплав с покрытием CVD, угол в плане k = 95°, глубина резания a_p = 1 мм).

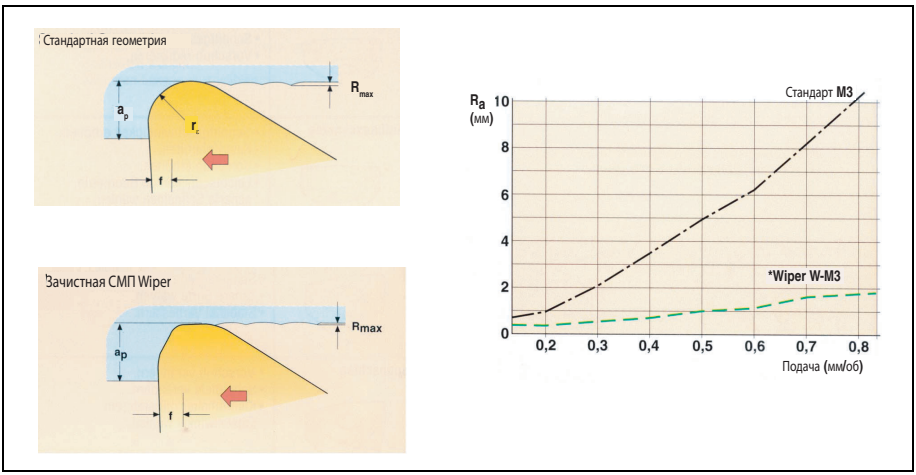


Рис. 9.13 Снижение степени шероховатости поверхности за счёт применения СМП зачистной СМП Wiper

5.2.3 Стружколомы и стружкоотводные ступеньки

При обработке, в особенности при растачивании, требуется получение мелкой, загнутой стружки. Она легко отводится и создает нагрузку на режущую кромку в допустимых пределах. Однако жёсткий **стружколомный режим**, т. е. получение мелкой стружки, может стать причиной усиленных вибраций токарного резца. В случае образования длинной стружки могут возникнуть проблемы с её удалением (см. также главу «Теоретические основы», раздел 1.1). На стружколомные характеристики могут оказывать влияние различные факторы, в частности:

- геометрия пластины,
- радиус при вершине r_ε,
- угол в плане k,
- глубина резания a_p,
- подача f и
- скорость резания v_c.

Радиус кривизны стружки зависит от формы **стружколома**, причём функцию дополнительных стружколомов могут выполнять лунки износа и наросты на режущей кромке (см. также главу «Теоретические основы», раздел 1.1). Направление отвода стружки и интенсивность её спирального вращения определяются углом в плане k или комбинацией глубины резания a_p и радиуса при вершине r_ε.

Назначение стружкоотводных ступенек состоит в том, чтобы оказывать влияние на форму и процесс отвода стружки с целью создания оптимальных условий резания для инструмента и заготовки. При этом стружкоотводные ступеньки могут иметь разные углы наклона (параллельно главной режущей кромке или под углом к ней – см. *рис. 9.14*).

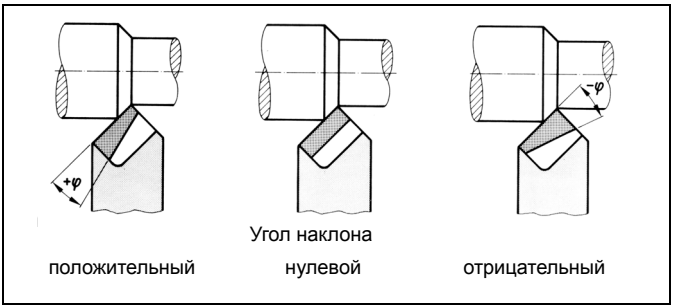


Рис. 9.14 Варианты углов наклона стружкоотводных ступенек

Положительные углы наклона (*рис. 9.14 слева*) используются при чистовой обточке, поскольку обеспечивают отвод стружки от поверхности заготовки. Благодаря этому не повреждается обработанная поверхность. Однако недостаток заключается в том, что затрудняется ломка стружки.

Параллельную стружкоотводную ступеньку (**угол наклона равен нулю** – *рис. 9.14 в центре*) изготовить легко, однако стружка при этом направляется к поверхности резания и может повредить её.

Отрицательные углы наклона (*рис. 9.14 справа*) используются для черновой обработки. Стружка ломается легче, при этом, поскольку чистота обработки поверхности при обдирке играет второстепенную роль, допускается образование царапин на вращающейся поверхности в результате отвода стружки в направлении заготовки.

В случае использования державок с СМП, в зависимости от глубины резания и подачи, а также обрабатываемого материала, на режущих пластинах формируется **стружколомный профиль** различной геометрии. Для быстрого и правильного выбора оптимальной геометрии стружколома служат представленные ниже таблицы (*рис. 9.15*).

Обзор: Области применения марок и геометрии сменных пластин GARANT.

Материал:	Алюминий Термопл. <2% Si	Алюминий	Алюминий Чугун >10 % Si	< 500 N	< 750 N	< 900 N	<1100 N	<1400 N	<55 HRC	<60 HRC	<67 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ti > 850 N	СЧ(ВЧ)	CuZn	Графит G(C)FK Реактопл.	универ-сальное
	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	M	M	S	K	N	N	
HB 7405–															GM			
HB 7005–				SS-SG	SS-SG	SS-SG	SS-SG								GM			
HB 7010–				SM	SM	SM	SM	SM										
HB 7010–				SF-SR	SF-SR	SF-SR	SF-SR	SF-SR										
		R1-L2	R1-L2	R1-L2	R1-L2	R1-L2	R1-L2	R1-L2										
HB 7025–				SF-SR	SF-SR	SF-SR	SF-SR	SF-SR										
				R / L	R / L	R / L	R / L	R / L				R / L	R / L		R / L			
				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI				UNI	UNI					UNI
HB 7035–				SS-SG	SS-SG	SS-SG	SS-SG					VM	VM					
				UNI	UNI	UNI	UNI					UNI	UNI					UNI
HB 7120–												VS-VG	VS-VG					
HB 7130–				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI				UNI	UNI					UNI
HB 7135–												VS-VG	VS-VG					
HU 7020–						SM	SM											
HU 70AL–	ALU	ALU	ALU															
CB 7035–				SS-SM	SS-SM	SS-SM	SS-SM					VF	VF					
CU 7033–					SS-SM	SS-SM	SS-SM					VF	VF		SS-SM			
HB 70AL–	ALU	ALU	ALU															
CBN 710–										F	F							
CBN 720–										F	F							
CBN 725–									G-T	G-T								
CE 730–						H	H	H	H	H								
P25M–				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI					UNI					UNI

Алюминий
ALU Цветные металлы

Сталь
SF Тонкое точение
SS Чистовая обработка
SM Получистовая обработка
SG Черновая обработка
SR Обдирка

Нержавеющая сталь
VF Тонкое точение
VS Чистовая обработка
VM Получистовая обработка
VG Черновая обработка

Чугун
GM Получистовая обработка

Общее
UNI Универсальное применение

Рис. 9.15 Геометрия стружколома для высокопроизводительной токарной обработки (HPC/MTC)

Фаски на режущих кромках усиливают режущую часть инструмента (как переднюю, так и заднюю поверхности). Небольшой (до отрицательного) угол фаски снижает вероятность образования трещин на режущей кромке. Сменные пластины GARANT с фасками на передней поверхности, в особенности марки КНБ для обработки закалённых сталей, могут иметь как положительную, так и отрицательную геометрию (см. *рис. 9.16*).

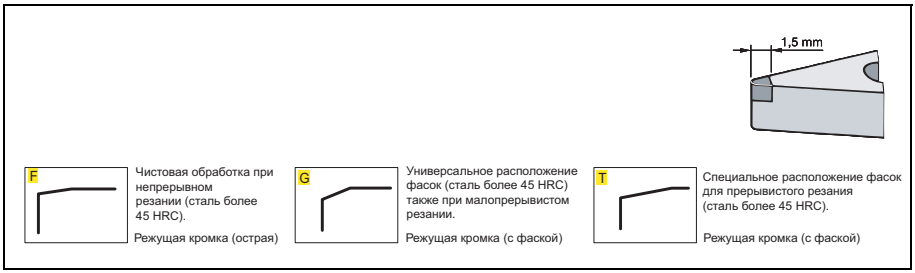


Рис. 9.16 Фаски на передней поверхности сменных пластин КНБ

Ширина фаски на передней поверхности режущего инструмента $b_{f\gamma}$ не должна быть слишком большой, так как в противном случае отвод стружки по передней поверхности окажется невозможным. Для угла в плане k от 60° до 90° ориентировочную ширину **фаски на передней поверхности режущего инструмента** $\boldsymbol{b_{f\gamma}}$ можно определить следующим образом:

$$b_{f\gamma} = 0{,}8 \cdot f$$

$b_{f\gamma}$ Ширина фаски на передней поверхности режущего инструмента [мм] (уравн. 9.11)

f Подача [мм/об]

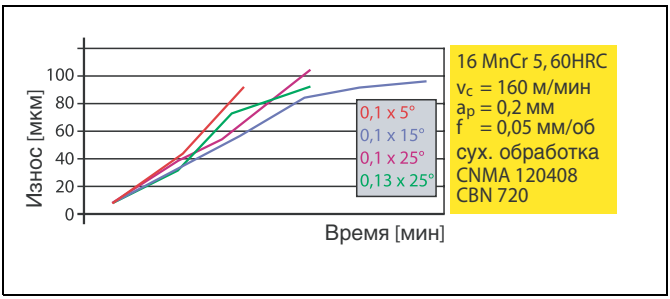


Рис. 9.17 Эксплуатационные характеристики различных фасок на режущей кромке при обработке точением

6 Растачивание

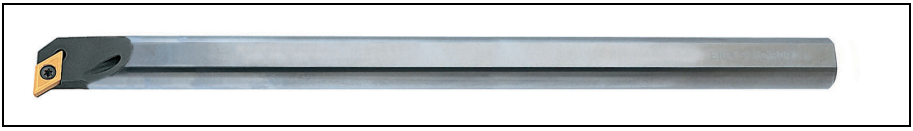


Рис. 9.18 Твердосплавная расточная державка GARANT с внутренним охлаждением, вибростойкая

Для **внутренней обработки** заготовок по причине многообразия форм заготовок, так же как и при наружной обработке, требуются инструменты самой разной формы. На *рис. 9.19* представлены токарные резцы различной формы. Инструмент с острой вершиной используется для подрезания, затылования и обработки галтелей. Для получения прямоугольных кромок угол в плане k должен составлять 90° и более.

При обработке труднодоступных мест часто требуется длинный тонкий стержень. Это может привести к возникновению нежелательных **вибраций**. В результате подобных вибраций происходит значительное снижение стойкости инструмента вследствие выкрашивания режущих кромок и снижается качество поверхностей заготовки. Интенсивность вибраций можно уменьшить за счёт снижения силы резания (подачи и глубины резания) (см. также раздел «Решение проблем при обработке точением»).

Прорезные расточные резцы (см. также раздел «Чистовое точение») чаще всего приводят к возникновению вибраций. Точка приложения силы находится далеко за пределами центра (большое плечо силы).

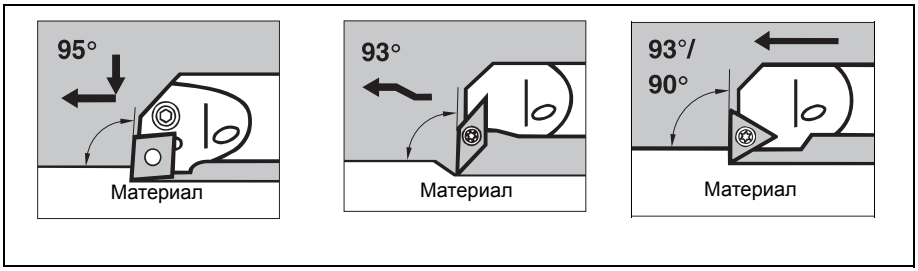


Рис 9.19 Форма расточных резцов

Подробная информация об изготовлении прецизионных отверстий посредством **растачивания** микрометрическими головками содержится в главе «Сверление».

7 Обработка отрезными и подрезными резцами

При **радиальном подрезании** или **отрезании** инструмент, как при торцевом точении, перемещается от наружного диаметра заготовки в направлении её центра (прямолинейное движение подачи), причём скорость резания в направлении центра снижается до нуля.

При **осевом подрезании** или **подрезании с торца** инструмент, напротив, перемещается по оси к торцу заготовки. При этом обработка производится только торцевой режущей кромкой инструмента.

Для радиального подрезания канавок и отрезания пруткового материала служат **отрезные токарные резцы**. Поскольку место для крепления СМП во многих случаях является очень небольшим, используются преимущественно зажимные конструкции (см. *рис. 9.20*).

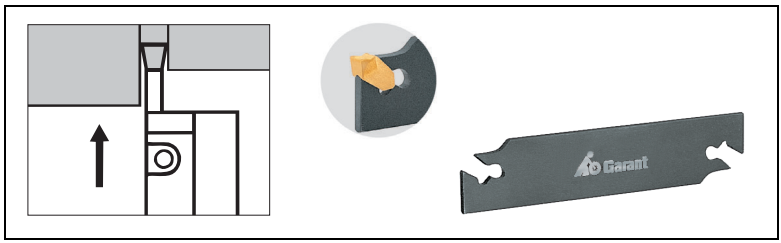


Рис. 9.20 Отрезной токарный резец

При отрезании очень важно обеспечить расположение резца точно по центру. Если резец окажется слишком высоко, то незадолго до завершения отрезания он будет опираться на заготовку только задней поверхностью. В результате этого процесс резания прекратится. При слишком низком положении резца он также не сможет произвести резание до оси заготовки, и часть материала останется необработанной. Кроме того, существует опасность резкого затягивания резца под заготовку, что может привести к его разрушению.

Даже при правильном креплении резца на отрезанной заготовке почти всегда остается так называемая **отрезная сердцевина**, на характер которой можно, однако, влиять посредством изменения геометрии режущей кромки, подачи или крепления отделяемой части заготовки. Описанная ниже операция определяет расположение отрезной сердцевины – на закреплённой в станке или отделяемой части заготовки.

Отрезание «нейтральными» режущими кромками (угол в плане k = 0°) приводит к тому, что отрезная сердцевина остается на отделяемой части. Если же инструмент выбирается таким образом, что отрезная сердцевина остается на закреплённой в станке заготовке, сердцевину можно легко удалить посредством выдвижения инструмента за середину заготовки.

При **выборе отрезных резцов** надлежит руководствоваться следующими **критериями**:

1. **Глубина прорезания**

   Глубина прорезания не должна превышать восьмикратной ширины пластины. При этом глубина прорезания влияет также на выбор держателя.

2. **Ширина пластины**

   Необходимо использовать пластины минимальной ширины (в особенности, если они изготовлены из дорогих высококачественных материалов). Однако минимальная ширина пластины, как было сказано выше, ограничивается необходимой глубиной прорезания.

3. **Угол в плане**

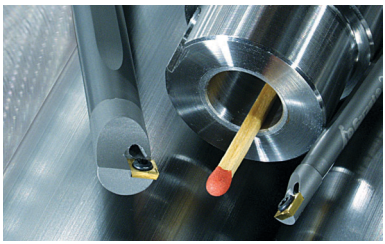
   За счёт использования «нейтральных» режущих пластин (угол в плане со стороны торца k = 0°) можно обеспечить выполнение более жёстких допусков в отношении чистоты обработки поверхности и перпендикулярности. В то же время можно производить обработку с большей подачей по сравнению с инструментом с углом в плане со стороны торца k > 0°. Поэтому при допущении образования заусенцев или отрезной сердцевины следует производить обработку режущими кромками нейтральной геометрии.

4. **Радиус при вершине**

   Чем меньше радиус закругления, тем меньше отрезная сердцевина и надёжнее контроль в процессе резания при меньших подачах. Более значительный радиус закругления, напротив, позволяет производить обработку с более высокими подачами.

8 Чистовое точение с использованием сменных многогранных пластин

Чистовое точение выполняется с целью повышения точности формы, размеров и положения, а также чистоты обработки поверхности. Как и при точении в целом, при чистовом точении обрабатываются наружные и внутренние, а также торцевые и фасонные поверхности. Для чистового точения характерны высокие скорости резания, малые подачи и небольшая глубина резания.



В диапазоне стандартных небольших значений толщины срезаемого слоя h качество получаемой поверхности зависит от характера изменения силы резания. Если толщина срезаемого слоя h снижается при неизменном радиусе режущей кромки r_n, то достигается предельное значение, так называемая **минимальная толщина срезаемого слоя**. Если толщина срезаемого слоя *h* меньше радиуса режущей кромки r_n, то эффективным передним углом γ_w является не передний угол режущей кромки γ, а большой отрицательный угол, образованный дугой окружности режущей кромки. В данном диапазоне главная составляющая силы резания F_c сильно увеличивается и, соответственно, происходит не резание, а смятие материала (высокие температуры резания и сильная деформация материала), что значительно снижает качество поверхности (см. *рис. 9.21*).

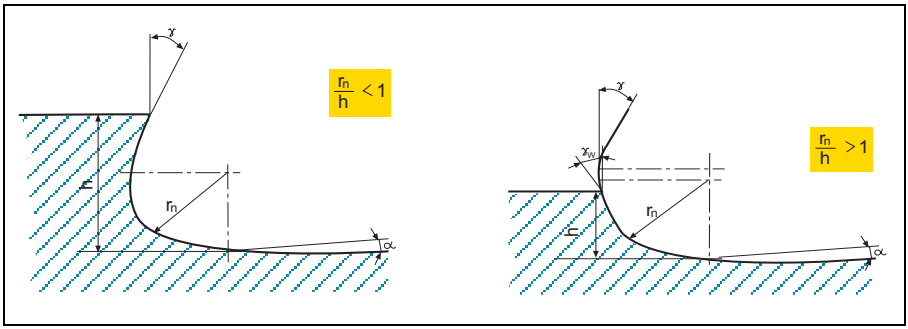


Рис. 9.21 Минимальная толщина стружки

Подача также оказывает существенное влияние на высоту микронеровностей профиля поверхности заготовки. Данные зависимости рассмотрены в главе «Теоретические основы», раздел 1.5.

9 Токарно-сверлильный инструмент GARANT «5 в 1»

Токарно-сверлильный инструмент GARANT «5 в 1» заменяет до 5 инструментов по стандарту ISO. За счёт сокращения затрат времени на смену инструмента и продолжительности работы инструмента в режиме холостого хода возможно сокращение затрат времени на обработку на величину до 30 %. Вспомогательная режущая кромка позволяет снимать фаску под углом 30°.

При помощи данного инструмента можно выполнять следующие операции:

- Продольное растачивание
- Сверление в сплошном материале
  Прямое отверстие, возможность получения отверстия диаметром больше, чем Ø D, соблюдать осторожность при сверлении в сплошном материале на глубину более 1,5xD в мягкой конструкционной стали и нержавеющей стали (см. также главу «Сверление»)
- Торцевое точение
- Продольное точение
- Зенкерование/снятие фаски (по стандарту DIN 74)

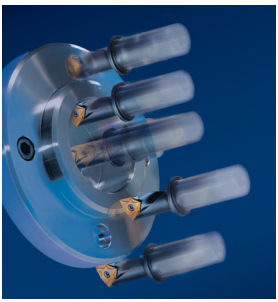


Рис. 9.22 Пятикратное увеличение производительности с токарно-сверлильным инструментом GARANT «5 в 1»

Исключена возможность ошибки за счёт использования нейтральных СМП для левого и правого инструмента.

10 Чистовое точение сменными цельнотвердосплавными резцами (KOMET UniTurn)

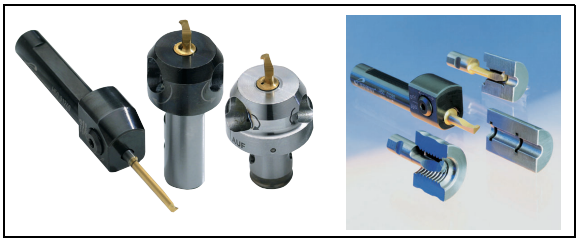


Рис. 9.23
KOMET UniTurn – чистовое точение и растачивание

Исполнение:

- Точная фиксация и точное положение расточных резцов во всех направлениях (по оси ± 0,01 и высота центров 0,01 мм).
- Внутренний подвод СОЖ через державку для СМП, благодаря этому жесткие расточные резцы без отверстий. Исключительно жёсткое соединение между расточным резцом и державкой для обработки без вибраций.
- Быстрое и точное закрепление резца (поворотом эксцентрикового зажимного рычага на 180°).
- Простота обслуживания за счёт того, что при смене сохраняются осевое положение и высота центров расточного резца.
- Лёгкость обслуживания даже при неудобном варианте монтажа за счёт наличия механизма крепления с обеих сторон.

Применение:

- Растачивание (см. также главу «Сверление, микрометрические головки»)
- Растачивание, снятие фасок, контурная обработка
- Подрезание
- Нарезание резьбы резцами (см. главу «Нарезание резьбы»)

11 Решение проблем при обработке точением

11.1 Решение проблем при обработке точением

	Проблема	Возможные причины
1	Размеры не всегда в пределах допуска	Неудачная комбинация инструментальный материал / стружколом
2	Размеры не всегда в пределах допуска	Недостаточная прочность заготовки и инструмента
3	Неточность соблюдения размеров и интенсивный износ из-за перегрева инструмента	Неправильный выбор режимов резания
4	Неточность соблюдения размеров и интенсивный износ из-за перегрева инструмента	Неправильный выбор инструмента или геометрии режущей кромки
5	Очень сильный износ задней поверхности режущей части	Неправильный выбор инструментального материала
6	Очень сильный износ по передней поверхности (лункообразный износ)	Неправильный выбор инструментального материала
7	Выкрашивание режущей кромки	Вибрация
8	Трещина на режущей кромке	Неправильный выбор режимов резания и инструментального материала
9	Образование термотрещин на режущей кромке	Неправильный выбор режимов резания и инструментального материала
10	Деформация радиуса при вершине	Неправильный выбор режимов резания и инструментального материала по твёрдости
11	Образование сливной стружки	Неправильный выбор режимов резания
12	Образование сливной стружки	Неправильный выбор геометрии режущей кромки
13	Нарост на режущей кромке	Неправильный выбор режимов резания, инструментального материала или стружколома

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Способы устранения
			■	■	■								Использовать более твёрдый инструментальный материал
						■	■						Использовать более вязкий инструментальный материал
							■	■					Использовать инструментальный материал, менее чувствительный к колебаниям температуры
									■			■	Использовать инструментальный материал с меньшим коэффициентом трения
		■		■	■			■		■			Уменьшить скорость резания
		■				■	■	■					Уменьшить подачу
		■			■		■	■					Уменьшить глубину резания
									■			■	Увеличить скорость резания
				■					■	■		■	Увеличить подачу
										■			Увеличить глубину резания
								■	■			■	Не использовать водорастворимую СОЖ
		■		■	■			■	■	■			Проверить режим подачи СОЖ
■			■						■				Проверить соответствие СМП по таблице классификации
	■		■	■	■		■		■		■		Проверить правильность выбора стружколома
	■			■	■			■	■			■	Увеличить задний угол
	■			■			■				■		Изменить радиус при вершине
			■	■				■	■			■	Уменьшить ленточку и закругление режущей кромки
						■	■						Увеличить ленточку и закругление режущей кромки
	■					■	■						Использовать станок, обеспечивающий более высокую мощность и жёсткость

Таблица 9.3 Проблемы, причины неисправностей и способы их устранения при обработке точением

11.2 Решение проблем при обработке канавочными и отрезными резцами

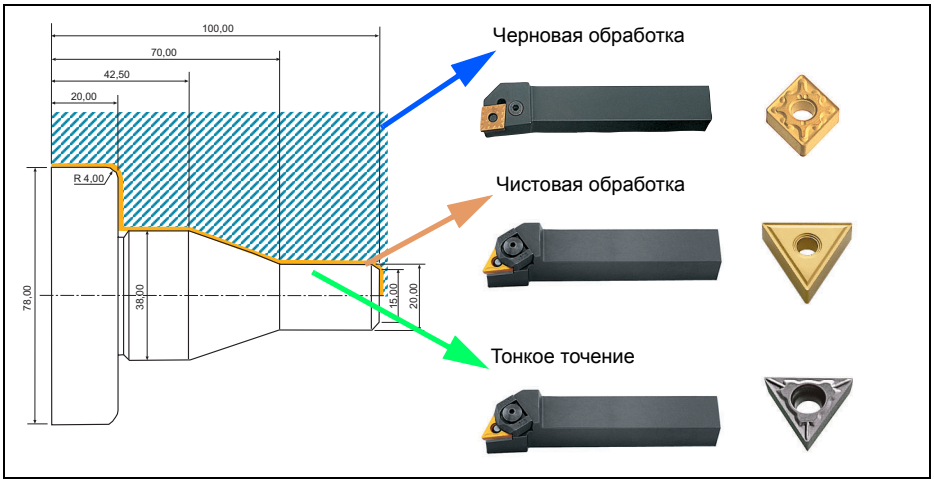
	Проблема
1	Выкрашивание режущей кромки
2	Износ задней поверхности режущей части
3	Износ по передней поверхности (лункообразный износ)
4	Образование термотрещин
5	Выкрашивание
6	Пластическая деформация
7	Нарост на режущей кромке
8	Низкое качество поверхности

1	2	3	4	5	6	7	8	Способы устранения
								Использовать более износостойкий инструментальный материал
								Использовать более вязкий инструментальный материал
								Увеличить скорость резания
								Увеличить подачу
								Уменьшить скорость резания
								Уменьшить подачу
								Увеличить расход СОЖ
								Использовать СОЖ
								Не использовать СОЖ (при прекращении реза)
								Обеспечьте более высокую степень устойчивости
								Проверить, находится ли прорезной резец под углом 90° к направлению подачи
								Проверить заготовку на наличие деформаций

Таблица 9.4 Проблемы, причины неисправностей и способы их устранения при обработке канавочными и отрезными резцами

12 Применение токарных инструментов GARANT

12.1 Обработка нержавеющих сталей



Пример применения:

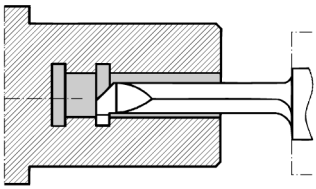
Задача: контурная обработка

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал: X10CrNiMoTi1810 (1.4571)
(группа обрабатываемых материалов GARANT 13.2, глава «Материалы», раздел 1)

	Черновая обработка	**Чистовая обработка**	**Тонкое точение**
Державка для СМП	PCLN группа 25	MTJNR группа 25	
СМП	CNMG – VG HB7135	TNMG – VS HB7120	TNMG – VF CU7033
Скорость резания v_c	120 м/мин	220 м/мин	240 м/мин
Подача f	0,5 мм/об	0,2 мм/об	0,07 мм/об
Глубина резания a_p	5 мм	1 мм	0,5 мм
СОЖ	эмульсия	эмульсия	эмульсия

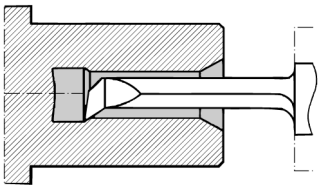
12.2 Обработка прорезными резцами



Пример применения:

Задача:	вытачивание смазочных канавок, глубина 2,5 мм	
Параметры обработки:		
Обрабатываемый материал:	СЧ 25 (0.6025) (группа материалов GARANT 15.1, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	прорезной резец из мелкозернистого твёрдого сплава	
	длина вылета 40 мм	
Режущая кромка:	ширина 2 мм	
Режимы резания:	Скорость резания	v_c = 50 м/мин
	Подача	f = 0,15 мм/об

12.3 Чистовое точение



Пример применения:

Задача:	копирование, растачивание и снятие фаски на профиле диаметр отверстия 20 мм	
Параметры обработки:		
Обрабатываемый материал:	СЧ 25 (0.6025) (группа материалов GARANT 15.1, глава «Материалы», раздел 1)	
Инструмент:	Расточной резец UniTurn из мелкозернистого твёрдого сплава длина вылета 40 мм	
Режимы резания:	Скорость резания	v_c = 50 м/мин
	Подача	f = 0,02 мм/об
	Глубина резания	a_p = 0,05 мм

13 Накатывание рифлений

За счёт наличия рифлений удобнее пользоваться, например, цилиндрическими деталями, предназначенными для обслуживания вручную. Прямые рифления могут выполнять декоративную функцию или использоваться для повышения прочности соединения (прежде всего для литья под давлением).

Накатыванием прямых рифлений могут обрабатываться почти все материалы. Важными факторами, в особенности при оттиске рифлений, являются прочность обрабатываемого материала и предел его прочности при растяжении (переход от упругой деформации к пластической). Чем меньше относительное удлинение, тем хуже деформируется материал.

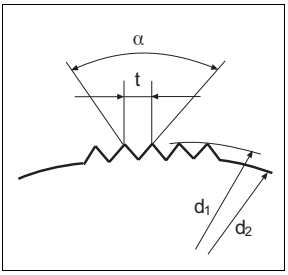
Наиболее подходящими материалами для накатывания рифлений являются:

- все чёрные металлы прочностью макс. 1700 Н/мм^2 и с относительным удлинением не менее 4–5 %
- цветные металлы
- твёрдая древесина
- пластмассы, соответствующие требованиям в отношении относительного удлинения и прочности на растяжение

13.1 Стандарты накаток и накатных профилей

Стандартом накаток является DIN 82.

Согласно данному стандарту накатки должны иметь угол при вершине a 90°, в исключительных случаях 105° (см. *рис. 9.24*).



α Угол при вершине
t Шаг накатки
d_1 Диаметр после обработки
d_2 Диаметр обработки

Рис. 9.24 Накатка по стандарту DIN 82

Для шага накаток также предусмотрены стандарты. В частности, используются накатки со следующим стандартным шагом:

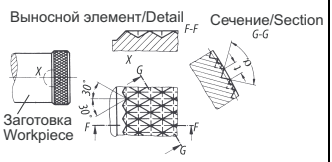
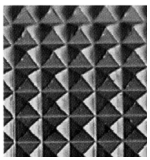
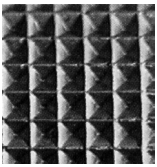
Стандартный шаг *t* [мм]	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6

Стандартом DIN 82 предусмотрены следующие накатные профили на заготовке:

Рифления на заготовке	Накатный профиль на заготовке	Варианты
Накатывание рифлений с параллельными осями	RAA	Накатный профиль/Knurling profile RAA Заготовка Workpiece Накатка/Knurlingroll AA Рифления RAA/Knurl RAA Заготовка Workpiece Заготовка Workpiece Накатка BL под углом 30° Knurlingroll BL swivelled 30° Накатка BR под углом 30° Knurlingroll BR swivelled 30°
Левое накатывание	RBL	Накатный профиль RBL/Knurling profile RBL Заготовка Workpiece Заготовка Workpiece Накатка BR Knurlingroll BR Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°
Правое накатывание	RBR	Накатный профиль RBR/Knurling profile RBR Заготовка Workpiece Заготовка Workpiece Накатка BL Knurlingroll BL Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°
Перекрёстное диагональное накатывание, высокие вершины	RGE	Накатный профиль RGE/ Knurling profile RGE Заготовка Workpiece Накатка GV/Knurlingroll GV Накатка BR Knurlingroll BR Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30° Накатный профиль RGE/ Knurling profile RGE Заготовка Workpiece Заготовка Workpiece Накатка BL Knurlingroll BL Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°

Таблица 9.5 Стандартные накатные профили – Продолжение на следующей странице

Таблица 9.5 Продолжение – Стандартные накатные профили

Рифления на заготовке	Накатный профиль на заготовке	Варианты
Перекрёстное диагональное накатывание, низкие вершины		
	RGV	
Накатывание прямоугольных рифлений		
Высокие вершины **RKE** 		Низкие вершины **RKV** 

13.2 Выбор материала накаток

Накатки для прямого рифления изготавливаются из порошкового металла (PM) и твёрдого сплава (HM). Накатки каждой из этих групп обладают специфическими свойствами и преимуществами с точки зрения практического применения.

При выборе накаток для прямого рифления всегда следует учитывать многочисленные переменные величины. Наряду со свойствами обрабатываемого материала к ним, например, относятся скорость резания и подача, объём партии, тип станка, способ накатывания и т. д. Поэтому невозможно дать общие рекомендации.

В качестве исходной информации следует использовать представленную в помещённой ниже таблице матрицу, на основании которой можно сделать предварительный выбор. Для особых случаев обработки требуется отдельная консультация

Обрабатываемый материал	Объём партии (количество изделий) [шт.]					Примечания
	до 5000	от 5000 до 20 000	от 20 000 до 50 000	от 50 000 до 500 000	более 500 000	
Автоматная сталь (2.0; 2.1)			НМ			При обработке материалов, хорошо или умеренно хорошо поддающихся резанию, для оптимизации стойкости можно использовать твёрдосплавные накатки. Вязкость в данном случае является достаточной.
			РМ (фрезерованный)			При обработке материалов, плохо поддающихся резанию, применение твёрдосплавных накаток не рекомендуется, поскольку вязкость является недостаточной, вследствие чего при возникновении вибраций возможно выкрашивание зубьев. Для обработки данных материалов рекомендуются накатки из порошковой стали. За счёт использования покрытия и дополнительной обработки (по технологии Tenifer) можно добиться дополнительного увеличения стойкости.
Нержавеющая сталь (13.0 - 13.3)			РМ (фрезерованный)			Для обработки нержавеющей стали применение твердосплавных накаток не рекомендуется, поскольку вязкость является недостаточной, вследствие чего возможно выкрашивание зубьев. Дополнительного увеличения стойкости можно добиться за счёт дополнительной обработки (по технологии Tenifer) и использования покрытия.
Латунь (18.1; 18.2)			РМ (фрезерованный)		НМ	Для обработки латуни применение накаток из твёрдого сплава рекомендуется только в случае изготовления очень крупных партий, поскольку стойкость накаток из порошкового металла (РМ) уже является очень высокой.
Алюминий (17.0 - 17.2)			РМ (шлифованный)		НМ	Для обработки алюминия по причине его склонности к адгезии (прилипанию) следует использовать шлифованные накатки. Это обеспечивает соскальзывание материала при контакте с боковыми поверхностями зубьев. Для обработки алюминия применение накаток из твёрдого сплава рекомендуется только в случае изготовления очень крупных партий, поскольку стойкость накаток из порошковой стали уже является очень высокой.

Таблица 9.6 Ориентировочные значения для выбора материала накаток для прямого рифления

13.3 Способы накатывания рифлений

Накатывание производится двумя способами:

- формирование рифлений (обработка давлением) в качестве бесстружечного способа, т. е. происходит пластическое деформирование материала и
- фрезерование рифлений в качестве способа обработки резанием, при котором происходит снятие стружки.

Ниже представлен обзор обоих способов.

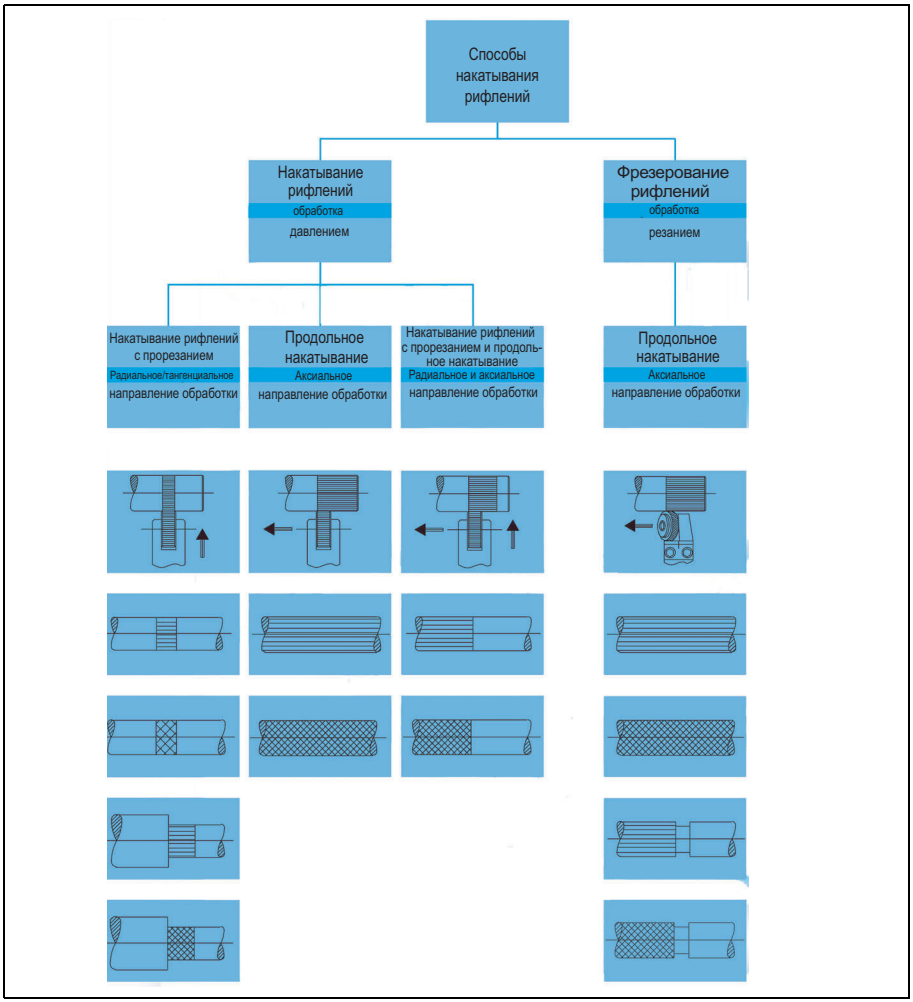


Рис. 9.25 Способы накатывания рифлений

	Формирование рифлений	Фрезерование рифлений
Применение	• Обработка материалов, поддающихся холодной обработке давлением • Формирование рифлений на тонкостенных заготовках является проблематичной • Обширная сфера применения: – возможность получения рифлений любой формы и профиля – подходит для торцевой и внутренней обработки – возможно накатывание до буртика – инструмент можно располагать с любой стороны заготовки	• Возможна обработка почти всех материалов • Возможна обработка тонкостенных заготовок • Ограниченная сфера применения: – возможно получение только накатных профилей RAA и RGE – возможна обработка исключительно цилиндрических заготовок в осевом направлении • Для установки инструмента в центре заготовки требуется прорезание
Свойства	• В результате вытеснения материала увеличивается наружный диаметр заготовки • Происходит уплотнение поверхности • Более высокая нагрузка на станок по сравнению с фрезерованием рифлений	• Не происходит существенного изменения наружного диаметра заготовки • Незначительное уплотнение поверхности • Высокая точность накатки и чистота обработки поверхности • Более низкая нагрузка на станок по сравнению с формовкой рифлений
Эксплуатация	• Не требуется подготовка заготовки • Очень простая эксплуатация инструмента	• Требуются прецизионная настройка инструмента и точное совмещение • Требуется прецизионная подготовка заготовки

Таблица 9.7 Особенности способов накатывания рифлений

13.3.1 Формирование рифлений (обработка давлением)

При бесстружечном накатывании рифлений (обработке давлением) инструмент с определённым накатным профилем (накатной ролик), совершающий движение обката по поверхности заготовки, вдавливается в заготовку. При этом на поверхности заготовки происходит холодная деформация материала. В процессе данного пластического деформирования материал вытесняется наружу, вследствие чего увеличивается диаметр заготовки.

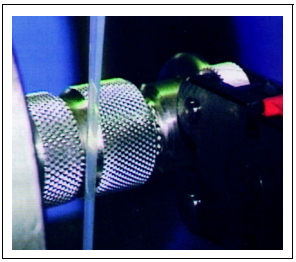


Рис. 9.26
Обработка давлением

В качестве опытных данных для больших исходных диаметров следует рассматривать увеличение диаметра прим. на 40 % от используемого шага накатки. Расчёт исходного диаметра может быть произведен по следующей формуле:

$$d_2 = d_1 - (X \cdot t)$$

d_2 Исходный диаметр (диаметр обработки) [мм]
d_1 Диаметр после обработки [мм]
X Значение из *таблицы 9.8* (уравн. 9.13)
t Шаг накатки

Форма рифлений **	Значение X
С параллельными осями, форма AA	0,5
Левое накатывание, форма BL	0,5
Правое накатывание, форма BR	0,5
Прямоугольные рифления, высокие вершины, форма KE	0,67
Прямоугольные рифления, низкие вершины, форма KV	0,33
Диагональное накатывание, высокие вершины, форма GE	0,67
Диагональное накатывание, низкие вершины, форма GV	0,33
** см. также раздел Накатные профили	

Таблица 9.8 Увеличение диаметра заготовки в зависимости от шага

Возможности применения обработки давлением в качестве способа накатывания рифлений:

- Если возникающие усилия не оказывают отрицательного влияния на станок и заготовку,
- В качестве более дешёвой альтернативы фрезерованию рифлений,

Преимущества обработки давлением:

- Не нарушается ориентация волокон. В результате этого снижается чувствительность к концентрации напряжений и повышается предел усталости.
- Прочность материала значительно увеличивается соответственно образующемуся наклепу; относительное линейное удлинение уменьшается.
- За счёт упрочнения повышается износостойкость изделия и получается чистая блестящая поверхность.

Недостатки обработки давлением:

- Увеличивается диаметр. Требуется расчёт диаметра после обработки. (см. *таблицу 9.23*)
- Прилагаемые силы больше, чем при накатывании фрезерованием. Повышается нагрузка на станок и заготовку.
- Если накатка делает более 2–3 рабочих оборотов на одном месте, существует опасность «отслаивания» поверхности материала по причине усталости.
- Не подходит для обработки тонкостенных заготовок по причине опасности деформирования под действием больших сил.

Параметры обработки:

- Ориентировочные значения параметров обработки содержатся в *таблице 9.23*.
- Подача поперечным суппортом производится до тех пор, пока на заготовке не появляются четко выраженные рифления. При накатывании продольных рифлений только после этого производится подача на обработку.
- В качестве СОЖ рекомендуется эмульсия для сверления. Однако необходимо обеспечить её подачу в достаточном количестве.

Накатный инструмент с одной накаткой используется для накатывания различных профилей с предварительным прорезанием (см. также *таблицу 9.5*). Продольные рифления изготавливаются исключительно накатками формы AA. Рифления с прорезанием всегда имеют длину, соответствующую ширине рабочей поверхности накатки. При этом инструмент закрепляется под углом 90° к заготовке, при продольном движении, напротив, крепление инструмента производится под углом 88° к заготовке. Остающийся задний угол 2° к передней кромке накатки препятствует скоплению материала при её продольном перемещении.

Накатный инструмент с двумя накатными роликами используется для накатывания различных профилей с предварительным прорезанием. Продольные рифления изготавливаются исключительно накатками формы AA (рифления с параллельными осями), а также форм BL + BR (перекрестное диагональное накатывание). Спираль 30° или 45° на накатках определяет также спираль на заготовке (30° или 45°). Инструмент также должен располагаться под углом 90° к заготовке при накатывании с прорезанием и под углом 88° при продольном накатывании.

13.2.2 Фрезерование рифлений

Фрезерование рифлений представляет собой профилирование шабрением с подачей вращающегося инструмента, снабженного зубьями с острыми краями (накатки). При фрезеровании рифлений не образуется наклёп. Стружка снимается обкатыванием от основания к вершинам зубьев (соскребается).

Рис. 9.27 Инструмент для фрезерования рифлений с двумя накатками

Преимущества фрезерования рифлений:

- Подходит для обработки тонкостенных материалов (например, труб), так как действующие на заготовку силы значительно меньше, чем при пластическом деформировании,
- меньше нагрузка на инструмент и станок,
- не происходит увеличение диаметра в результате обработки,
- обеспечивается очень высокая чистота обработки поверхности.

Недостатки фрезерования рифлений:

- Нарушается ориентация волокон заготовки (концентрация напряжений).
- Дорогостоящий способ.

Параметры обработки:

- Заготовка должна иметь фаску (30–45°). Размер фаски должен быть не меньше шага.
- Ориентировочные значения параметров обработки содержатся в *таблице 9.24*.
- Обязательна охлаждающая смазка. В качестве СОЖ рекомендуется эмульсия для сверления или маловязкие смазочные масла. Однако необходимо обеспечить её подачу в достаточном количестве.

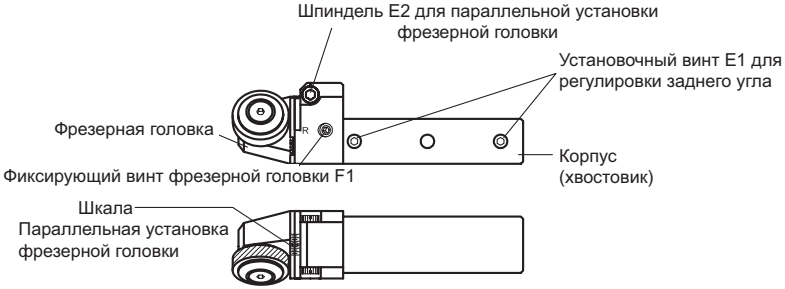
Инструмент для фрезерования рифлений с одним накатным роликом может быть использован исключительно для накатывания рифлений с параллельными осями (RAA). Всегда используется один ролик BL 30° для левого накатывания или один ролик BR 30° для правого накатывания. Возможна соответствующая регулировка головки каждого инструмента. Данный инструмент всегда крепится под прямым углом к заготовке. Для точной настройки высоты центров сбоку на головке инструмента нанесена маркировка в виде точек или, если речь идет об инструменте для станков с КЧПУ, верхний край хвостовика является базовой кромкой для высоты центров.

Инструментом для фрезерования рифлений с двумя накатными роликами накатываются перекрестные диагональные рифления (RGE) 30° и спирали 45°. Для накатывания RGE 30° в инструмент вставляются два накатных фрезерных ролика AA. Для рифлений RGE 45° следует установить один накатный фрезерный ролик BR 15° и один ролик BL 15° (см. также *таблицу 9.5*). На инструменте имеется шкала для настройки на диаметр заготовки. После настройки на диаметр заготовки инструмент необходимо точно расположить на высоте центров. Прежде чем приступить к фрезерованию, необходимо подвести инструмент к заготовке и проверить, одновременно ли оба ролика врезаются в заготовку. При фрезеровании рифлений поперечная подача на врезание накатных роликов производится примерно на 1/3 их ширины, прежде чем полностью появляется отчетливый рисунок рифлений. Обычно для этого требуется, чтобы соответствующий шаг накатки был задействован на 70 %. После этого включается подача на обработку.

13.4 Руководства по эксплуатации фрезеровальных накаток Накатные державки 290222 – для накаток для прямого рифления 290261-290281

Руководство по эксплуатации RF1 (231-A)

накатного инструмента № 231-20/25M250608-A
На рисунке представлен инструмент в варианте RH
Краткое описание:



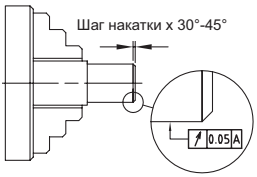
1. Установка накатного ролика

Накатный профиль на заготовке по стандарту DIN 82	№ инструмента	Профиль применяемой накатки
RAA	231-20725M250608-A вариант RH	BR30°
RAA	241-20725M250608-A вариант LH	BL30°
RBR 30°	231-20/25M250608-A вариант RH	AA
RBL 30°	231-20/25M250608-A вариант LH	AA

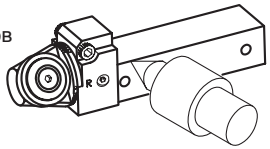
2. Требования в отношении заготовки

a) Фаска (минимальный шаг x 30° - 45°) выполняется на начале заготовки или после канавки.
Примечание:
Фаска нужна для центрирования накатки!

b) Радиальные биения: ± 0,05 мм



3. Установка инструмента на высоте центров



а) Обычные токарные станки:
Высота центра на уровне верхнего края хвостовика
б) Токарные станки с КЧПУ
Установка в специальном зажимном приспособлении
в) Автоматы для продольного точения
Высота центра на уровне верхнего края хвостовика
г) Многошпиндельные токарные автоматы
Высота центра на уровне верхнего края хвостовика

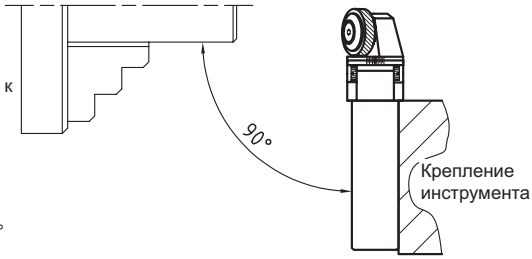
Рис. 9.28 Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290222

Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290222

4. Положение крепления инструмента

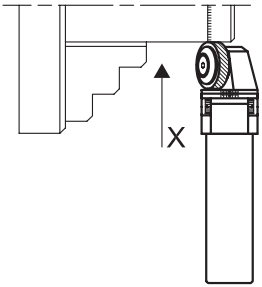
Закрепить инструмент под углом 90° к заготовке.
Как правило, остаётся в соответствующем креплении.

Примечание:
Головка накатки имеет задний угол 2°

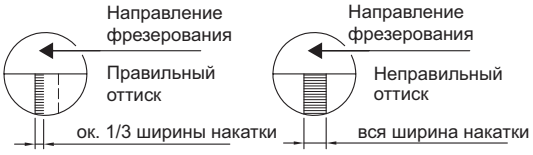


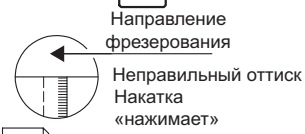
5.1 Регулировка заднего угла

Слегка прижать инструмент (накатной ролик) к заготовке.



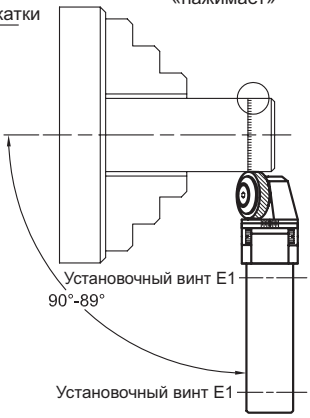
5.2 Проверка оттиска накатки (задний угол ролика)





5.3 Корректировка заднего угла

Откорректировать угол в плане накатки и затоговки с помощью установочных винтов таким образом, чтобы при контакте оттиск на заготовке (см. 5.1) соответствовал 1/3 ширины накатки.



6. Установка инструмента в исходное положение

Подвести в направлении X к заготовке = исходная точка на заготовке по осиX

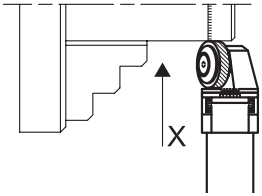
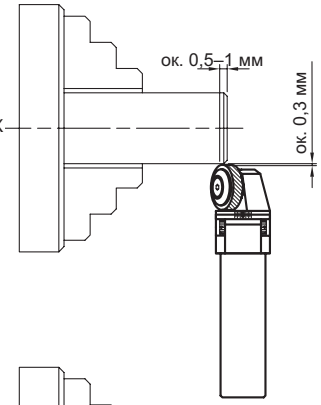


Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290222

Внимание!
Операции необходимо выполнять точно в последовательности пунктов 7,(8),9 и 10!!

7. Корректировка исходного положения инструмента

Переместить режущую кромку накатки прим. на 0,5–1 мм в направлении Z (к фаске) и в направлении X в исходную точку на заготовке X +0,3 мм.



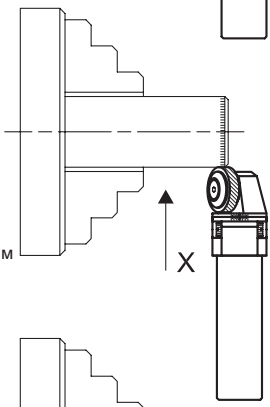
8. Охлаждение / смазка

Начиная с 9-го пункта рекомендуется подвод СОЖ в достаточном количестве с целью предотвращения закатывания стружки и увеличения стойкости накаток

9. Подача на глубину профиля в направлении X

Подача на глубину профиля в направлении X
Подача в соответствии с таблицей режимов резания
После достижения глубины профиля выдержать время 0,5–1 секунды (центрирование накатки)
Глубина профиля = высота зуба +0,1 мм ± 0,05 мм

Пример: имеем Шаг 1 мм и угол исходного контура зуба 90° даёт высоту зуба 0,5 мм
Глубина профиля = 0,5 мм +0,1 ± 0,05 мм = 0,6 ± 0,05 мм



10. Подача в направлении Z (собственно фрезерование рифлений)

Значения скорости резания и подачи содержатся в каталоге накаток H+K, а также в Интернете на сайте: www.hommel-keller.de/support

С соответствующей продольной подачей (см. режимы резания) переместить накатку на нужную длину, затем отвести инструмент от заготовки в направлении X. Проверить накатный профиль. Если профиль отпечатался не полностью, операцию можно повторить.

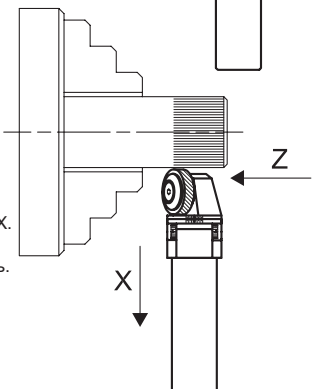
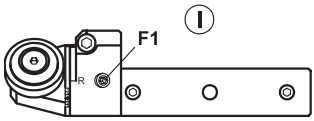
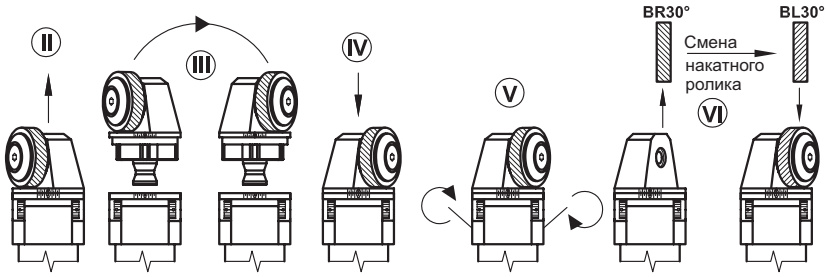


Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290222

11. Переход с варианта RH на вариант LH

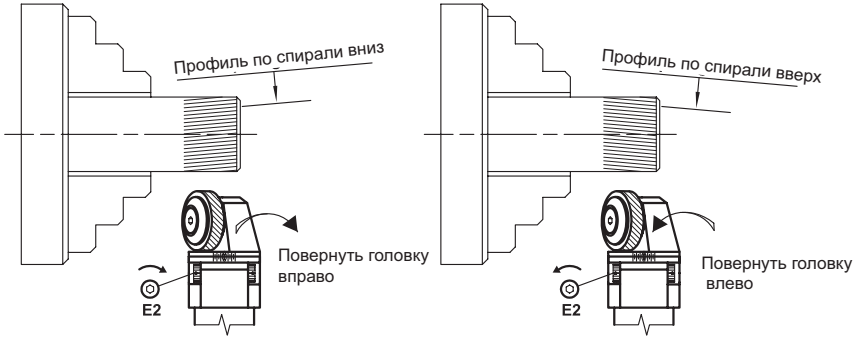


I. Ослабить оба фиксирующих винта (F1)
(примерно на 3 оборота)
II. Вынуть фрезерную головку
III. Повернуть фрезерную головку на 120°
IV. Снова сдвинуть фрезерную головку в корпусе (зафиксировать приводной выступ в пазе шпинделя, в этом положении головка не должна проворачиваться)
V. Снова затянуть оба фиксирующих винта (F1)
VI. Очень важно: установить накатной ролик согласно п. 1 (установка накатного ролика): Вариант LH = BL30°



12. Корректировка параллельности оси накатки / регулировка головки накатки

I. Ослабить оба фиксирующих винта (F1)
II. Повернуть шпинделем E2 фрезерную головку в нужном направлении:
по часовой стрелке = головка поворачивается вправо,
против часовой стрелки = головка поворачивается влево
III. Снова затянуть оба фиксирующих винта (F1)
V. Проверить параллельную настройку посредством повторного накатывания.

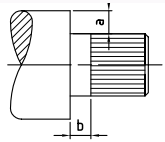


Примечание — Шкала помогает при повороте фрезерной головки.

Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290222

13. Расстояния между инструментом для фрезерования рифлений и буртиком заготовки

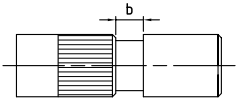
По причине обусловленного конструкцией расположения головки накатки под углом (30°) и выступа защитной шайбы при помощи фрезеровальной накатки нельзя производить накатывание до уступа! Размер a соответствует увеличению уступа [мм]
Размер b соответствует минимальному расстоянию при использовании конкретного накатного ролика (0) [мм]



a	b (10x3x6)	b (15x4x8)	b (25x6x8)	b (42x13x16)
1	5	1,5	2	3
3		3,5	3	5
5		6	5	7
7			8	9
10				12
12				13

14. Минимальная ширина прорезания

Если накатывание должно быть произведено в центре заготовки, требуется канавка
(на накатном ролике необходима фаска для центрирования!)
глубина прорезания: не менее 1/2 шага + 0,3 мм



Размеры накаток:	10x3x6	15x4x8	25x6x8	42x13x16
Мин. ширина канавки [b]:	3 мм	4 мм	6,5 мм	14 мм

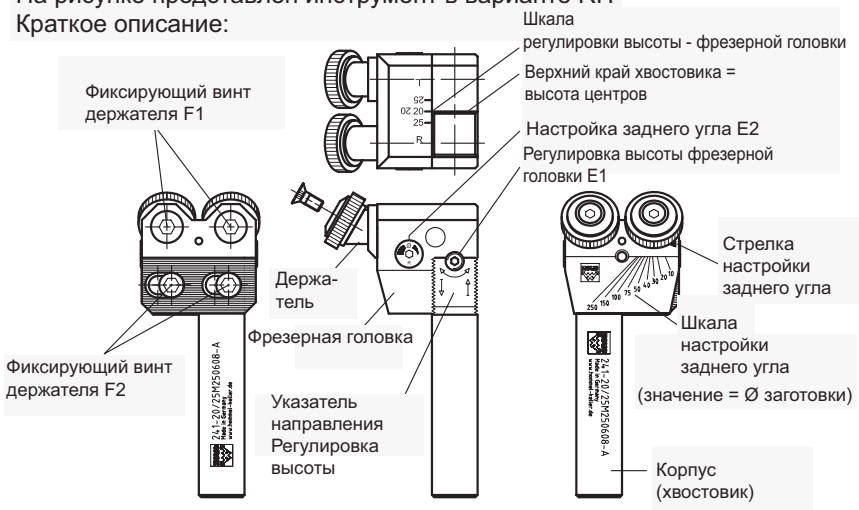
15. Возможные проблемы и способы их устранения

Описание проблемы:	Причина:	Способ устранения:
Накатный профиль RAA непараллельный, профиль кажется спиральным	Неточно произведена параллельная настройка головки накатки	Повернуть головку накатки в зависимости от положения спирали, см. (12.)
Неопределимая структура опытного накатного образца	Установлен неподходящий накатной ролик	Установить накатной ролик, см. (1.)
Выдавливание материала на конце накатки Профиль кажется "сплющенным"	Неправильная настройка заднего угла Инструмент давит на заготовку	Правильно настроить задний угол, см. (5.1 -5.3)
Профиль отпечатался не полностью	Подача меньше глубины профиля	Обеспечить необходимую подачу, см. (9.)
Нерегулярная четкость профиля	Биение заготовки в поперечном направлении	Обточить заготовку начисто по диаметру Торцевое точение, см. (2.)
Нечистое начало рифлений	Фаска на кромке заготовки отсутствует или слишком маленькая	См. (2.) - Требования в отношении заготовки
Профиль имеет неравномерную структуру	Накатной ролик местами перемещается с трудом - имеется деформация	Накатку снять, почистить, смазать и снова правильно собрать.
Профиль неравномерный, с продавленными участками и большей частью сломанными вершинами	Стружка закатывается в профиль	Проконтролировать охлаждение и промывку! По возможности высоким давлением (8.)
Радиус во впадине зуба	Неправильная высота центров инструмента	Проверить высоту центров, при необходимости откорректировать, см. (3.)
Накатный профиль нечеткий	Профиль накатки затупился или подвергся частичному износу	Проверить профиль и при необходимости установить новые накатки ZEUS

Фрезеровальная накатка 290242 – для накатных роликов 290261–290281

Руководство по эксплуатации RF2 (241-A)

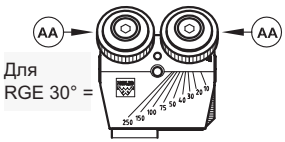
накатного инструмента № 241-20/25M250608-A
На рисунке представлен инструмент в варианте RH
Краткое описание:

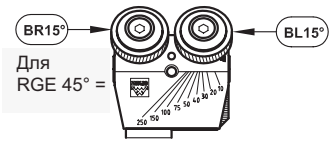


1. Монтаж накаток

Накатный профиль на заготовке по стандарту DIN 82	№ инструмента	Профиль применяемых накаток
RGE 30°	241-20/25M250608-A	AA
RGE 45°BL 15° и BR 15°	241-20/25M250608-A	

Внимание: Всегда используйте пару накатных роликов с одинаковым шагом !





2. Требования в отношении заготовки

a) Снять фаску (не менее шаг x 30° – 45°)
в начале заготовки или за канавкой.
Примечание –
Фаска нужка для центровки накатного ролика!

b) Радиальное биение: ± 0,05 мм

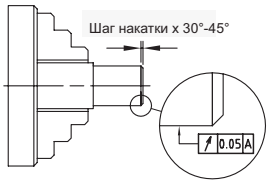
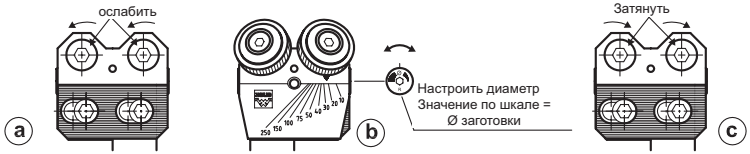


Рис. 9.29 Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

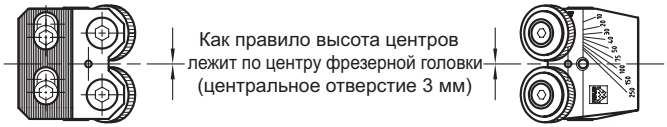
Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

3. Предварительная настройка заднего угла накаток

Вывернуть оба фиксирующих винта (F1) держателей накатки (a), вращая шпиндель (E2), настроить диаметр обрабатываемой детали (b), затем снова затянуть фиксирующие винты (F1) (c)



4. Установка инструмента по высоте центров



4.1 Регулировка высоты фрезерной головки по высоте центров

Ослабить оба фиксирующих винта (F2) фрезерной головки (a). Затем, вращая шпиндель (E2), проверить регулируемость высоты головки с насечкой (b).
Высота центров для станков с КЧПУ: высота центров соответствует верхнему краю хвостовика, номинальный размер 20 мм или 25 мм настраивается заподлицо с маркировкой и верхним краем хвостовика (c). Высота центров для обычных станков: установить фрезерную головку с центральным отверстием 3 мм на высоту центров станка (d).
Затем снова затянуть оба фиксирующих винта (F2) (e).

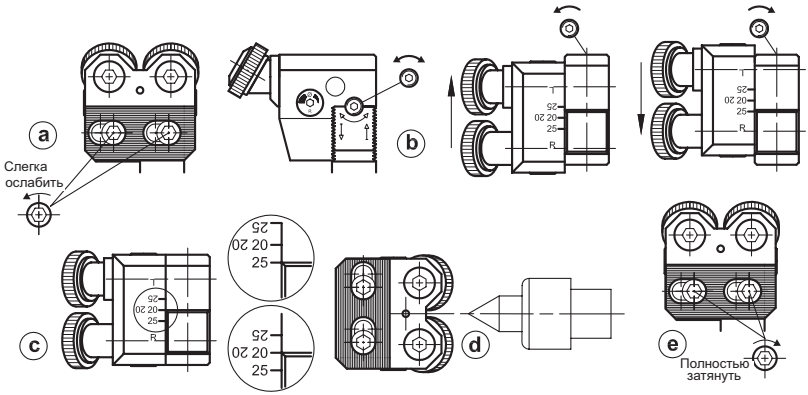
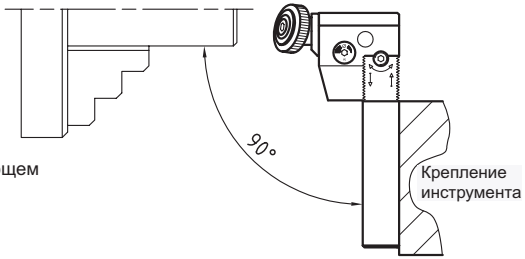


Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

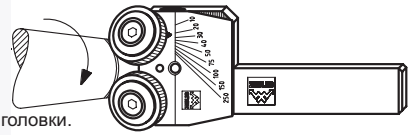
5. Положение зажимания инструмента

Закрепить инструмент под углом 90° к заготовке.
Как правило, остаётся в соответствующем креплении



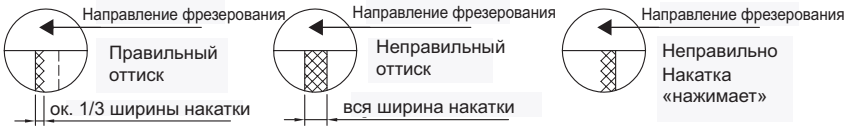
6. Проверка точной настройки головки с насечкой (симметрия накатных роликов)

Слегка прижать инструмент к заготовке.
Оба ролика доолжны одновременно коснуться заготовки. В противном случае, см. пункт 4.1, нужно соответственно откорректировать высоту головки.



7. Проверка оттиска (задний угол накатных роликов)

Ещё раз слегка прижать к заготовке и поверить оттиск:



7.1 Корректировка (точная настройка) заднего угла

Переставить держатели накатки таким образом (см. 3), чтобы оттиск соответствовал прим. 1/3 ширины накатки в направлении фрезерования. Если, например, видна вся ширина накатки, необходимо уменьшить диаметр на шкале.

8. Исходное положение инструмента

Подвести в направлении X к заготовке = исходная точка на заготовке по оси X

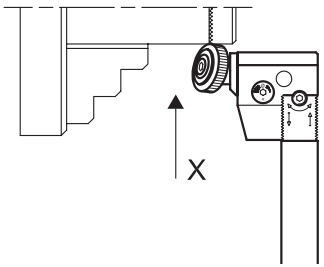


Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

Внимание!
Операции необходимо выполнять точно в последовательности пунктов 9, (10),11 и 12!!

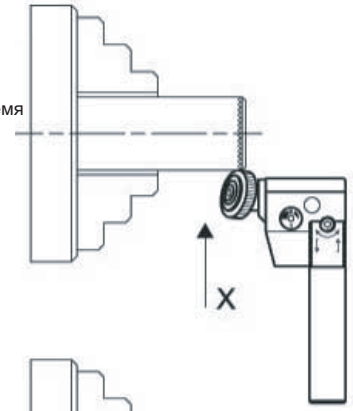
9. Корректировка исходного положения инструмента

Переместить режущую кромку накатки прим. на 0,5–1 мм в направлении Z (к фаске) и в направлении X в исходную точку на заготовке +0,3 мм.

10. Охлаждение / смазка

Начиная с 11-го пункта рекомендуется подвод СОЖ в достаточном количестве с целью предотвращения закатывания стружки и увеличения стойкости накаток

11. Подача на глубину профиля в направлении X



Подача на глубину профиля в направлении X
Подача в соответствии с таблицей режимов резания
После достижения глубины профиля выдержать время 0,5–1 секунды (центрирование накатки)
Глубина профиля = высота зуба +0,1 мм ± 0,05 мм

Пример: имеем: Шаг 1 мм и угол 90° исходного контура зуба даёт высоту зуба 0,5 мм
Глубина профиля = 0,5 мм +0,1 ± 0,05 мм =
= 036 ± 0,05 мм

12. Подача в направлении Z (собственно фрезерование рифлений)

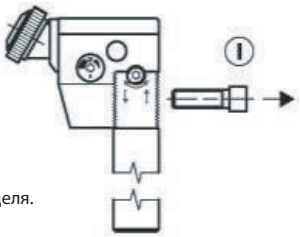
Значения скорости резания и подачи содержатся в каталоге накаток H+K, а также в Интернете на сайте: www.hommel-keller.de/support

С соответствующей продольной подачей (см. режимы резания) переместить накатку на нужную длину, затем отвести инструмент от заготовки в направлении X. Проверить накатный профиль. Если профиль отпечатался не полностью, операцию можно повторить.

Внимание!
Операции необходимо выполнять точно в последовательности пунктов 9,(10),11 и 12!!

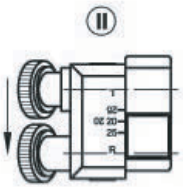
Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

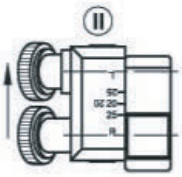
13. Переход с варианта RH на вариант LH



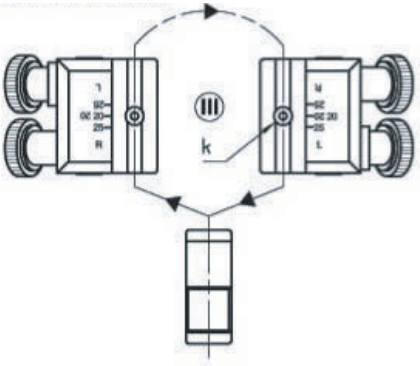
I. Полностью вывернуть оба фиксирующих винта (F2)

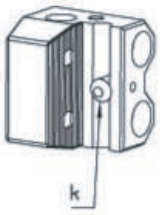
II. Сдвинуть фрезерную головку рукой вверх или вниз.
Осторожно! Нужно преодолеть сопротивление фиксатора шпинделя.
Затем осторожно полностью вывести головку из зацепления



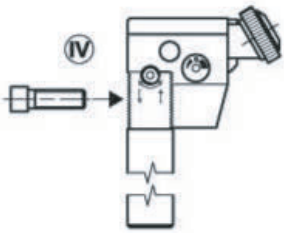


III. Повернуть фрезерную головку на 180° и завести в зацепление на другой стороне корпуса. Если шпиндель упирается в фиксатор подпружиненного конуса (k), нужно отжать фиксатор внутрь и продолжать сдвигать головку, пока фиксатор конуса снова не защёлкнется (примерно в среднем положении).





IV. Завернуть оба фиксирующих винта (F2)
и продолжить согласно п.п. 1-12



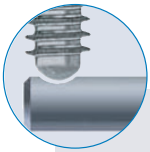
13.5 Руководство по эксплуатации накатного инструмента с ClickPin

№ 290115; 290140

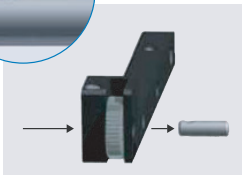
zeus ClickPin:®

Быстрая и надёжная замена инструмента!

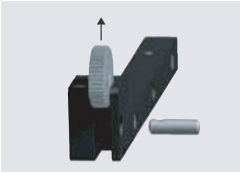
Новая система ClickPin® от Hommel + Keller приходит на смену традиционным винтам с внутренним шестигранником для крепления накатных роликов при их замене. Недостатки сторого способа крепления остались в прошлом:



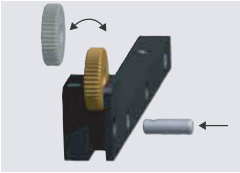
-->Повреждение ролика в случае перетяжки обычных винтов с внутренним шестигранником
-->Винты не выворачиваются и не выпадают при ударных нагрузках и вибрации
-->Быстрая фиксация и позиционирование ролика



Выдавить твердосплавный опорный штифт за точку сопротивления пружинного прижима.



Быстрая замена накатного ролика



Закрепление нового ролика простым втягиванием опорного штифта с надрезом. Пружинный прижим входит в заданное положение опорного штифта.

14 Ориентировочные режимы резания, точение и накатывание

Принцип построения таблиц ориентировочных значений на примере наружного точения

Задание на обработку:

Чистовая обточка, диаметр D = 60 мм, материал Ck 60

Порядок действий:

1. Выбор инструмента из главного каталога — Державка с механическим креплением 256100 СМП: CNM.1204
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы», раздел 1) — Группа 8.2
3. Выбор режимов резания:
   - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания — Таблица 9.9
   - 3.2 Выбор геометрии стружколомного профиля — VS
   - 3.3 Выбор режимов резания

Таблица 5.1 **Токарная обработка 0°**

Тип пластины **CNM..**

Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом											
			SF Чистовая обработка a_p = 0,1–1 мм				SS Получистовая обработка a_p = 0,5–2 мм				SM Получистовая обработка a_p = 2–5 мм				SG Черновая обработка a_p = 3–7 мм			
		[Н/мм]^2	Vc [м/мин]		f [мм/об]		Vc [м/мин]		f [мм/об]		Vc [м/мин]		f [мм/об]		Vc [м/мин]		f [мм/об]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
2.0	Автомат. стали	< 850	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,34	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200	300	0,05	0,15	**150**	**200**	**0,10**	**0,35**	**120**	200	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200	300	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	200	0,05	0,15	100	150	0,10	0,35	80	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
5.0	Нелег. улучш. стали	< 750	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	200	0,05	0,15	100	150	0,10	0,35	80	150	0,20	0,60	50	100	0,40	0,80
7.0	Азотируемые стали	< 1000	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.1	Азотируемые стали	> 1000	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.0	Инструментал. стали	< 850	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100	150	0,05	0,15	100	150	0,10	0,35	100	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	150	0,05	0,15	80	150	0,10	0,35	80	180	0,20	0,60				
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200																

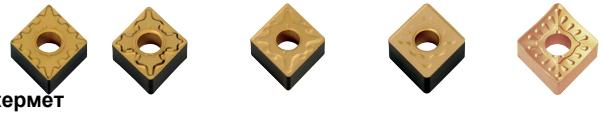
Диапазон скорости резания начальн. значение v_c = **150–200 м/мин**

Диапазон подачи начальн. значение f = **0,1–0,35 мм/об**

Диапазон глубины резания начальн. значение a_p = **0,5–2 мм**

Таблица 9.9 **Токарная обработка 0°**

Тип пластины CNM..
Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом									
			SF Тонкое точение a_p = 0,1–1 мм		SS Чистовая обработка a_p = 0,5–2 мм		SM Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		SG Черновая обработка a_p = 3–7 мм		SR Грубая обработка a_p = 4–10 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200 – 350	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200 – 350	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
2.0	Автоматные стали	< 850	200 – 350	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,80	60 – 130	0,60 – 1,00
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200 – 350	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200 – 350	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,80	60 – 130	0,60 – 1,00
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 200	0,05 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,80	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200 – 350	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,80	60 – 130	0,60 – 1,00
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 200	0,05 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,35	80 – 150	0,20 – 0,60	50 – 100	0,40 – 0,80	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,80	60 – 150	0,60 – 1,00
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100 – 150	0,05 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,35	100 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,80	60 – 130	0,60 – 1,00
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80 – 150	0,05 – 0,15	80 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–		
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–		
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–		
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 150	0,05 – 0,15	80 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		250 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

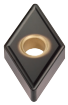
Стружколом													
VF Тонкое точение a_p = 0,5–1 мм		VS Чистовая обработка a_p = 0,5–2 мм		VM Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		V4M Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		VG Черновая обработка a_p = 3–7 мм		GM Получистовая обработка a_p = 1–5 мм		UNI Универсальная обработка a_p = 0,5–4 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	- –
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	- –
–	–	–	–	–	–	–	–	10 – 180	0,15 – 0,40	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	60 – 160	0,15 – 0,40	–	–	60 – 160	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20 – 35	0,0 – 0,1	15 – 25	0,1 – 0,3	120 – 220	0,20 – 0,60	100 – 160	0,15 – 0,50	80 – 180	0,40 – 0,80	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
20 – 35	0,0 – 0,1	15 – 25	0,1 – 0,3	120 – 220	0,20 – 0,60	100 – 160	0,15 – 0,50	80 – 180	0,40 – 0,80	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
18 – 25	0,0 – 0,1	13 – 20	0,1 – 0,3	100 – 200	0,20 – 0,60	80 – 140	0,15 – 0,50	60 – 160	0,40 – 0,80	–	–	80 – 180	0,15 – 0,40
18 – 25	0,0 – 0,1	13 – 20	0,1 – 0,3	100 – 200	0,20 – 0,60	80 – 140	0,15 – 0,50	60 – 160	0,40 – 0,80	–	–	80 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	150 – 300	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	– -	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.10 Токарная обработка 0°

Тип пластины DNMG

Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом							
			SF Тонкое точение a_p = 0,1–1 мм		SS Чистовая обработка a_p = 0,5–2 мм		SM Получистовая обработка a_p = 1,5–4 мм		SG Черновая обработка a_p = 2–6 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
2.0	Автоматные стали	< 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 150	0,10 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 180	0,20 – 0,45	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 150	0,05 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 150	0,20 – 0,45	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 120	0,05 – 0,15	80 – 150	0,10 – 0,30	80 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 120	0,05 – 0,15	80 – 150	0,10 – 0,30	80 – 180	0,20 – 0,45	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–		–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–		–	–
19.0	Графит		250 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–



Стружколом															
VF **Тонкое точение** a_p = 0,5–1 мм		**VS** **Чистовая обработка** a_p = 0,5–2 мм		**V4S** **Чистовая обработка** a_p = 0,5–2 мм		**VM** **Получистовая обработка** a_p = 2–5 мм		**V4M** **Получистовая обработка** a_p = 2–5 мм		**GM** **Получистовая обработка** a_p = 1–5 мм		**UNI** **Универсальная обработка** a_p = 1–4 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	90 – 150
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	0,20 – 0,65
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	90 – 150	90 – 150	–	–	90 – 150	90 – 150
–	–	–	–	–	–	–	–	50 – 120	90 – 150	–	–	50 – 120	90 – 150
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
250 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	110 – 170	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	100 – 160	0,15 – 0,50	–	–	90 – 100	0,20 – 0,05
250 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	110 – 170	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	100 – 160	0,15 – 0,50	–	–	90 – 100	0,20 – 0,05
220 – 250	0,05 – 0,15	130 – 200	0,10 – 0,30	110 – 170	0,10 – 0,30	100 – 200	0,20 – 0,45	80 – 140	0,15 – 0,50	–	–	90 – 100	0,20 – 0,05
220 – 250	0,05 – 0,15	130 – 200	0,10 – 0,30	110 – 170	0,10 – 0,30	100 – 200	0,20 – 0,45	80 – 140	0,15 – 0,50	–	–	90 – 100	0,20 – 0,05
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	150 – 300	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.11 Токарная обработка 0°

Тип пластины KNUX
Твёрдый сплав

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом					
			R Правая пластина a_p = 2–6 мм		R1 Правая пластина a_p = 1–4 мм		R2 Правая пластина a_p = 2–6 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
2.0	Автоматные стали	< 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 150	0,25 – 0,50	200 – 270	0,20 – 0,50	160 – 200	0,35 – 0,70
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 150	0,25 – 0,50	200 – 270	0,20 – 0,50	160 – 200	0,35 – 0,70
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 120	0,25 – 0,50	180 – 220	0,20 – 0,50	140 – 170	0,35 – 0,70
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 120	0,25 – 0,50	180 – 220	0,20 – 0,50	140 – 170	0,35 – 0,70
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
15.1	Чугун	> 180 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	300 – 600	0,20 – 0,50	250 – 550	0,20 – 0,50
17.2	Лит. алюм. сплавы > 10% Si		–	–	300 – 600	0,20 – 0,50	250 – 550	0,20 – 0,50
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
18.2	Латунь, длиннструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
18.5	Бронза, длиннструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длиннструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

Стружколом					
L Левая пластина a_p = 2–6 мм		L1 Левая пластина a_p = 1–4 мм		L2 Левая пластина a_p = 2–6 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 150	0,25 – 0,50	200 – 270	0,20 – 0,50	160 – 200	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 150	0,25 – 0,50	200 – 270	0,20 – 0,50	160 – 200	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
80 – 120	0,25 – 0,50	180 – 220	0,20 – 0,50	140 – 170	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
80 – 120	0,25 – 0,50	180 – 220	0,20 – 0,50	140 – 170	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	300 – 600	0,20 – 0,50	250 – 550	0,20 – 0,50
–	–	300 – 600	0,20 – 0,50	250 – 550	0,20 – 0,50
–	–	–	–	–	–
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–

Таблица 9.12 **Токарная обработка 0°**

Тип пластины SNMG
Твёрдый сплав

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом							
			SM Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		SG Черновая обработка a_p = 3–6 мм		SR Грубая обработка a_p = 4–8 мм		GM Получистовая обработка a_p = 1–5 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80 – 150	0,20 – 0,60	50 – 100	0,40 – 0,60	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	150 – 300	0,20 – 0,60
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	100 – 200	0,20 – 0,60
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.13 Токарная обработка 0°
Тип пластины VNMG
Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом					
			SM Получистовая обработка a_p = 1,5–5 мм		VF Тонкое точение a_p = 0,5–2 мм		VM Получистовая обработка a_p = 1,5–5 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200 – 350	0,20 – 0,60	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 150	0,20 – 0,60	–	–	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 150	0,20 – 0,60	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	200 – 300	0,05 – 0,65	120 – 220	0,20 – 0,60
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	200 – 300	0,05 – 0,65	120 – 220	0,20 – 0,60
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	180 – 250	0,05 – 0,65	100 – 220	0,20 – 0,60
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	180 – 250	0,05 – 0,65	100 – 220	0,20 – 0,60
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		250 – 350	0,20 – 0,60	–	–	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

Таблица 9.14 Токарная обработка 0°
Тип пластины TNMG
Твёрдый сплав

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом					
			SS Чистовая обработка a_p = 0,5–2 мм		SM Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		SG Черновая обработка a_p = 3–6 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
2.0	Автоматные стали	< 850	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 150	0,10 – 0,35	80 – 150	0,20 – 0,60	50 – 100	0,40 – 0,60
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

Стружколом					
VS **Чистовая обработка** a_p = 0,5–2 мм		**VM** **Получистовая обработка** a_p = 2–5 мм		**GM** **Черновая обработка** a_p = 1–5 мм	
v_c [м/мин]	**f [мм/об]**	**v_c [м/мин]**	**f [мм/об]**	**v_c [м/мин]**	**f [мм/об]**
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	–	–
150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	–	–
130 – 200	0,10 – 0,35	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–
130 – 200	0,10 – 0,35	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–
30 – 80	0,10 – 0,30	–	–	–	–
–	–	–	–	150 – 300	0,20 – 0,60
–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60
–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60
–	–	–	–	100 – 200	0,20 – 0,60
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–

Таблица 9.15 **Токарная обработка 0°**
Тип пластины WNMG
Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом							
			SS Чистовая обработка		SM Получистовая обработка		SG Черновая обработка		VF Тонкое точение	
			a_p = 0,5–2 мм		a_p = 1,5–3,5 мм		a_p = 2–6 мм		a_p = 0,5–1 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120 – 200	0,05 – 0,12	12 – 180	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 150	0,10 – 0,35	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80 – 120	0,05 – 0,12	60 – 180	0,15 – 0,30	50 – 100	0,40 – 0,70	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 120	0,05 – 0,12	60 – 180	0,15 – 0,30	60 – 160	0,40 – 0,70	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	60 – 100	0,05 – 0,12	50 – 150	0,15 – 0,30	50 – 130	0,40 – 0,70	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	60 – 100	0,05 – 0,12	50 – 150	0,15 – 0,30	50 – 130	0,40 – 0,70	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	200 – 350	0,05 – 0,15
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	200 – 350	0,05 – 0,15
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	180 – 250	0,05 – 0,15
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	180 – 250	0,05 – 0,15
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, коротструж.		–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, коротструж.	< 600	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, коротструж.	< 600	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
18.4	Бронза, коротструж.	650 – 850	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

Стружколом											
VS Чистовая обработка a_p = 0,5–2 мм		**VM** Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		**V4M** Получистовая обработка a_p = 2–5 мм		**VG** Черновая обработка a_p = 3–7 мм		**GM** Получистовая обработка a_p = 1–5 мм		**UNI** Универсальная обработка a_p = 0,5–4 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60 – 160	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	90 – 150	0,15 – 0,50	80 – 180	0,40 – 0,80	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	90 – 150	0,15 – 0,50	80 – 180	0,40 – 0,80	–	–	100 – 210	0,15 – 0,40
130 – 200	0,10 – 0,35	100 – 200	0,20 – 0,60	70 – 130	0,15 – 0,50	60 – 160	0,40 – 0,80	–	–	80 – 180	0,15 – 0,40
130 – 200	0,10 – 0,35	100 – 200	0,20 – 0,60	70 – 130	0,15 – 0,50	60 – 160	0,40 – 0,80	–	–	80 – 180	0,15 – 0,40
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	150 – 300	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.16 **Токарная обработка 0°**

Тип пластины CNMA, DNMA, VNMA
КНБ

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	CNMA					
			Исполнение режущих кромок					
			F		G		T	
			a_p = 0,05–0,2 мм		a_p = 0,1–0,3 мм		a_p = 0,1–0,3 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	–	–	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	120 – 220	0,08 – 0,15	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	120 – 220	0,08 – 0,15	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм.	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

DNMA						VNMA					
Исполнение режущих кромок						Исполнение режущих кромок					
F		G		T		F		G		T	
a_p = 0,05–0,2 мм		a_p = 0,1–0,3 мм		a_p = 0,1–0,3 мм		a_p = 0,05–0,2 мм		a_p = 0,1–0,3 мм		a_p = 0,1–0,3 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20	–	–	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
120 – 250	0,08 – 0,15	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20	120 – 250	0,08 – 0,15	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
120 – 250	0,08 – 0,15	–	–	–	–	120 – 250	0,08 – 0,15	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.17 **Токарная обработка 0°**
Тип пластины **CNGN, DNGN, SNGN; TNGN**
Керамика

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Черновая обработка		
			H		
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	a_p [мм]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	130 – 300	0,1 – 0,4	1,5 – 3,0
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	20 – 100	0,1 – 0,2	0,5 – 1,5
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	20 – 100	0,1 – 0,2	0,5 – 1,5
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
11.1	Износост. констр. стали	1800	130 – 300	0,1 – 0,4	1,5 – 3,0
12.0	Пружинные стали	< 1500	130 – 300	0,1 – 0,4	1,5 – 3,0
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–
19.0	Графит		–	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–

Чистовая обработка		
H		
v_c [м/мин]	f [мм/об]	a_p [мм]
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
–	–	–
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
–	–	–
–	–	–
–	–	–
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
180 – 600	0,05 – 0,2	0,1 – 0,4
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
40 – 200	0,05 – 0,5	0,1 – 0,5
40 – 200	0,05 – 0,5	0,1 – 0,5
40 – 150	0,05 – 0,4	0,1 – 0,3
200 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 0,5
180 – 600	0,05 – 0,2	0,1 – 0,4
180 – 600	0,05 – 0,2	0,1 – 0,4
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–

Тип пластины:

CNGN

DNGN

SNGN

TNGN

Таблица 9.18 **Токарная обработка 7°**
Тип пластины CC.T..
Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом							
			ALU a_p = 0,5–2 мм		SF Тонкое точение a_p = 0,1–2 мм		SS Чистовая обработка a_p = 0,1–2 мм		SM Получистовая обработка a_p = 0,5–3 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	- –
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	- –
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	120 – 350	0025 – 0,25	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	120 – 350	0,05 – 0,25	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	120 – 350	0,05 – 0,25	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	120 – 320	0,05 – 0,25	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

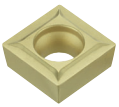
Стружколом							
VF Тонкое точение a_p = 0,1–2 мм		V4F Тонкое точение a_p = 0,5–3 мм		VM Получистовая обработка a_p = 0,5–3 мм		UNI Универсальная обработка a_p = 0,5–3 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	120 – 160	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
10 – 2	0,05 – 0,2	14 – 1	0,10 – 0,	80 – 220	0,15 – 0,30	140 – 200	0,10 – 0,45
10 – 2	0,05 – 0,2	14 – 1	0,10 – 0,	80 – 220	0,15 – 0,30	140 – 200	0,10 – 0,45
10 – 2	0,05 – 0,2	12 – 1	0,10 – 0,	80 – 200	0,15 – 0,30	140 – 180	0,10 – 0,45
80 – 2	0,05 – 0,2	10 – 1	0,10 – 0,	60 – 180	0,15 – 0,30	120 – 160	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.19 **Токарная обработка 7°**
Тип пластины DC.T..
Твёрдый сплав, кермет

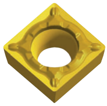
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом							
			ALU		SF Тонкое точение		SS Чистовая обработка		SM Получистовая обработка	
			a_p = 0,5–2 мм		a_p = 0,1–2 мм		a_p = 0,1–2 мм		a_p = 0,5–3 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 –	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	- –
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	- –
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

Стружколом							
VF Тонкое точение a_p = 0,1–2 мм		**V4F** Тонкое точение a_p = 0,5–3 мм		**VM** Получистовая обработка a_p = 0,5–3 мм		**UNI** Универсальная обработка a_p = 0,5–3 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	14 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	14 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	14 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	12 – 160	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
10 – 350	0,05 – 0,27	14 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,15 – 0,30	14 – 200	0,10 – 0,45
10 – 350	0,05 – 0,27	14 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,15 – 0,30	14 – 200	0,10 – 0,45
10 – 320	0,05 – 0,27	12 – 150	0,10 – 0,30	80 – 200	0,15 – 0,30	14 – 180	0,10 – 0,45
80 – 300	0,05 – 0,27	10 – 130	0,10 – 0,30	60 – 180	0,15 – 0,30	12 – 160	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.20 **Токарная обработка 7°**
Тип пластины SC.T..
Твёрдый сплав



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом					
			ALU		SF Тонкое точение		SM Получистовая обработка	
			a_p = 0,5–2 мм		a_p = 0,1–2 мм		a_p = 0,5–3 мм	
		[Н/мм^2]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,10 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,10 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,10 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,10 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,10 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	– 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–
			350					
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		– 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		– 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–



	Стружколом			
	V4F Тонкое точение		VM Получистовая обработка	
	a_p = 0,1–3 мм		a_p = 0,5–3 мм	
	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	110 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,10 – 0,30
	110 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,10 – 0,30
	100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 200	0,10 – 0,30
	80 – 130	0,10 – 0,30	60 – 180	0,10 – 0,30
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–
	–	–	–	–

Таблица 9.21 Токарная обработка 7°
Тип пластины TC.T..
Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом							
			ALU a_p = 0,5–2 мм		SF Тонкое точение a_p = 0,1–2 мм		SS Чистовая обработка a_p = 0,1–2 мм		SM Получистовая обработка a_p = 0,5–3 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 –	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	10 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	10 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	– –
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	– –
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	10 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	10 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	10 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длиннструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длиннструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длиннструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длиннструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

Стружколом					
V4F **Тонкое точение** a_p = 0,5–3 мм		**VM** **Получистовая обработка** a_p = 0,5–3 мм		**UNI** **Универсальная обработка** a_p = 0,5–3 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	140 – 200	0,10 – 0,45
–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	140 – 180	0,10 – 0,45
–	–	–	–	120 – 160	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
110 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,10 – 0,30	140 – 200	0,10 – 0,45
110 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,10 – 0,30	140 – 200	0,10 – 0,45
100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 200	0,10 – 0,30	140 – 180	0,10 – 0,45
80 – 130	0,10 – 0,30	60 – 180	0,10 – 0,30	120 – 160	0,10 – 0,45
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–

Таблица 9.22 Токарная обработка 7°

Тип пластины VC.T..

Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Стружколом					
			ALU		SF Тонкое точение		SM Получистовая обработка	
			a_p = 0,5–2 мм		a_p = 0,1–2 мм		a_p = 0,1–2 мм	
		[Н/мм²]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	– 0,30 0,05	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	– 0,30	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	– 0,25	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

Стружколом			
V4F Тонкое точение a_p = 0,5–3 мм		VM Получистовая обработка a_p = 0,1–2 мм	
v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
110 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,15 – 0,30
110 – 160	0,10 – 0,30	80 – 220	0,15 – 0,30
100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 200	0,15 – 0,30
80 – 130	0,10 – 0,30	60 – 180	0,15 – 0,30
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–
–	–	–	–

Таблица 9.23 Токарная обработка 7°
Тип пластины CCMW, DCMW
КНБ

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	CCMW					
			Исполнение режущих кромок					
			F		G		T	
			a_p = 0,05–0,2 мм		a_p = 0,1–0,3 мм		a_p = 0,1–0,3 мм	
		[Н/мм^2]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	–	–	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	120 – 250	0,08 – 0,15	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	120 – 520	0,08 – 0,15	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

	DCMW					
	Исполнение режущих кромок					
	F		G		T	
	a_p = 0,05–0,2 мм		a_p = 0,1–0,3 мм		a_p = 0,1–0,3 мм	
	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	10 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
	120 – 250	0,08 – 0,15	10 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
	120 – 250	0,08 – 0,15	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.24 GARANT – Резцы для чистового точения с использованием СМП 7° / 11° /15°

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Геометрия СМП CDCT						Геометрия СМП TDAT					
			v_c [м/мин]		f [мм/об]		a_p [мм]		v_c [м/мин]		f [мм/об]		a_p [мм]	
		[Н/мм²]	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
2.0	Автоматные стали	< 850	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
4.1	Лег. улучш. стали	1000 –	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,050	0,229
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,050	0,229
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,050	0,229
7.0	Азотируемые стали	< 1000	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
7.1	Азотируемые стали	> 1000	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
8.0	Инструментал. стали	< 850	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
8.2	Инструментал. стали	1100 –	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–		–		–		–		–		–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–		–		–		–		–		–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–		–		–		–		–		–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
11.1	Износост. констр. стали	1800	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
12.0	Пружинные стали	< 1500	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	46	91	0,254	0,076	0,050	0,229	46	91	0,229	0,050	0,076	0,229
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	46	76	0,229	0,050	0,076	0,254	46	76	0,229	0,050	0,076	0,254
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–		–		–		–		–		–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	46	114	0,305	0,076	0,050	0,229	46	114	0,305	0,050	0,076	0,254
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	46	114	0,305	0,076	0,050	0,229	46	114	0,305	0,050	0,076	0,254
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,254
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,254
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	21	43	0,229	0,076	0,050	0,178	21	43	0,102	0,025	0,050	0,178
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	21	43	0,229	0,076	0,050	0,178	21	43	0,102	0,025	0,050	0,178
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,178
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,178
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		46	183	0,305	0,050	0,050	0,762	46	183	0,305	0,050	0,050	0,762
18.0	Медь, низколегир.	< 400	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
19.0	Графит		–		–		–		–		–		–	
20.0	Термопласт		53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,762
20.1	Реактопласт		53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,762
20.2	Стекло- и углепластик		46	183	0,305	0,050	0,050	0,762	46	183	0,305	0,050	0,050	0,762

Примечание — При большой длине вылета следует использовать твёрдосплавные расточные державки.

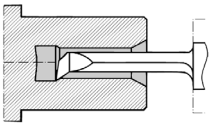
	Геометрия СМП GCCT			Геометрия СМП GPCT			СОЖ
	v_c [м/мин]	f [мм/об]	a_p [мм]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	a_p [мм]	
	мин. – макс.	мин. – макс.	мин. – макс.	мин. – макс.	мин. – макс.	мин. – макс.	
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	эмульсия
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	эмульсия
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	эмульсия
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,229	эмульсия
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,229	эмульсия
	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	30 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	эмульсия
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 91	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 91	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,381	46 – 76	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–
	23 – 61	0,178 – 0,050	0,050 – 0,178	23 – 61	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	46 – 114	0,229 – 0,050	0,076 – 0,431	46 – 114	0,229 – 0,050	0,076 – 0,305	сухая
	46 – 114	0,229 – 0,050	0,076 – 0,431	46 – 114	0,229 – 0,050	0,076 – 0,305	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,431	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,431	46 – 107	0,229 – 0,050	0,076 – 0,254	сухая
	21 – 43	0,178 – 0,050	0,050 – 0,305	21 – 43	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	21 – 43	0,178 – 0,050	0,050 – 0,305	21 – 43	0,178 – 0,050	0,076 – 0,229	эмульсия
	53 – 610	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 610	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 610	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 610	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	46 – 183	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	46 – 183	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 457	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 457	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 457	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 457	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	сухая
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	сухая
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	сухая
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	–	–	–	–	–	–	–
	53 – 610	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия
	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	53 – 213	0,305 – 0,076	0,076 – 1,651	эмульсия

Таблица 9.25 KOMET – Сменные цельнотвердосплавные резцы UniTurn

Каталож. №: 240110; 240111; 240114; 240115; 240118; 240119; 240122; 240123; 240126; 240127; 240130; 240131; 240134; 240135

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	$L_2 / D_{min} < 3$								
			v_c [м/мин]			f [мм/об]			a_p [мм]		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	30	**100**	180	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	30	**90**	130	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
2.0	Автоматные стали	< 850	30	**90**	130	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	20	**80**	120	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	30	**90**	130	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	20	**80**	120	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	30	**100**	180	0,010	**0,02**	0,030	0,02	**0,08**	0,15
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	20	**80**	120	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,08**	0,15
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	20	**80**	120	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,08**	0,15
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	30	**90**	130	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,08**	0,15
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	20	**80**	120	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,08**	0,15
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	20	**80**	120	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,08**	0,15
7.0	Азотируемые стали	< 1000	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
7.1	Азотируемые стали	> 1000	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
8.0	Инструментал. стали	< 850	20	**80**	120	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	15	**70**	100	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	15	**70**	100	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
9.0	Быстрорежущ. стали	830 – 1200	15	**70**	100	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
11.1	Износост. констр. стали	1800	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
12.0	Пружинные стали	< 1500	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	**50**	80	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	**50**	80	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	10	**50**	80	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	10	**50**	80	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,07**	0,10
14.0	Спец. сплавы	< 1200	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	15	**55**	90	0,010	**0,02**	0,035	0,05	**0,10**	0,25
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	15	**55**	90	0,010	**0,02**	0,035	0,05	**0,10**	0,25
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	15	**55**	90	0,010	**0,02**	0,035	0,05	**0,10**	0,25
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	15	**55**	90	0,010	**0,02**	0,035	0,05	**0,10**	0,25
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	5	**30**	50	0,005	**0,01**	0,025	0,02	**0,05**	0,08
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	30	**180**	300	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		30	**180**	300	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.0	Медь, низколегир.	< 400	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
19.0	Графит		30	**160**	250	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
20.0	Термопласт		30	**180**	300	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
20.1	Реактопласт		30	**180**	300	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5
20.2	Стекло- и углепластик		30	**180**	300	0,010	**0,02**	0,040	0,02	**0,4**	0,5

L_2 / D_{min} = 3–5																
v_c [м/мин]					f [мм/об]					a_p [мм]						
мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.	мин.		нач.		макс.		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
20	–	**80**	–	120	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
20	–	**80**	–	120	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
30	–	**120**	–	150	0,010	–	**0,02**	–	0,025	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
20	–	**80**	–	120	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
20	–	**80**	–	120	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
15	–	**70**	–	100	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
15	–	**70**	–	100	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
15	–	**70**	–	100	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
15	–	**70**	–	100	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
		–					**–**					**–**				
		–					**–**					**–**				
		–					**–**					**–**				
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,06**	–	0,10		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,06**	–	0,10		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,06**	–	0,10		
10	–	**50**	–	80	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
10	–	**50**	–	80	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
10	–	**50**	–	80	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
10	–	**50**	–	80	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,07**	–	0,10		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,06**	–	0,10		
15	–	**55**	–	90	0,010	–	**0,02**	–	0,030	0,03	–	**0,10**	–	0,20		
15	–	**55**	–	90	0,010	–	**0,02**	–	0,030	0,03	–	**0,10**	–	0,20		
15	–	**55**	–	90	0,010	–	**0,02**	–	0,030	0,03	–	**0,10**	–	0,20		
15	–	**55**	–	90	0,010	–	**0,02**	–	0,030	0,03	–	**0,10**	–	0,20		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,06**	–	0,10		
5	–	**30**	–	50	0,005	–	**0,01**	–	0,020	0,02	–	**0,06**	–	0,10		
30	–	**180**	–	300	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**180**	–	300	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**160**	–	250	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**180**	–	300	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**180**	–	300	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		
30	–	**180**	–	300	0,010	–	**0,02**	–	0,040	0,03	–	**0,15**	–	0,30		



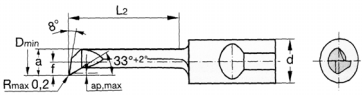
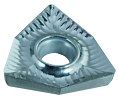


Таблица 9.26 **GARANT – Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» 1,5xD/2,25xD**
Каталож. № **268900/268901; 268905/268906 с пластиной WCHX**
Рабочая режущая кромка 1

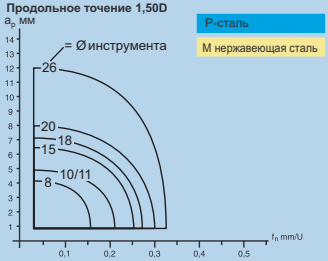
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	HU 70AL ALU			HB 7120 SM			HB 7130 UNI		
			v_c [м/мин]			v_c [м/мин]			v_c [м/мин]		
		[Н/мм^2]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500		–		180	**220**	320	160	**200**	280
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850		–		150	**200**	300	140	**190**	260
2.0	Автоматные стали	< 850		–		180	**230**	350	160	**220**	300
2.1	Автоматные стали	850 – 1000		–		160	**210**	320	140	**190**	280
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700		–		170	**200**	300	120	**180**	250
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850		–		150	**180**	255	100	**140**	200
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000		–		100	**140**	200	70	**110**	180
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000		–		80	**130**	160	70	**110**	160
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200		–		70	**110**	140	50	**90**	150
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750		–		150	**180**	250	80	**120**	200
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000		–		120	**150**	200	70	**110**	180
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000		–		90	**130**	160	70	**120**	150
7.0	Азотируемые стали	< 1000		–		130	**160**	215	50	**100**	180
7.1	Азотируемые стали	> 1000		–		80	**110**	140	50	**80**	120
8.0	Инструментал. стали	< 850		–		120	**140**	180	70	**120**	150
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100		–		100	**120**	160	60	**110**	140
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400		–		70	**110**	120	50	**90**	100
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200		–			–			–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		–			–			–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		–			–			–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		–			–			–	
11.0	Износост. констр. стали	1350		–			–			–	
11.1	Износост. констр. стали	1800		–			–			–	
12.0	Пружинные стали	< 1500		–			–			–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700		–		90	**120**	160	90	**120**	160
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700		–		100	**140**	200	80	**110**	150
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850		–		100	**140**	200	50	**90**	125
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100		–		70	**110**	120	40	**65**	90
14.0	Спец. сплавы	< 1200		–			–			–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB		–			–			–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB		–			–			–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB		–			–			–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB		–			–			–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850		–			–			–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200		–			–			–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400	**600**	2400		–			–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		240	**400**	950		–			–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		160	**300**	800		–			–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	200	**350**	520		–			–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200	**400**	800		–			–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200	**350**	600		–			–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	120	**200**	320		–			–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100	**190**	280		–			–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	100	**180**	230		–			–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	80	**110**	180		–			–	
19.0	Графит			–			–			–	
20.0	Термопласт		400	**600**	2400		–			–	
20.1	Реактопласт		240	**400**	950		–			–	
20.2	Стекло- и углепластик		160	**300**	800		–			–	

Примечание — При обработке материалов повышенной прочности (≥1000 Н/мм^2) начинайте врезание с минимальной подачей (f = 0,01/0,02 мм), а после врезания на 1 мм увеличивайте подачу до табличного значения. Параметры резания для сверления содержатся в таблице 3.50 (глава Сверление).

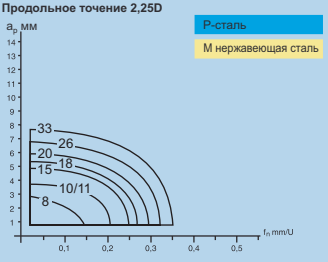


Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» – режимы резания – Информация

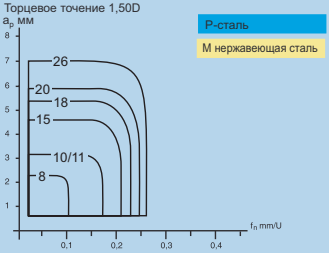
Продольное точение 1,50D



Продольное точение 2,25D

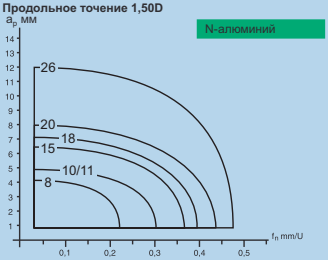


Торцевое точение 1,50D

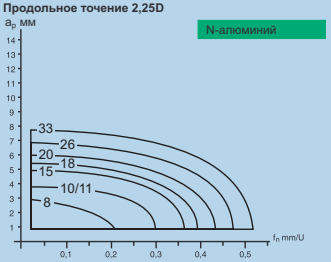


Торцевое точение 2,25D

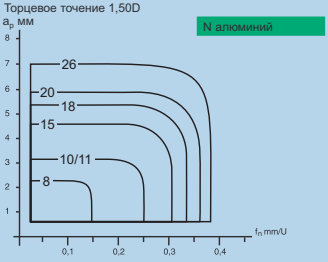
Продольное точение 1,50D



Продольное точение 2,25D



Торцевое точение 1,50D



Торцевое точение 2,25D

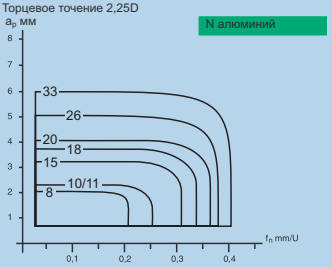
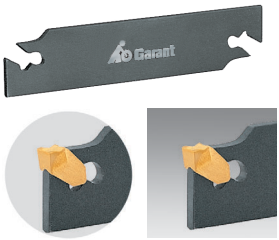


Таблица 9.27 GARANT – Отрезные резцы

Каталож. №: 273550 с пластинами 273100–273210

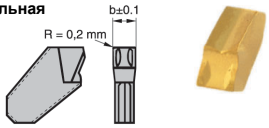
Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	v_c [м/мин]			Ширина прорезания 2 мм: f [мм/об]			Ширина прорезания 3 мм: f [мм/об]		
		[Н/мм²]	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	**120**	140	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	100	**120**	140	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	100	**120**	140	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	60	**80**	100	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	100	**120**	140	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	**80**	100	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
7.0	Азотируемые стали	< 1000	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
7.1	Азотируемые стали	> 1000	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
8.0	Инструментал. стали	< 850	80	**100**	120	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	**80**	100	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC		**–**			**–**			**–**	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC		**–**			**–**			**–**	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC		**–**			**–**			**–**	
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
11.1	Износост. констр. стали	1800		**–**			**–**			**–**	
12.0	Пружинные стали	< 1500	40	**60**	80	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100	**120**	140	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	100	**120**	140	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	60	**80**	100	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	60	**80**	100	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
14.0	Спец. сплавы	< 1200	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	100	**120**	160	0,08	**0,15**	0,22	0,08	**0,18**	0,30
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	60	**80**	120	0,08	**0,12**	0,20	0,08	**0,15**	0,25
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	60	**80**	120	0,08	**0,12**	0,20	0,08	**0,15**	0,25
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	60	**70**	100	0,08	**0,12**	0,20	0,08	**0,15**	0,25
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	**40**	60	0,05	**0,12**	0,18	0,08	**0,15**	0,25
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	160	**200**	300	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
17.1	Алюм. сплавы, коротконструж.		160	**200**	300	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		160	**200**	300	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.0	Медь, низколегир.	< 400	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.1	Латунь, коротконструж.	< 600	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.3	Бронза, коротконструж.	< 600	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.4	Бронза, коротконструж.	650 – 850	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
19.0	Графит		100	**120**	160	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
20.0	Термопласт		160	**200**	300	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
20.1	Реактопласт		160	**200**	300	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30
20.2	Стекло- и углепластик		160	**200**	300	0,05	**0,12**	0,20	0,08	**0,18**	0,30

Ширина прорезания												СОЖ
4 мм						5 мм						
f [мм/об]						f [мм/об]						
мин.		нач.			макс.	мин.		нач.			макс.	
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
		–						**–**				–
		–						**–**				–
		–						**–**				–
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
		–						**–**				–
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,30	0,08	–	**0,15**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,15**	–		0,30	0,08	–	**0,15**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	сухая обр.
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,15**	–		0,25	0,08	–	**0,15**	–		0,25	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	сухая обр.
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия
0,08	–	**0,18**	–		0,30	0,08	–	**0,18**	–		0,30	эмульсия

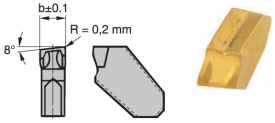


Отрезные пластины:

нейтральная



правая



левая

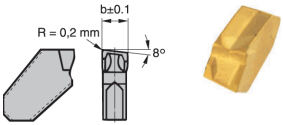


Таблица 9.28 **Накатывание рифлений обработкой давлением – бесстружечная обработка**

Каталож. № 290100–290140 – с накатным роликом HSS-PM 290161–290199

Вытеснение материала при формовке рифлений

Накатный профиль по DIN 82: RAA (накатный профиль на заготовке)
Накатный профиль по DIN 403: AA (накатный профиль на накатке)

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Диаметр заготовки [мм]	Шаг 0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0
				Увеличение диаметра заготовки [мм]												
2.0	Автоматные стали	< 850	5	0,08	0,14	0,18	0,22	0,27	0,29	0,33	0,35	0,50	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	15	0,08	0,14	0,18	0,23	0,30	0,40	0,41	0,44	0,50	0,60	0,65	0,67	0,70
			25	0,08	0,15	0,23	0,24	0,28	0,35	0,38	0,44	0,53	0,62	0,70	0,70	0,98
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	0,10	0,15	0,20	0,25	0,28	0,30	0,35	0,42	0,41	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	0,10	0,15	0,19	0,25	0,30	0,34	0,40	0,45	0,51	0,60	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	0,10	0,14	0,20	0,26	0,31	0,33	0,38	0,43	0,50	0,62	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	5	0,09	0,15	0,19	0,23	0,28	0,30	0,34	0,41	0,40	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	0,10	0,15	0,19	0,26	0,29	0,33	0,39	0,45	0,51	0,57	0,65	–	–
			25	0,09	0,15	0,19	0,26	0,29	0,32	0,37	0,45	0,52	0,59	0,65	0,78	0,75
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	5	0,08	0,12	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25	0,28	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	0,10	0,14	0,20	0,26	0,28	0,29	0,31	0,35	0,41	0,44	0,48	0,50	0,55
			25	0,10	0,15	0,20	0,25	0,28	0,30	0,32	0,36	0,43	0,48	0,50	0,53	0,53

Накатный профиль по DIN 82: RBL 30°/RBR 30°
(накатный профиль на заготовке)
Накатный профиль по DIN 403: BR 30°/BL 30°
(накатный профиль на накатке)

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Диаметр заготовки [мм]	Шаг 0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0
				Увеличение диаметра заготовки [мм]												
2.0	Автоматные стали	< 850	5	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,34	0,38	0,45	0,55	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	15	0,11	0,15	0,22	0,26	0,30	0,35	0,42	0,45	0,52	0,67	0,73	0,75	0,85
			25	0,11	0,14	0,23	0,25	0,28	0,36	0,42	0,45	0,56	0,70	0,72	0,78	0,90
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	0,09	0,14	0,19	0,25	0,31	0,34	0,39	0,45	0,52	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	0,12	0,20	0,23	0,31	0,35	0,40	0,45	0,51	0,62	0,66	0,73	0,85	0,97
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	0,12	0,18	0,24	0,27	0,37	0,39	0,43	0,49	0,59	0,80	0,84	0,93	0,96
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	5	0,12	0,14	0,21	0,24	0,29	0,34	0,39	0,41	0,51	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	0,12	0,18	0,23	0,26	0,36	0,40	0,43	0,50	0,56	0,56	0,61	0,74	0,75
			25	0,12	0,18	0,25	0,28	0,37	0,39	0,46	0,50	0,58	0,77	0,82	0,84	0,96
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	5	0,10	0,14	0,20	0,23	0,24	0,28	0,30	0,33	0,37	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	0,10	0,15	0,21	0,23	0,24	0,31	0,36	0,41	0,47	0,53	0,55	0,64	0,63
			25	0,11	0,15	0,22	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,55	0,61	0,62	0,68

Накатный профиль по DIN 82: RGE 30°
(накатный профиль на заготовке)
Накатный профиль по DIN 403: BR 30° + BL 30°
(накатный профиль на накатке)

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Диаметр заготовки [мм]	Шаг 0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0
				Увеличение диаметра заготовки [мм]												
2.0	Автоматные стали	< 850	5	0,12	0,16	0,20	0,25	0,33	0,41	0,45	0,55	0,65	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	15	0,13	0,22	0,30	0,32	0,35	0,41	0,43	0,52	0,62	0,67	0,81	0,86	0,95
			25	0,12	0,18	0,28	0,32	0,35	0,38	0,43	0,55	0,67	0,77	0,87	0,98	0,98
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	0,11	0,20	0,25	0,30	0,36	0,39	0,41	0,55	0,55	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	0,10	0,14	0,21	0,24	0,29	0,34	0,40	0,43	0,53	0,66	0,72	0,70	0,88
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	0,11	0,13	0,20	0,25	0,28	0,32	0,41	0,44	0,52	0,67	0,70	0,71	0,83
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	5	0,10	0,15	0,21	0,25	0,33	0,36	0,41	0,50	0,57	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	0,11	0,14	0,20	0,25	0,28	0,33	0,39	0,43	0,54	0,67	0,71	0,76	0,89
			25	0,11	0,15	0,22	0,25	0,29	0,34	0,40	0,44	0,53	0,68	0,69	0,71	0,88
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	5	0,12	0,13	0,16	0,20	0,24	0,28	0,30	0,32	0,38	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	0,12	0,16	0,18	0,24	0,28	0,30	0,37	0,39	0,40	0,48	0,52	0,55	0,63
			25	0,12	0,17	0,22	0,23	0,27	0,30	0,34	0,38	0,41	0,48	0,50	0,63	0,63

Скорость резания и подача

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности	Диаметр заготовки	Диаметр накатного ролика	v_c	f [мм/об]				
						Радиальная	Осевая			
							Шаг			
		[Н/мм^2]	[мм]	[мм]	[м/мин]		>0,3< 0,5	>0,5< 1,0	>1,0< 1,5	>1,5< 2,0
2.0	**Автоматные стали**	**< 850**	< 10	10/15	20 – 50	0,04 – 0,08	0,20	0,13	0,08	0,07
2.1	**Автоматные стали**	**850 – 1000**	10–40	15/20	25 – 55	0,05 – 0,10	0,28	0,18	0,14	0,10
			40–100	20/25	30 – 60	0,05 – 0,10	0,35	0,25	0,17	0,11
			100–250	20/25	30 – 60	0,05 – 0,10	0,42	0,28	0,18	0,13
			> 250	25	30 – 60	0,05 – 0,10	0,45	0,29	0,20	0,14
13.0	**Нерж. сернист. стали**	**< 700**	< 10	10/15	15 – 40	0,04 – 0,08	0,14	0,09	0,06	0,05
13.1	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 700**	10–40	15/20	20 – 50	0,05 – 0,10	0,20	0,13	0,10	0,07
13.2	**Нерж. аустенитн. стали**	**< 850**	40–100	20/25	25 – 50	0,05 – 0,10	0,25	0,18	0,12	0,08
			100–250	20/25	25 – 50	0,05 – 0,10	0,29	0,20	0,13	0,09
			> 250	25	25 – 50	0,05 – 0,10	0,31	0,21	0,14	0,10
17.0	**Ал. длинноструж.; деформ.**	**до 350**	< 10	10/15	25 – 60	0,04 – 0,08	0,12	0,08	0,05	0,04
17.1	**Алюм. сплавы,**		10–40	15/20	30 – 65	0,05 – 0,10	0,17	0,11	0,08	0,06
			40–100	20/25	35 – 70	0,05 – 0,10	0,21	0,15	0,10	0,07
			100–250	20/25	35 – 70	0,05 – 0,10	0,25	0,17	0,11	0,08
			> 250	25	35 – 70	0,05 – 0,10	0,27	0,18	0,12	0,08
18.1	**Латунь, короткоструж.**	**< 600**	< 10	10/15	30 – 75	0,04 – 0,08	0,22	0,14	0,09	0,08
18.2	**Латунь, длинноструж.**	**< 600**	10–40	15/20	40 – 85	0,05 – 0,10	0,31	0,20	0,15	0,11
			40–100	20/25	45 – 90	0,05 – 0,10	0,39	0,28	0,18	0,12
			100–250	20/25	45 – 90	0,05 – 0,10	0,46	0,31	0,20	0,14
			> 250	25	45 – 90	0,05 – 0,10	0,49	0,32	0,22	0,15

Таблица 9.29 **Накатывание рифлений фрезерованием – обработка резанием**

Каталож. №: 290222–290242 с накатным роликом HSS-PM 290261–290281

Глубина резания = 1/2 шага зуба + 0,1 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Диаметр заготовки [мм]	Диаметр накатного ролика [мм]	v_c [м/мин]	Радиальная
2.0	Автоматные стали	< 850	< 10	10/15	40 – 70	0,04 – 0,08
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	10–40	15/25	50 – 90	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	65 – 110	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	65 – 110	0,05 – 0,10
			> 250	32/42	80 – 100	0,05 – 0,10
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	< 10	10/15	22 – 40	0,04 – 0,08
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10–40	15/25	30 – 50	0,05 – 0,10
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40–100	25/32/42	35 – 60	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	35 – 60	0,05 – 0,10
			> 250	32/42	45 – 55	0,05 – 0,10
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	< 10	10	70 – 120	0,04 – 0,08
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		10–40	15/25	80 – 150	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	110 – 160	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	110 – 160	0,05 – 0,10
			> 250	32/42	130 – 150	0,05 – 0,10
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	< 10	10/15	55 – 100	0,04 – 0,08
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	10–40	15/25	70 – 125	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	90 – 155	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	90 – 155	0,05 – 0,10
			> 250	10/15	115 – 140	0,05 – 0,10

f [мм/об]			
Осевая			
Шаг			
> 0,3–0,5	> 0,5–1,0	> 1,0–1,5	> 1,5–2,0
0,14	0,09	0,06	0,05
0,20	0,13	0,10	0,07
0,25	0,18	0,12	0,08
0,30	0,20	0,13	0,08
0,32	0,21	0,14	0,10
0,12	0,08	0,05	0,04
0,17	0,11	0,09	0,06
0,21	0,15	0,10	0,07
0,26	0,17	0,11	0,08
0,27	0,18	0,12	0,09
0,18	0,11	0,08	0,06
0,25	0,16	0,13	0,09
0,31	0,23	0,15	0,10
0,38	0,25	0,16	0,11
0,40	0,26	0,18	0,13
0,15	0,09	0,06	0,05
0,21	0,14	0,11	0,07
0,26	0,19	0,13	0,08
0,32	0,21	0,14	0,09
0,34	0,22	0,15	0,10

AA

BL 15°

BR 15°

BL 30°

BR 30°

Оглавление

Перечень таблиц – стандарты 743
Технические особенности вспомогательного инструмента (GARANT, KELCH, HOLEX) 743

1 Типы хвостовиков 744
1.1 Крутой конус (SK-конус) 744
1.2 Полый конус (HSK-конус) 746

2 Способы закрепления инструмента 748
2.1 Патроны с зажимным винтом 748
2.2 Цанговые патроны 749
2.3 Гидрозажимные патроны 750
2.4 Высокоточные цанговые патроны ER Centro P (CP) 751
2.5 Высокоточные цанговые патроны 753
2.6 Технология термозажима 754
2.6.1 Термозажимные патроны по стандарту DIN 69871 754
2.6.2 Приспособления для термозажима KELCH 755
2.6.3 Термозажимной патрон GARANT 756
2.6.4 Термозажимной патрон KELCH 757
2.6.5 Дополнительные принадлежности термозажимных приборов 758
2.7 Область применения различных типов патронов 759
2.7.1 Сравнение различных типов патронов 759
2.7.2 Предельные значения частоты вращения различных типов патронов 761
2.7.3 Проверка усилия затягивания патронов 761
2.8 Приводные головки для фрезерных станков 762

3 Балансировка вспомогательного инструмента 763
3.1 Статическая балансировка 764
3.2 Динамическая балансировка 765
3.3 Качество балансировки и остаточный дисбаланс 765

4 Вспомогательный инструмент по стандарту VDI 769

5 Приводные головки для токарных обрабатывающих центров 770
5.1 Особенности использования приводных головок 770
5.1.1 Названия и варианты исполнения приводных головок 770
5.1.2 Варианты применения в револьверной головке 773
5.2 Модульные приводные головки EWS-VARIA 774
5.3 Исполнения хвостовиков входных валов 775

6 Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp 776
6.1 Конструкция и особенности GARANT ZeroClamp 776
6.2 Принцип действия GARANT ZeroClamp 778
6.3 Стандартная система базирования и специальные варианты 779
6.3.1 Стандартная система базирования для вертикально-фрезерных станков 779
6.3.2 Стандартная система базирования для горизонтально-фрезерных станков с опорой 500x500 780
6.3.3 Специальные варианты 781

7 Исполнение хвостовиков вспомогательного инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080 782

Перечень таблиц – Стандарты

Наименование	№ табл.	С.
Хвостовики инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080	10.9	783
Поперечное крепление по DIN 1806		
Конусы для установки сверлильных патронов по DIN 238		

Технические особенности вспомогательного инструмента (GARANT, KELCH, HOLEX)

GARANT:

Высшее качество.

- Превосходное качество, совершенные технологии
- Высокое качество балансировки G 2,5 / 25 000 об/мин (стандарт)
- Отверстия на торце для подвода СОЖ. В стандартном исполнении перекрываемые винтами
- Произведена доводка функциональных поверхностей HSK-конуса после термообработки
- Все хвостовики проходят финишную обработку, для снижения биения
- Промежуточные размеры A = 120, 130 и 200 мм.

KELCH:

Точность и динамичность.

- Крупная компания по производству прецизионного инструмента, систем для предварительной размерной настройки режущего инструмента, приспособлений с термозажимом, инструмента TUL и измерительного инструмента
- Полный ассортимент HSK-конусов
- Основной партнёр Hoffmann Group – на европейском рынке
- Прямой доступ к технологии TDM
- Консультации на месте с демонстрацией оборудования
- Полное оснащение станков с ЧПУ
- Инновационные изделия – высочайшая точность
- Высокое качество балансировки G2,5/25 000 об/мин (стандарт)

HOLEX:

Хорошее качество по привлекательной цене.

- Точность балансировки G6,3/12 000 об/мин Исключение: DIN 2080, 228
- Исполнение формы AD и A
- Варианты хвостовика:
  – короткий = воронёный,
  – длинный = финишная обработка,
  – сверхдлинный = финишная обработка.

1 Типы хвостовиков

Нарастающая тенденция к сокращению затрат времени на обработку при высочайших требованиях к качеству изделий и безопасности технологического процесса может быть реализована только путём усовершенствования всей системы станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД). При этом к отдельным элементам технологического процесса предъявляются следующие **требования**:

К станку:	Высокая жёсткость Виброизоляция основания Облегчённая конструкция подвижных частей Высокая точность вращения шпинделя Высокое затяжное усилие шпинделя Использование устройств ЧПУ
К инструменту:	Высокая точность вращения Высокое качество балансировки Высокая стойкость
К приспособлению:	Высокая точность вращения Необходимое качество балансировки Надежное крепление инструмента

Этим определяются следующие **основные требования** к современному вспомогательному инструменту:

- высокая статическая жёсткость
- высокая динамическая нагрузочная способность
- максимальная точность
- Пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения

1.1 Крутой конус (SK-конус)

Для автоматической или ручной смены инструмента существуют приспособления в форме крутого конуса, в частности по стандартам DIN 69871, DIN 2080 или JIS B6339 (MAS-BT). Вспомогательные инструменты (конус 7 : 24) соединяются со шпинделем станка посредством дополнительных деталей - штревелей. Различные конструктивные элементы на захватных фланцах служат для фиксации и позиционирования инструмента в манипуляторах и магазинах. **Наиболее распространенным инструментом с крутыми конусами** (SK-конуса) является инструмент, выполненный по **стандарту DIN 69871, формы AD/B** с канавкой и вырезом для позиционирования на фланце. При этом форма AD/B представляет собой комбинацию из сквозного отверстия (AD) **для центральной подачи смазочно-охлаждающей жидкости** (СОЖ) и **подачи СОЖ сбоку через фланец инструмента** (B).

Передача вращающего момента при небольших нагрузках происходит фрикционным замыканием конуса. При больших моментах и ударных нагрузках передача вращающего момента производится в основном через **поводковые сухари**. Поводковые сухари расположены на торцевой поверхности шпинделя, они выполнены асимметричными с целью обеспечения определённой ориентации инструмента.

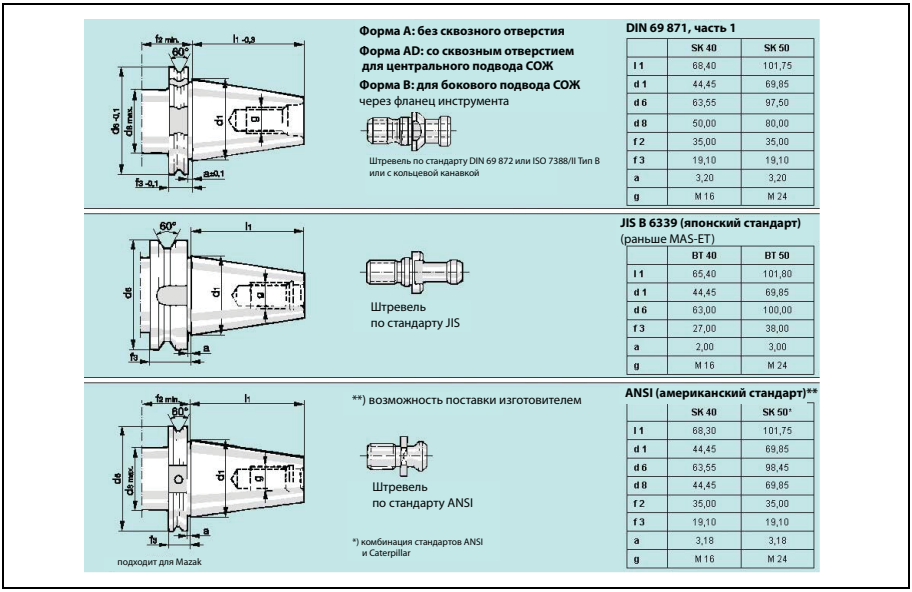


Рис. 10.1 Стандарты конусов вспомогательного инструмента

Оправки по стандарту DIN 69871/JIS B6339 снабжены штревелями и при помощи устройства автоматической смены инструмента заменяются очень быстро.

Оправки по стандарту DIN 2080 затягиваются в шпиндель вручную с помощью винтовых тяг. При работе вручную на смену инструмента затрачивается больше времени, чем в случае применения устройства автоматической смены. Поэтому инструмент по стандарту DIN 2080 используются всё реже.

Преимущество SK-конусов заключается в симметричности их конструкции, простоте технологии изготовления и в том, что они являются самоцентрирующимися. Однако **недостатком** является то, что по причине большой частоты вращения может произойти увеличение диаметра конуса шпинделя (деформация под действием центробежной силы), одновременно с этим возможно смещение инструмента по оси под действием затягивающего усилия, которое сохраняется даже после остановки шпинделя (эффект «прилипания» конуса). Кроме того, вследствие деформации под действием центробежной силы уменьшается площадь контакта, в результате чего происходит также снижение фрикционной передачи вращающего момента. В самом худшем случае возможно проскальзывание инструмента.

Вследствие смещения по оси при высокой частоте вращения нарушается также точность обработки деталей. Отрицательное влияние может оказать также штревель. Во-первых, штревель является быстроизнашивающейся деталью, что приводит к дополнительным расходам, во-вторых, в случае использования штревеля низкого качества нарушаются условия нормальной работы, возникает неравномерная нагрузка, повышенные биения, что приводит к снижению качества обработки, сокращению периода стойкости инструмента и срока службы подшипников шпинделя.

1.2 Полый конус (HSK-конус)

Полый конус представляет собой инструмент с наружным конусом небольшой конусности (конус 1 : 10), полый внутри (*рис. 10.2*). В современных многоцелевых обрабатывающих центрах HSK-соединение более широко применяется по сравнению с SK-конусом, поскольку **превосходит** его по следующим показателям:

- точность (устойчивое осевое положение за счёт базирования по торцу),
- жёсткость (воспринимает большой изгибающий момент),
- пригоден для использования в режиме высокой частоты вращения,
- высокая стабильность повторяемости при смене инструмента,
- не требуется штревель.

Передача вращающего момента производится за счет поводковых пазов одинаковой ширины и разной глубины на конце хвостовика и фрикционным замыканием за счёт напряженно-деформированного состояния между шпинделем и оправкой. Торец фланца служит для фиксации HSK-конуса по оси в шпинделе, а также для повышения жёсткости при изгибающей нагрузке. Конусный полый хвостовик фиксирует соединение в радиальном направлении, и обеспечивает наличие пространства для размещения системы крепления внутри него. Сквозное отверстие в хвостовике необходимо для использования ручной системы крепления. Канавка, пазы и позиционирующий вырез на фланце необходимы в качестве базирующих поверхностей для системы автоматической смены инструмента. Кроме того, наружный диаметр фланца определяет размер HSK-конуса.

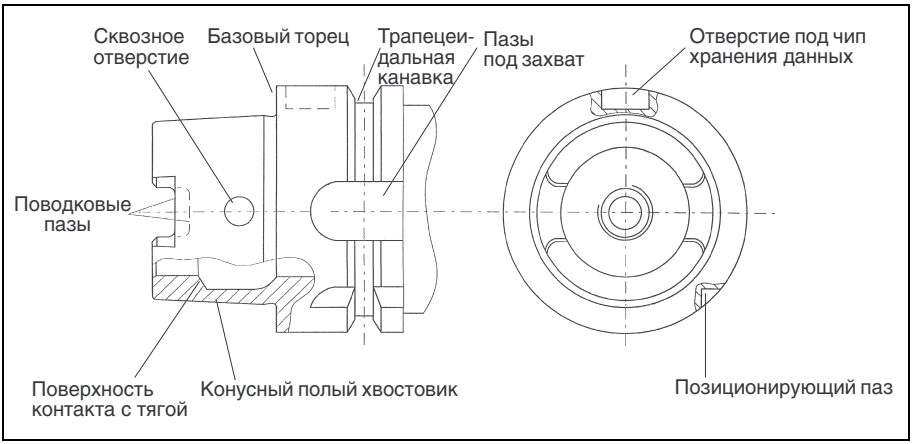


Рис. 10.2 Конструктивные элементы HSK-конуса по стандарту DIN 69893, форма A

Ниже представлен обзор форм и особенностей HSK-конусов (*рис. 10.3*). Наиболее распространенными являются конусы формы A (для автоматической и ручной смены) и C (только для ручной смены), а также формы E без поводковых пазов для высокоскоростной обработки (передача вращающего момента происходит исключительно фрикционным замыканием за счёт сил трения между конусом и шпинделем и между торцами оправки и шпинделя). Для автоматической смены без необходимости ориентации оправки предусмотрена только канавка.

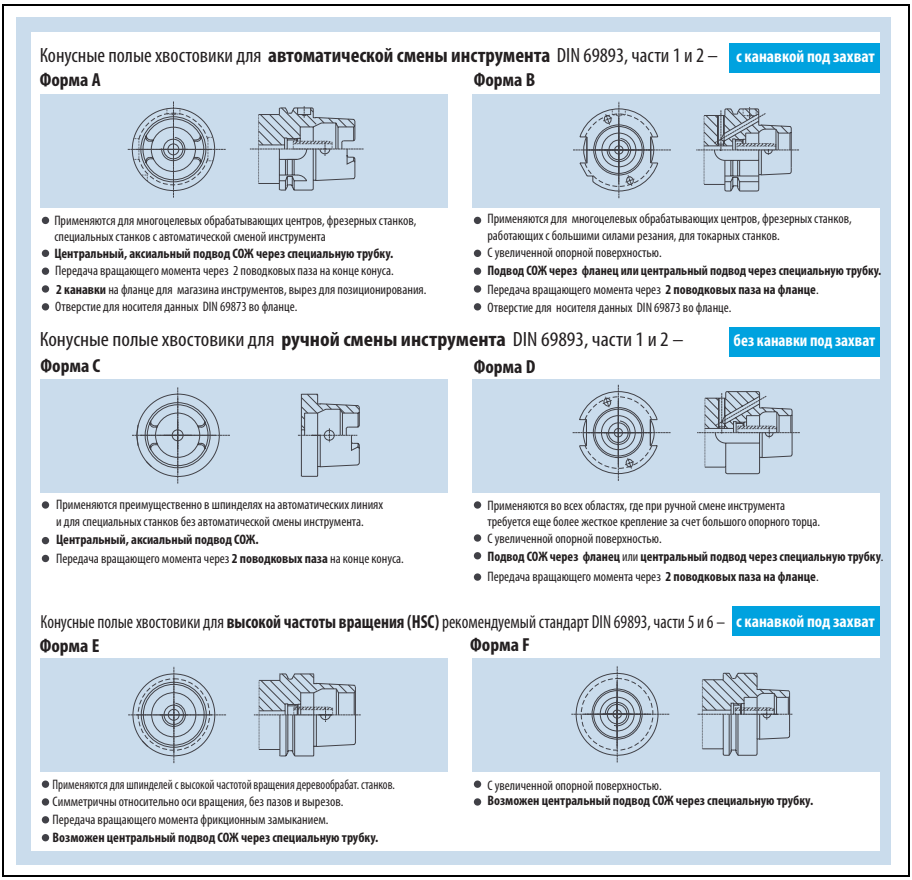


Рис. 10.3 Форма и особенности HSK-конусов

По сравнению с SK-конусом HSK-соединение обладает следующими преимуществами:

- высокая повторяемость при смене инструмента;
- стабильное осевое положение за счёт контакта с торцом шпинделя;
- пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения;
- не требуется штревель (быстроизнашивающаяся деталь!);
- меньший вес и геометрические размеры.

2 Способы закрепления инструмента

2.1 Патроны с зажимным винтом

В *таблице 10.1* представлены варианты, особенности и области применения патронов Weldon:

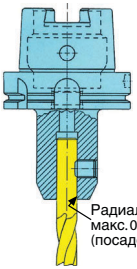
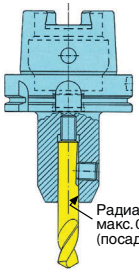
Патроны Weldon для инструментов с хвостовиками по стандарту DIN 1835 B и DIN 6535 HB	
	Особенность: • Биение: **0,010 мм** (для всей системы) Применение: • Крепление инструмента с лыской на хвостовике • Универсальный патрон для сверления и фрезерования (черновая и чистовая обработка)
Патроны Whistle Notch для инструментов с хвостовиками по стандартам DIN 1835 E и DIN 6535 HE	
	Особенность: • Биение: **0,010 мм** (для всей системы) Применение: • Крепление инструмента с наклонной лыской на хвостовике (2°) • Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и в особенности для сверления, так как потеря длины в результате переточки свёрл с торца может быть компенсирована за счёт осевого перемещения в продольном направлении

Таблица 10.1 Патроны с зажимным винтом по стандартам DIN 1835 и DIN 6535

2.2 Цанговые патроны

Цанговые патроны являются наиболее распространенным вспомогательным инструментом для инструментов с цилиндрическими хвостовиками. Ниже приводится их описание (*таблица 10.2*):

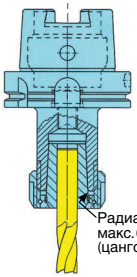
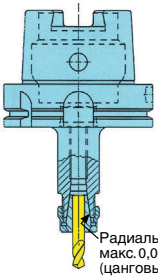
Цанговые патроны (OZ) по стандарту DIN 6388-A	
	Особенность: • Биение: **0,025 мм** (для всей системы) Применение: • Крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком в цанговых патронах по стандарту DIN 6388 • Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и сверления
Цанговые патроны (для цанг ER) по стандарту DIN 6499-A	
	Особенность: • Биение: **0,015 мм** (для всей системы) = стандарт • Биение: возможна **0,003 мм** = усовершенствованный высокоточный патрон Применение: • Крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком в цанговых патронах по стандарту DIN 6499 • Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и сверления

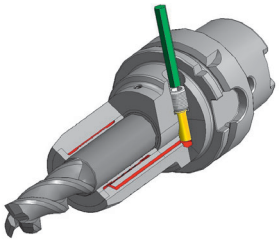
Таблица 10.2 Цанговые патроны по стандартам DIN 6388 и DIN 6499

2.3 Гидрозажимные патроны

Гидрозажимные патроны отличаются низкими биениями как в радиальном, так и в осевом направлениях. Они предлагаются в следующих **исполнениях**:

- Укороченный тяжёлый патрон
  - макс. жёсткость,
  - высокая производительность резания (но не для экстремальных режимов обработки)
  - для сверления, развёртывания и фрезерования
- Узкий патрон, короткое или длинное исполнение
  - мин. габаритные размеры
  - короткий: для инструмента с допуском хвостовика, h6 при диаметре от 6 до 8 мм
h7 при диаметре от 10 до 20 мм
  - длинный: для инструмента с допуском хвостовика, h7
  - для сверления, развёртывания и чистового фрезерования
- Патрон с небольшими габаритными размерами
  - для заточки инструмента, шлифования
  - оптимальный выбег шлифовального круга

Гидрозажимные патроны



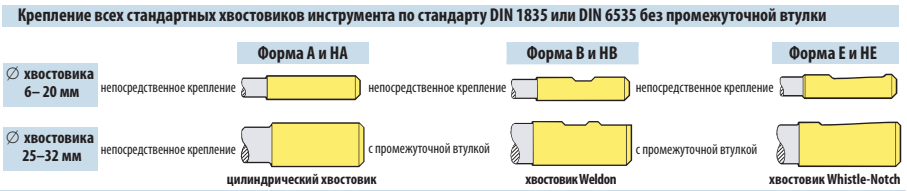
Особенность:

- Биение: **0,003 мм** (при 2,5xD)
- Макс. частота вращения: **40 000 об/мин**
- Абсолютно симметричный зажим хвостовика
- Передача большого вращающего момента
- Не требует обслуживания (закрытая система)
- Не имеет изнашивающихся деталей
- Повышение стойкости режущего инструмента
- Регулируемое затяжное усилие
- Возможно крепление хвостовиков инструмента с лыской

Применение:

- Высокоточное крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком, а также цилиндрических хвостовиков с лыской
- Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и сверления
- Иногда пригоден для обработки HPC, так как обладает демпфирующими свойствами

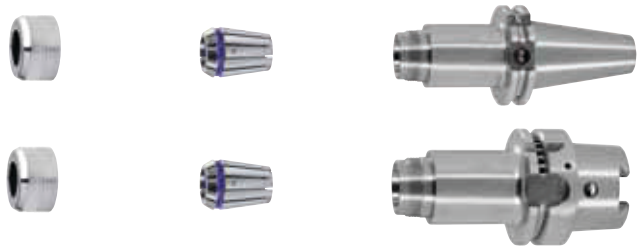
Таблица 10.3 Гидрозажимные патроны



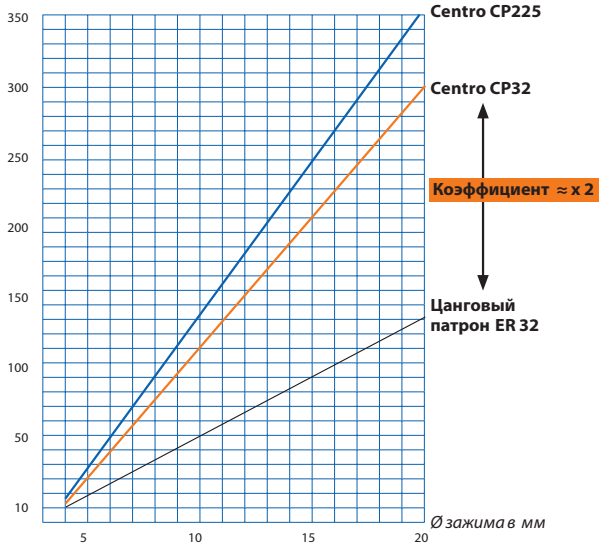
2.4 Высокоточные цанговые патроны ER Centro P (CP)

Высокоточный цанговый патрон ER Centro P применяется для высокоточного зажимания инструмента с цилиндрическим хвостовиком с лыской по DIN 1835B и DIN 1835E. В комбинации с патроном CP и соответствующими цангами HP (№ 309350 - 309356) достигается **точность вращения системы** ≤ **3 мкм**.

Высокоточные цанговые патроны ER Centro P (CP)



Удерживающая способность *(статически) в Н•м на инструменте (Момент затяжки затяжной гайки 105 Н•м, хвостовик закалённый шлифованный, Rz2,5 и не смазан).*



Такая высокая точность вращения системы даёт следующие преимущества:

• Низкие производственные расходы за счёт повышения стойкости режущего инструмента	• Низкие расходы на инструмент / небольшое наладочное время
• Повышение качества благодаря высокой чистоте обработки поверхности	• Более жёсткие производственные допуски

Таблица 10.4 Высокоточные цанговые патроны ER (CP)

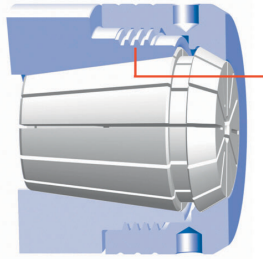
Таблица 10.4: Продолжение - Высокоточные цанговые патроны ER (CP)

Благодаря современным технологиям изготовления достигается исключительно высокая точность обработки поверхностей, обеспечивающая максимальное обжатие поверхности инструмента.

Преимущества:

- Снижение трения → высокая удерживающая способность (коэффициент x2)
- Точное центрирование → минимальный дисбаланс
- Безопасность техпроцесса → зажимное усилие сохраняется даже при длительном использовании
- Оптимальное зажимное усилие → пригодны для высокопроизводительной обработки резанием

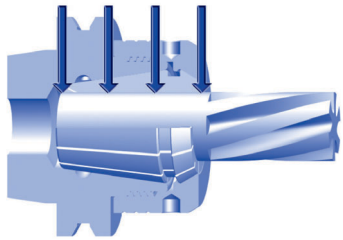
Исключительная удерживающая способность:



Удерживающая способность:

→ трапецеидальная резьба 30° с шлифованной двойной направляющей

→ резьба затяжной гайки с покрытием



Преимущества:

- Возможность установки оптимального вылета за счет перемещения хвостовика во внутрь патрона (зажимает только номинальные диаметры в пределах допуска ISO **h10**)
- Зажимные усилия равномерно распределяются по всей цилиндрической боковой поверхности
- Оптимальное восприятие радиальных усилий
- за счёт этого оптимальная жесткость и прочность, так как нет оказывающих отрицательное влияние напряжений и деформаций при зажимании
- Идеальные поверхности после обработки

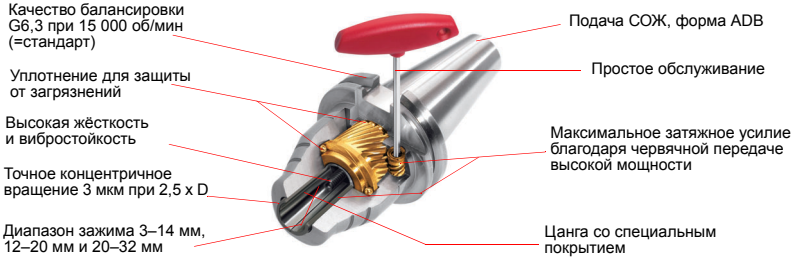
Универсальное применение для сверления/зенкерования/нарезания резьбы метчиками, фрезерования твёрдых материалов, прецизионного развёртывания, высокоскоростного фрезерования в инструментальном производстве и при изготовлении прессформ. Возможна также поставка сверхдлинных вспомогательных инструментов для обработки труднодоступных мест.

2.5 Высокоточные цанговые патроны

В качестве альтернативы гидрозажимным патронам для высокоточного крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком, в частности для обработки HSC, могут быть использованы более тонкие патроны APC (см. *таблицу 10.5*).

Высокоточные цанговые патроны APC

ВНИМАНИЕ:
M_{max}< 14 Н•м



Высокоточный патрон для максимального затяжного усилия, точности вращения и устойчивости

Преимущество:

Крепление любых цилиндрических хвостовиков стандартов DIN 1835, форма A, B (Weldon) и DIN 6535, форма HA, HB, а также HE диаметром до 20 мм и допуска для хвостовика h6

- Для сверления, развёртывания, нарезания резьбы и т. д.
- Обдирка и экстремальные режимы обработки (черновая обработка)
- Обработка закалённых сталей
- Высокопроизводительная и высокоскоростная обработка резанием
- Макс. частота вращения: 40 000 об/мин

Специально для обработки мелким инструментом разработаны прецизионные мини-патроны с цилиндрическим хвостовиком. Максимальная частота вращения 60 000 об/мин

Особенность:

- Биение ≤ **0,005 мм**
- Диапазон зажима 1–6 мм

Преимущество:

- Повышение затяжного усилия (по сравнению с ER)
- Более тонкая передняя часть (по сравнению с ER)
- Наружный диаметр h6 (возможна установка в термопатрон)
- Низкое биение

Особенность:

- Биение ≤ **0,030 мм**
- Диапазон зажима 0,2–1,5 мм

Преимущество:

- Не требуется цанга
- Диапазон зажима
- Низкое биение

Применение:

- В патронах APC
- В патронах Weldon / цанговых патронах ER
- Обслуживание при помощи специального ключа
- Очень тонкий патрон для обработки труднодоступных зон

Таблица 10.5 Высокоточные цанговые патроны APC

2.6 Технология термозажима

2.6.1 Термозажимные патроны по стандарту DIN 69871

Особенности патронов с термозажимом, а также возможности их применения представлены в *таблице 10.6*.

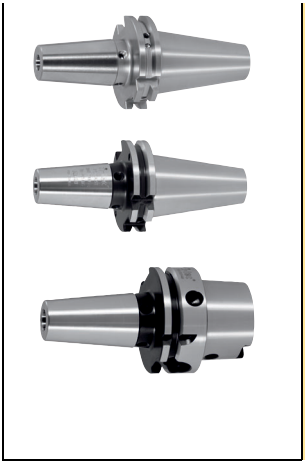
Термозажимной патрон	
	Особенность: • Биение: ≤ **0,003 мм** • Макс. частота вращения: **40 000 об/мин** • Пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения • Диаметр зажима рассчитан на хвостовик с допуском h6 • Абсолютно надёжная передача вращающего момента вследствие «горячей посадки с натягом» • Передаваемый вращающий момент может быть в 2–4 раза выше по сравнению с гидропластовыми и цанговыми патронами • Незначительное влияние на балансировку благодаря симметричному корпусу Применение: • Оптимально подходит для высокоскоростной обработки, в особенности для инструментов небольшого диаметра • Для крепления фрез и свёрл с цилиндрическим хвостовиком

Таблица 10.6 Термозажимной патрон GARANT и KELCH

Термозажимной патрон имеют следующие преимущества:

- Максимальная удерживающая способность за счёт очень сильного обжатия хвостовика
  Абсолютно надёжное закрепление режущего инструмента, при соответствующих допусках хвостовика, обеспечивает полную безопасность технологического процесса
- Оптимальное крепление режущего инструмента
  Зажим хвостовика осуществляется по всей длине, что обеспечивает жёсткость соединения. В процессе зажима хвостовику не наносятся повреждения
- Прецизионная регулировка длины благодаря мелкой резьбе производится винтом с внутренним шестигранником, простое извлечение инструмента в случае его разрушения
- Обеспечение долгого срока службы патронов
  Применение высокожаропрочной стали (протестировано в ходе более 1000 циклов нагрева-охлаждения), не происходит увеличение диаметра отверстия, не деформируется благодаря применению специальной технологии закалки
- Отбалансирован до G 2,5 при 25 000 об/мин (исключение: HSK32, 40 и 50 отбалансированы до U < 1 гмм), балансировка высокого класса возможна при помощи винтов известной массы, вворачиваемых в резьбовые отверстия
  Универсальная стандартная подгонка по длине за счёт удлинителя с термозажимом, таким образом не требуется специальная подготовка, оптимальная удлиненная конструкция патронов с термозажимом
- В стандартном исполнении с отверстиями для чипа носителя данных

2.6.2 Прибор для термозажима KELCH

Рис. 10.4 Прибор для термозажима с индукционным нагревом i-tec L

Патроны подходят для приборов для термозажима с контактным и индукционным нагревом, а также с нагревом горячим воздухом (см. *рис. 10.4*). Приборы для термозажима с индукционным нагревом i-tec фирмы KELCH применяются для установки инструмента из быстрорежущей стали диаметром от 6 до 32 мм и твердосплавного инструмента диаметром от 3 до 32 мм. За счёт наличия простой адаптерной системы можно использовать конусы любого размера. Продолжительность нагрева составляет менее 10 с, продолжительность охлаждения с использованием модуля охлаждения менее 60 с.

KELCH является комплексным разработчиком и изготовителем термозажимной оснастки и систем для предварительной размерной настройки режущего инструмента премиум-класса, в том числе в комбинированном исполнении (термозажим + предварительная настройка).

Наряду с базовым вариантом i-tec L KELCH предлагает также **автоматизированный вариант i-tec XL**.

Применение:

- Для подготовки нескольких патронов в непрерывном режиме
- 3 позиции для нагрева
- Автоматическое перемещение индукционной катушки (вверх/вниз)
- Не требует верстака

Рис. 10.5 Автоматизированный прибор для термозажима KELCH i-tec XL

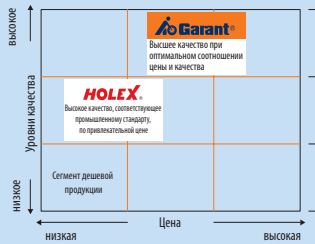
В качестве модуля охлаждения можно использовать контактное охлаждение.

Характеристики:

Осуществляется за счет отбора теплоты охлаждающей жидкостью, циркулирующей по холодильному агрегату

2.6.3 Термозажимной патрон GARANT

GARANT – высшего качества



Для вас это означает следующее:

Garant обеспечивает:
- превосходное качество и совершенные технологии
- высокое качество балансировки: G2,5 при 25 000 об/мин
- оптимальное соотношение цены и качества

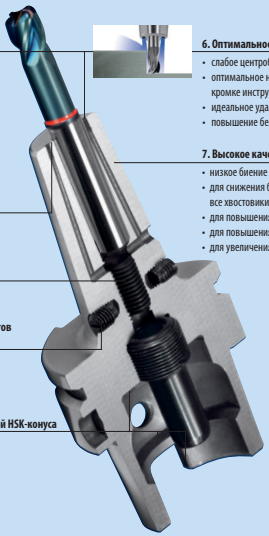
G 2,5 25000 мин⁻¹

HOLEX обеспечивает:
- высокое качество, соответствующее промышленному стандарту, по привлекательной цене

G 6,3 12000 мин⁻¹

Нет в ассортименте Hoffmann Group

10 доводов в пользу GARANT



1. Отверстие для охлаждения ККВ
- во всех патронах для хвостовиков с лыской
- во всех патронах с термозажимом
- при укороченном варианте SK40 и HSK A-63

ККВ перекрываемые винтами
- **открывается** при использовании инструмента без внутреннего охлаждения
- **закрывается** при использовании инструмента с внутренним охлаждением

2. Отказ от направляющих фасок в патронах с термозажимом
- более высокая точность вращения
- повышение контактной поверхности

3. С винтом для регулировки длины
- подходит для подвода СОЖ

4. Резьбовые отверстия для балансировочных винтов патронов с термозажимом
- оптимизация качества балансировки всей системы (вместе с инструментом)
- точное вращение шпинделя, что благоприятно отражается на состоянии станка

5. Произведена обработка контактных поверхностей HSK-конуса
- абсолютно плоская контактная поверхность (отсутствие опасности затирания)
- жесткий допуск поводковых пазов (без биения шпинделя)
- точное направление усилия затягивания (нет перекоса)

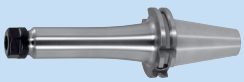
6. Оптимальное охлаждение зоны резания
- слабое центробежное действие при высокой частоте вращения
- оптимальное направление струи СОЖ к режущей кромке инструмента
- идеальное удаление стружки
- повышение безопасности технологического процесса

7. Высокое качество балансировки
- низкое биение ≤ 3 мкм
- для снижения биения (щадящий режим эксплуатации шпинделя) все хвостовики **дополнительно** подвергнуты финишной обработке
- для повышения степени чистоты обработки поверхности
- для повышения стойкости режущего инструмента
- для увеличения срока службы шпинделя

8. SK-конус формы AD/B (=стандарт)
- **AD/B** = на выбор центральный подвод СОЖ (KMZ) через центр (= форма AD) **или** сбоку через фланец (= форма B)

Примечание:

Форма **A**	= без внутреннего подвода СОЖ
Форма **AD**	= центральный подвод СОЖ через штревель (AB со сквозным отверстием)
Форма **B**	= подвод СОЖ сбоку через фланец (AB использовать с уплотнением – кольцо круглого сечения)



9. Ограниченный допуск на отверстия
- (d_1) H4 (по DIN составляет H5!) для патронов для хвостовиков с лыской

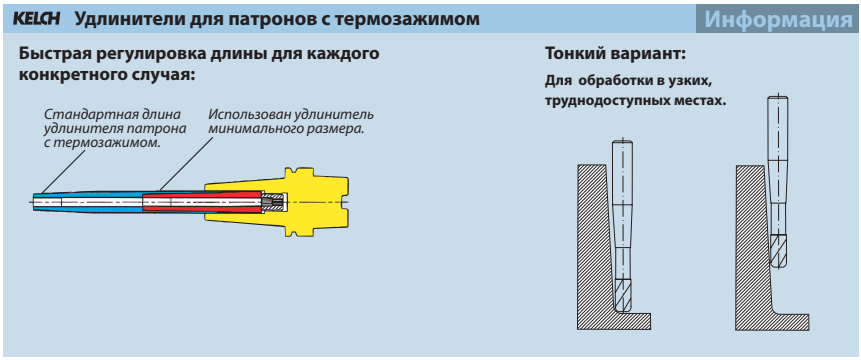
10. ER-крепления
- с точно отбалансированной крепежной гайкой (совместима с HSC)
- крепежная гайка с покрытием, что обеспечивает увеличение зажимного усилия, снижение интенсивности износа и повышение безопасности технологического процесса
- высокая стабильность частоты вращения за счет точного изготовления, которое достигается совместным шлифованием конуса и резьбы крепежной гайки
- увеличенное сквозное отверстие (для обеспечения оптимального вылета инструмента)

2.6.4 *Термозажимной патрон KELCH*

Ниже приводится описание патронов с термозажимом в исполнениях – сверхкороткий и тонкий удлинённый – (см. *таблицу 10.7*).

	Исполнение: Сверхкороткий с подводом СОЖ, отверстия перекрываются винтами • жёсткий и виброустойчивый • предельная стойкость режущего инструмента • высочайшая чистота обработки поверхности
	Исполнение: Тонкий – для чистовой обработки самых труднодоступных мест • предельно тонкая конструктивная форма • точное концентричное вращение <3 мкм • отсутствие выступающих частей • оптимальная жёсткость • пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения
Применение: • Идеальное приспособление для изготовления прессформ и штампов • Подходит для твердосплавного инструмента Применение: Для крепления фрез и свёрл с цилиндрическим хвостовиком с допуском h6	

Таблица 10.7 Термозажимной патрон KELCH – сверхкороткий и тонкий удлинённый варианты



2.6.5 Дополнительные принадлежности термозажимных приборов

KELCH Приспособления при установке и извлечении инструмента из термопатрона

Информация

■ Выталкиватель

■ Зажим для установки вылета

■ Комплект для извлечения

KELCH – Просто и гениально

Выталкиватель

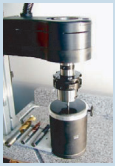
Применение: Для легкого извлечения хвостовика - обломка инструмента.

Обломок - хвостовик в патроне

Определить необходимую длину выталкивателя

Отрегулировать длину выталкивателя (до упора + ок. 2 см)

Установить патрон с обломком на выталкиватель



Нагреть патрон

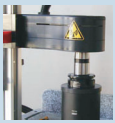
Как только патрон достигнет необходимой температуры, он упадет на предохранительную подкладку

Обломок инструмента можно легко извлечь

Зажим для установки вылета

Применение: Термозажим режущего инструмента производится до заданной длины вылета

Определить длину вылета режущего инструмента



Нагреть патрон с термозажимом

Вставить режущий инструмент до упора

Дать патрону остыть

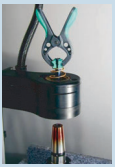
Комплект для извлечения

Применение: Для определения оптимального момента, когда происходит ослабление крепления режущего инструмента в термопатроне

Преимущества: – нагревание не продолжается дольше, чем это необходимо (важно при использовании HSS!)
– даже при работе без перчаток отсутствует опасность получения травм и ожогов

Извлекающая пружина сжата и удерживается клещами. Нагреть патрон с инструментом

Ослабление хвостовика происходит, когда патрон с термозажимом достигает нужной температуры и расширится Клещи ...



... выдергивают режущий инструмент вверх.

Индуктор можно переместить вверх.

Инновационная технология термозажима

Широкий ассортимент оснастки для оптимального термозажима

- Возможность использования дополнительных элементов, **удлинитель** для самых длинных размеров A
- Поворот катушки на 180°

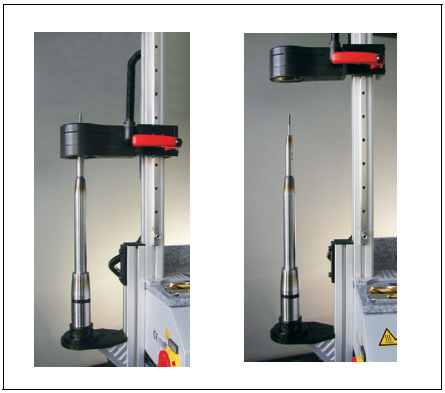


Рис. 10.6 Удлинитель

2.7 Области применения различных типов патронов

2.7.1 Сравнение характеристик различных типов патронов

Качество используемого вспомогательного инструмента имеет очень большое значение, в особенности в случае работы на высоких оборотах. Ниже приводится сравнение характеристик следующих патронов:

- цанговые патроны,
- гидропластовые патроны
- термозажимные патроны.

Обзор зависимости достижимой стойкости режущего инструмента и точности вращения отдельных вспомогательных инструментов представлен в главе «Сверление», раздел 10.1 на примере сверления.

Момент проскальзывания

Для всех перечисленных выше патронов характерно то, что передача вращающего момента происходит за счёт сил трения. Поэтому величина передаваемого момента является характеристикой качества патронов (см. *рис. 10.7*). Согласно диаграмме максимальная передача вращающего момента обеспечивается при помощи **патронов с термозажимом**. При этом **статический** момент проскальзывания более 100 Н•м (для инструмента диаметром 10 мм) является достаточным для стандартных операций обработки резанием. Проблематично применение цанговых патронов для крепления инструмента с небольшим хвостовиком. В данном случае при вращающих моментах от 15 до 25 Н•м (момент затяжки патрона 50 Н•м) происходит проскальзывание. Характеристика патрона при **динамической** нагрузке даже при высокой частоте вращения (до 30 000 об/мин) максимум на 10–15 % меньше, чем при статической нагрузке.

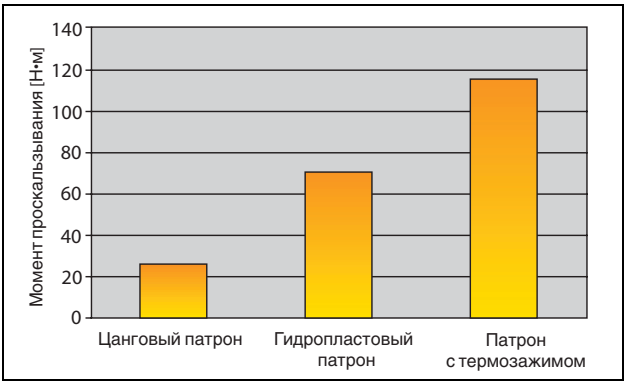


Рис. 10.7 Максимальный статический крутящий момент для различных типов вспомогательного инструмента

Радиальная характеристика жёсткости

На *рис. 10.8* показана общая характеристика жёсткости различных патронов при диаметре хвостовика инструмента 10 и 16 мм.

Значительная доля общей характеристики приходится на вспомогательный инструмент. Цанговые и гидропластовые патроны имеют примерно одинаковую характеристику жёсткости. Термозажимные патроны показывают лучший результат, так как в данном случае жёсткость превышает на 20–30 % жёсткость патронов других типов.

Сравнение диаметров зажима 10 и 16 мм показывает, что при прочих равных условиях жёсткость при меньшем диаметре примерно в три раза хуже жёсткости при большем диаметре. Из этого следует, что способ зажима имеет значение в особенности при малых диаметрах инструмента.

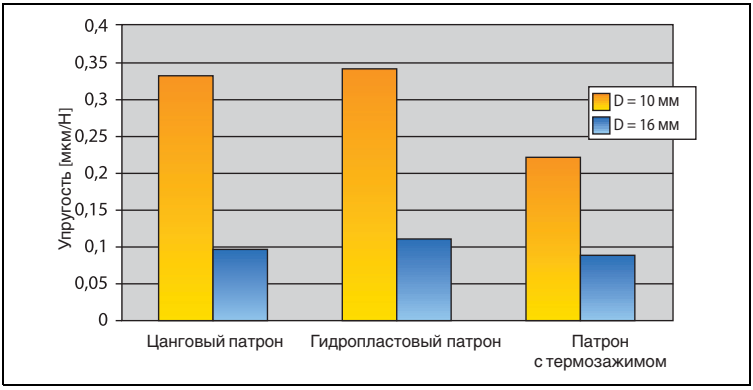


Рис. 10.8 Статическая упругость различных типов вспомогательного инструмента

2.7.2 Предельные значения частоты вращения различных типов патронов

Сравнение достижимых предельных значений частоты вращения различных патронов представлено на *рис. 10.9*. Из рисунка следует, что в особенности для высокоскоростной обработки предпочтительным является использование термозажимных патронов, а также высокоточных и гидропластовых патронов, поскольку они пригодны для эксплуатации в диапазоне высокой частоты вращения.

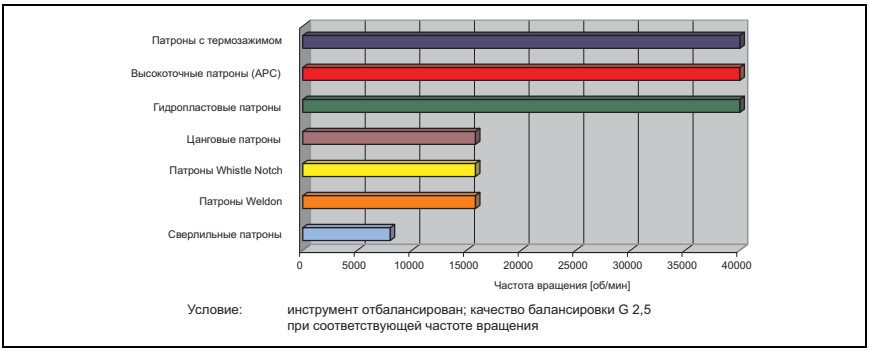


Рис. 10.9 Предельные значения частоты вращения

2.7.3 Проверка усилия затягивания патронов

Уникальной разработкой для проверки усилия затягивания шпинделя является KELCH-SAFE CONTROL.

Рис. 10.10 SAFECONTROL фирмы KELCH

Преимущества:

- Повышение срока службы вспомогательного инструмента
- Стабильное качество обработки
- Снижение доли брака
- Простота обслуживания
- Бездеформационное измерение, исключающее искажение результата
- Снижение интенсивности износа инструмента – редко разрушение инструмента
- Повышение степени чистоты обработки поверхности
- Уменьшение нагрузки на главные шпиндели и направляющие

2.8 Приводные головки для фрезерных станков

Применяются для расширения технологических возможностей оборудования. С их использованием повышается общая эффективность производства, так как повляется возможность решения более сложных и разнообразных технологических задач, при относительно небольших финансовых вложениях, не сравнимых с затратами на новое оборудование. Ниже на *рис. 10.12* представлен обзор моделей приводных головок с внутренним и внешним подводом СОЖ для использования в многоцелевых обрабатывающих центрах.

Рис. 10.11 Приводная головка

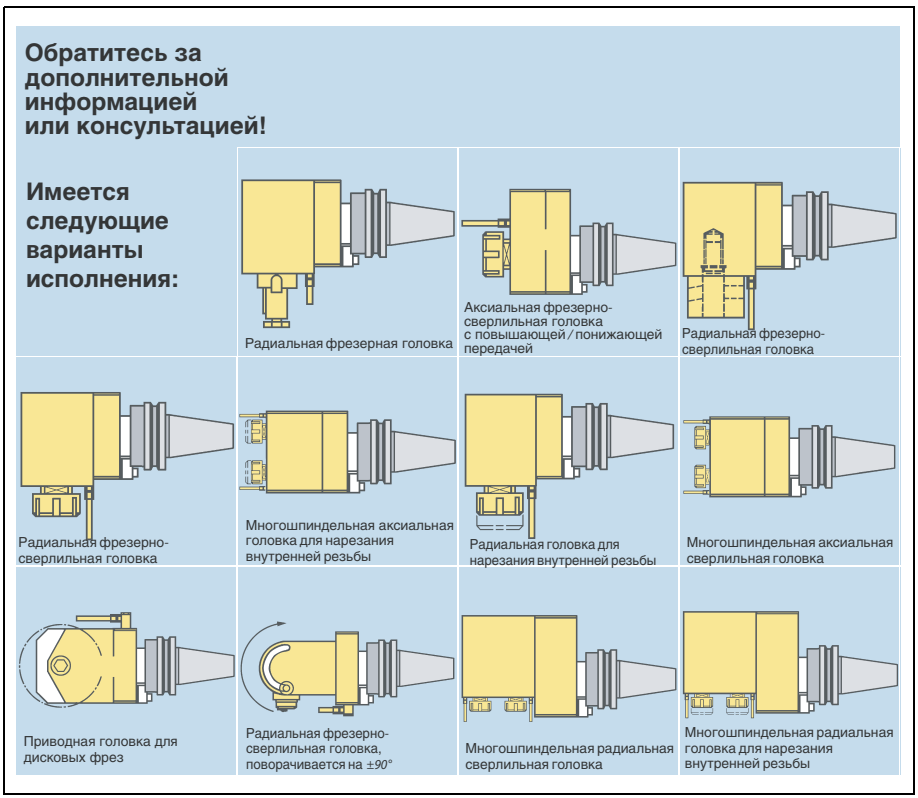


Рис. 10.12 Обзор моделей приводных головок для использования во фрезерных обрабатывающих центрах.

3 Балансировка вспомогательного инструмента

- Компактный **настольный прибор** с сенсорным экраном
- Динамическая балансировка (1+2 плоскости) инструментов (например, конусов SK, HSK) и заготовок (роторов)
- Для стационарной установки на верстак

- Компактный, **мобильный прибор** (1+2 плоскости)
- Балансировка на любых станках и установках
- В особенности несимметричных вращающихся деталей
- Оперативные измерения, проверка биений шпинделей станков

Рис. 10.13 Балансировочное устройство BMT

Дисбаланс возникает в том случае, если центр тяжести ротора находится за пределами оси его вращения (см. *рис. 10.14,* эксцентриситет *e*). Причины дисбаланса могут быть разными, например:

- Несимметричная конструкция ротора (канавка под захват по DIN 69871 или затяжной винт в патронах Weldon)
- Несимметричное распределение нагрузки по причине радиального биения
- Несоблюдение соосности во время монтажа инструмента из нескольких конструктивных элементов (например, модульное соединение расточных систем)
- Радиальное биение в опоре ротора (например, в опоре шпинделя)

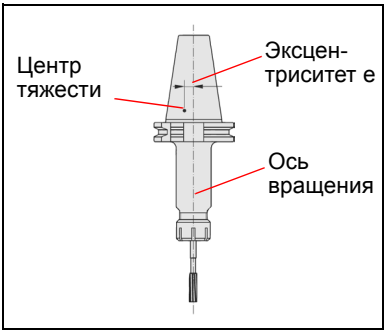


Рис. 10.14 Дисбаланс

Последствия дисбаланса:

- под действием центробежных сил увеличивается нагрузка на опору шпинделя (возможно разрушение подшипников),
- вследствие вибраций возможно снижение чистоты обработки поверхности заготовки или
- снижается точность соблюдения размеров, а также
- значительно снижается стойкость режущего инструмента.

Поэтому необходима **балансировка**. В процессе балансировки устраняется несимметричность распределения нагрузки на ротор. Это может быть достигнуто за счёт:

- прибавления массы
- изменения положения масс
- удаления масс

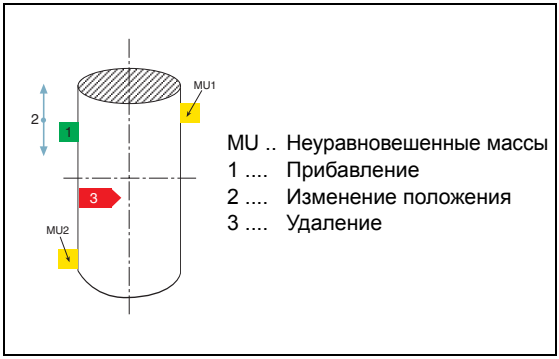


Рис. 10.15 Варианты балансировки

3.1 Статическая балансировка

Статический дисбаланс может быть измерен также при неподвижном роторе. Во время вращения он является причиной возникновения центробежной силы, перпендикулярной оси вращения. Требуется балансировка в одной плоскости. Положение плоскостей балансировки при этом произвольное (см. *рис. 10.16*)

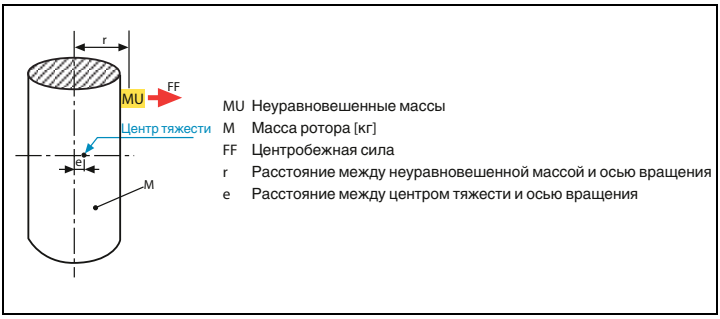


Рис. 10.16 Статический дисбаланс

3.2 Динамическая балансировка

Комбинация статического дисбаланса и дисбаланса моментов во время вращения вызывает биение (центробежные силы пересекаются с осью вращения). В данном случае требуется балансировка в двух плоскостях. При этом плоскости балансировки должны находиться на максимальном расстоянии.

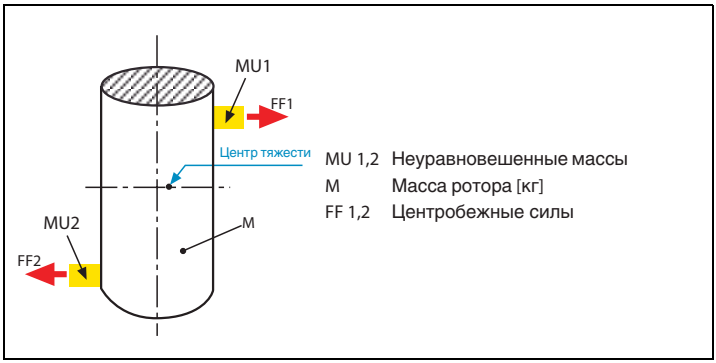


Рис. 10.17 Динамический дисбаланс

3.3 Качество балансировки и остаточный дисбаланс

Точность балансировки определяется **качеством балансировки G**. Она действительна **только для определённой рабочей частоты вращения** ротора. На основании качества балансировки, рабочей частоты вращения и массы ротора производится расчёт допустимого **остаточного дисбаланса U_{zul}**. Действительны следующие соотношения:

$$U_{zul} = \frac{G \cdot M}{n} \cdot 9549$$

U_{zul} Допустимый остаточный дисбаланс ротора [гмм]
G Качество балансировки (уравн. 10.1)
M Масса ротора [кг]
n Рабочая частота вращения ротора [об/мин]
9549 Коэффициент пересчёта

Для наглядного представления величины допустимого остаточного дисбаланса удобно дисбаланс перевести в **эксцентриситет e** (*уравн. 10.2*).

$$e_{zul} = \frac{U_{zul}}{M}$$

e_{zul} Допустимый эксцентриситет [мкм]
U_{zul} Допустимый остаточный дисбаланс [гмм] (уравн. 10.2)
M Масса ротора [кг]

Необходимо учитывать, что даже новые шпиндели имеют радиальное биение до 3 мкм, что соответствует эксцентриситету e = 1,5 мкм. **Вывод**:

На практике допустимый остаточный дисбаланс **менее 1 гмм не может быть достигнут.**

Пример расчёта достижимой точности:

Фреза крепится в цанговом патроне (общая масса 0,8 кг). Использование инструмента предполагается при частоте вращения 15 000 об/мин. Патрон изготовлен с качеством балансировки - G 2,5.

Допустимый дисбаланс: $$U_{zul} = \frac{G \cdot M}{n} \cdot 9549 = \frac{2,5 \cdot 0,8}{15000} \cdot 9549 = \mathbf{1,3\ гмм}$$

Допустимый эксцентриситет: $$e_{zul} = \frac{U_{zul}}{M} = \frac{1,3 \cdot гмм}{0,8 \cdot kg} = \mathbf{1,6мкм}$$

Таким образом, центр тяжести инструментальной системы может быть смещён не более чем на 1,6 мкм от оси вращения. При балансировке за ось вращения принимается ось SK- или HSK-конуса.

На *рис. 10.18* показан **допустимый остаточный дисбаланс** в зависимости от классов качества и частоты вращения по стандарту DIN ISO 1940.

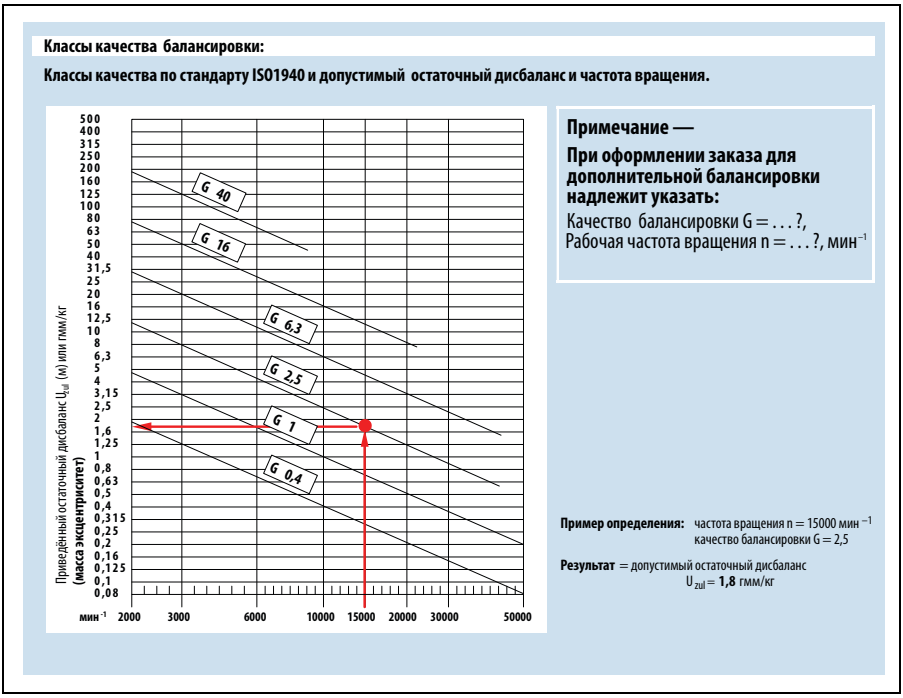


Рис. 10.18 Допустимый остаточный дисбаланс и рабочая частота вращения в зависимости от классов качества по стандарту DIN ISO 1940

Важным моментом при высоких значениях частоты вращения является достаточное **качество балансировки**, причем не только самого вспомогательного инструмента, но и всей инструментальной системы. Даже если элементы модульной инструментальной системы отбалансированы каждый в отдельности, возможен дисбаланс системы в сборе по причине допусков на монтаж.

На *рис. 10.19* показан пример качества балансировки систем в сборе. Из рисунка следует, что в случае применения патрона с качеством балансировки G 6,3 и фрезы G 16 при частоте вращения 30 000 об/мин общее качество балансировки составит G 2,37.

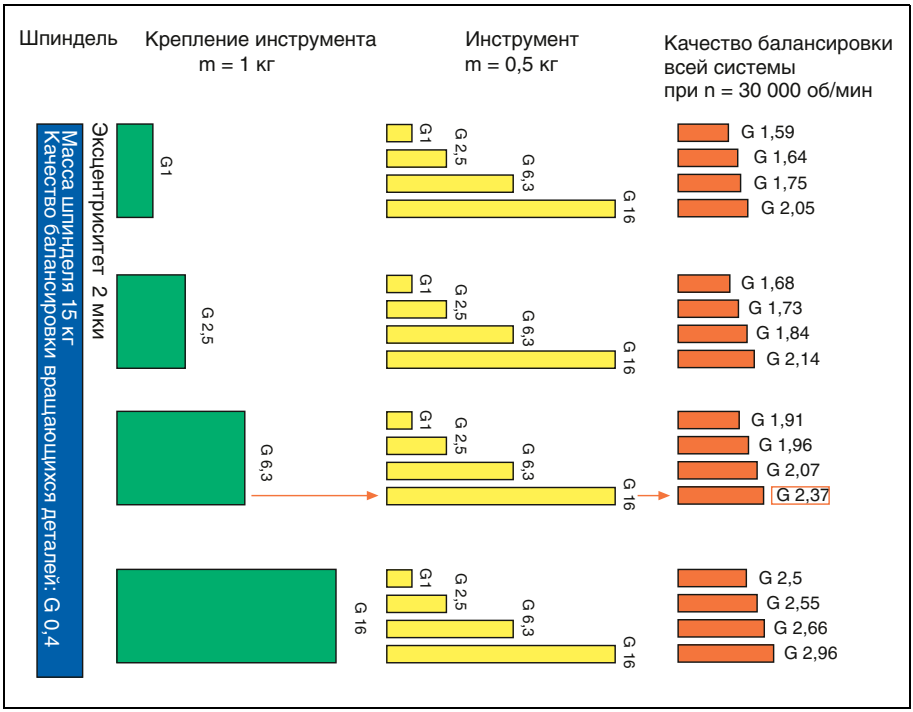


Рис. 10.19 Пример качества балансировки систем в сборе

Разработчики современных инструментальных и шпиндельных систем, в особенности для **HSC-обработки**, сталкиваются с проблемой границ балансировки по классам качества в соответствии со стандартом DIN ISO 1940. Например, допустимый остаточный дисбаланс при частоте вращения n 10 000 об/мин составляет для класса качества G 1 U_{zul} = 1 гмм (см. *рис. 10.18*). Это соответствует допустимому эксцентриситету e_{zul} = 1 мкм. При увеличении частоты вращения в два раза до 20 000 об/мин данное значение уменьшается вдвое до 0,5 гмм и, соответственно, 0,5 мкм. Так как данные величины, как уже говорилось, больше не могут быть измерены и компенсированы обычными приборами, на базе терминологии, определённой стандартом DIN ISO 1940, VDMA (Объединение машиностроительных институтов Германии) была составлена и издана инструкция с требованиями к балансировке инструментальных систем для высокоскоростной обработки.

В качестве унифицированного класса качества балансировки рекомендуется класс **G 16**, который представляет собой компромисс между необходимой защитой шпинделей, а также балансировкой, рациональной с технической и экономической точек зрения. Следующие из этого величины допустимого эксцентриситета e_{zul}, превышающие допуск на смену для инструментальных систем, представлены в *таблице 10.8*.

	Частота вращения [об/мин]					
	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	40 000
	Доп. эксцентриситет [мкм] и удельн. остаточный дисбаланс [гмм/кг]					
G 2,5	2,5	1,7	1,25	1	0,9	0,65
G 6,3	6,3	4,3	3,2	2,6	2,1	1,6
G 16	**16**	**11**	**8**	**6,5**	**5,5**	**4**
G 40	40	27	20	16	13	10

Таблица 10.8 Допустимый эксцентриситет и удельный остаточный дисбаланс для инструментальных систем для высокоскоростной обработки в соответствии с инструкцией VDMA

4 Вспомогательный инструмент по стандарту VDI

Стандартом для данной оснастки является DIN 69880 / VDI 3425.

На *рис. 10.20* показано использование отдельных осевых и радиальных резцедержателей в зависимости от направления вращения шпинделя **для револьверной головки**. Применение для **радиальной револьверной головки** описано в разделе 5.1.2.2

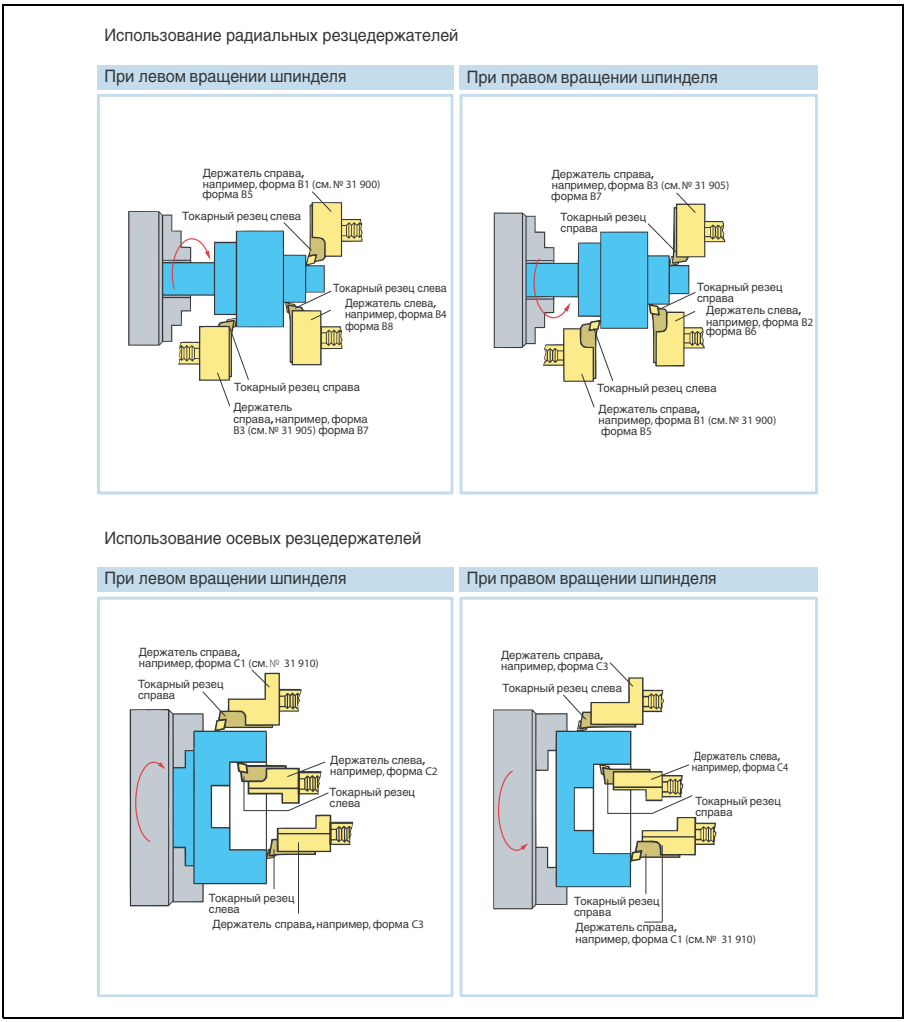


Рис. 10.20 Использование осевых и радиальных резцедержателей в аксиальной револьверной головке

5 Приводные головки для токарных обрабатывающих центров

5.1 Особенности использования приводных головок

Изделия EWS с цилиндрическим хвостовиком по DIN 69880 являются изделиями высокой точности. Хвостовик, зубья, поверхности для закрепления инструмента – шлифованные. То же самое относится к призматическим креплениям по DIN 69881.

В зависимости от особенностей станков имеются приводные головки с разными передаточными отношениями и различной конструкции. Благодаря многообразию изделий можно подобрать оптимальный вариант для самых разных задач.

5.1.1 Названия и варианты исполнения приводных головок

Ниже представлены отдельные варианты исполнения приводных головок (см. *рис. 10.21*).

Рис. 10.21 Приводные головки – примеры специального исполнения

Названия приводных головок присвоены исходя из особенностей конструкции, а не способа обработки, т. е. различают (см. *рис. 10.12*):

- Осевая или аксиальная головка
- Режущий инструмент закрепляется на продолжении хвостовика или параллельно хвостовику со смещением по оси.
- Угловая или радиальная головка
- Режущий инструмент закрепляется под углом к хвостовику.

Имеется огромное число и других вариантов **исполнения приводных головок**.

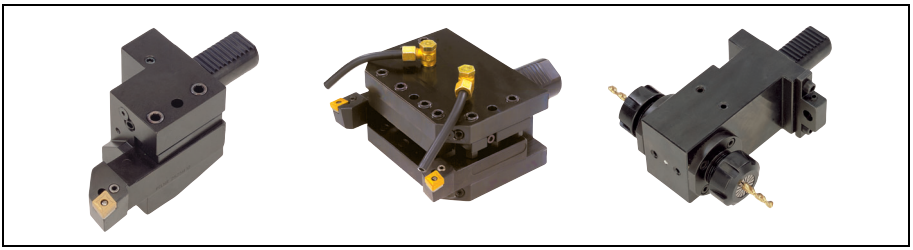
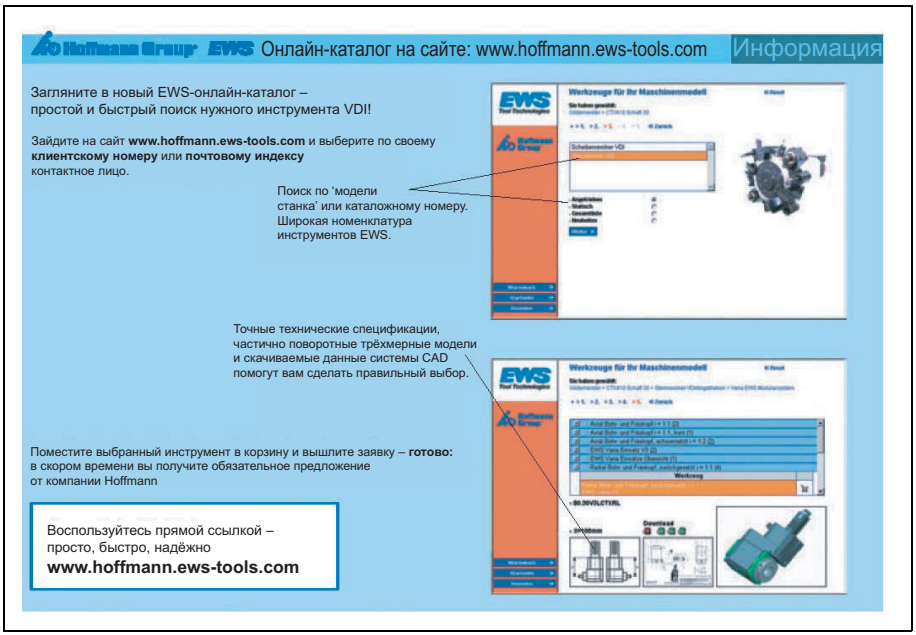


Рис. 10.22 Резцедержатели – примеры различного исполнения



Прежде чем оформить заказ, сначала необходимо заполнить следующий формуляр с целью определения спецификации.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ

Hoffmann Group

Приводные головки для многоцелевых токарных станков с КЧПУ

Приложите опросный лист к заказу

Важно : Для быстрой обработки Ваших запросов обязательно заполните поля, отмеченные ⊗

Информация: Хвостовик и привод всегда зависят от типа станка/ модели!

Фирма: _____	**Контактное лицо:** _____
	Должность: _____
	Отделение: _____
	Телефон: _____
	Факс:

⊗ **Изготовитель станка (например, Gildemeister):** _____	⊗ **Модель (например, CTX 500):** :_____
	№ станка и год изготовления :_____

Тип инструмента:

☐ Осевой	☐ НО (наруж. охл.)	☐ ВО/НО	
☐ Радиальный	☐ НО (наруж. охл.)	☐ ВО/НО	
☐ Радиальный со смещением	☐ НО (наруж. охл.)	☐ ВО/НО	
☐ Поворотный +/– 90°	☐ НО (наруж. охл.)	☐ ВО/НО	50 мм / VDI 50
☐ Другого типа:			

Диаметр хвостовика:
- ☐ 20 мм / VDI 20
- ☐ 30 мм / VDI 30
- ☐ 40 мм / VDI 40
- ☐
- ☐ Другого типа: _____

Имеется ли элемент для базирования: ☐ Да ☐ Нет

Если да, то какого типа:

☐ Штифт ☐ Шпонка ☐ Другого типа:_____

☐ Паз Планка _____☐

⊗ **Тип револьверной головки/ № (например, Sauter 05.473.516), если другого изготовителя:**	**Привод:**
☐ Sauter №: _____	☐ DIN 1809
☐ Duplomatic №: _____	☐ DIN 5480
☐ Baruffaldi №: _____	☐ DIN 5482
☐ Другого типа: _____	☐ TOEM
_____ _____	☐ Другого типа: _____

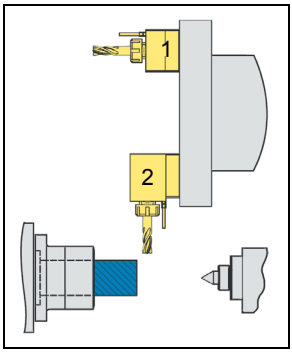
Патрон:

☐ Цанговый патрон/форма ☐ ER

Примечания: _____

5.1.2 Варианты применения в револьверной головке

5.1.2.1Аксиальные револьверные головки



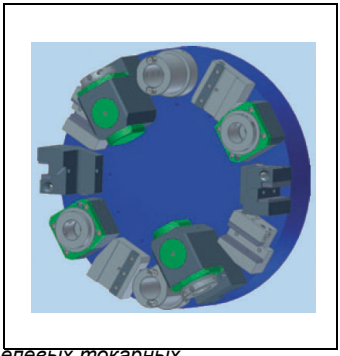


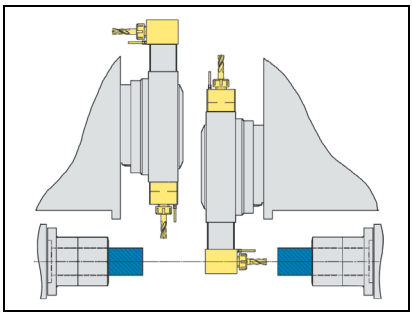
Рис. 10.23 Использование приводных головок на многоцелевых токарных обрабатывающих центрах с аксиальной револьверной головкой

На *рис. 10.23* представлена общая схема применения приводных головок в аксиальной револьверной головке. При этом инструменты крепятся на торцевой стороне револьверной головки. Осевые головки работают в аксиальном направлении (головка 1), а угловые в радиальном (головка 2). При этом для угловых головок необходимо учитывать радиус поворота револьверной головки.

5.1.2.2Радиальные револьверные головки

При использовании радиальной револьверной головки инструменты крепятся по её периметру (см. *рис. 10.24*). В данном случае важным моментом является положение револьверной головки по отношению к шпинделю:

- Револьверная головка **перпендикулярна** шпинделю:
  осевая головка = обработка в радиальном направлении
  угловая головка = обработка в аксиальном направлении
- Револьверная головка **параллельна** шпинделю:
  осевая головка = обработка в аксиальном направлении
  угловая головка = обработка в радиальном направлении



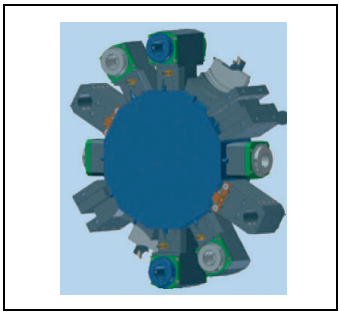


Рис. 10.24 Использование приводных головок на многоцелевых токарных обрабатывающих центрах с радиальной револьверной головкой

Станки с радиальной револьверной головкой часто имеют обратный шпиндель (субшпиндель). Это позволяет использовать правый и левый инструмент, а также поворачивать инструмент на 180°.

- **Правый инструмент:**

  Инструмент расположен хвостовиком от вас. Зубья находятся сверху. Если смотреть на инструмент сверху – режущая кромка находится справа.
- **Левый инструмент**

  Инструмент и хвостовик расположены, как описано выше. Однако режущая кромка направлена влево.

5.2 Модульные приводные головки EWS-VARIA

EWS-VARIA – приспособленная для токарных обрабатывающих центров модульная быстросменная система, позволяющая за несколько секунд производить замену необходимых инструментальных головок. Система EWS разработана с учетом ограниченных рабочих зон токарных обрабатывающих центров, что позволяет использовать инструментальные системы максимально короткой конструктивной длины, чтобы, во-первых обеспечить свободу действий в процессе обработки и, во-вторых, безопасность замены сменных элементов.

Инструмент снимается при помощи одного зажимного винта, который необходимо повернуть на 210° (зажимание без поперечных усилий, обслуживание одной рукой). При помощи системы механического выталкивания сменные элементы легко извлекаются из крепления, даже в том случае, если произошло их приклеивание охлаждающей эмульсией.

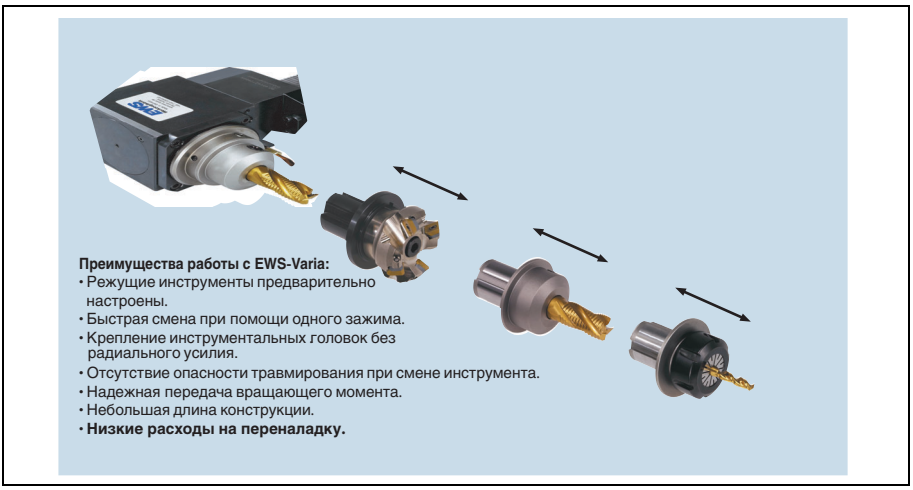


Рис. 10.25 EWS-VARIA

5.3 Исполнения хвостовиков входных валов

На *рис. 10.26* показаны наиболее широко применяемые исполнения хвостовиков входных валов приводных головок. Среди общего количества многоцелевых токарных обрабатывающих центров в примерно 80 % используются приводы по DIN 1809, DIN 5480 или DIN 5482.

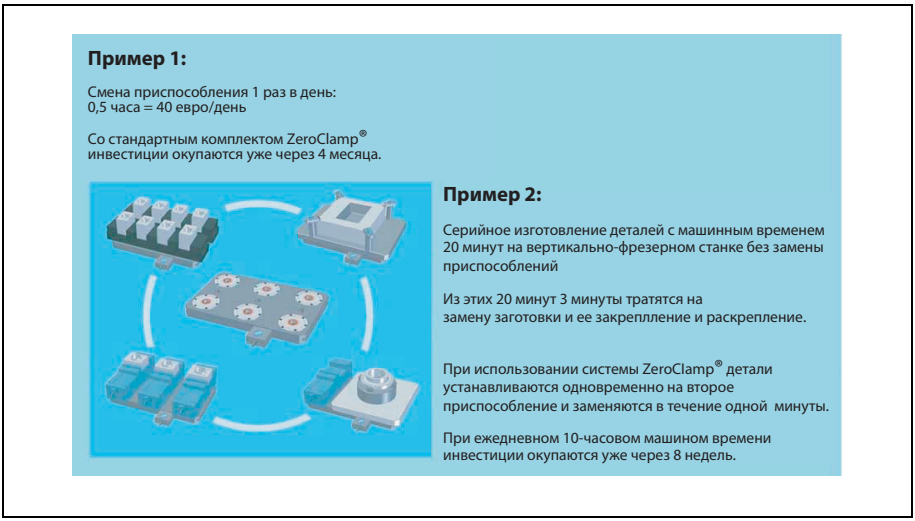
Рис. 10.26 Типы хвостовиков приводных головок

6 Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp

Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp представляет собой высоконадежную модульную конструкцию для закрепления на столах станков приспособлений, тисков или деталей, которая гарантирует высокую оперативность, надёжность крепления и точность. Системы базирования по нулевой точке обеспечивают значительное снижение затрат времени на подготовку и вспомогательное время технологической операции. Благодаря использованию системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp основное время технологической операции можно повысить до 90 % без значительных затрат на капитальные вложения, эксплуатацию и ремонт.

Так как GARANT ZeroClamp подходит ко всем типам станков, систему можно быстро приспособить к конкретному виду работ. Возможности системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp наиболее полно проявляются в тех случаях, когда необходимо часто производить переналадку оборудования, например, при изготовлении единичных образцов или небольших и средних партий изделий.

Рис. 10.27 Преимущества системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClump



6.1 Конструкция и особенности GARANT ZeroClamp

Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp имеет простую и надёжную конструкцию. Отсутствуют шариковые зажимы или открыто работающие цанги. Механизм герметизирован, т. е. защищён от воздействия внешних факторов.

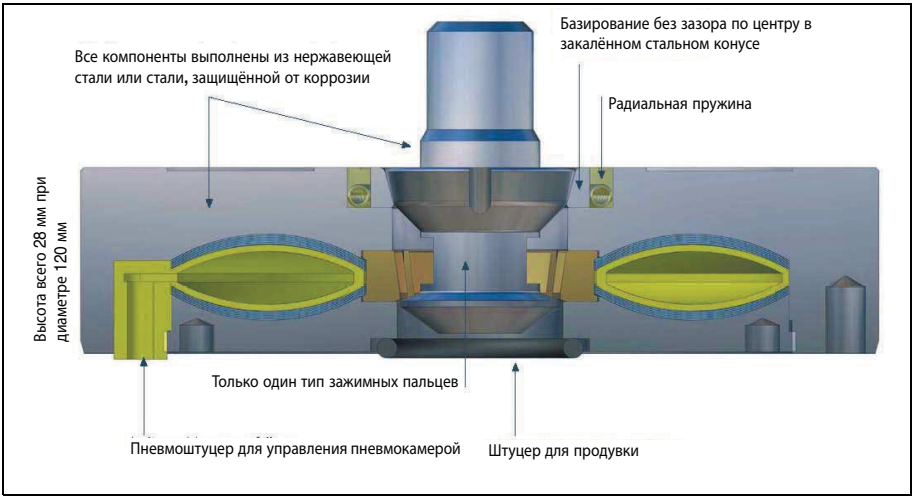


Рис. 10.28 Конструкция системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp

Основные особенности:

- Зажимание без зазоров через конусы, повторяемость < 5 мкм
- Исключительно высокое усилие зажима 25 кН (высокая надёжность и точность даже при вертикальном положении)
- Предусмотрена функция выравнивания (термосимметрия, см. *рис. 10.29*)
- Фиксация всегда производится пальцами только одного типа (не требуются цилиндрические, срезанные или крепежные пальцы – т. о. обеспечивается высокая степень совместимости)
- Простая и надёжная конструкция (без высокоточных шариковых зажимов), следовательно, низкие затраты на изготовление
- Соответствует гидрозажимным системам благодаря принципу зажимания (раскрывается посредством пневматики и производит зажимание через пружинный энергоаккумулятор)
- Гасит колебания
- Нечувствительна к стружке и грязи
- Не является самотормозящейся, т. е. при выходе из строя можно снять при помощи отжимного винта (необходимое усилие ок. 25 кН на точку зажима для варианта на 5 бар)
- Простота обслуживания. Замену приспособления может производить даже необученный персонал, ошибки позиционирования при этом исключены

Без термосимметрии
→ смещение нулевой точки
В обычных системах выравнивание термических колебаний или других неточностей происходит посредством так называемых пальцев различного назначения.

При этом происходит смещение относительно центра оси

GARANT ZeroClamp с функцией термосимметрии
→ отсутствие смещения нулевой точки

Компенсация возможных тепловых расширений опоры. Центрирующие конусы с радиальными пружинами обеспечивают возможность компенсации.

Благодаря этому центр приспособления даже при температурных изменениях всегда остается в центре основания.

Таким образом, нулевая точка всегда находится неизменно в центре.

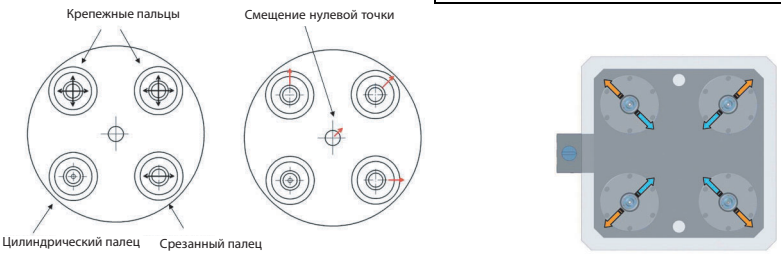


Рис. 10.29 Компенсация возможных погрешностей вследствие тепловых деформаций

6.2 Принцип действия GARANT ZeroClamp

По принципу действия система GARANT ZeroClamp аналогична полому конусу. При этом благодаря упругости соединения обеспечивается как радиальный, так и аксиальный контакт.

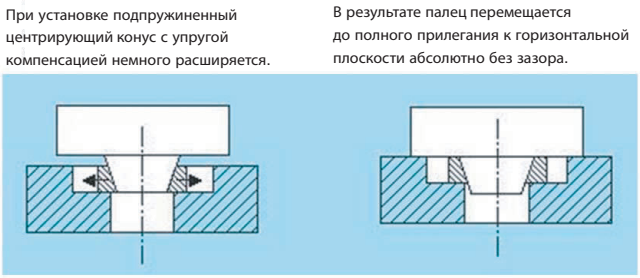


Рис. 10.30 Зажимание без зазоров

Ниже представлен принцип действия. Для отпускания зажимных пальцев требуется давление сжатого воздуха лишь 5 бар. При этом фиксация производится через пружинный энергоаккумулятор.

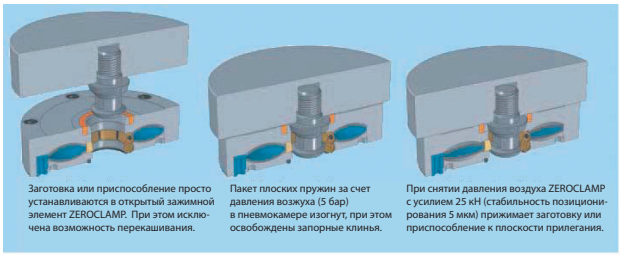


Рис. 10.31 Принцип действия GARANT ZeroClamp в разрезе

6.3 Стандартная система базирования и специальные варианты

Данная система базирования благодаря простоте конструкции может легко использоваться для любых стандартных задач и реализации индивидуальных технологических процессов. Возможность приспособления системы к специфическим требованиям заказчика реализуется за счёт использования зажимных пальцев, которые обеспечивают соединение GARANT ZeroClamp с существующими станочными приспособлениями.

6.3.1 Стандартная система базирования для вертикально-фрезерных станков

Базовые плиты имеются в виде стандартных базовых комплектов, состоящих из 2, 4 и 6 зажимных элементов. На плитах предусмотрены крепежные отверстия под винты с внутренним шестигранником. Отверстия могут быть использованы для 3 различных интервалов Т-пазов (63, 100 и 125 мм). Кроме того, в каждом базовом элементе имеется центральное отверстие Ø 25 H7 для использования базирующего комплекта, а также два наружных отверстия Ø 25 H7 для базировочных комплектов, предназначенных для позиционирования в направляющем пазу. Межосевое расстояние составляет 200 мм в обоих направлениях (X и Y).

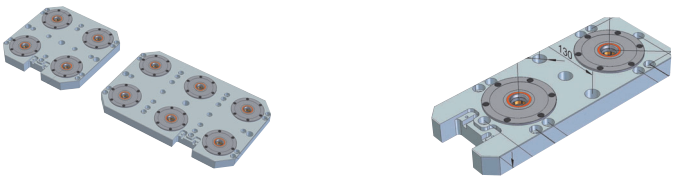


Рис. 10.32 Стандартная система збазирования для вертикально-фрезерных станков

6.3.2 Стандартная система базирования для горизонтально-фрезерных станков с опорой 500x500

Система базирования для горизонтально-фрезерных станков состоит из следующих деталей:

- **Базовая плита** с 6 зажимными элементами (для крепления вертикальных приспособлений)
  На базовой плите предусмотрены крепежные отверстия под винты с внутренним шестигранником M16 с шагом 100 мм. С их помощью базовая плита крепится к столу станка. Кроме того, в каждой базовой плите имеется центральное отверстие Ø 25 H7 для использования базирующего комплекта, а также два наружных отверстия Ø 25 H7 для базирующих комплектов, предназначенных для позиционирования в направляющем пазу.
- **Вертикальные приспособления** (устанавливаются на базовую плиту)

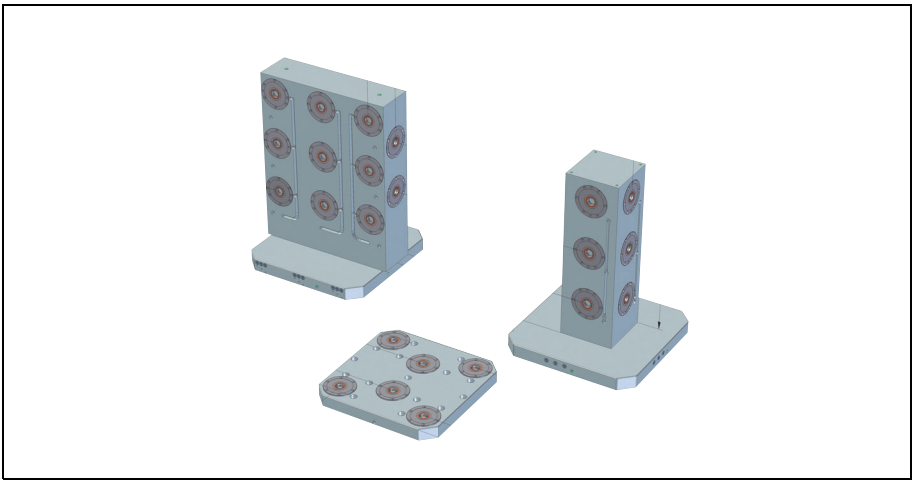


Рис. 10.33 Стандартная система базирования для горизонтально-фрезерных станков

6.3.3 Специальные варианты

В каждом базовом приспособлении имеется центральное отверстие Ø 25 H7 для использования базирующего комплекта, а также два наружных отверстия Ø 25 H7 для базирующих комплектов, предназначенных для позиционирования в направляющем пазу.

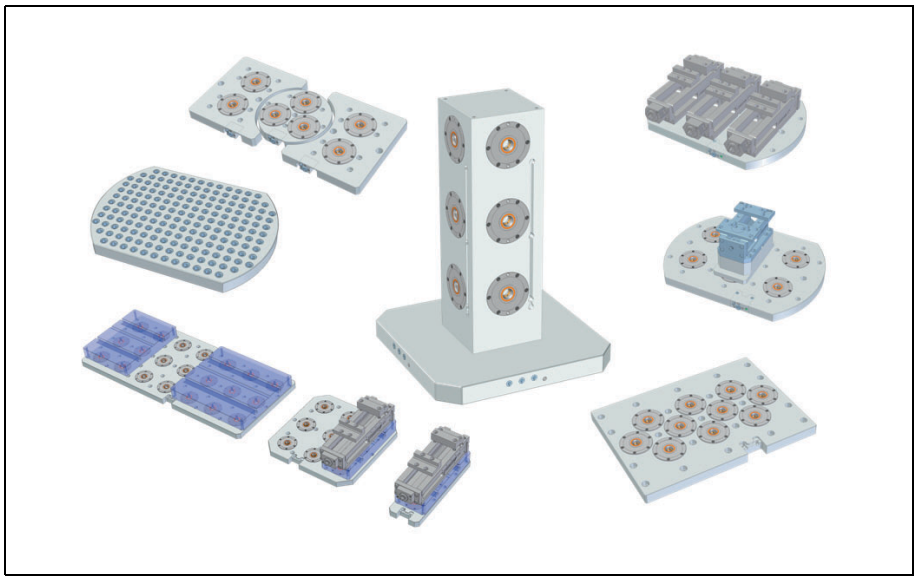
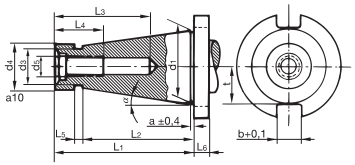


Рис. 10.34 Специальные варианты GARANT ZeroClamp

7 Исполнение хвостовиков вспомогательного инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080

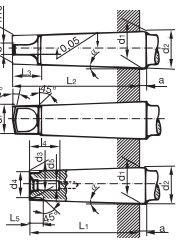
Хвостовики инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080 (основной размер E)

DIN 228 Конусы Морзе и метрические конусы (май 1987)
DIN 2080 SK-конусы (декабрь 1978)



Конус Морзе и метрический конус по DIN228 с лапкой

Конус Морзе и метрический конус DIN 228 с затяжной резьбой



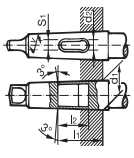
Конус	Конусность	Угол α	a мм	b мм	d_1 мм	d_2 мм	d_3 мм	d_4 мм	d_5 метр.	d_5 дюйм	d_6 мм	d_7* мм	L_1 мм	L_2 мм	L_3 мм	L_4 мм	L_5 мм	L_6 мм	t* мм
MK0	1:19,212 = 0,05205	1°29′27″	3	3,9	9,045	9,2	6,4	6*	–	–	6,1	6	50	56,5*	10,5*	–	4	–	–
MK1	1:20,047 = 0,04988	1°25′43″	3,5	5,2	12,065	12,2	9,4	9*	M 6	–	9	8,7	53,5	62*	13,5*	16**	5	–	–
MK2	1:20,020 = 0,04995	1°25′50″	5	6,3	17,780	18	14,6	14*	M10	–	14	13,5	64	75*	16*	24**	5	–	–
MK3	1:19,922 = 0,05020	1°26′16″	5	7,9	23,825	24,1	19,8	19*	M12	Wh 1/2″	19,1	18,5	81	94*	20*	24**	7	–	–
MK4	1:19,254 = 0,05194	1°29′15″	6,5	11,9	31,267	31,6	25,9	25*	M16	Wh 5/8″	25,2	24,5	102,5	117,5*	24*	32**	9	–	–
MK5	1:19,002 = 0,05263	1°30′26″	6,5	15,9	44,399	44,7	37,6	35,7*	M20	Wh 3/4″	36,5	35,7	129,5	149,5*	29*	40**	10	–	–
MK6	1:19,180 = 0,05214	1°29′36″	8	19	63,348	63,8	53,9	51*	M24	Wh 1″	52,4	51	182	210*	40*	47*	16	–	–
4			2	–	4	4,1	2,9	2,5*	–	–	–	–	23	–	–	–	2	–	–
6			3	–	6	6,2	4,4	4*	–	–	–	–	32	–	–	–	3	–	–
80			8	26	80	80,4	70,2	67*	M30	Wh 1 3/8″	69	67	196	220*	48*	59**	24	–	–
100			10	32	100	100,5	88,4	85*	M36	Wh 1 3/8″	87	85	232	260*	58*	70**	30	–	–
120	1:20 = 0,05	1°25′56″	12	38	120	120,6	106,6	102*	M36	Wh 1 3/8″	105	102	268	300*	68*	70**	36	–	–
(140)			14	44	140	140,7	124,8	120*	M36	Wh 1 1/2″	123	120	304	340*	78*	70**	42	–	–
160			16	50	160	160,8	143	138*	M48	Wh 1 3/4″	141	138	340	380*	88*	92**	48	–	–
200			18	56	180	180,9	161,2	156*	M48	Wh 1 3/4″	159	156	376	420*	98*	92**	54	–	–
(180)			20	62	200	201	179,4	174*	M48	Wh 2″	177	174	412	460*	108*	92**	60	–	–
SK30	7 : 24 = 1 : 3,4286 = 0,29167	8°17′50″	1,6	16,1	31,75	–	16,5	17,4	M12	1/2"- 13UNC	–	–	68,4	48,4	33,5	24	3	8**	16,2
SK40			1,6	16,1	44,45	–	24	25,3	M16	5/8"- 11UNC	–	–	93,4	65,4	42,5	32	5	10**	22,5
SK50			3,2	25,7	69,85	–	38	39,6	M24	1"- 8UNC	–	–	126,8	101,8	61,5	47	8	12**	35,3
SK60			3,2	25,7	107,95	–	58	60,2	M30	1 1/2"- 7UNC	–	–	206,8	161,8	76	59	10	16**	60

Поперечное крепление DIN 1806 (июнь 1964)

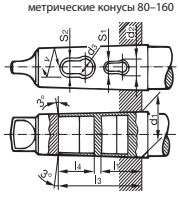
для хвостовиков DIN 228

Конус	d_2* мм	d_3* мм	L_1* мм	L_2* мм	L_3* мм	L_4* мм	s_1* мм	s_2* мм
MK3	9,2	–	55,5	32	–	–	8,3	–
MK4	9,4	–	59,5	37	–	–	8,3	–
MK5	14	–	64	42	–	–	12,4	–
MK6	18,75	22,5	56	35	122	47	16,4	19,5
80	22,5	30	64	43	136	54	19,5	26,5
100	30	37	70	51	155	61	26,5	32,5
120	37	43,5	76	59	160	68	32,5	38,5
160	50	57	98	75	207	82	44,5	50,5

Конус Морзе 3–5

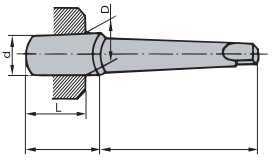


Конус Морзе 6 и метрические конусы 80–160



Цапфы для сверлильных патронов DIN 238 (июнь 1962)

Размер цапфы	D мм	d мм	L мм	Возможность комбинации с конусом Морзе	Для сверлильных патронов с диапазоном зажима	Ø зажима сверлильного патрона
B6	6,350	5,850	10	MK0 - MK2	до 3 мм	–
B10	10,094	9,4	14,5	MK0 - MK2	3 мм - 4 мм	8
B12	12,065	11,1	18,5	MK0 - MK2	6 мм - 8 мм	10
B16	15,733	14,5	24	MK1 - MK3	10 мм - 13 мм	16
B18[1)]	17,431	16,2	32	MK1 - MK3	6 мм	16
B22	21,793	19,8	40,5	MK2 - MK4	0 мм	20
B24	23,825	21,3	50,5	MK3 - MK5	26 мм - 32 мм	26



Стоящих в скобках ( ) значений по возможности надлежит избегать!
*) макс. размер **) миним. размер
1) укороченный вариант

Таблица 10.9 Стандарты

Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы правки шлифовальных кругов 785

1 **Процесс шлифования** **786**
1.1 Процесс резания при шлифовании 786
1.2 Классификация способов шлифования 788

2 **Структура и состав шлифовального инструмента** **790**
2.1 Абразивный материал / абразивное зерно 791
2.1.1 Виды абразивных материалов 791
2.1.2 Зернистость абразивного материала / размер зерна 794
2.2 Связки 795
2.2.1 Виды связок 796
2.2.2 Твёрдость шлифовальных кругов 797
2.3 Пористость / структура 798

3 **Форма и спецификация шлифовальных кругов** **799**
3.1 Форма и обозначение обычных шлифовальных кругов 799
3.2 Основа и абразивные накладки алмазного инструмента и инструмента из кубического нитрида бора 800

4 **Переменные и характеристические величины при шлифовании** **801**
4.1 Переменные величины 801
4.2 Характеристические величины при шлифовании 802

5 **Силы и потребляемая мощность при шлифовании** **806**

6 **Определение основного машинного времени при шлифовании** **809**
6.1 Наружное и внутреннее круглое шлифование 809
6.1.1 Продольное шлифование 809
6.1.2 Врезное шлифование 810
6.2 Плоское или торцовое шлифование 810
6.2.1 Шлифование периферией круга 810
6.2.2 Шлифование торцом круга 811

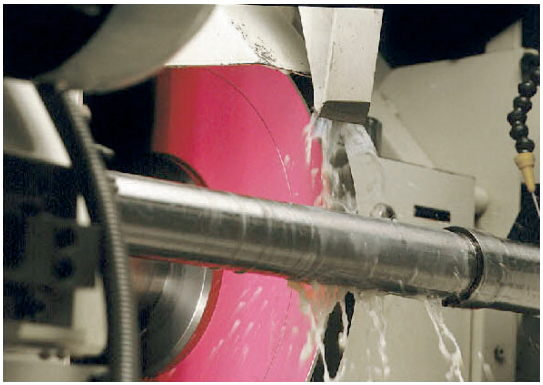
7 **Износ шлифовальных кругов** **812**

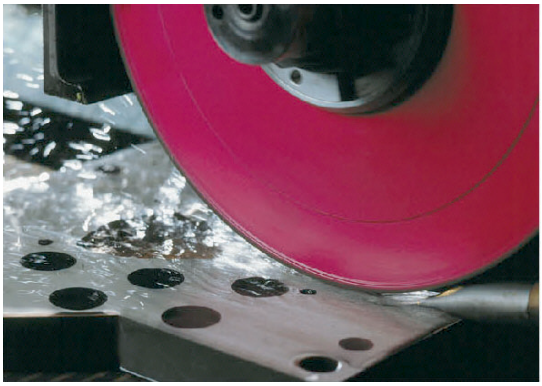
8 **Восстановление режущей способности шлифовального инструмента** **813**
8.1 Теоретические основы 813
8.2 Неподвижный правящий инструмент 815
8.2.1 Выбор и рекомендации по использованию неподвижного правящего инструмента 815
8.2.2 Переменные и характеристические величины при правке неподвижным инструментом 815
8.2.3 Применение однокристального правящего инструмента 819
8.3 Вращающийся правящий инструмент 820
8.4 Восстановление режущей способности алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора 821
8.4.1 Правка (профилирование) 822
8.4.2 Заточка брусками 823

9 **Смазочно-охлаждающие жидкости** **823**
9.1 Виды СОЖ 824
9.2 Подвод СОЖ 825
9.3 Контроль СОЖ 826
10 **Меры предосторожности при шлифовании** **827**
10.1 Допустимая окружная скорость 827
10.2 Техника безопасности при шлифовании 827
11 **Решение проблем при шлифовании** **829**

Перечень таблиц – Правка шлифовальных кругов

	Обработка	№ табл.	С.
Правка неподвижным правящим инструментом	Рабочая скорость при правке однокристальным алмазным правящим инструментом	11.11	817
	Радиальная и продольная подача при правке	11.12	818
	Рабочая ширина	11.13	818
	Коэффициент перекрытия	11.14	819
Правка инструментом с центробежным тормозом AV 500	Параметры правки	11.17	823



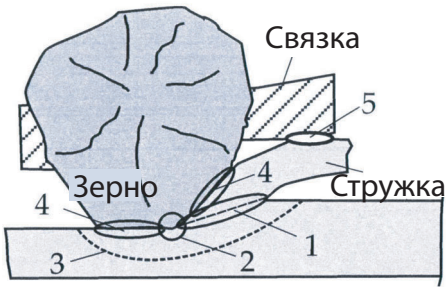


1 Процесс шлифования

По стандарту DIN 8589 шлифование относится к группе «Резание геометрически неопределёнными режущими кромками». Данный способ точной обработки позволяет добиться очень высокой точности размеров, высокой точности формы и профиля и определённой чистоты обработки поверхности. В частности, он подходит также для обработки твёрдых и плохо поддающихся резанию материалов. В настоящее время данный способ благодаря достижимой производительности съёма, которая обеспечивает также возможность рентабельной обработки резанием больших объёмов материала, пригоден не только для чистовой обработки. Несмотря на то, что глубина резания на режущую кромку относительно невелика, данный способ обработки позволяет за единицу времени снимать большие количества материала благодаря высоким скоростям резания в комбинации с такими параметрами шлифования, как скорость детали и ширина резания, а также большим числом режущих кромок.

1.1 Процесс резания при шлифовании

Неправильной формой и расположением абразивных зёрен (режущих кромок) шлифовального круга обусловлено наличие большого числа возможных условий врезания в деталь. В целом при обработке геометрически определёнными и геометрически неопределёнными режущими кромками имеют место одинаковые механизмы резания (см. также *главу «Теоретические основы»*). Правда, режущие кромки при шлифовании образуются высокопрочными зёрнами, причем одно зерно может иметь несколько рабочих режущих кромок. Однако размеры задействованных элементов значительно меньше по сравнению с резанием геометрически определёнными режущими кромками. Зоны контакта при шлифовании представлены на *рис. 11.1*.



1… Зона сдвига
2… Зона разделения, зона сжатия
3… Зона детали, испытывающая упругую и пластическую деформацию
4… Зона трения зерна/детали
5… Зона трения стружки/связки

Рис. 11.1 Зоны контакта при шлифовании по TÖNSHOFF

Для снятия стружки в зоне сдвига (зона 1, *рис. 11.1*) совершается работа деформации, а на режущей кромке в зоне 2 работа разделения. Зона 3 соответствует зоне детали, которая при этом испытывает упругую и пластическую деформацию. Поскольку при шлифовании в отличие от обработки геометрически определённой режущей кромкой не может быть задан определённый задний угол, распределение трения (зона 4) происходит, в зависимости от формы зерна, по передней и задней поверхностям. Кроме того, в зоне 5 может возникать трение между стружкой и связкой абразивных зерен.

Вследствие очень большого числа отдельных режущих кромок, которые кроме того, как правило, имеют большой отрицательный передний угол, в зоне контакта детали и шлифовального круга происходит интенсивное выделение тепла. Прежде всего это имеет место при шлифовании металлов корундами (слабая теплопроводность, относительно большой радиус режущих кромок). Данные условия показаны на *рис. 11.2*.

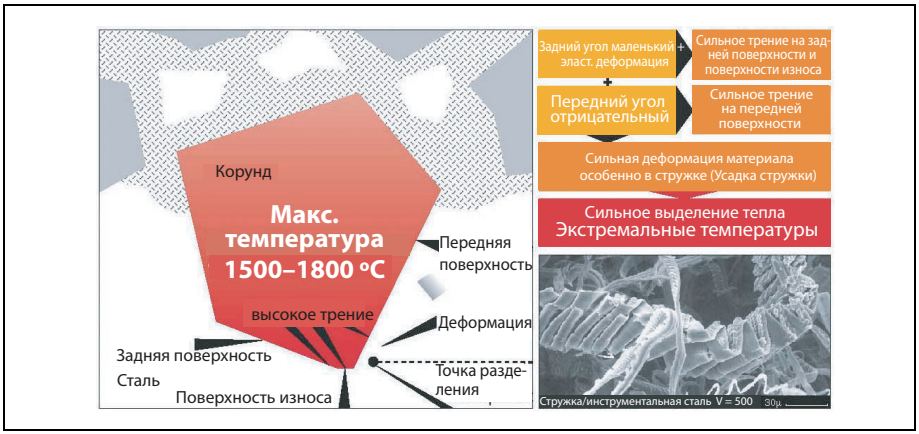


Рис. 11.2 Выделение тепла и повышение температуры в зоне контакта

При шлифовании наблюдаются различные процессы съёма, как одновременно в качестве отдельных процессов на различных зернах, так и последовательно при образовании стружки. (*См. рис. 11.3*) Следующие процессы наблюдаются при шлифовании металлов, напр., сталей и жаропрочных сплавов:

- **Резание:** образование сливной и широкой сливной стружки при слабом выделении тепла
- **Врезание:** образование «борозд» и «ленточной стружки», неблагоприятный энергобаланс
- **Деформирование:** образование «борозд» в результате пластической деформации, сдвиг материала без резания
- **Трение:** выделение теплоты трения и износ зерна, неблагоприятный процесс

Доля резания должна быть максимально высокой, а доля трения максимально низкой. Долю резания можно увеличить за счёт увеличения:

- скорости резания,
- глубины врезания зерна, а также нормальных или радиальных сил, действующих на зерно,
- коэффициента трения между деталью и абразивным зерном, а также
- вязкости материала заготовки.

Рис. 11.3 Механизмы съёма материала при шлифовании металлов

Условия врезания при шлифовании, в отличие от обработки геометрически определёнными режущими кромками, вследствие износа и выкрашивания зёрен постоянно изменяются.

1.2 Классификация способов шлифования

Общая классификация способов шлифования осуществляется по стандарту DIN 8589. Основные способы шлифования представлены на *рис. 11.4*, в целом они различаются по

- форме и положению получаемой поверхности,
- рабочей поверхности шлифовального инструмента, а также
- движению подачи.

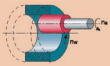
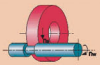
Критерии классификации способов шлифования согласно DIN 8589				
Группировочные признаки	СПОСОБ ШЛИФОВАНИЯ			
1. Вид получаемой поверхности	Плоское шлифование (торцовое шлифование)		Круглое шлифование	
	Профильное шлифование		Профильное шлифование (заточка режущего инструмента	
2. Положение получаемой поверхности на заготовке	Наружное (круглое) шлифование		Внутреннее (круглое) шлифование	
3. Рабочая поверхность шлифовального инструмента	Шлифование периферией круга		Боковое шлифование	
4. Движение подачи (направление)	Продольное шлифование			
	Поперечное шлифование			
	Перекрёстное шлифование			

Рис. 11.4 Классификация способов шлифования

Аналогично фрезерованию (см. *главу «Фрезерование», раздел 1.1*) при шлифовании также различают попутное и встречное шлифование. На *рис. 11.5* это показано на примере наружного круглого и плоского шлифования.

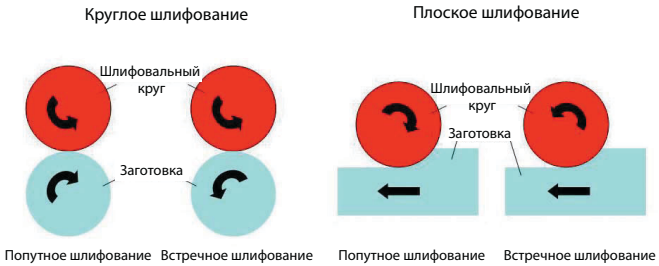


Рис. 11.5 Попутное и встречное шлифование по стандарту DIN 8589

2 Структура и состав шлифовального инструмента

Режущие свойства шлифовального круга в значительной степени зависят от свойств и взаимодействия компонентов, определяющих структуру – абразивного зерна, связки и пор. При этом структурные компоненты выполняют следующую функцию:

- **Абразивный материал** обеспечивает высокую износостойкость (является режущей кромкой),
- **связка** – вязкость (демпфирование, степень твёрдости) и
- **поры** захватывают стружку и СОЖ (отвод).

- Зерно
  - вид (корунд, SiC, CBN, алмаз)
  - форма
  - размер
- Связка
  - вид (синтетическая смола, керамика, металл)
  - составные части
- Поры
  - искусственные
  - естественные
  - объём пор

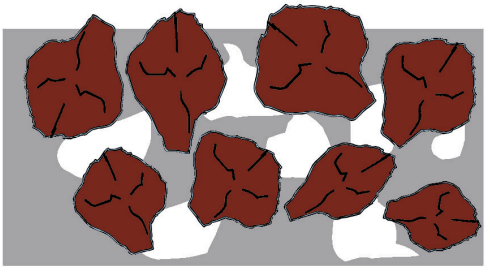


Рис. 11.6 Компоненты шлифовального круга

Ниже в общих чертах представлено влияние отдельных компонентов шлифовального круга на рабочие характеристики шлифовального инструмента.

Компоненты шлифовального круга	Влияние на
Абразивное зерно	Стойкость, производительность резания, тепловое воздействие, качество поверхности, расходы
Размер зерна	Качество поверхности, производительность резания
Вид связки	Стойкость, режущая способность, демпфирование, стабильность формы, тепловое воздействие
Степень твёрдости (противодействие связки выкрашиванию зёрен под влиянием силы резания)	Стойкость, режущая способность, тепловое воздействие, прочность
Структура / концентрация (относительная объёмная абразивных зёрен в общем объёме шлифовального инструмента, расстояние между зёрнами) **Пористость** (размер пор в связке)	Стойкость, режущая способность, стабильность формы, подвод СОЖ, отвод стружки, тепловое воздействие

Таблица 11.1 Факторы, влияющие на характеристики шлифовального круга

2.1 Абразивный материал / абразивное зерно

2.1.1 Виды абразивных материалов

Классификация абразивных материалов осуществляется по стандарту DIN. Корунд и карбид кремния классифицируются по стандарту DIN ISO 525, алмаз и кубический нитрид бора по стандарту DIN ISO 6104-2005. В настоящее время применяются почти исключительно синтетические абразивные материалы, которые могут изготавливаться с определёнными воспроизводимыми свойствами. Среди высокопрочных соединений наиболее популярны **корунды**, **карбиды кремния (SiC)**, **кубический нитрид бора (CBN)** и **алмаз**. При этом принято общее разделение абразивных материалов на **обычные** (корунд, SiC) и **суперабразивные (CBN, алмаз)**.

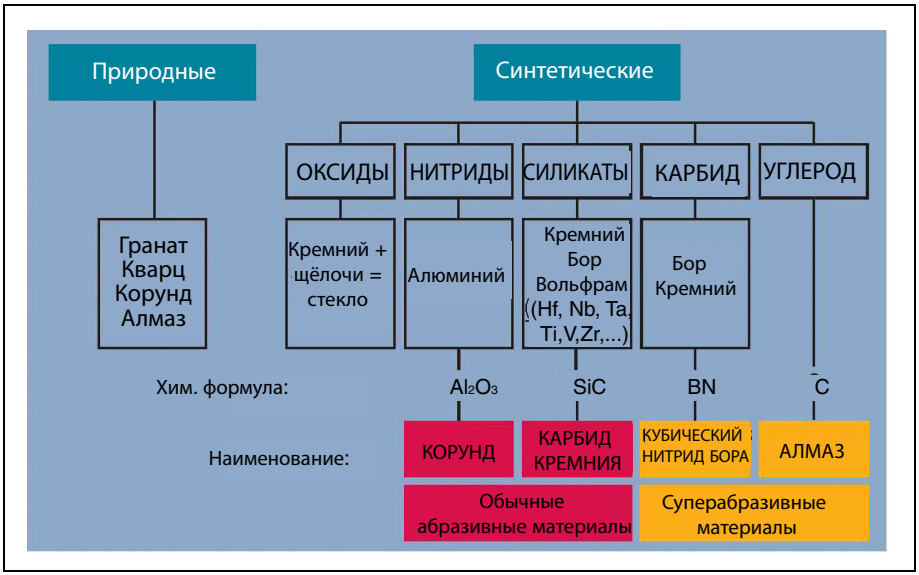


Рис. 11.7 Классификация абразивных материалов

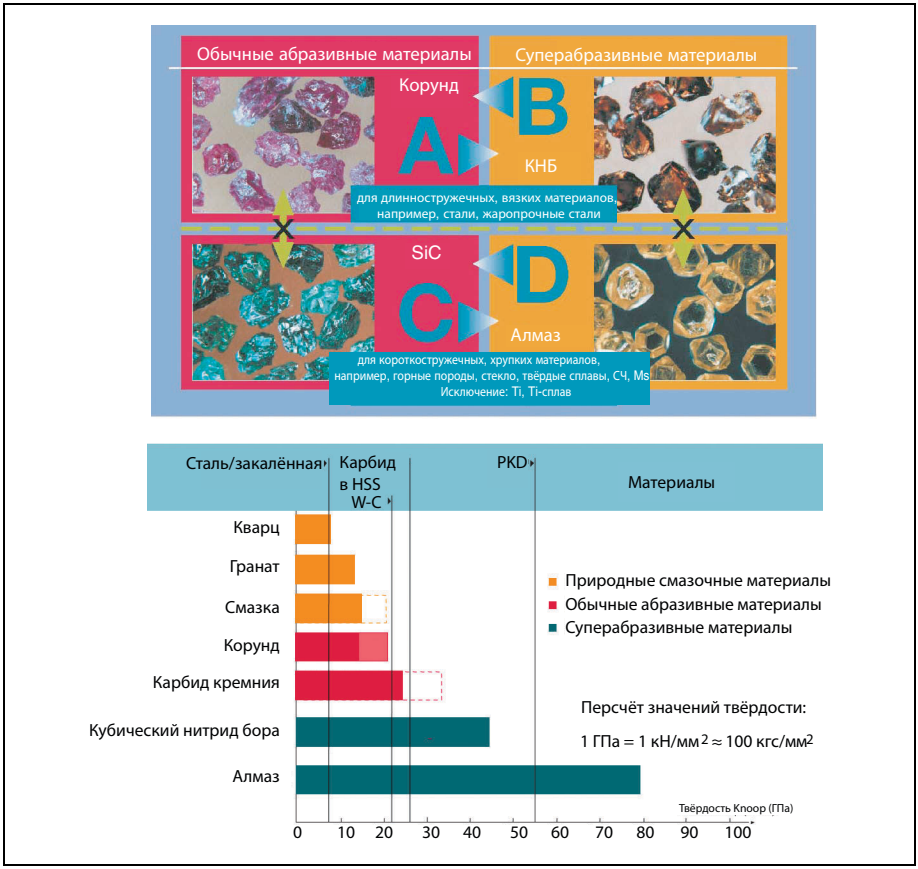


Рис. 11.8 Виды абразивных материалов

В зависимости от характера работ к различным абразивным материалам иногда предъявляются очень высокие требования с точки зрения их твёрдости (не следует путать с твёрдостью абразивного инструмента), вязкости и характера осколков. Ниже приводится сопоставление данных свойств и требований:

- Высокая твёрдость → высокая износостойкость
- Острые кромки при скалывании → «холодное» резание высокого качества
- Термостойкость → отсутствие износа под действием слишком высоких температур
- Химическая устойчивость → нечувствительность к внешним воздействиям
- Прочность на сжатие → сопротивление ударным нагрузкам
- Хрупкость → хорошие свойства с точки зрения образования осколков

Различные абразивные материалы соответствуют данным требованиям в разной степени. В помещенной ниже таблице представлены основные характеристики некоторых абразивных материалов.

Абразивный материал	Свойства	Области применения
Обычные абразивные материалы		
Нормальный корунд (Al_2O_3)	Твёрдый, вязкий, прочный на сжатие, из всех корундов наименее склонен к образованию осколков, осколки неопределённой формы (зёрнами)	Высокая производительность резания (для обдирочных работ), зачистка, удаление заусенцев с незакалённых и низколегированных сталей, стального литья и ковкого чугуна
Электрокорунд белый (Al_2O_3), чистота ок. 99,9 %	Твёрдый, хрупкий, острые осколки сложной формы	Для нелегированных, легированных и высоколегированных, мягких и закалённых (также нержавеющих) сталей, подходит для инструментальных и быстрорежущих сталей (HSS), а также для азотируемых сталей, стального литья, чугуна с шаровидным графитом и ковкого чугуна (в т. ч. для шлифования инструмента)
Электрокорунд розовый (Al_2O_3) содержит ок. 0,2 % оксида хрома	Очень твёрдый, хрупкий, с прочными кромками и вибростойкий, острые осколки	В целом по назначению соответствует белому электрокорунду, однако особенно хорошо подходит для высоколегированных сталей повышенной прочности, а также для материалов, плохо поддающихся резанию, напр., сплавов на никелевой основе
Электрокорунд рубиновый (Al_2O_3) содержит ок. 2 % оксида хрома	Очень твёрдый, с прочными кромками и вибростойкий, острые осколки	Для нержавеющих сталей (мягких или закалённых) повышенной прочности и/или пластичности
Спечённый корунд голубой (Al_2O_3)	Очень твёрдый, очень хорошо скалывается, не затупляется, при скалывании в зависимости от нагрузки образует острые осколки в виде кристаллической крошки разных размеров	Для низко- и высоколегированных сталей, малоуглеродистых и закалённых сталей (до 64 HRC), а также для цементируемых, инструментальных и быстрорежущих сталей (HSS), кроме того применяется для обработки материалов, плохо поддающихся резанию
Карбид кремния тёмный (SiC)	Очень твёрдый, вязкий, осколки неопределённой формы, прочный на сжатие, высокопроизводительный	Для материалов с низкой прочностью на растяжение, закалённое литьё из серого чугуна, ковкий чугун до отжига, латунь, бронза, алюминий, органические, минеральные и частично керамические материалы
Карбид кремния зелёный (SiC)	Менее вязкий, очень хорошие свойства с точки зрения образования осколков, высокопроизводительный	Для аустенитных сталей, коррозионностойких, кислотостойких и жаропрочных сталей, закалённых сталей до 64 HRC, закалённых азотируемых сталей, твёрдых сплавов, серого чугуна, керамических материалов, цветных металлов, алюминия и пластмасс
Суперабразивные материалы		
Кубический нитрид бора (CBN)	Очень твёрдый, очень стойкий, высокопроизводительный	Для материалов, плохо поддающихся резанию, от 54 HRC (высокая прочность, пластичность и/или твёрдость), быстрорежущих сталей (HSS)
Алмаз	Исключительно твёрдый, прочный на сжатие, хорошо скалывается, теплочувствительный	Для материалов повышенной твёрдости с низкой пластичностью (твёрдые сплавы, стекло, керамика и т. д.), не подходит для углеродистых материалов

Таблица 11.2 Свойства и области применения некоторых абразивных материалов

Поскольку к абразивному зерну предъявляются высокие требования как в отношении твёрдости, так и в отношении теплостойкости, при его выборе всегда следует принимать оптимальное решение.

2.1.2 Зернистость абразивного материала / размер зерна

Абразивные зерна характеризуются не только физическими свойствами, но и геометрическими особенностями, напр., размером и формой зерна. Размер зерна крупной фракции (зернистость до 220) выделяется путём просеивания (см. также *рис. 11.9*). Размер зерна мелкой фракции (мельче 220) выделяется путём оптической седиментации из суспензии.

Побочный эффект ситового просеивания состоит в том, что абразивные зерна присутствуют в фракциях с типичными распределениями свойств, которые зависят также от формы зерна. Для просеивания используются стандартные сита из проволочной сетки. Поскольку вследствие неоднородности формы зерна после просеивания имеет место статистическое распределение диаметров зерна, была предпринята классификация допусков. Размер зерна, как правило, указывается по стандарту FEPA (Европейская ассоциация производителей абразивных материалов) или непосредственно в американских мешах. Классификация производится следующим образом:

- Обычные абразивные материалы (корунд, карбид кремния) – по **шкале просеивания**
  Класс крупности соответствует числу ячеек на дюйм ситовой ткани при определённом диаметре проволоки (меш = число ячеек сита на дюйм). Таким образом, класс зернистости 30 выделяется из смеси фракций при помощи сита с 30 ячейками на дюйм, т. е. при шаге сита 0,85 мм. Зерно относится к мелкой фракции при большом числе ячеек и, следовательно, при большой числовой характеристике.
- Суперабразивные материалы (алмаз, кубический нитрид бора) – по **микрометрической шкале**
  Средний размер зерна указывается непосредственно в микрометрах соответственно размеру ячейки сита в свету. Числовая характеристика соотносится непосредственно с диаметром зерна. Степень размельчения зёрен снижается по мере увеличения размера зерна.

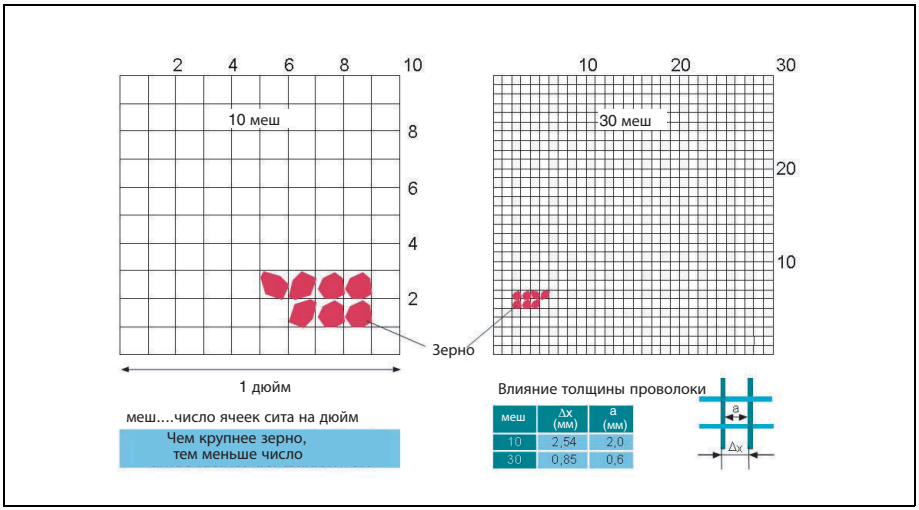


Рис. 11.9 Выделение размера зерна путём просеивания

Чистота обработки поверхности, точность геометрической формы и производительность резания являются основными критериями, по которым выбирается и определяется размер зерна.

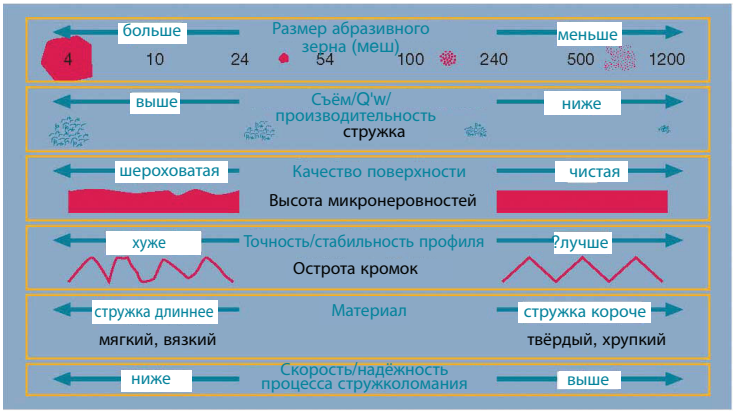


Рис. 11.10 Критерии выбора размера зерна

2.2 Связки

Назначение связки состоит в том, чтобы удерживать **абразивное зерно** в шлифовальном инструменте на правильном расстоянии до тех пор, **пока оно не затупится в процессе шлифования**. Затем зерно должно либо дать трещину и, тем самым, образовать новые режущие кромки, либо выкрошиться и освободить новые, острые кромки (**самозатачивание**).

Связки должны иметь такой состав, чтобы СОЖ не оказывали на них отрицательного влияния. Кроме того, конкретный вид связки должен без потерь выдерживать температуры в зоне контакта, имеющие место в процессе шлифования, т. е. не должен изменяться.

Связка оказывает соответствующее влияние на количество снимаемого материала, стойкость, точность геометрической формы, стабильность формы, режим правки и безопасность обработки. При этом важное значение имеют:

- внутренняя структура связки (определяет жёсткость, прочность, демпфирующие свойства)
- формирование пограничного слоя связки (прочность соединения)
- технологические свойства связки (реакция с зерном, текучесть, обжиг)

2.2.1 Виды связок

Существуют следующие основные виды связок:

- Органические: синтетическая смола, резина, клей
- Неорганические: керамические, металлические, минеральные

Рис. 11.11 Классификация связок

Чаще всего используются керамические, бакелитовые (на основе синтетических смол) и металлические связки, причем отдельные связки имеют буквенные обозначения.

Вид связки / обозначение		Преимущества	Недостатки	Назначение
Керамическая связка	V	Высокая стабильность формы, хорошо поддается правке, возможность получения высокопористых структур, холодное шлифование	Пористость и поэтому высокая чувствитель-ность к ударным нагрузкам, низкая теплопроводность	Чаще всего использу-ется для прециз. шлифо-вального инструмента из корунда и SiC
Бакелитовая связка (фенольная связка)	B	Высокая вязкость и ударная прочность, хорошее демпфирование, высокое качество поверхности деталей, возможность включения добавок с активными шлифующими свойствами	Низкая стабильность формы	При сильных механических нагрузках и высоких требованиях к чистоте поверхности Чаще всего исполь-зуется для алмазного шлифовального инструмента и CBN
Металлическая связка (металло-керамическая, гальваническая связка)	M G	Высокая износостойкость Для самых высоких скоростей обработки Высокая стабильность формы	Трудно восстанавли-вается форма, высокая температура шлифования, слабое демпфирование	Правящий инструмент Прециз. алмазный и CBN шлифовальный инструмент для хрупких материалов

Таблица 11.3 Связки шлифовальных кругов

2.2.2 *Твёрдость шлифовальных кругов*

Понятие твёрдости шлифовального круга относится не к абразивному зерну, а к реакции соответствующей связки на внешние нагрузки. Таким образом, **твёрдость шлифовального круга** означает стойкость к отделению зёрен абразивного материала от шлифовального круга, которая зависит от адгезии связки к зерну и от прочности перемычек из связки. Поэтому твёрдость определяется непосредственно структурой шлифовального круга, т. е. объёмным соотношением зерна, связки и объёма пор, а также их распределением. Она выбирается с учётом технологии обработки и подлежит спецификации по ISO. При этом буквенные обозначения от A до Z характеризуют степень твёрдости.

Обозначение	Степень твёрдости
A B C	исключительно мягкий
D E F G	очень мягкий
H J K	мягкий
L M N O	средней твёрдости
P Q R S	твёрдый
T U V W	очень твёрдый
X Y Z	исключительно твёрдый

Таблица 11.3
Классификация степеней твёрдости

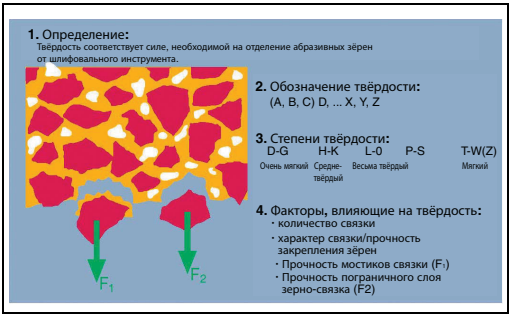


Рис. 11.12 Твёрдость шлифовального круга

Степень твёрдости связки	Тепловое воздействие	Шероховатость	Давление сжатия	Производительность съёма	Стойкость
мягкая	ниже	выше	ниже	выше	ниже
твёрдая	выше	ниже	выше	ниже	выше

Таблица 11.4 Действие различных степеней твёрдости связки

Рассмотренная выше твёрдость называется также статической твёрдостью. Под действием сил, возникающих при шлифовании, происходит выкрашивание зёрен из связки. Чем больше эти силы, тем легче выкрашиваются зерна, в результате чего действие шлифовального круга становится более мягким. **Эффективная твёрдость**, напротив, означает твёрдость шлифовального круга в процессе собственно шлифования. Она увеличивается в результате повышения скорости резания, увеличения диаметра круга или в результате снижения скорости детали, рабочего врезания или износа.

2.3 Пористость / структура

Взаимодействием компонентов (абразивное зерно, связка и поры) определяется структура шлифовального круга.

Структура зависит от рецептуры и условий производства. Наиболее значительные изменения структуры возможны в результате изменения давления прессования, более интенсивного уплотнения или использования дополнительных порообразователей. В первую очередь для производительного глубокого и сплошного резания шлифованием требуются пористые шлифовальные круги, способные захватывать производимую стружку в канавки и подводить СОЖ непосредственно в зону контакта.

Каждый шлифовальный круг обладает естественной пористостью (структурные показатели 1–9). Пористость, повышенная искусственным путём, выражается структурными показателями 11–19. Процентная доля пор показывает, насколько плотной является структура. Высокий структурный показатель обозначает открытую, пористую структуру с большой долей пор.

Поры шлифовального круга влияют:

- На твёрдость связки
  По мере увеличения доли связки снижается объёмная доля пор в шлифовальном круге. Таким образом, при постоянном объёме зерна увеличивается твёрдость связки.
- На размер стружечных канавок
  В процессе шлифования поры служат пространством для образовавшейся стружки.
- На подвод СОЖ
  Через поры осуществляется подвод СОЖ в зону контакта.

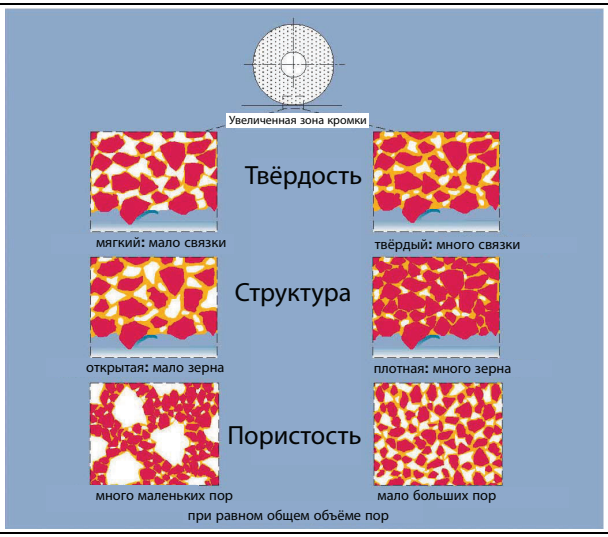


Рис. 11.13 Структура шлифовального круга

3 Форма и спецификация шлифовальных кругов

3.1 Форма и обозначение обычных шлифовальных кругов

В основном классификация шлифовального инструмента производится по его основной форме (стандартизация по DIN 69111 – обозначение цифрами), типу (профиль шлифовального круга – буквенное обозначение), а также по типу крепления шлифовального круга (напр., цилиндрическое отверстие, фланец, шлифовальные сегменты, которые крепятся к опорному диску зажимами или приклеиваются). Ниже приводятся примеры формы шлифовальных кругов обычного шлифовального инструмента (корунд и карбид кремния).

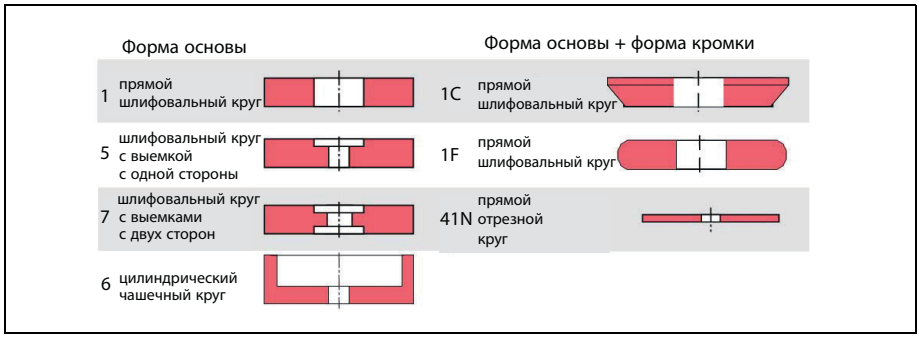


Рис. 11.14 Основные формы обычных шлифовальных кругов

Обозначение шлифовальных кругов из связанного зерна осуществляется по стандарту DIN 69100. Ниже приводится пример обозначения обычного шлифовального круга.

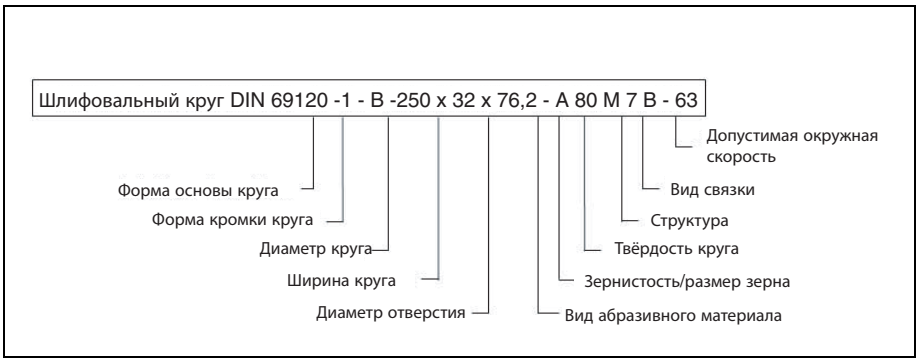


Рис. 11.15 Обозначение обычных шлифовальных кругов (пример)

3.2 Основа и абразивные накладки алмазного инструмента и инструмента из кубического нитрида бора

Для алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора действительны обозначения и формы обычных шлифовальных кругов, однако для шлифовальных кругов с суперабразивными материалами указываются также форма и расположение абразивных накладок. На *рис. 11.16* на примере показаны основные формы.

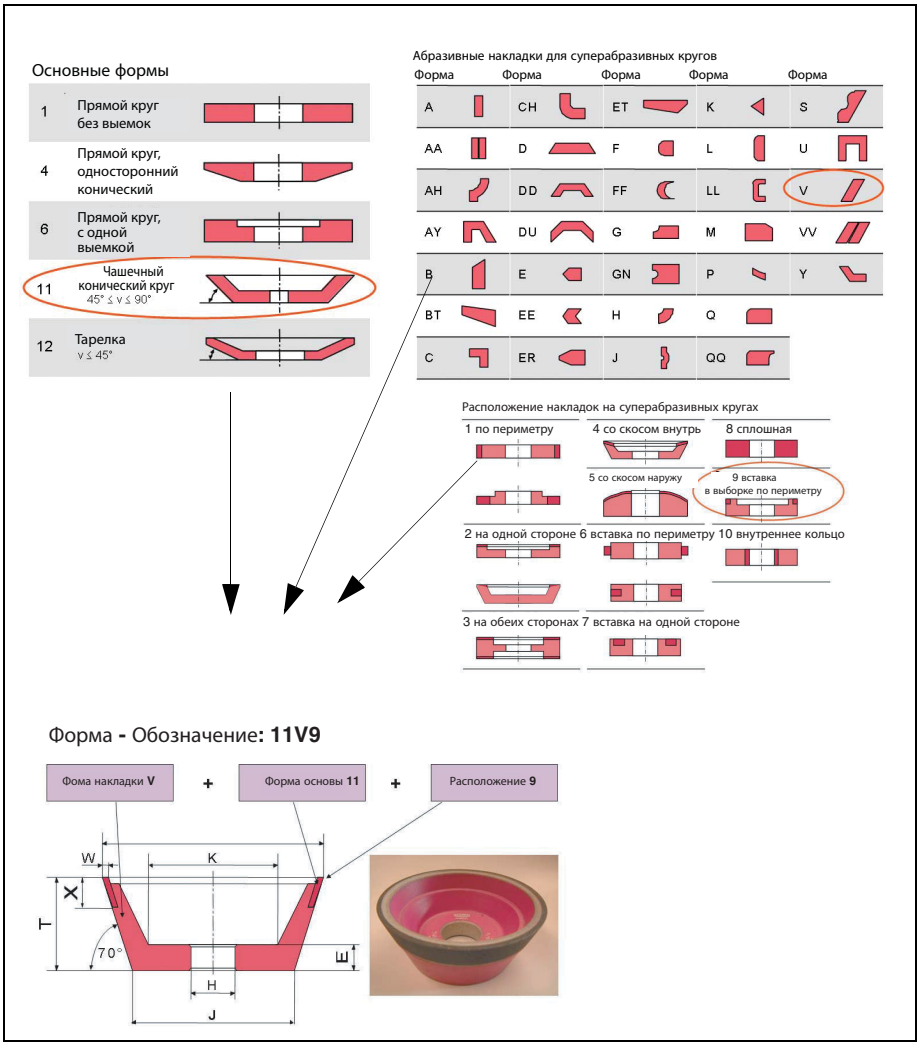


Рис. 11.16 Конструкция алмазных шлифовальных кругов и кругов из CBN (пример)

4 Переменные и характеристические величины при шлифовании

4.1 Переменные величины

Ниже приводятся переменные величины, т. е. параметры, регулируемые на станке.

- **Скорость резания v_c**

  Скорость резания шлифовального круга равна скорости точки (режущая кромка зерна) рабочей поверхности шлифования (контактная поверхность инструмент – деталь). При периферийном шлифовании **плоскими кругами прямого профиля** (напр., форма 1 или 6, см. *рис. 11.14*), которое применяется при плоском, наружном и внутреннем круглом шлифовании, а также абразивном отрезании, **окружная скорость шлифовального круга** (рабочая скорость) **соответствует скорости резания**.

$$v_c = \frac{d_s \cdot \pi \cdot n_s}{1000 \cdot 60}$$

v_c Скорость резания [м/с]
d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.1)
n_s Частота вращения шлифовального круга [об/мин] (частота вращения шлифовального шпинделя)

Скорость резания является важнейшей переменной величиной, влияющей на динамические рабочие характеристики круга. Динамическая **эффективная твёрдость** круга увеличивается **при повышении скорости резания** и **уменьшается при снижении скорости резания**.

Влияние скорости резания:

	v_c повышается	**v_c снижается**
Высота микронеровностей профиля детали	меньше	больше
Сила резания при шлифовании	ниже	выше
Износ круга	меньше	больше
Стабильность профиля	выше	ниже
Выделение тепла	больше	меньше

Таблица 11.5 Влияние скорости резания при шлифовании

- **Скорость детали v_w**

  Круглое шлифование:

$$v_w = \frac{d_w \cdot \pi \cdot n_w}{1000}$$

v_w Скорость детали [м/мин]
d_w Диаметр детали [мм] (уравн. 11.2)
n_w Частота вращения детали [об/мин]

  Плоское (торцовое) шлифование:

$$v_w = \frac{v_T}{1000}$$

v_w Скорость детали [м/мин] (уравн. 11.3)
v_T Скорость подачи стола [мм/мин]

Влияние скорости детали:

	v_w повышается	v_w снижается
Высота микронеровностей профиля детали	больше	меньше
Сила резания при шлифовании	выше	ниже
Износ круга	больше	меньше
Стабильность профиля	ниже	выше
Выделение тепла	меньше	больше

Таблица 11.6 Влияние скорости детали при шлифовании

- **Подача f и скорость подачи v_f**
  Круглое шлифование – врезное шлифование:
  Скорость радиальной подачи v_{fr}:

$$v_{fr} = f_r \cdot n_w$$

v_{fr} Скорость радиальной подачи [мм/мин]
f_r Радиальная подача на оборот детали [мм/об]
n_w Частота вращения детали [об/мин] (уравн. 11.4)

  Круглое шлифование – продольное шлифование / плоское (торцовое) шлифование:
  Скорость осевой подачи v_{fa}:

$$v_{fa} = f_a \cdot n_w$$

v_{fa} Скорость осевой подачи [мм/мин]
f_a Осевая подача на оборот детали [мм/об]
n_w Частота вращения детали [об/мин] (уравн. 11.5)

- **Рабочее врезание (подача) a_e**

Влияние рабочего врезания (подачи):

	a_e повышается	a_e снижается
Высота микронеровностей профиля детали	больше	меньше
Сила резания при шлифовании	выше	ниже
Износ круга	больше	меньше
Стабильность профиля	ниже	выше
Выделение тепла	больше	меньше

Таблица 11.7 Влияние подачи при шлифовании

4.2 Характеристические величины при шлифовании

Характеристические величины служат для характеристики и анализа процессов шлифования. Для сравнения множества различных способов шлифования, снижения факторов влияния и обобщения результатов вводятся характеристические величины шлифования.

- **Соотношение скоростей q_s**

$$q_s = \frac{v_c \cdot 60}{v_w}$$

q_s Соотношение скоростей (уравн. 11.6)
v_c Скорость резания [м/с]
v_w Скорость детали [м/мин]

Соотношение скоростей обычно составляет от 60 до 120. Диапазона между 120 и 1000 надлежит, по возможности, избегать вследствие опасности повреждения краевых зон детали в результате теплового воздействия.

В качестве ориентировочных значений могут быть приняты:

– Черновое шлифование: q_s = от 60 до 80
– Чистовое шлифование: q_s = от 80 до 120
– Сплошное резание шлифованием: q_s > 1000

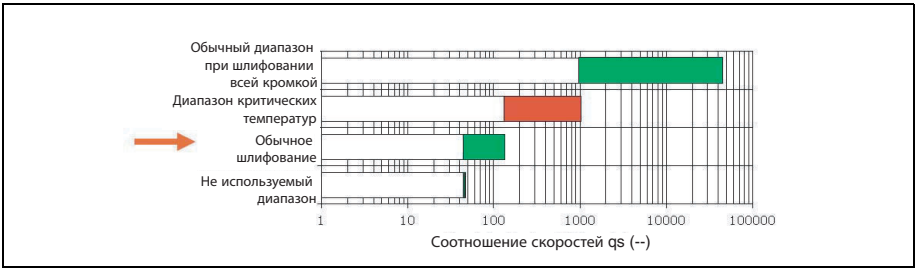


Рис. 11.17 Ориентировочные значения для соотношения скоростей

- **Количество материала, снимаемого при резании, V_w и относительное количество материала, снимаемого при резании, V_w'**

  Количество материала, снимаемого при резании, описывает объём снятого материала детали при обработке шлифованием.

  Наружное круглое шлифование:

$$V_w = (d_{w1}^2 - d_{w2}^2)\frac{\pi}{4} \cdot l_w$$

  V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм^3] (уравн. 11.7)
  d_{w1} Начальный Диаметр детали [мм]
  d_{w2} Конечный Диаметр детали [мм]
  l_w Длина обработанного участка детали [мм]

  Для небольшого припуска может быть принята упрощенная формула:

$$V_w = (d_w - z_w) \cdot \pi \cdot z_w \cdot l_w$$

  V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм^3] (уравн. 11.8)
  d_w Диаметр детали [мм]
  z_w Припуск на шлифование [мм]
  l_w Длина обработанного участка детали [мм]

  Плоское продольное шлифование:

$$V_w = b_w \cdot z_w \cdot l_w$$

  V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм^3] (уравн. 11.9)
  b_w Ширина детали [мм]
  z_w Припуск на шлифование [мм]
  l_w Длина обработанного участка детали [мм]

  Плоское поперечное шлифование:

$$V_w = b_s \cdot z_w \cdot l_w$$

  V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм^3] (уравн. 11.10)
  b_s Ширина шлифовального круга [мм]
  z_w Припуск на шлифование [мм]
  l_w Длина обработанного участка детали [мм]

Относительное количество материала, снимаемого при резании, V_w'

Для получения независимой от технологии характеристической величины количество материала, снимаемого при резании, часто приводится также к 1 мм ширины резания шлифовального круга b_k.

$$V_w' = \frac{V_w}{b_k}$$

V_w' Относительное количество материала, снимаемого при резании [мм³/мм] (уравн. 11.11)
V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³]
b_k Контактная ширина шлифовального круга [мм]

- **Объёмная производительность резания Q_w и относительная объёмная производительность резания Q_w'**

Объёмная производительность резания показывает объём обработки детали за единицу времени и используется для сравнения производительности отдельных способов шлифования. Упрощённая формула:

$$Q_w = \frac{V_w}{t}$$

Q_w Объёмная производительность резания [мм³/с] (уравн. 11.12)
V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³]
t Единица времени [с]

$$Q_w = a_e \cdot a_p \cdot v_{ft}$$

Q_w Объёмная производительность резания [мм³/с] (уравн. 11.13)
a_e Рабочее врезание (подача) [мм]
a_p Ширина резания шлифовального круга [мм]
v_{ft} Тангенциальная скорость подачи [мм/с]

Относительная объёмная производительность резания Q_w'

Если объёмная производительность резания приводится к контактной ширине шлифовального круга b_k, составляющей 1 мм, получается относительная объёмная производительность резания Q_w'. Данная величина является важнейшей характеристической величиной шлифования, поскольку она косвенно учитывает все важные для процесса факторы.

$$Q_w' = \frac{Q_w}{b_k}$$

Q_w' Относительная объёмная производительность резания [мм³/ммс]
Q_w Объёмная производительность резания [мм³/с]
b_k Контактная ширина шлифовального круга [мм] (уравн. 11.14)

- **Коэффициент шлифования G**

Расчёт коэффициента G может быть также произведен путём деления количества снятого материала детали на объём износа круга между двумя операциями восстановления режущей способности (правки). Это чисто относительный коэффициент, величина которого при обычных шлифовальных работах с использованием традиционных абразивных материалов может колебаться в пределах от 3 до 30. При использовании кубического нитрида бора могут быть получены значения от более 1200 прим. до 12 000 (в зависимости от вида работ и/или требований к производительности).

$$G = \frac{V_w}{V_S}$$

V_W Объём снятого материала [мм³] (см. уравн.11.7 – уравн. 11.10) (уравн. 11.15)
V_S Объём износа круга [мм³]

В результате нагрузок в процессе шлифования происходит износ шлифовального круга (см. также *раздел 6* данной главы). Объём износа шлифовального круга V_s рассчитывается следующим образом:

$$V_S = V_{sr} + V_{sk}$$

V_s Объём снятого материала [мм^3] (уравн. 11.16)
V_{sr} Объём радиального износа [мм^3]
V_{sk} Объём износа кромок [мм^3]

При этом согласно *рис. 11.18:*

$$V_{sr} = \pi \cdot d_S \cdot A_{sr}$$
$$V_{sr} = \pi \cdot d_S \cdot A_{sk}$$

d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.17)
A_{sr} Площадь радиального износа [мм^2]
A_{sk} Площадь износа кромок [мм^2]

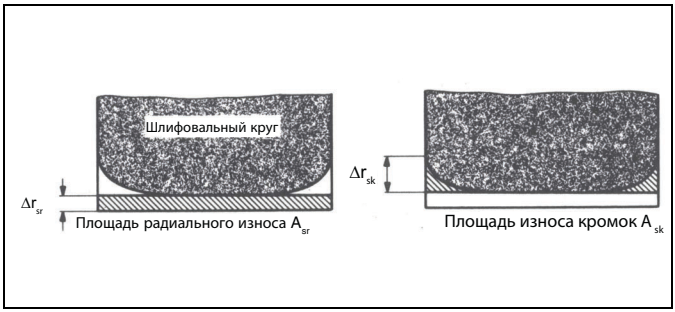


Рис. 11.18
Износ шлифовального круга

- **Эквивалентный диаметр шлифовального круга D_{se} и геометрическая контактная длина l_g**

Для соотнесения условий врезания при шлифовании различными способами с очень хорошо изученным торцовым шлифованием из диаметра детали d_w и диаметра шлифовального круга d_s выводится эквивалентный диаметр шлифовального круга D_{se}.

$$D_{se} = \frac{d_w \cdot d_s}{d_w \pm d_s}$$

D_{se} Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм]
\+ Для наружного круглого шлифования
\- Для внутреннего круглого шлифования (уравн. 11.18)
d_w Диаметр детали [мм]
d_s Диаметр шлифовального круга [мм]

По определению для плоского шлифования при ровной поверхности детали и, следовательно, $d_w = \infty$ действительно следующее:

$$D_{se} = d_s$$

(уравн. 11.19)

Траектория режущей кромки при плоском или круглом шлифовании периферией круга соответствует контактной длине l_g (длина кривой врезания). Геометрическая контактная длина при идеально гладкой поверхности детали (R_z=0 мкм) определяется по следующей формуле:

$$l_g = \sqrt{a_e \cdot D_{se}}$$

l_g Геометрическая контактная длина [мм] (уравн. 11.20)
D_{se} Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм]
a_e Рабочее врезание (подача) [мм]

Если учесть, что поверхность детали не является идеально гладкой, деталь и шлифовальный круг в процессе снятия стружки испытывают упругую деформацию и в результате этого изменяется контактная длина, действительно следующее уравнение:

$$l_g = \sqrt{(R_z + a_e) \cdot D_{se}}$$

l_g Геометрическая контактная длина [мм] (уравн. 11.21)
D_{se} Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм]
a_e Рабочее врезание (подача) [мм]
R_z Усреднённая высота микронеровностей [мм]

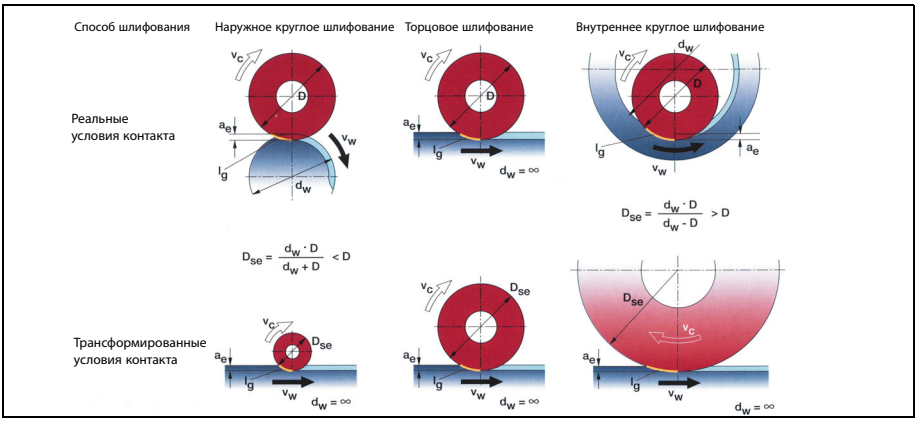


Рис. 11.19 Условия контакта при различных способах шлифования и преобразование реальных условий контакта при помощи эквивалентного диаметра шлифовального круга

5 Силы и потребляемая мощность при шлифовании

При резании геометрически неопределённой режущей кромкой при **расчёте касательной составляющей силы резания** возникает проблема, которая состоит в том, что, во-первых, геометрия режущей кромки (особенно углы) не определена и, во-вторых, число находящихся в зацеплении режущих кромок (зерен) может быть оценено **только приблизительно**. Кроме того, подлежащее срезанию поперечное сечение или толщина срезаемого слоя очень малы. Однако при этом значение удельной силы резания k_c также находится за пределами линейных закономерностей (см. *главу «Теоретические основы», раздел 1.4*).

Следовательно, необходимо найти отношение для расчётов при шлифовании, чтобы определить соответствующий поправочный коэффициент для геометрически неопределённых режущих кромок (с преимущественно большими отрицательными передними углами к абразивному зерну) и, аналогично фрезерованию, эффективное число зубьев. Благодаря этому принятое отношение сил резания по KIENZLE можно будет применить также к шлифованию, в том числе зависящие от свойств обрабатываемого материала основные показатели удельной силы резания $k_{c1.1}$ и показатели степени касательной m (см. *главу «Материалы», раздел 1*).

Средняя толщина срезаемого слоя h_m рассчитывается следующим образом

- Для **круглого шлифования** (изогнутые поверхности детали)

$$h_m = \frac{\lambda_{ke}}{q_s} \cdot \sqrt{a_e \cdot \left(\frac{1}{d_s} \pm \frac{1}{d_w}\right)}$$

h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
\+ Для наружного шлифования
\- Для внутреннего шлифования
a_e Рабочее врезание [мм]
d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.22)
d_w Диаметр детали [мм]
q_s Соотношение скоростей (см. *уравн. 11.6*)
λ_{ke} Эффективное расстояние между зёрнами [мм] (см. *таблицу 11.8*)

- Для **плоского шлифования** (ровные поверхности детали)

$$h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}} = \frac{\lambda_{ke}}{q_s} \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}}$$

h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм] (уравн. 11.23)
f_z Подача на зуб [мм]
a_e Рабочее врезание [мм]
d_s Диаметр шлифовального круга [мм]
q_s Соотношение скоростей (см. *уравн. 11.6*)
λ_{ke} Эффективное расстояние между зёрнами [мм] (см. *таблицу 11.8*)

При этом подачу на режущую кромку f_z можно определить по эффективному расстоянию между зёрнами λ_{ke} (расстояние между 2 задействованными абразивными зёрнами) и по соотношению скоростей q_s. **Эффективное расстояние между зёрнами** λ_{ke} в зависимости от рабочего врезания a_e при круглом и плоском шлифовании определяется для различной зернистости по следующей таблице.

a_e [мм] / Зернистость	Получистовая обработка				Черновая обработка		
	0,003	0,004	0,005	0,006	0,01	0,02	0,03
60	39	38	37	36	33	23	15
80	47	46	45	44	40	31	24
100	54	53	52	51	48	38	30
120	60	59	58	57	53	44	37
150	64	63	62	61	56	48	40

Таблица 11.8 Эффективное расстояние между зёрнами l_{ke} при круглом и плоском шлифовании

Таким образом, при помощи *уравн. 11.24* можно рассчитать среднюю удельную силу резания k_{cm}.

$$k_{cm} = \frac{k_{c1.1}}{h_m^m} \cdot K_{Sch}$$

k_{cm} Средняя удельная сила резания [Н/мм^2] (уравн. 11.24)
$k_{c1.1}$ Основной показатель удельн. силы резания [Н/мм^2] (см. *главу «Материалы»*)
h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
m Увеличение удельной силы резания (в зависимости от обрабатываемого материала –см. *главу «Материалы»*)
K_{Sch} Поправочный коэффициент на размер зерна (см. *таблицу 11.9*)

Зернистость \ h_m [мм]	0,001	0,002	0,003	0,004
40	5,0	4,3	4,0	3,6
60	4,5	3,9	3,5	3,2
80	4,0	3,6	3,2	3,0
120	3,4	3,0	2,8	2,5
180	3,0	2,6	2,4	2,2
280	2,5	2,2	2,0	1,9

Таблица 11.9 Поправочный коэффициент K_{Sch} в зависимости от зернистости и средней толщины срезаемого слоя h_m

Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку F_{cmz} рассчитывается следующим образом:

$$F_{cmz} = b \cdot h_m \cdot k_{cm}$$

F_{cmz} Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н] (уравн. 11.25)
b Ширина срезаемого слоя = эффективная ширина шлифования a_p [мм]
h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
k_{cm} Средняя удельная сила резания [Н/мм^2]

Угол зацепления рассчитывается следующим образом:

- **Круглое шлифование**

$$\Delta\varphi \approx 2 \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D_{se}}}$$

$\Delta\varphi$ Угол зацепления [°] (уравн. 11.26)
a_e Рабочее врезание [мм]
D_{se} Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм] (см. *уравн. 11.18*)

- **Плоское или торцовое шлифование**

(геометрическое и кинематическое сходство с периферийным фрезерованием, см. *главу «Фрезерование»*)

$$\Delta\varphi \approx 2 \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}}$$

$\Delta\varphi$ Угол зацепления [°] (уравн. 11.27)
a_e Рабочее врезание [мм]
d_s Диаметр шлифовального круга [мм]

Для определения равнодействующей силы резания необходимо произвести расчёт **числа находящихся в зацеплении режущих кромок z_{iE}**, которое можно определить приблизительно.

$$z_{iE} = \frac{d_s \cdot \pi \cdot \Delta\varphi}{\lambda_{ke} \cdot 360°}$$

z_{iE} Число режущих кромок в зацеплении
d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.28)
Δf Угол зацепления [°]
λ_{ke} Эффективное расстояние между зёрнами [мм] (см. *таблицу 11.8*)

Таким образом, среднюю равнодействующую силу резания F_{cm} можно определить по следующей формуле:

$$F_{cm} = F_{cmz} \cdot z_{iE}$$

F_{cm} Средняя равнодействующая сила резания [Н] (уравн. 11.29)
F_{cmz} Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н]
z_{iE} Число режущих кромок в зацеплении

Составляющими силы резания при шлифовании являются касательная сила F_t (соответствует силе резания F_{cm}), нормальная сила F_n и сила подачи F_f. Касательная

сила F_t действует относительно детали по касательной к поверхности круга в направлении главного движения резания и определяет необходимую в процессе шлифования производительность шлифования. Нормальная сила F_n действует перпендикулярно обрабатываемой поверхности и определяет деформацию станка, детали и инструмента. Сила подачи F_f (или активная сила F_a) действует в направлении подачи и является относительно небольшой. Зависимость между нормальной и касательной силами описывается **через соотношение сил (коэффициент шлифования)** μ_c. Соотношение зависит от условий контакта шлифовального круга и обрабатываемого материала, а также от режима смазки и охлаждения. В общем действительно соотношение сил между $\mu_c = 2…3$.

$$\mu_c = \frac{F_n}{F_t}$$

μ_c Соотношение сил (уравн. 11.30)
F_n Нормальная сила [Н]
F_t Касательная сила [Н]

Расходуемая мощность на резание P_c прямо пропорциональна силе резания F_{cm} или касательной силе F_t.

$$P_c = \frac{F_{cm} \cdot v_c}{1000} \cdot \frac{F_t \cdot v_c}{1000}$$

P_c Мощность резания [кВт] (уравн. 11.31)
F_{cm} Средняя сила резания [Н]
v_c Скорость резания [м/с]

С учётом кпд **мощность привода P_a** определяется следующим образом:

$$P_a = \frac{P_c}{\eta}$$

P_a Мощность привода [кВт] (уравн. 11.32)
P_c Расходуемая мощность на резание [кВт]
η кпд

6 Определение основного машинного времени при шлифовании

6.1 Наружное и внутреннее круглое шлифование

6.1.1 Продольное шлифование

В данном случае имеют место такие же условия, как при токарной обработке (см. *главу «Токарная обработка»*). В общем действительно следующее:

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n_w}$$

t_h Основное машинное время [мин] (уравн. 11.33)
i Число проходов
f Подача на оборот детали [мм/об]
n_w Частота вращения детали [об/мин]

Для перемещения при обработке L действительно следующее:

$$L = l - \frac{1}{3} \cdot B$$

L Перемещение шлифовального круга в продольном направлении [мм]
l Длина детали [мм] (уравн. 11.34)
B Ширина шлифовального круга [мм]

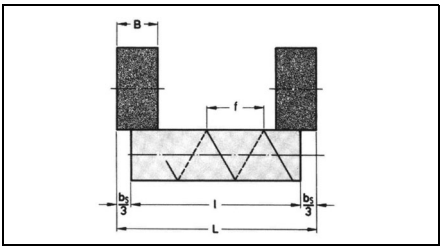


Рис. 11.20 Наружное круглое шлифование с продольной подачей

Число проходов получаем из разницы диаметров детали до и после шлифования.

$$i = \frac{\Delta d_w}{2 \cdot a_e} + 8$$

(уравн. 11.35)

- i Число проходов
- Δd_w Разница диаметров детали [мм]
- a_e Подача на проход [мм]
- 8 Число двойных ходов для выхаживания

Для Δd_w действительно абсолютное значение, без учёта знака, который при внутреннем шлифовании является отрицательным.

$$\Delta d_w = |d_{wv} - d_{wn}|$$

(уравн. 11.36)

- Δd_w Разница диаметров детали [мм]
- d_{wv} Диаметр детали перед шлифованием [мм]
- d_{wn} Диаметр детали после шлифования [мм]

6.1.2 Врезное шлифование

$$t_h = \frac{L}{v_f} = \frac{\Delta d_w}{2 \cdot a_e \cdot n_w}$$

(уравн. 11.37)

- t_h Основное машинное время [мин]
- Δd_w Разница диаметров детали [мм]
- a_e Подача на проход [мм]
- n_w Частота вращения детали [об/мин]
- v_f Скорость подачи [мм/мин]

6.2 Плоское или торцовое шлифование

6.2.1 Шлифование периферией круга

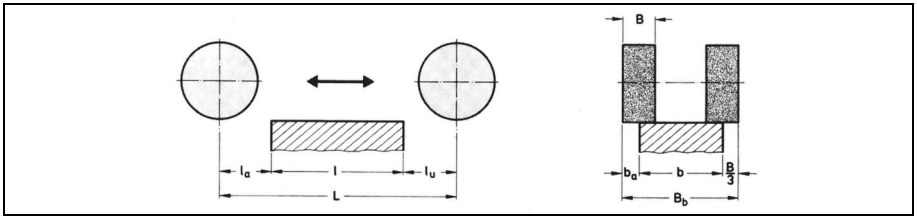


Рис. 11.21 Плоское шлифование – шлифование периферией круга

$$t_h = \frac{B_b \cdot i}{f \cdot n}$$

(уравн. 11.38)

- t_h Основное машинное время [мин]
- B_b Перемещение шлифовального круга в поперечном направлении [мм]
- i Число проходов с выхаживанием
- f Подача на двойной ход [мм/DH]
- n Число двойных ходов в минуту [DH/мин]

Действительно:

$$B_b = \frac{2}{3} \cdot B + b$$

B_b Перемещение шлифовального круга в поперечном направлении [мм]
B Ширина шлифовального круга [мм] (уравн. 11.39)
b Ширина детали [мм]

$$b_a = \frac{1}{3} \cdot B$$

b_a Перебег шлифовального круга [мм] (уравн. 11.40)

$$n = \frac{v_w}{2 \cdot L}$$

n Число двойных ходов в минуту [DH/мин]
v_w Скорость детали [мм/мин] (уравн. 11.41)
L Перемещение шлифовального круга в продольном направлении [мм]

$$i = \frac{z_h}{a_e} + 8$$

i Число проходов (уравн. 11.42)
z_h Припуск на обработку [мм]
a_e Подача на двойной ход (врезание) [мм]
8 Число двойных ходов для выхаживания

$$L = l_a + l + l_u$$

L Перемещение шлифовального круга в продольном направлении [мм]
l_a Врезание [мм] (уравн. 11.43)

$$l_a = l_u \approx 0,4 \cdot l$$

l_u Длина перебега [мм]
l Длина детали [мм]

6.2.2 *Шлифование торцом круга*

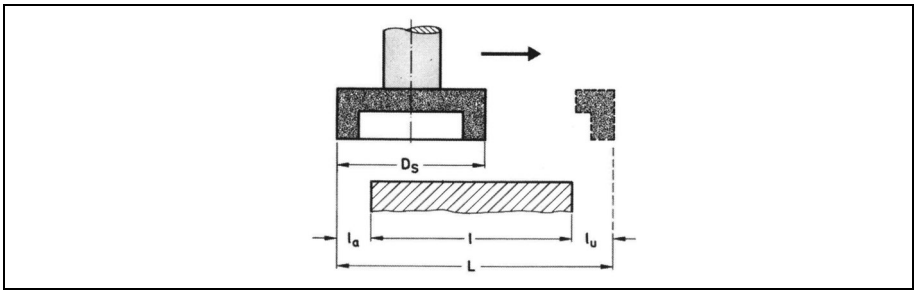


Рис. 11.22 Плоское шлифование – шлифование торцом круга

Так как при шлифовании торцом круга диаметр шлифовального круга D_S, как правило, равен ширине детали или немного больше нее, в данном случае нет перемещения в поперечном направлении. Таким образом, для основного машинного времени действительно следующее:

$$t_h = \frac{i}{n}$$

t_h Основное машинное время [мин] (уравн. 11.44)
i Число проходов
n Число двойных ходов в минуту [DH/мин]

7 Износ шлифовальных кругов

В процессе износа шлифовального круга имеет место износ зерна и связки. Об износе круга говорят в том случае, когда потеря зерна происходит в макродиапазоне. При потере зерна в микродиапазоне говорят о самозатачивании. Износ зерна может быть следующих видов:

- **Сжатие – размягчение**

  Данный феномен характерен для корунда, прочность которого уже при 1200 °C снижается в шесть раз по сравнению с его прочностью на сжатие при комнатной температуре. Вследствие сопротивления размягчению при нагреве под давлением появляются большие силы трения и скругленные режущие кромки, что приводит к дополнительному повышению температур образования стружки. Может возникнуть неустойчивое состояние, вызывающее повреждение шлифовального круга. Объёмный и радиальный износ являются незначительными.

- **Абразивный износ**

  Вследствие трения между зерном и обрабатываемым материалом происходит механическое истирание. Зерно непрерывно изнашивается и образует нежелательные, скругленные режущие кромки. Объёмный и радиальный износ являются незначительными.

- **Дробление (образование сколов на зерне)**

  В результате теплового воздействия и последующего резкого охлаждения, а также вследствие механических нагрузок при достаточной способности абразивного зерна к скалыванию части зёрен откалываются и образуют, тем самым, новые режущие кромки. Данный вид износа является благоприятным, даже если объёмный и радиальный износ больше по сравнению со сжатием – размягчением и абразивным износом. Однако при этом износ достаточно слабый, поэтому могут образовываться острые режущие кромки.

- **Выкрашивание зёрен**

  Зерна целиком выкрашиваются из связки, так как удерживающие силы связки являются недостаточными (связка слишком мягкая). Происходит интенсивный объёмный и радиальный износ. Однако режущая способность шлифовального круга сохраняется.

Износ шлифовального круга в численном выражении описывается через **объёмный износ V_S** или **радиальный износ Δr_S**. Объёмный износ непосредственно определяет **коэффициент шлифования G** (см. *уравн. 11.15*) или коэффициент качества (grinding ratio).

Для шлифования точно по размеру и форме, как правило, более важным параметром является радиальный износ, т. е. локальный съём материала шлифовального круга после выполнения определённой операции или по истечении определённого времени использования. Средняя интенсивность радиального износа связана с коэффициентом шлифования G.

$$\frac{\Delta r_S}{\Delta t} = \frac{1}{G} \cdot \frac{a_e \cdot v_{ft}}{2\pi \cdot r_S}$$

$\Delta r_S/\Delta t$	Интенсивность радиального износа [м/мин] (уравн. 11.45)
G	Коэффициент шлифования
a_e	Рабочее врезание [мм]
v_{ft}	Тангенциальная скорость подачи [м/мин]
r_S	Радиус шлифовального круга [мм]

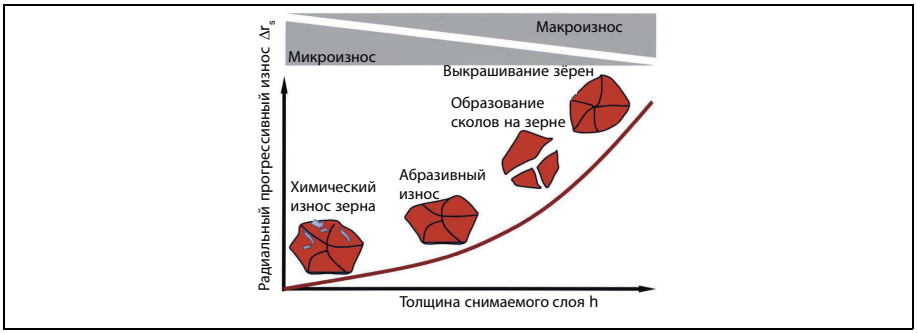


Рис. 11.23 Зависимость между толщиной срезаемого слоя и износом

8 Восстановление режущей способности шлифовального инструмента

8.1 Теоретические основы

Понятие «восстановление режущей способности» включает в себя различные процессы с целью подготовки шлифовального инструмента к работе *(рис. 11.24)*.

В целом различают правку и чистку шлифовальных кругов. **Профилирование**, в результате которого устраняются отклонения геометрии и инструменту придается нужная форма, и **заточка**, восстанавливающая собственно необходимую режущую способность, обозначаются вместе как **правка**. **Чистка** шлифовального круга производится для удаления остатков стружки, зёрен и связки из пор круга.

В зависимости от спецификации шлифовального круга заточка и профилирование могут выполняться как **отдельные операции** (алмазные шлифовальные круги и круги из кубического нитрида бора). Сначала необходимо добиться нужного профиля. Абразивные зерна после профилирования не выступают над связкой, т. е. поры отсутствуют. Шлифовальный круг в таком состоянии не готов к работе. Необходимо восстановить режущую способность шлифовального круга (выступ зерна) посредством заточки, т. е. снятия связки при помощи бруска.

Качество поверхности при шлифовании зависит не только от выбранного размера абразивного зерна. Оно определяется также способом шлифования и правки.

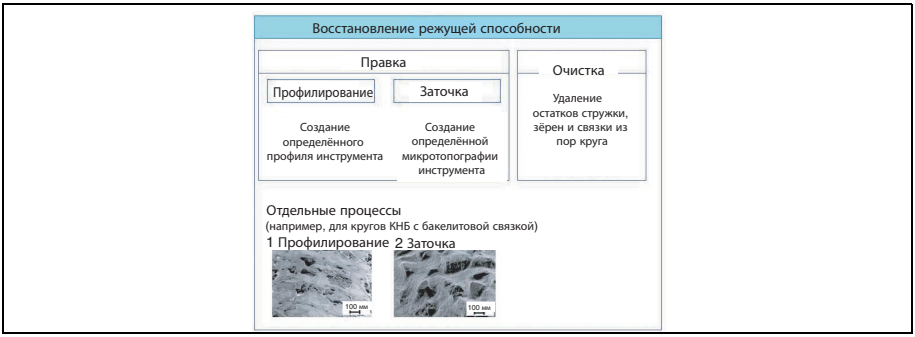


Рис. 11.24 Восстановление режущей способности шлифовальных кругов

Шлифовальные круги грубой заточки более производительные, однако при их использовании получается более шероховатая поверхность.

Правка шлифовальных кругов производится при помощи неподвижного и вращающегося правящего инструмента (см. *рис. 11.25*). К **неподвижным правящим инструментам** относятся однокристальные алмазы (необработанный алмаз в форме восьмигранника, закрепленный в стальной державке) и алмазно-металлические карандаши (характеризуются произвольным расположением алмазных осколков и позволяют благодаря большей рабочей ширине достигать более значительных величин подачи при правке, для правки прямолинейных поверхностей, предварительно результат правки нельзя определить точно, коэффициент перекрытия не определяется, благодаря более надёжной опоре/большой ширине резания хорошо подходит для правки кругов для внутреннего круглого шлифования). Процесс правки неподвижным правящим инструментом с точки зрения кинематики сопоставим с токарной обработкой. **Вращающийся правящий инструмент** дополнительно совершает вращательное движение. В качестве вращающегося алмазного инструмента для правки чаще всего используются **накатный ролик, профильный ролик** и **чашечный шлифовальный круг**.

Существенный недостаток неподвижного правящего инструмента, в особенности при правке шлифовальных кругов повышенной твёрдости, состоит в том, что с кругом контактирует лишь небольшое количество алмазов. Поэтому данный инструмент подвержен интенсивному износу, что приводит к отклонениям профиля шлифовального круга. В связи с этим для правки шлифовальных кругов повышенной твёрдости в основном используется вращающийся правящий инструмент.

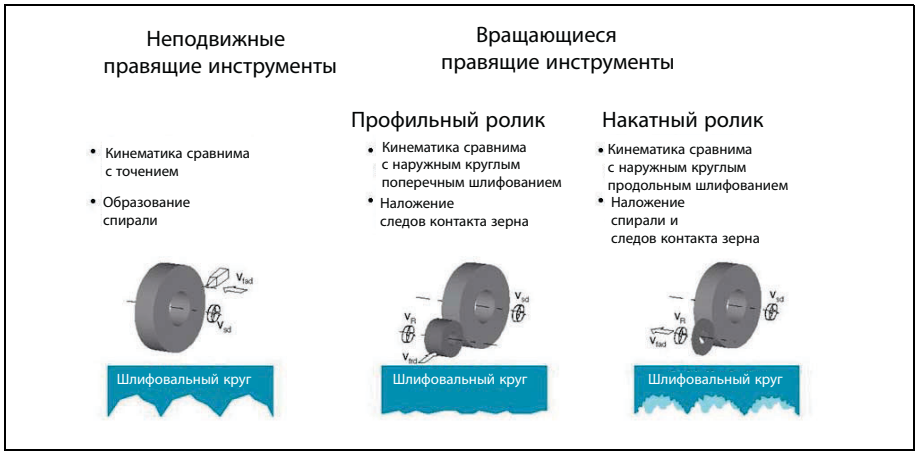


Рис. 11.25 Кинематика способов правки

8.2 Неподвижный правящий инструмент

8.2.1 Выбор и рекомендации по использованию неподвижного правящего инструмента

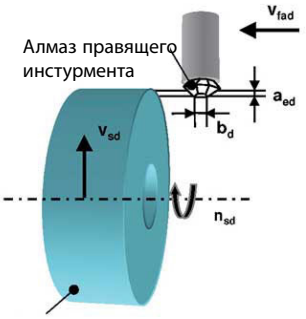
Выбор однокристальных правящих инструментов и алмазно-металлических карандашей осуществляется по следующим критериям:

Правящий инструмент	Профиль шлифовального круга	Способ шлифования / тип производства
Однокристальный правящий инструмент	Прямолинейный (цилиндрический, конический) Однопрофильный (выпуклые, вогнутые радиусы)	Наружное круглое, плоское, внутреннее круглое и бесцентровое шлифование Штучное и мелкосерийное производство
Алмазно-металлический карандаш	Прямолинейный (цилиндрический, конический)	Внутреннее круглое шлифование (плоское и наружное круглое шлифование условно) Штучное и мелкосерийное производство

Таблица 11.10 Рекомендации по использованию однокристальных правящих инструментов и алмазно-металлических карандашей

8.2.2 Переменные и характеристические величины при правке неподвижным инструментом

При правке стационарным инструментом поверхностный профиль шлифовального круга образуется за счёт осевой подачи контура круга. Одним из показателей взаимодействия правящего инструмента и вращающегося шлифовального круга является скорость правки v_{fad}. Между двумя ходами правящего инструмента осуществляется радиальная подача на величину a_{ed}.



b_d. Рабочая ширина алмаза [мм]

a_{ed}. Подача [мм]

v_{fad} Скорость аксиальной подачи при правке [мм]

v_{sd} Скорость шлифовального круга при правке [мм]

n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [мм]

Рис. 11.26 Условия врезания при правке неподвижным инструментом

Следующие зависимости действительны для **правки стационарным инструментом**:

- **Частота вращения шлифовального круга n_{sd} и окружная скорость шлифовального круга v_{fsd} при правке**

(уравн. 11.46)

$$v_{sd} = \frac{d_s \cdot \pi \cdot n_{sd}}{1000 \cdot 60}$$

$$n_{sd} = \frac{v_{sd} \cdot 60 \cdot 1000}{d_s \cdot \pi}$$

v_{sd} Скорость шлифовального круга при правке [м/с]
n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [об/мин]
d_s Диаметр шлифовального круга [мм]

По возможности окружная скорость при правке v_{sd} должна соответствовать скорости резания v_c при шлифовании (рабочей скорости). Это позволяет избежать динамического дисбаланса. Если из-за сильных вибраций это невозможно, сначала необходимо выполнить радиальную правку шлифовального круга на малой окружной скорости, а затем произвести его правку с рабочей скоростью. (см. также *таблицу 11.11*)

	Рабочая скорость < 35 м/с	**Рабочая скорость > 35 м/с**
Операции	1. Радиальная правка при 15–20 м/с	1. Радиальная правка при 15–20 м/с
	2. Правка с рабочей скоростью	2. Правка с рабочей скоростью
		3. Балансировка с рабочей скоростью
		4. Правка с рабочей скоростью

Таблица 11.11 Операции при правке однокристальным алмазным правящим инструментом

- **Радиальная подача при правке a_{ed}**

  Радиальная подача при правке (см. *таблицу 11.12*) в первую очередь зависит от размера зерна шлифовального инструмента. Для повышения режущей способности шлифовального круга часто используются непропорционально высокие величины подачи. Это приводит к очень интенсивному износу правящего и шлифовального инструмента. Более удачным решением является увеличение продольной подачи при правке f_{ad} или уменьшение коэффициента перекрытия правки U_d.

  В основном рекомендации по использованию алмазно-металлических карандашей аналогичны рекомендациям в отношении однокристального правящего инструмента. Благодаря большей по сравнению с однокристальным инструментом рабочей ширине b_d возможны более высокие величины продольной подачи. Продольную подачу необходимо регулировать в зависимости от требований к высоте микронеровностей поверхности и фактического результата после первого прохода.

	Радиальная подача a_{ed} [мм/ход]	Продольная подача f_{ad} [мм/оборот шлифовального круга]
Однокристальный правящий инструмент	Крупнозернистые шлифовальные круги (<зерно 120): 0,01–0,03	0,02–0,6 (в зависимости от коэффициента перекрытия)
	Мелкозернистые шлифовальные круги (>зерно 150): 0,005–0,01	
	С использование СОЖ	
Алмазно-металлический карандаш	Грубое шлифование: 0,02–0,03	0,02–0,6
	Тонкое шлифование: 0,01	
	С использование СОЖ	

Таблица 11.12 Радиальная и продольная подача при правке неподвижным правящим инструментом

- **Скорость осевой подачи v_{fad} и осевая подача f_{ad} при правке**

$$v_{fad} = f_{ad} \cdot n_{sd}$$

(уравн. 11.47)

$$f_{fad} = \frac{v_{fad}}{n_{sd}}$$

v_{fad} Скорость осевой подачи при правке [мм/мин]

f_{ad} Осевая подача [мм]

n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [об/мин]

- **Рабочая ширина правящего инструмента b_d**

  Рабочая ширина оказывает существенное влияние на поверхностный профиль шлифовального круга. По возможности следует использовать правящий инструмент, обеспечивающий постоянную результирующую высоту микронеровностей в течение всего срока службы.

  По мере увеличения количества материала, снимаемого при правке однокристальным инструментом, происходит увеличение рабочей ширины b_d вследствие износа. Таким образом, результирующая высота микронеровностей на шлифовальном круге заметно уменьшается.

Правящий инструмент	Рабочая ширина b_d [мм]
Однокристальный инструмент «новый»	0,2–0,4
Однокристальный инструмент «старый»	0,6–0,9
Алмазно-металлический карандаш	1,5–5,0

Таблица 11.13 Ориентировочные значения для рабочей ширины при правке

- **Коэффициент перекрытия U_d**

  Полученная волнистость шлифовального круга («шаг резьбы») определяется коэффициентом перекрытия U_d. Коэффициент перекрытия определяется по количеству оборотов шлифовального круга во время смещения правящего инструмента (продольная подача при правке f_{ad}) на его рабочую ширину b_d. При повышении коэффициента перекрытия волнистость поверхности круга уменьшается, т. о. круг становится более гладким, и результирующая высота микронеровностей R_{th} также уменьшается.

$$U_d = \frac{b_d}{f_{ad}} = \frac{n_{sd} \cdot b_d}{v_{fad}}$$

(уравн. 11.48)

U_d Коэффициент перекрытия
b_d Рабочая ширина [мм]
f_{ad} Осевая подача [мм]
n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [об/мин]
v_{fad} Скорость осевой подачи [мм/мин]

	Коэффициент перекрытия U_d
Грубое шлифование (черновая обработка)	2–3
Нормальное шлифование (обработка средней чистоты)	4–6
Тонкое шлифование (получистовая обработка)	> 7

Таблица 11.14 Ориентировочные значения для коэффициента перекрытия при правке

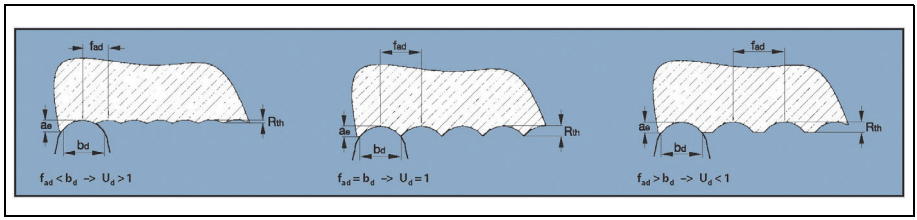


Рис. 11.27 Зависимость между коэффициентом перекрытия и волнистостью шлифовального круга

Коэфф. перекрытия	**Волнистость**	**Поверх. шлиф. круга**	**Производит. резания**	**Поверхность детали**	**Опасность прижога и трещин на тепло-чувствительных деталях**
высокий	слабая	гладкая	низкая	чистая	повышенная
низкий	сильная	шероховатая	высокая	грубая	низкая

Таблица 11.15 Зависимости при структурировании поверхностей шлифовальных кругов

8.2.3 Применение однокристального правящего инструмента

В процессе применения однокристального алмазного правящего инструмента необходимо обратить внимание на следующее:

- Необходимо соблюдать **угол наклона** оси правки (см. *рис. 11.28*)
- Правящий инструмент следует **ðегулярно поворачивать прим. на 90° в державке** во избежание неравномерного износа
- **При зажимании следует оставлять короткую часть** (длина выступающего инструмента < 2d) во избежание вибраций
- **Необходимо применять СОЖ в достаточном количестве** для повышения срока службы алмаза. Струю СОЖ следует направлять точно в зону контакта между шлифовальным кругом и правящим инструментом. Ввиду опасности разрушения алмаза **надлежит избегать резкого охлаждения**. Поэтому подвод смазочно-охлаждающей жидкости должен производиться до начала правки.

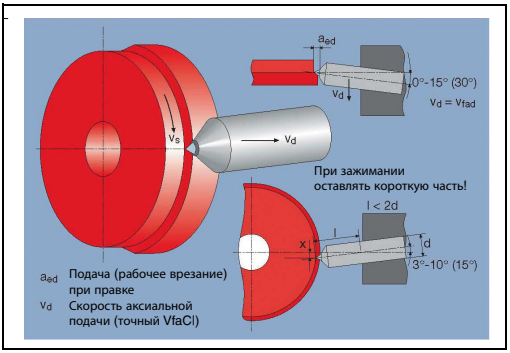


Рис. 11.28 Применение однокристального правящего инструмента

Выбор однокристального правящего инструмента (вес алмаза в каратах) осуществляется в зависимости от размеров шлифовального круга (см. *таблицу 11.16*).

Диаметр круга [мм]	Ширина круга [мм]				
	< 20	20–110	110–170	170–250	250–300
< 50	0,4 карата	0,4 карата	0,4 карата	0,8 карата	0,8 карата
50–100			0,8 карата		
100–200		0,8 карата			1,5 карата
200–300				1,5 карата	
300–400	0,8 карата		1,5 карата		
400–500					
500–600		1,5 карата			
600–700	1,5 карата				
700–800					
800–900					
900–1000					

Таблица 11.16 Выбор однокристального правящего инструмента

8.3 Вращающийся правящий инструмент

При правке вращающимся инструментом различают **формовку** (контурное управление, не привязанные к определённой форме алмазные ролики, преимущественно в мелкосерийном производстве для получения часто меняющейся формы профиля) и **профилирование** (прорезание, алмазные ролики для определённой формы или детали, преимущественно в массовом производстве).

Поверхность алмазных роликов для правки покрыта алмазами в один или несколько слоев. Во время правки ролик приводится в движение. В зависимости от показателя скорости q_d, направления вращения ролика и шлифовального круга (синхронное или встречное), радиальной подачи ролика f_{rd}, размера и концентрации зёрен алмаза можно влиять на результат правки:

- Получистовая обработка: результирующая высота микронеровностей ок. R_{th} = 2 мкм (показатель скорости q_d = -0,7)
- Черновая обработка: результирующая высота микронеровностей ок. R_{th} = 18 мкм (показатель скорости q_d = 0,9)

- **Соотношение скоростей q_d**

$$q_d = \frac{v_{rd}}{v_{sd}}$$

q_{sd} Показатель скорости (уравн. 11.49)
v_{rd} Скорость ролика для правки [м/с]
v_{sd} Скорость правки шлифовального круга [м/с]

- **Рабочая ширина правящего инструмента b_d**

  Рабочая ширина оказывает существенное влияние на поверхностный профиль шлифовального круга.

  Прямые профильные ролики:

  b_d = активная ширина слоя алмазного покрытия

  Профильные ролики с радиусом:

$$b_d = \sqrt{8 \cdot r_p \cdot a_{ed}}$$

b_d Рабочая ширина правящего инструмента [мм] (уравн. 11.50)
r_p Радиус ролика [мм]
a_{ed} Величина подачи при правке [мм]

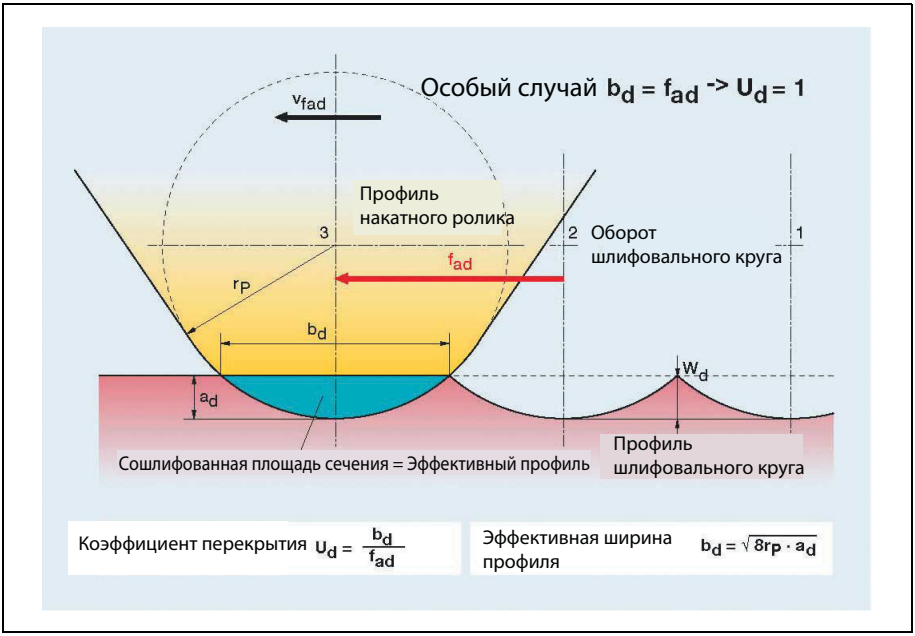


Рис. 11.29 Рабочая ширина и коэффициент перекрытия при правке

- **Ширина резания a_{pd}**

  Ширина резания радиусных профильных роликов совпадает с рабочей шириной только в том случае, если коэффициент перекрытия U_d = 1. Если продольная подача при правке f_{ad} при постоянных условиях уменьшается, ширина резания a_{pd} также становится меньше.

$$a_{pd} = 0{,}5 \cdot (b_d + f_{ad})$$

a_{pd} Ширина резания [мм] (уравн. 11.51)
b_d Рабочая ширина правящего инструмента [мм]
f_{ad} Осевая подача на оборот круга [мм/об]

8.4 Восстановление режущей способности алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора

При правке алмазного шлифовального инструмента или инструмента из кубического нитрида бора профилирование и заточка кругов по причине высокой твёрдости абразивного зерна не могут быть выполнены за одну операцию, как при правке обычных шлифовальных кругов (см. также *рис. 11.24*). При профилировании круга поверхность выравнивается так, что при последующей заточке сначала приходится восстанавливать шероховатость (выступ зерна) шлифовального круга.

8.4.1 Правка (профилирование)

Для профилирования алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора разработано множество различных методов. Правка этих кругов не производится алмазным зерном. При профилировании без использования алмазного зерна, в первую очередь, происходит воздействие на связку шлифовального круга.

Очень популярен благодаря своей универсальности метод профилирования с использованием шлифовальных кругов из SiC, который может применяться для всех поддающихся правке типов связки. При шлифовании кругом из SiC он либо притормаживается, либо приводится в движение, и направляется по соответствующей траектории для получения необходимого профиля. Затем выполняется правка специальным приспособлением.

- **Правка инструментом с приспособлением AV500 (статья 59 9600)**

Приспособление для правки AV500 устанавливается в качестве насадки на салазки суппорта шлифовального станка. Оно оснащается вращающимся шлифовальным кругом из SiC для правки (профилирования) алмазных шлифовальных кругов или кругов из кубического нитрида бора. При этом правка производится методом центробежного торможения.

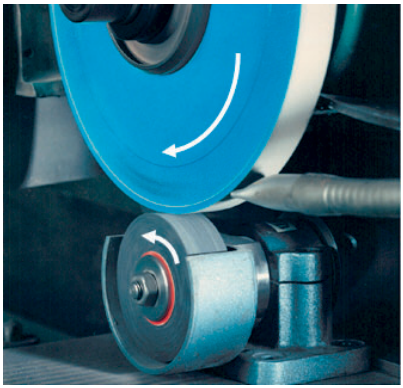


Рис. 11.30 Правка приспособлением для правки AV 500

Указания по использованию:

- Приспособление для правки AV500 используйте исключительно на неподвижно закрепленных станках
- Только для сухой обработки
- Следите за направлением вращения (синхронное вращение)
- Круг для правки и шлифовальный круг должны быть установлены под небольшим углом друг к другу
- Круг для правки из SiC проверните до контакта с алмазным шлифовальным кругом или кругом из кубического нитрида бора во избежание появления лысок на круге для правки
- Колебательное движение подлежащего правке слоя должно осуществляться в пределах колебания круга для правки
- Затем произведите заточку

Скорость правки [м/с]	Радиальная подача a_{ed} [мм/ход]	Продольная подача f_{ad} [мм/мин]	Поперечный ход [%]
= рабочая скорость v_s	0,01–0,015	200–400	макс. 50
Сухая обработка.			

Таблица 11.17 Параметры правки приспособлением AV 500

8.4.2 Заточка брусками

Заточка производится с использованием брусков из корунда или SiC в керамической или бакелитовой связке. При этом заточка (получение выступов зерна) алмазных шлифовальных кругов или кругов из кубического нитрида бора производится после правки (профилирования) или в процессе шлифования. Заточка выполняется вручную или в стационарном режиме методом врезания, как правило, с охлаждением.

Брусок	Размер = тип зерна и зернистость	Применение	Размер зерна подлежащего заточке шлифовального круга	Вид связки
59 9800	EK600	Шлифование инструмента	25 мкм	Керамическая
59 9820	EK240		25 мкм	
59 9840	EK240, EK600	Плоское и наружное круглое шлифование	от 46 до 181 мкм	
59 9860	SC220			Синтетическая смола
Рекомендуется пропитать брусок смазочно-охлаждающей жидкостью.				

Таблица 11.18 Выбор брусков

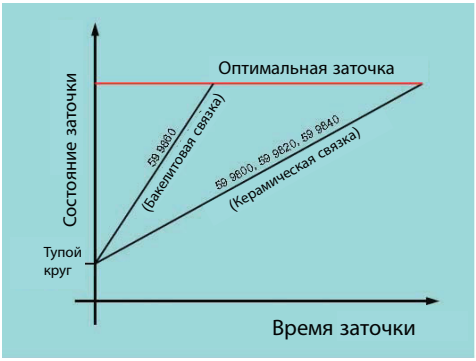


Рис. 11.31 Факторы, влияющие на состояние заточки

9 Смазочно-охлаждающие жидкости

В то время как при обработке резанием с геометрически определённой режущей кромкой со стружкой отводится большая часть тепла, при шлифовании основные источники тепла находятся под режущей кромкой, поэтому преобладающая часть тепла сначала проникает в деталь и вызывает там локальное повышение температуры. В результате данного нагрева, в зависимости от его степени и продолжительности воздействия, могут происходить нежелательные изменения структуры детали (напр., прижог). Посредством использования СОЖ можно снижать продолжительность воздействия и степень нагрева.

Поэтому **первичными задачами** СОЖ являются:

- Уменьшение трения за счёт **смазки** и, тем самым, снижение количества выделяемого тепла

  К смазочной способности СОЖ вследствие высоких давлений и температур, возникающих при шлифовании, предъявляются исключительно высокие требования. Для уменьшения или устранения трения должна быть образована разделительная пленка. Пленка из жидкости не позволяет решить данные задачи, поскольку высокое напряжение на единицу поверхности не дает пленкам проникать между выступами поверхностей, между которыми происходит трение, и оставаться там. Таким образом, здесь всегда имеет место состояние так называемой **граничной смазки**. Следовательно, одно из требований в отношении смазочной способности СОЖ состоит в том, чтобы при специфических условиях резания она оказывала смазывающее действие также в зоне граничного трения. Данное действие граничной смазки зависит от сложности операции шлифования. При простых работах (напр., наружное круглое продольное шлифование) смазочная способность, свойственная СОЖ благодаря присутствию различных компонентов, напр., добавок и эмульгаторов, обычно является достаточной. При выполнении сложных операций (напр., врезное шлифование, профильное шлифование), напротив, требуются особые материалы, EP-добавки (extrem pressure – противозадирные добавки), образующие промежуточные слои, значительно препятствующие контакту поверхностей.
- **Охлаждение** за счёт поглощения и отвода выделенного тепла из зоны обработки

  Способность поглощать тепло, отводить его и снова отдавать у различных СОЖ является разной. В наибольшей степени она выражена у воды. Поэтому в тех случаях, когда требуется особенно интенсивное охлаждение, используется преимущественно СОЖ, смешиваемая с водой.

Кроме того, СОЖ выполняет **вторичные задачи**:

- **чистка** шлифовального круга и детали,
- **отвод стружки** от зоны обработки, а также
- **защита от коррозии** станка и детали.

Выбор СОЖ зависит от характера работ. В большинстве случаев оптимальным является компромиссный вариант между охлаждением и смазкой.

9.1 Виды СОЖ

Смазочно-охлаждающие жидкости делятся на две основные группы:

1. Не смешиваемые с водой СОЖ
2. Смешиваемые с водой СОЖ

На следующей схеме представлена классификация СОЖ.

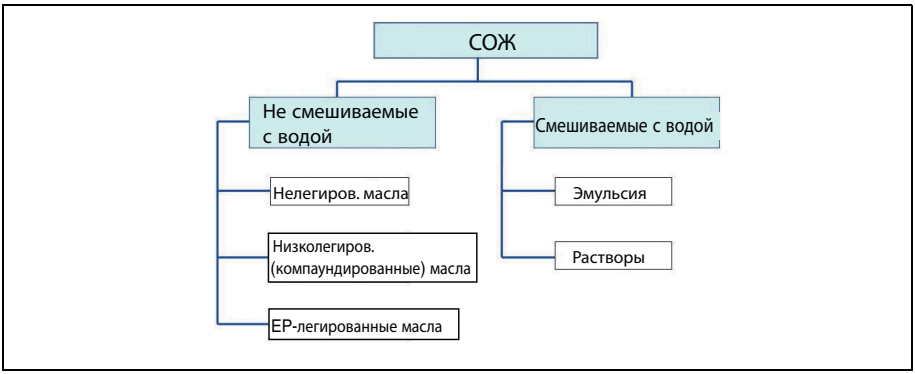


Рис. 11.32 Классификация СОЖ

9.2 Подвод СОЖ

Очень важное значение имеет правильный подвод смазочно-охлаждающей жидкости в зону шлифования. Речь идет не только о достаточном количестве и высоком давлении, помимо этого струя СОЖ должна иметь скорость, приблизительно соответствующую окружной скорости шлифовального круга. Благодаря этому создаются условия, при которых круг может подводить СОЖ также в зону шлифования.

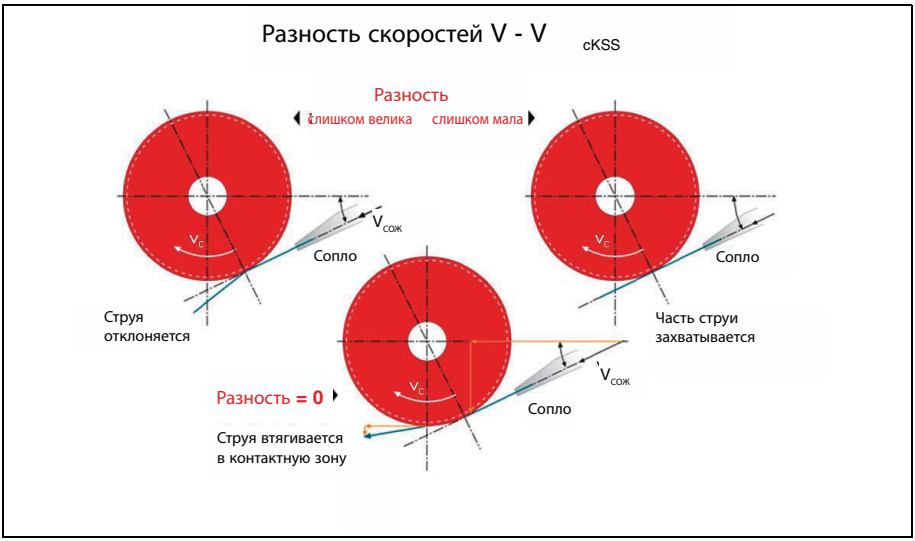


Рис. 11.33 Подача СОЖ и оптимальное направление

Надлежащее снабжение зоны контакта смазочно-охлаждающей жидкостью достигается за счёт оптимальной конструкции сопла. Сопло правильной конструкции имеет прямую зону и тонкое устье. Угол контакта струи СОЖ должен составлять ок. 20 °.

При шлифовании используются различные сопловые системы. Наиболее распространенной и простейшей системой подвода является **оросительное сопло**, при использовании которого большой объёмный поток СОЖ направлен на место обработки относительно свободно. Недостаток данного сопла состоит в том, что часть СОЖ не попадает на место обработки (потери объёмного потока).

Для повышения эффективности общего объёмного потока при помощи **игольчатого сопла или сопла с наконечником** большую часть общего объёмного потока можно целенаправленно подводить к месту обработки.

9.3 Контроль СОЖ

Независимо от того, какая смазочно-охлаждающая жидкость выбрана для работы, успешный результат применения СОЖ, в особенности в течение длительного отрезка времени, зависит от правильного обращения с СОЖ. При этом главным условием является постоянный контроль химических, физических и, не в последнюю очередь, биологических свойств СОЖ.

Первые выводы о состоянии масла можно сделать по его цвету. Посредством сравнения с цветными стеклами можно оценить степень загрязнения и техническое состояние.

Плотность и вязкость определяются соответствующими измерительными приборами. Изменение данных параметров указывает либо на «отощение» масла, либо на наличие нежелательных примесей посторонних жидкостей.

Готовую эмульсию необходимо постоянно контролировать. При этом по внешнему виду и запаху можно дать только общую оценку. Важную роль играет значение ph. Снижение данного показателя свидетельствует о развитии поражения бактериями. Значение ph легко определить при помощи индикаторной бумаги.

10 Меры предосторожности при шлифовании

10.1 Допустимая окружная скорость

В зависимости от прочности соединения абразивного материала и связки (твёрдость шлифовального круга) из соображений безопасности использование шлифовальных кругов допустимо лишь до определённой окружной скорости. В *таблице 11.20* показана общепринятая цветная маркировка для допустимой окружной скорости. Все шлифовальные круги без цветной маркировки можно использовать до окружной скорости не более 40 м/с.

Цветная маркировка	нет	синяя	жёлтая	красная	зелёная	зелёная +синяя	зелёная +жёлтая	зелёная +красная
Допустимая окружная скорость [м/с]	40	50	63	80	100	125	140	160

Таблица 11.20 Цветная маркировка шлифовальных кругов для допустимой окружной скорости

10.2 Техника безопасности при шлифовании

Безопасность при шлифовании обеспечивается совместными усилиями изготовителей станков, шлифовальных кругов и пользователей. Шлифовальные круги в процессе шлифования испытывают высокие нагрузки. Поэтому в целях обеспечения безопасности шлифования станок, шлифовальный круг, а также порядок их использования должны быть оптимально согласованы. При работе на шлифовальных станках в основном необходимо учитывать условия эксплуатации станка и соблюдать предписания в отношении использования защитных кожухов.

В то время как шлифовальный станок и шлифовальный круг изготавливаются с учётом предписанных мер безопасности, пользователь несет ответственность за обеспечение безопасности при шлифовании посредством надлежащей эксплуатации шлифовального станка, а также правильного использования шлифовальных кругов.

Приведённые ниже рекомендации следует рассматривать лишь как обзор важнейших правил использования шлифовальных кругов и обращения с ними.

Действия	Шлифовальные круги в целом
Контроль поставок	Проверьте упаковку **поступившего товара**. При наличии видимых повреждений упаковки необходимо произвести особенно тщательный контроль шлифовального круга на наличие возможных повреждений при перевозке.
Хранение	Шлифовальные круги следует хранить на соответствующих стеллажах или в контейнерах таким образом, чтобы исключить их повреждение и обеспечить легкий доступ к каждому кругу. В первую очередь следует использовать старые запасы. Во избежание повреждений хранить круги следует в сухом, незамерзающем помещении, защищенном от резких перепадов температуры и вибраций. **Срок хранения кругов на керамической связке не ограничен**. Шлифовальные круги **на бакелитовой связке** следует хранить **не более 3 лет**, поскольку в результате охрупчивания может произойти снижение прочности. Оптимальные условия хранения различных шлифовальных кругов: • **Отрезные круги** следует хранить на ровном основании без прокладок, прижав сверху стальной плитой. • **Большие, плоские круги прямого профиля** следует хранить в вертикальном положении, обеспечив их устойчивость. Идеальным вариантом является шкаф GARANT для хранения шлифовальных кругов (№ 958760/8765). • **Чашечные цилиндрические круги и шлифовальные тарелки** следует складывать в стопки, используя мягкие прокладки. • **Чашечные конические круги** (форма 11) следует складывать в стопки торцами вместе или основаниями вместе. • **Круги небольшого диаметра** следует хранить в подходящих контейнерах.
Обозначение	Обозначения используются для информирования в первую очередь лиц, производящих крепление шлифовальных кругов, о правилах безопасности при эксплуатации и о назначении изделия. Использование шлифовальных кругов допустимо только в том случае, если на них имеются следующие **минимальные сведения** (см. также раздел 3 данной главы): • Изготовитель • Размеры шлифовального круга • Материал (по меньшей мере вид связки) • Макс. допустимая частота вращения нового шлифовального круга • Макс. рабочая скорость в м/с **Дополнительные обозначения**, например: • Цветные полосы (см. также раздел 11.1 данной главы) Ограничения в использовании (предназначены для определённых способов шлифования и режимов работы)
Контроль перед креплением	Каждый раз перед креплением следует **чистить** шлифовальные круги и **проверять** их целостность. Непосредственно перед установкой нового или старого круга следует выполнить **звуковую пробу**. Для звуковой пробы лёгкие круги надеваются на стержень или палец, тяжёлые круги ставятся на прочное основание. Поврежденные круги устанавливать нельзя. Следует обстучать круг в нескольких местах неметаллическим предметом. Неповрежденный круг издает чистый звук, поврежденный – глухой, нечёткий звук. Все **контактные поверхности** шлифовальных кругов, прокладок и зажимных фланцев должны быть **ровными** (плоскими) и **без посторонних частиц**. Посторонние частицы между шлифовальным кругом и прижимными фланцами вызывают появление мест давлений и напряжений, которые могут стать причиной разрушения шлифовального круга.

Таблица 11.21 Техника безопасности при работе с шлифовальными кругами

Продолжение таблицы 11.21 Техника безопасности при работе с шлифовальными кругами

Действия	Шлифовальные круги в целом
Крепление	Крепление шлифовальных кругов должно производиться квалифицированным специалистом или под его контролем. В зависимости от типа станка и способа шлифования, а также формы шлифовального круга различают следующие **виды крепления**: • **Крепление в центральном отверстии посредством прижимного фланца** Прижимные фланцы предназначены для передачи движущих сил и поэтому должны иметь такие свойства, чтобы в процессе крепления не произошла деформация прижимного фланца. **Опорные поверхности** должны быть **ровными** (плоскими) и **без заусенцев**, круг должен перемещаться строго в одной плоскости. Можно использовать только **прижимные фланцы одинакового размера по наружному диаметру и одинаковой формы** со стороны прилегания. Они должны быть выполнены таким образом, чтобы прилегала только кольцевая поверхность прижимного фланца. • **Крепление посредством встроенных крепежных элементов** Шлифовальные круги крепятся посредством встроенных крепежных элементов к шлифовальному станку. Таким способом крепятся цилиндрические и конические чашечные круги. • **Крепление посредством опорного диска** При помощи опорных дисков шлифовальные круги либо приклеиваются, либо прикручиваются. При правильном резьбовом соединении конец винта не должен касаться основания шлифовального круга. • **Крепление посредством зажимной головки**
Пробный пуск перед началом работы	Перед первым использованием любого стандартного шлифовального круга (диаметр более 80 мм) и после каждого повторного крепления круга необходимо производить его **пробный пуск с максимальной рабочей скоростью**. **Продолжительность пробного пуска** шлифовальных кругов на ручных шлифмашинах составляет полминуты, на другом шлифовальном оборудовании 1 минуту. Пробный пуск можно производить только после оборудования надлежащей защитой опасной зоны и установки защитного кожуха, если предписано его использование для работы с шлифовальным кругом. <<Только после успешного пробного пуска без претензий можно приступать к работе с использованием шлифовального круга.
Защитные кожухи, крышки, защитные очки, защитная одежда	Все предусмотренные изготовителем станка **защитные устройства** перед началом шлифования необходимо правильно **установить** и переместить в надлежащее положение (**закрыть**). Любые шлифовальные работы, во время которых возможно травмирование людей отбрасываемыми осколками шлифовального круга или детали, должны выполняться только с использованием **защиты для глаз** (защитных очков) и, при необходимости, другой **защитной одежды** (напр., кожаного фартука и кожаных перчаток).

11 Решение проблем при шлифовании

Процесс шлифования является очень сложным и поэтому данный вид работ освоить труднее, чем, например, токарную обработку. В следующей таблице представлены отдельные проблемы и способы их решения:

	Проблема	Возможные причины
1	Слишком шероховатая поверхность	Слишком большая подача
		Недостаточная продолжительность выхаживания
		Слишком крупное зерно
		Недостаточная твёрдость шлифовального круга
		Неправильный выбор СОЖ или способа подвода
		Недостаточная скорость резания
		Недостаточная ширина круга
		Слишком низкий коэффициент перекрытия
2	Следы дробления	Дисбаланс круга
		Слишком высокая скорость резания
		Слишком высокая твёрдость круга
		Деталь вибрирует
3	Прижог / шлифовочные трещины	Забивание шлифовального круга
		Неправильный выбор СОЖ
		Подвод СОЖ не соответствует процессу
		Дисбаланс круга
		Шлифовальный круг слишком твёрдый
4	Слишком высокий уровень шума	Забивание шлифовального круга
5	Недостаточный период стойкости	Абразивное зерно выкрашивается слишком быстро
		Недостаточная скорость резания
		Недостаточный диаметр круга
		Неправильный выбор СОЖ
6	Цилиндры приобретают коническую форму	Плохое центрирование шлифовального круга
		Некачественная правка круга
7	Неточные размеры детали при профильном шлифовании	Износ профильного круга

1	2	3	4	5	6	7	Способы устранения
■							Уменьшить подачу
■							Увеличить продолжительность выхаживания
■							Уменьшить размер зерна
■				■		■	Использовать более твёрдые шлифовальные круги
	■						Уменьшить твёрдость шлифовального круга
		■					Использовать шлифовальный круг с более открытой структурой
				■			Заменить СОЖ
■							Использовать масло для шлифования
		■					Использовать в качестве СОЖ эмульсию
■		■					Проверить / изменить подвод СОЖ
■				■			Увеличить скорость резания
	■						Уменьшить скорость резания
■				■			Увеличить диаметр круга
■							Увеличить ширину круга
■							Уменьшить подачу
	■	■					Произвести балансировку
	■				■		Проверить крепление / люфт шпинделя
		■	■				Произвести черновую правку шлифовального круга
		■			■	■	Произвести правку шлифовального круга

Таблица 11.22 Причины возникновения проблем при шлифовании и способы их устранения

Алфавитный указатель

А

Активная сила 108
Алмаз 145
Алюминий 60
  Классификация 60
  Обрабатываемость резанием 61
  Параметры резания 64
  Технологические параметры 62

Б

Балансировка 764
  Динамический дисбаланс 766
  Качество балансировки 766
  Качество балансировки системы в сборе 68
  Остаточный дисбаланс 767
  Статический дисбаланс 765
Бронза 68

В

Вращающий момент 118
Высокопроизводительная обработка резанием (HPC) 125
Высокоскоростная обработка резанием (HSC) 123
Выход стружки 119
  Объёмная производительность резания 119, 152
  Удельная объёмная производительность резания 119, 152

Г

Глубокое сверление 179
Графит 57, 58
Группы материалов 4
  Классификация 4

З

Зажимные патроны 748
  Высокоточный цанговый патрон 751, 753
  Гидропластовый патрон 750
  Границы применения 759
  Патрон Weldon 748
  Предельные значения частоты вращения 761
  Термозажимной патрон 754
  Цанговые патроны 749
Зенкерование 358
  Основное машинное время 362
  Параметры сечения среза 360
  Силы, вращающий момент, мощность 361
  Таблицы ориентировочных значений 363

И

Износ 97
  Деформация, пластическая 100
  Допустимая ширина фаски износа задней поверхности 98
  Причины 97
  Формы 98
Износ задней поверхности режущей части 99, 110
Износ инструмента 97
Износ по передней поверхности 99
Инструментальные материалы 137, 148
  CBN 143
  Алмаз 145
  Высококачественная быстрорежущая сталь 139
  Кермет 142
  Обзоры инструментальных материалов 148
  Порошковые стали 139
  Свойства 137
  Твёрдый сплав 141, 148
Испытание твёрдости 83
  Металлы 83
  Пластмассы 84

К

Кермет 142
Кобальтовый сплав 71
  Параметры резания 72
Ковкий чугун 55, 57
Коэффициент PRE 52
Крепление инструмента 742
  Балансировка 764
  Высокоточный цанговый патрон 751, 753
  Гидропластовый патрон 750
  Границы применения, зажимной патрон 759
  Зажимные приспособления 743
  Крутой конус 744
  Патрон Weldon 702
  Полый конус 746
  Приводные головки 771, 775
  Резцедержатели по стандарту VDI 770

Система зажимания по нулевой точке 777
Сравнение зажимных патронов 197, 759
Технология термозажима 754
Хвостовики 783
Цанговые патроны 749
Крутой конус 744

Л

Латунь 68
Литейная сталь 55

М

Магний 64
Параметры резания 65
Материалы 2
Маркировка 37
Медь 68
Параметры резания 69
Минимальный расход смазки 131
Многоцелевая обработка резанием (МТС) 127
Момент 118, 153, 154, 155, 156
Мощность 118, 119, 153, 154, 155, 156

Н

Накатывание рифлений 681
Материал накаток для прямого рифления 683
Ориентировочные режимы резания 738, 740
Профили 681
Процесс 685
Нарезание резьбы метчиками 308
Распределение резов 310
Силы, мощность 311
Таблицы ориентировочных значений 312
Формы 309
Нарезание резьбы резцами 326
Основное машинное время 333
Подача 327
Подкладные пластины 329
Пример применения 332
Способ обработки 329
Таблица ориентировочных значений 335
Типы профилей 326
Число резов 329
Нарост на режущей кромке 96
Никелевые сплавы 69
Параметры резания 70
Нитрид бора 143

О

Обрабатываемость резанием 46, 57, 79
Образование проточин на задней поверхности 101
Образование стружки 90
Образование термотрещин 101
Объёмная производительность резания 119, 152
Основное машинное время 157
Отбелённый чугун 55, 57
Отрезание 672

П

Параметры сечения среза 95
Пассивная составляющая силы резания 108, 116
Перлит 46
Пиление 404
Основное машинное время 408
Параметры сечения среза 406
Профили зубьев 410
Сила, мощность 408
Таблицы ориентировочных значений 418
Точность 405
Устранение проблем 415
Шаг зуба 410
Пластики, армированные волокном 74, 81
Пластмассы 72
Армированные волокном 74, 81
Испытание твёрдости 84
Классификация 72
Обрабатываемость резанием 79
Обозначение 44
Распознавание и свойства 76
Поверхность 120, 152
Подача 152
Показатель плотности заполнения пространства стружкой 94
Покрытия 131, 146
Процесс 146
Свойства 148
Поломка 100
Полый конус 746
Поперечное сечение стружки 96
Приводные головки 771
Модульные инструменты (токарные станки) 775
Моноблочный инструмент (токарные станки) 771

P

Радиальное биение 197
Развёртывание 378
  Допуски и посадки 384
  Низший предел допуска при развёртывании 388
  Основное машинное время 380
  Параметры сечения среза 379
  Развёртки – исполнение 381
  Силы, вращающий момент, мощность 380
  Таблицы ориентировочных значений 389
Расточные державки 188, 663
Реактопласт 73
Резцедержатели по стандарту VDI 770
Резьба 294
  Виды 302
  Обзор инструментов 296, 298, 300
  Параметры 302
  Таблицы диаметров отверстий под резьбу 304
Резьбофрезерование 314
  Многогранные и треугольные СМП 323, 325
  Основное машинное время 314
  Особенности 315
  Принцип 314
  Резьбофрезерование концевыми резьбофрезами 318
  Резьбофрезерование с использованием СМП 320
  Резьбофрезерование сверлящей резьбофрезой 316

C

Сверление 160
  Глубина сверления 178
  Глубокое сверление 179
  Диаметр предварительного сверления 179
  Основное машинное время 177
  Параметры сечения среза 171
  Примеры применения 190
  Рассверливание, растачивание 187, 188, 189
  Свёрла со сменной головкой 185
  Свёрла со сменными пластинами 170, 186, 195
  Свёрла спиральные 166, 168, 180
  Факторы, влияющие на результат сверления 197
  Свёрла цельные твёрдосплавные 168, 184
  Силы, вращающий момент, мощность 173
  Таблицы ориентировочных значений 199
  Устранение проблем 198
Серый чугун 56, 57
Сила 108, 153, 154, 155, 156
Сила подачи 108, 116
Сила резания 110
  Поправочные коэффициенты 114
  Удельная сила резания 111, 112, 113
  Факторы, влияющие 115
Сила резания 108
  Составляющие 108
  Уравнение 109
Система зажимания по нулевой точке 777
  Конструкция 777
  Принцип работы 779
Система микросмазки 301
Система цветовой маркировки 164
Скорость резания 152
Сменные многогранные пластины 665
СОЖ 824
Сталь 38, 45
  Toolox 54
  Классификация 45, 50
  Легированная сталь 45, 48, 50
  Маркировка 38
  Нелегированная сталь 45,50
  Обрабатываемость резанием 46, 48, 49, 50, 54
  Содержание углерода 46
  Термообработка 49
Стеклопластик 75, 81
Стеллит 71
Стойкость 103
  Уравнение стойкости 103
  Факторы, влияющие 105
Стружка 91, 92, 93
  Виды стружки 92
  Показатель плотности заполнения пространства стружкой 94
  Формы стружки 93
Стружколомы 668
Сухой способ обработки резанием 128

T

Таблица ориентировочных значений 736
Твёрдая обработка 133, 135
Твёрдый сплав 141
Термообработка 49
Термопласт 74

Титан 66
Параметры резания 67
Точение 652
Державка 662
Нарезание резьбы резцами 326
Обработка прорезными резцами 656, 679
Основное машинное время 659
Отрезание 672
Параметры стружкообразования 95, 657
Примеры применения 678
Продольное точение 96, 656, 659
Растачивание 671
Решение проблем 676
Силы, мощность 108, 658
СМП с длинным зачистным лезвием 667
Способы обработки точением 656
Стружколомы 668
Таблицы ориентировочных значений 653, 701
Токарные сменные пластины 654, 664
Токарный резец 661
Тонкое точение 675
Торцевое точение 656, 660
Чистовое точение 673, 680

У

Углепластик 76, 81
Угол в плане 117
Уравнения 152

Ф

Феррит 46
Формирование резьбы 312
Формулы 152
Фрезерование 424
Инструмент для фрезерования 441
Обзор инструментов 428, 430, 436
Параметры сечения среза 444
Периферийное фрезерование 447, 450
Процесс фрезерования 438
Примеры применения 455
Расчёт параметров 451
Решение проблем 460
Таблицы ориентировочных значений 461
Торцовое фрезерование 445, 448
Тип инструмента 435
Факторы, влияющие на результат фрезерования 454

Х

Хвостовики 783

Ц

Цветные металлы 60
Маркировка 42

Ч

Частота вращения 152
Чёрные металлы 45
Чугун 45, 55, 58
Классификация 55
Ковкий чугун 57
Маркировка 40
Отбелённый чугун 57
Параметры резания 59
Серый чугун 56, 57
Чугун ADI 58
Чугун с компактным червеобразным графитом 58
Чугун с шаровидным графитом 56
Чугунное литьё 55
Классификация 55
Обрабатываемость резанием 57

Ш

Шероховатость 120
Показатели 121, 152
Шлифование 784
Восстановление режущей способности 814
Износ шлифовального круга 813
Круглое шлифование 789, 810
Меры предосторожности 828
Основное машинное время 810
Охлаждение 824
Переменные и характеристические величины 802
Плоское шлифование 789, 811
Правящие инструменты 816, 821
Процесс шлифования 787
Решение проблем 830
Силы, мощность 807
Торцовое шлифование 789, 811
Шлифовальный круг 791

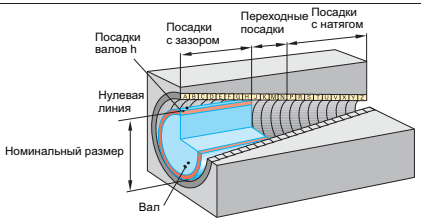
Э

Эластомеры 73, 74

Посадки по ISO, система вала

(Выдержка из DIN 7155)
Величина допуска указана в мкм (= 0,001 мм).

В системе вала предельные отклонения валов одинаковы (при одном и том же классе точности и одном и том же номинальном размере), а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонение отверстий. Во всех стандартных посадках системы вала верхнее отклонение равно нулю.



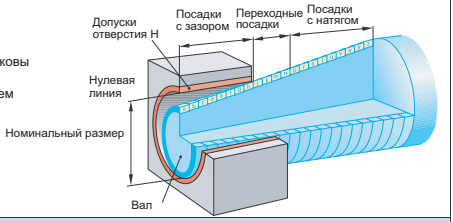
Отверстия	Тип посадки*)	Номинальные размер выше ...-... мм																				
		1 3	3 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250
Вал h5		0 − 4	0 − 5	0 − 6	0 − 8	0 − 9	0 − 11	0 − 13	0 − 15	0 − 18	0 − 20									
P 6		− 6 − 12	− 9 − 17	− 12 − 21	− 15 − 26	− 18 − 31	− 21 − 37	− 26 − 45	− 30 − 52	− 36 − 61	− 41 − 70									
N 6		− 4 − 10	− 5 − 13	− 7 − 16	− 9 − 20	− 11 − 24	− 12 − 28	− 14 − 33	− 16 − 38	− 20 − 45	− 22 − 51									
M 6		− 2 − 8	− 1 − 9	− 3 − 12	− 4 − 15	− 4 − 17	− 4 − 20	− 5 − 24	− 6 − 28	− 8 − 33	− 8 − 37									
J 6		+ 2 − 4	+ 5 − 3	+ 5 − 4	+ 6 − 5	+ 8 − 5	+ 10 − 6	+ 13 − 6	+ 16 − 6	+ 18 − 7	+ 22 − 7									
H 6		+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0									
Вал h6		0 − 6	0 − 8	0 − 9	0 − 11	0 − 13	0 − 16	0 − 19	0 − 22	0 − 25	0 − 29									
S 7		− 14 − 24	− 15 − 27	− 17 − 32	− 21 − 39	− 27 − 48	− 34 − 59	− 42 − 72	− 48 − 78	− 58 − 93	− 66 − 101	− 77 − 117	− 85 − 125	− 93 − 133	− 105 − 151	− 113 − 159	− 123 − 169			
R 7		− 10 − 20	− 11 − 23	− 13 − 28	− 16 − 34	− 20 − 41	− 25 − 50	− 30 − 60	− 32 − 62	− 38 − 73	− 41 − 76	− 48 − 88	− 50 − 90	− 53 − 93	− 60 − 106	− 63 − 109	− 67 − 113			
N 7		− 4 − 14	− 4 − 16	− 4 − 19	− 5 − 23	− 7 − 28	− 8 − 33	− 9 − 39	− 10 − 45	− 12 − 52	− 14 − 60									
M 7		− 2 − 12	0 − 12	0 − 15	0 − 18	0 − 21	0 − 25	0 − 30	0 − 35	0 − 40	0 − 46									
K 7		0 − 10	+ 3 − 9	+ 5 − 10	+ 6 − 12	+ 6 − 15	+ 7 − 18	+ 9 − 21	+ 10 − 25	+ 12 − 28	+ 13 − 33									
J 7		+ 4 − 6	+ 6 − 6	+ 8 − 7	+ 10 − 8	+ 12 − 9	+ 14 − 11	+ 18 − 12	+ 22 − 13	+ 26 − 14	+ 30 − 16									
H 7	S	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0									
G 7	S	+ 12 + 2	+ 16 + 4	+ 20 + 5	+ 24 + 6	+ 28 + 7	+ 34 + 9	+ 40 + 10	+ 47 + 12	+ 54 + 14	+ 61 + 15									
F 7		+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50									
Вал h9		0 − 25	0 − 30	0 − 36	0 − 43	0 − 52	0 − 62	0 − 74	0 − 87	0 − 100	0 − 115									
H 8	S	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0									
H 11	S	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 220 0	+ 250 0	+ 290 0									
F 8	S	+ 20 + 6	+ 28 + 10	+ 35 + 13	+ 43 + 16	+ 53 + 20	+ 64 + 25	+ 76 + 30	+ 90 + 36	+ 106 + 43	+ 122 + 50									
E 9	S	+ 39 + 14	+ 50 + 20	+ 61 + 25	+ 75 + 32	+ 92 + 40	+ 112 + 50	+ 134 + 60	+ 159 + 72	+ 185 + 85	+ 215 + 100									
D 10	S	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170									
C 11	S	+ 120 + 60	+ 145 + 70	+ 170 + 80	+ 205 + 95	+ 240 + 110	+ 280 + 110	+ 290 + 130	+ 330 + 140	+ 340 + 150	+ 390 + 170	+ 400 + 180	+ 450 + 200	+ 460 + 210	+ 480 + 230	+ 530 + 240	+ 550 + 260	+ 570 + 280		
Вал h11		0 − 60	0 − 75	0 − 90	0 − 110	0 − 130	0 − 160	0 − 190	0 − 220	0 − 250	0 − 290									
H 11	S	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 220 0	+ 250 0	+ 290 0									
D 11	S	+ 80 + 20	+ 105 + 30	+ 130 + 40	+ 160 + 50	+ 195 + 65	+ 240 + 80	+ 290 + 100	+ 340 + 120	+ 395 + 145	+ 460 + 170									
C 11	S	+ 120 + 60	+ 145 + 70	+ 170 + 80	+ 205 + 95	+ 240 + 110	+ 280 + 120	+ 290 + 130	+ 330 + 140	+ 340 + 150	+ 390 + 170	+ 400 + 180	+ 450 + 200	+ 460 + 210	+ 480 + 230	+ 530 + 240	+ 550 + 260	+ 570 + 280		
A 11	S	+ 330 + 270	+ 345 + 270	+ 370 + 280	+ 400 + 290	+ 430 + 300	+ 470 + 310	+ 480 + 320	+ 530 + 340	+ 550 + 360	+ 600 + 380	+ 630 + 410	+ 710 + 460	+ 770 + 520	+ 830 + 580	+ 950 + 660	+1030 + 740	+1110 + 820		

*) рекомендуемые посадки согласно DIN7157S = (посадка с зазором.)

Посадки по ISO, система отверстия

(Выдержка из DIN 7154)
Величина допуска указана в мкм (= 0,001 мм).

В системе отверстия предельные отклонения отверстия одинаковы (при одном и том же классе точности и одном и том же номинальном размере), а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений валов.
Во всех стандартных посадках системы отверстия нижнее отклонение равно нулю.



Валы	Тип посадки*)	Номинальные размер от ... до ... мм																				
		1 3	3 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250
Отверстие H6		+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0		+ 13 0		+ 16 0		+ 19 0		+ 22 0		+ 25 0			+ 29 0		
p 5		+ 10 + 6	+ 17 + 12	+ 21 + 15	+ 26 + 18		+ 31 + 22		+ 37 + 26		+ 45 + 32		+ 52 + 37		+ 61 + 43			+ 70 + 50		
n 5		+ 8 + 4	+ 13 + 18	+ 16 + 10	+ 20 + 12		+ 24 + 15		+ 28 + 17		+ 33 + 20		+ 38 + 23		+ 45 + 27			+ 51 + 31		
k 6		+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1		+ 15 + 2		+ 18 + 2		+ 21 + 2		+ 25 + 3		+ 28 + 3			+ 33 + 4		
j 6		+ 4 – 2	+ 6 – 2	+ 7 – 2	+ 8 – 3		+ 9 – 4		+ 11 – 5		+ 12 – 7		+ 13 – 9		+ 14 – 11			+ 16 – 13		
h 5		0 – 4	0 – 5	0 – 6	0 – 8		0 – 9		0 – 11		0 – 13		0 – 15		0 – 18			0 – 20		
Отверстие H7		+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0		+ 21 0		+ 25 0		+ 30 0		+ 35 0		+ 40 0			+ 46 0		
s 6	P	+ 20 + 14	+ 27 + 19	+ 32 + 23	+ 39 + 28		+ 48 + 35		+ 59 + 43		+ 72 + 35	+ 78 + 59	+ 93 + 71	+ 101 + 79	+ 117 + 92	+ 125 + 100	+ 133 + 108	+ 151 + 122	+ 159 + 130	+ 169 + 140
r 6	P	+ 16 + 10	+ 23 + 15	+ 28 + 19	+ 34 + 23		+ 41 + 28		+ 50 + 34		+ 60 + 41	+ 62 + 43	+ 73 + 51	+ 76 + 54	+ 88 + 63	+ 90 + 65	+ 93 + 68	+ 106 + 77	+ 109 + 80	+ 113 + 84
n 6	Ü	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12		+ 28 + 15		+ 33 + 17		+ 39 + 20		+ 45 + 23		+ 52 + 27			+ 60 + 31		
m 6		+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7		+ 21 + 8		+ 25 + 9		+ 30 + 11		+ 35 + 13		+ 40 + 15			+ 46 + 17		
k 6	Ü	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1		+ 15 + 2		+ 18 + 2		+ 21 + 2		+ 25 + 3		+ 28 + 3			+ 33 + 4		
j 6	Ü	+ 4 – 2	+ 6 – 2	+ 7 – 2	+ 8 – 3		+ 9 – 4		+ 11 – 5		+ 12 – 7		+ 13 – 9		+ 14 – 11			+ 16 – 13		
h 6	S	0 – 6	0 – 8	0 – 9	0 – 11		0 – 13		0 – 16		0 – 19		0 – 22		0 – 25			0 – 29		
g 6	S	– 2 – 8	– 4 – 12	– 5 – 14	– 6 – 17		– 7 – 20		– 9 – 25		– 10 – 29		– 12 – 34		– 14 – 39			– 15 – 44		
f 7	S	– 6 – 16	– 10 – 22	– 13 – 28	– 16 – 34		– 20 – 41		– 25 – 50		– 30 – 60		– 36 – 71		– 43 – 83			– 50 – 96		
Отверстие H8		+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0		+ 33 0		+ 39 0		+ 46 0		+ 54 0		+ 63 0			+ 72 0		
x 8	P	+ 34 + 20	+ 46 + 28	+ 56 + 34	+ 67 + 40	+ 72 + 45	+ 87 + 54	+ 97 + 64	+ 119 + 80	+ 136 + 97	+ 168 + 122	+ 192 + 146	+ 232 + 178	+ 264 + 210	+ 311 + 248	+ 343 + 280	+ 373 + 310	+ 422 + 350	+ 457 + 385	+ 497 + 425
u 8	P	+ 32 + 18	+ 41 + 23	+ 50 + 28	+ 60 + 33	+ 60 + 33	+ 74 + 41	+ 81 + 48	+ 99 + 60	+ 109 + 70	+ 133 + 87	+ 148 + 102	+ 178 + 124	+ 198 + 144	+ 233 + 170	+ 253 + 190	+ 273 + 210	+ 308 + 236	+ 330 + 258	+ 356 + 284
h 9	S	0 – 25	0 – 30	0 – 36	0 – 43		0 – 52		0 – 62		0 – 74		0 – 87		0 – 100			0 – 115		
f 7	S	– 6 – 16	– 10 – 22	– 13 – 28	– 16 – 34		– 20 – 41		– 25 – 50		– 30 – 60		– 36 – 71		– 43 – 83			– 50 – 96		
d 9	S	– 20 – 45	– 30 – 60	– 40 – 76	– 50 – 93		– 65 – 117		– 80 – 142		– 100 – 174		– 120 – 207		– 145 – 245			– 170 – 285		
Отверстие H 11		+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0		+ 130 0		+ 160 0		+ 190 0		+ 220 0		+ 250 0			+ 290 0		
h 9	S	0 – 25	0 – 30	0 – 36	0 – 43		0 – 52		0 – 62		0 – 74		0 – 87		0 – 100			0 – 115		
h 11	S	0 – 60	0 – 75	0 – 90	0 – 110		0 – 130		0 – 160		0 – 190		0 – 220		0 – 250			0 – 290		
d 9	S	– 20 – 45	– 30 – 60	– 40 – 76	– 50 – 93		– 65 – 117		– 80 – 142		– 100 – 174		– 120 – 207		– 145 – 245			– 170 – 285		
c 11	S	– 60 – 120	– 70 – 145	– 80 – 170	– 95 – 205		– 110 – 240		– 120 – 280	– 130 – 290	– 140 – 330	– 150 – 340	– 170 – 390	– 180 – 400	– 200 – 450	– 210 – 460	– 230 – 480	– 240 – 530	– 260 – 550	– 280 – 570
a 11	S	– 270 – 330	– 270 – 345	– 280 – 370	– 290 – 400		– 300 – 430		– 310 – 470	– 320 – 480	– 340 – 530	– 360 – 550	– 380 – 600	– 410 – 630	– 460 – 710	– 520 – 770	– 580 – 830	– 660 – 950	– 740 –1030	– 820 –1110

*) Рекомендуемые посадки согласно DIN7157 (P = посадка с натягом, Ü = переходная посадка, S = посадка с зазором).

Продолжение: Посадки по ISO, система отверстия

(Выдержка из DIN 7154)
Величина допуска указана в мкм (= 0,001 мм).

Наружные размеры

Валы	Номинальные размер от ... до ... мм									
	1 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250
d 11	– 20 – 80	– 30 – 105	– 40 – 130	– 50 – 160	– 65 – 195	– 80 – 240	– 100 – 290	– 120 – 340	– 145 – 395	– 170 – 460
e 8	– 14 – 28	– 20 – 38	– 25 – 47	– 32 – 59	– 40 – 73	– 50 – 89	– 60 – 106	– 72 – 126	– 85 – 148	– 100 – 172
f 8	– 6 – 20	– 10 – 28	– 13 – 35	– 16 – 43	– 20 – 53	– 25 – 64	– 30 – 76	– 36 – 90	– 43 – 106	– 50 – 122
f 9	– 6 – 31	– 10 – 40	– 13 – 49	– 16 – 59	– 20 – 72	– 25 – 87	– 30 – 104	– 36 – 123	– 43 – 143	– 50 – 165
h 7	0 – 10	0 – 12	0 – 15	0 – 18	0 – 21	0 – 25	0 – 30	0 – 35	0 – 40	0 – 46
h 8	0 – 14	0 – 18	0 – 22	0 – 27	0 – 33	0 – 39	0 – 46	0 – 54	0 – 63	0 – 72
h 10	0 – 40	0 – 48	0 – 58	0 – 70	0 – 84	0 – 100	0 – 120	0 – 140	0 – 160	0 – 185
h 12	0 – 100	0 – 120	0 – 150	0 – 180	0 – 210	0 – 250	0 – 300	0 – 350	0 – 400	0 – 460
js 11	+ 30 – 30	+ 38 – 38	+ 45 – 45	+ 55 – 55	+ 65 – 65	+ 80 – 80	+ 95 – 95	+ 110 – 110	+ 125 – 125	+ 145 – 145
js 12	+ 50 – 50	+ 60 – 60	+ 75 – 75	+ 90 – 90	+ 105 – 105	+ 125 – 125	+ 150 – 150	+ 175 – 175	+ 200 – 200	+ 230 – 230
js 14	+ 125 – 125	+ 150 – 150	+ 180 – 180	+ 215 – 215	+ 260 – 260	+ 310 – 310	+ 370 – 370	+ 435 – 435	+ 500 – 500	+ 575 – 575
js 16	+ 300 – 300	+ 375 – 375	+ 450 – 450	+ 550 – 550	+ 650 – 650	+ 800 – 800	+ 950 – 950	+ 1100 – 1100	+ 1250 – 1250	+ 1450 – 1450
k 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 180 0
k 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 220 0	+ 250 0	+ 290 0
k 12	+ 90 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0
k 16	+ 600 0	+ 750 0	+ 900 0	+ 1100 0	+ 1300 0	+ 1600 0	+ 1900 0	+ 2200 0	+ 2500 0	+ 2900 0

Единицы СИ – Международная система единиц

5. июля 1976 в ФРГ была введена система единиц СИ. По окончании переходного периода, с **1 января 1978 года,** она стала обязательной.

Основные единицы СИ*

Величина	Название	Обозначение
Длина	Метр	м
Масса	Килограмм	кг
Время	Секунда	с
Сила тока	Ампер	А
Сила	Ньютон	Н
Вращающий момент	Ньютон-метр	Н*м
Мощность	Ватт	Вт
Энергия (работа)	Джоуль	Дж
Давление	Паскаль	Па
Температура**	Кельвин	К

Основные приставки СИ и их применение

мега	М	1 000 000	$= 10^6$	1 МВт	=	1 000 000	Вт
кило	к	000	$= 10^3$	1 кВт	=	1 000	Вт
гекто	г	100	$= 10^2$	1 гл	=	100	л
дека	да	10		1 даН	=	10	Н
деци	д	0,1	$= 10^{-1}$	1 дм	=	0,1	м
санти	с	0,01	$= 10^{-2}$	1 см	=	0,01	м
милли	м	0,001	$= 10^{-3}$	1 мм	=	0,001	м
микро	мк	0,000001	$= 10^{-6}$	1 мкм	=	0,000001	м

Энергия/работа (в джоулях)

Для единицы энергии приняты 3 эквивалентных обозначения:

1. Ньтон-метр	Н•м (механическая энергия)
2. Ватт-секунда	Вт•с (электрическая энергия)
3. Джоуль	Дж (тепловая энергия)

Обозначение определяет вид энергии - механическую, электрическую или тепловую:

1 Дж = 1 Н•м = 1 Вт•с (относительно абсолютной величины)

Основные пересчеты между старыми и новыми единицами СИ

единицы СИ в старую единицу:

Н	=		0,102 кгс
Н•м	=		0,102 кгс•м (=1 Джоуль)
Вт	=		0,102 кгс•м/с (=1 Дж/с)
кВт	=		1,36 л. с.
кВт	=		860 ккал/ч
Дж	=		0,102 кгс/м²
Дж	=		0,239 кал
Па	=	(1 N/m²) =	0,102 кгс/м²
К	=		°C + 273,15

старой единицы в единицу СИ:

1 кгс	=	9,81 Н
1 кгс•м	=	9,81 Н•м
1 кгс•м/с	=	9,81 Вт
1 л. с.	=	0,736 кВт
1 ккал/ч	=	$1,16.10^{-3}$ кВт= 0,00116 кВт
1 кгс/м²	=	9,81 Дж
1 кал	=	4,19 Дж
1 кгс/м²	=	9,81 Па = 9,81 Н/м²

Согласно таблицам
1 кгс = 9,81 Н и 1 Н = 0,102 кгс.
При норме погрешностей лишь 2 процента кгс и Н расходятся на коэффициент 10.
Поэтому на практике используются следующие значения:

1 кгс ≈ 10 Н
1 Н ≈ 0,1 кгс

Перевод механических нагрузок

Единица	Н/мм²	Па	кгс/мм²
1 Н/мм²	1	10^6	0,102
1 Па	10^{-6}	1	$0,102 - 10^{-6}$
1 кгс/мм²	9,81	$9,81 - 10^6$	1

В данном случае также на практике пересчет с достаточной точностью (погрешность 2 процента) производится следующим образом:

1 Н/мм² = 0,1 кгс/мм²
1 кгс/мм² = 10 Н/мм²

Старые названия и единицы, которые сохраняются

Величина	Название	Обозначение	Отношение к единице СИ
Объём	Литр	л	1 л = 1 дм³ = 0,001 м³
Масса	Тонна	т	1 т = 1 Мг = 1000 кг
Давление	Бар	бар	1 бар = 10^5 Па
Площадь	Ар	ар	1 ар = 10^2 м²
Угол	Градус	°	1° = 17,45 мрад
	Минута	'	1'/60 = 0,291 мрад
	Секунда	"	1'/60 = 4,85 рад
Время	Минута	мин	1 мин = 60 с
	Час	ч	1 ч = 3600 с
Скорость		км/ч	1 км/ч = 1/3,6 м/с
			1 м/с = 3,6 км/ч

Благодаря использованию системы СИ можно однозначно выделить силу с одной стороны и массу (вес) с другой стороны и устранить смешение понятий кгс и кг.

Единицей силы является ньютон (Н)
Единицей массы (веса) является килограмм (кг)
Разница вызвана ускорением силы тяжести 9,81 м/с².

Например:

1. Нагрузка на балку составляет 10 кН
2. Балка весит 200 кг

Шкала Кельвина начинается с абсолютного нуля = - 273,15 °C

Следующая таблица отражает связь между °C и K:

	Кельвин	°C
Абсолютный нуль	0 K	- 273,15 °C
Точка плавления льда	273,15 K	0 °C
Точка кипения воды	373,15 K	+ 100 °C

На практике сохраняется значение температуры воды, например, 20 °C . Только для разностей температур его следует давать в кельвинах K. В данном случае 1 °C точно соответствует 1 K.
Например: Разность температур оконной рамы снаружи и изнутри составляет 15 K. Обозначение градуса ° не применяется при указании температуры в кельвинах.

Таблица пересчёта дюймов в миллиметры от 1/64″ до 12″

по стандарту DIN 4890, лист 2. При: 1 дюйм = 25,400000 миллиметра, см. DIN 4890, лист 1 (округление)

целый дюйм	0 дюйм	1 дюйм	2 дюйм	3 дюйм	4 дюйм	5 дюйм	6 дюйм	7 дюйм	8 дюйм	9 дюйм	10 дюйм	11 дюйм	12 дюйм
доли дюйма	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
0	**0**	25,400	50,800	76,200	101,600	127,00	152,40	177,80	203,20	228,60	254,00	279,40	304,80
1/64	0,397	25,797	51,197	76,597	102,997	127,40	152,80	178,20	203,60	229,00	254,40	279,80	305,20
1/32	0,794	26,194	51,594	76,994	102,394	127,79	153,19	178,60	203,99	229,39	254,79	280,19	305,59
3/64	1,191	26,591	51,991	77,391	102,791	128,19	153,59	178,99	204,39	229,79	255,19	280,59	306,99
1/16	1,588	26,988	52,388	77,788	103,188	128,59	153,99	179,39	204,79	230,19	255,59	280,99	306,39
5/64	1,984	27,384	52,784	78,184	103,584	128,98	154,38	179,78	205,18	230,58	255,99	281,39	306,79
3/32	2,381	27,781	53,181	78,581	103,981	129,38	154,78	180,18	205,58	230,98	256,38	281,78	307,18
7/64	2,778	28,178	53,578	78,978	104,978	129,78	155,18	180,58	205,98	231,38	256,78	282,18	307,58
1/8	3,175	28,575	53,975	79,375	104,775	130,18	155,58	180,98	206,38	231,78	257,18	282,58	307,98
9/64	3,572	28,972	54,372	79,772	105,172	130,57	155,97	181,37	206,77	232,17	257,57	282,97	308,37
5/32	3,969	29,369	54,769	80,169	105,569	130,97	156,37	181,77	207,17	232,57	257,97	283,37	308,77
11/64	4,366	29,766	55,166	80,566	105,966	131,37	156,77	182,17	207,57	232,97	258,37	283,77	309,17
3/16	4,763	30,163	55,563	80,963	106,363	131,76	157,16	182,56	207,96	233,36	258,76	284,16	309,56
13/64	5,159	30,559	55,959	81,359	106,759	132,16	157,56	182,96	208,36	233,76	259,16	284,56	309,96
7/32	5,556	30,956	56,356	81,756	107,156	132,56	157,96	183,36	208,76	234,16	259,56	284,96	310,36
15/64	5,953	31,353	56,753	82,153	107,553	132,95	158,35	183,75	209,15	234,55	259,95	285,35	310,75
1/4	6,350	31,750	57,150	82,550	107,950	133,35	158,75	184,15	209,55	234,95	260,35	285,75	311,15
17/64	6,747	32,147	57,547	82,947	108,347	133,75	159,15	184,55	209,95	235,35	260,75	286,15	311,55
9/32	7,144	32,544	57,944	83,344	108,744	134,14	159,54	184,94	210,34	235,74	261,14	286,54	311,94
19/64	7,541	32,941	58,341	83,741	109,141	134,54	159,94	185,34	210,74	236,14	261,54	286,94	312,34
5/16	7,938	33,338	58,738	84,138	109,538	134,94	160,34	185,74	211,14	236,54	261,94	287,34	312,74
21/64	8,334	33,734	59,134	84,534	109,934	135,33	160,73	186,13	211,53	236,93	262,34	287,74	313,14
11/32	8,731	34,131	59,531	84,931	110,331	135,73	161,13	186,53	211,93	237,33	262,73	288,13	313,53
23/64	9,128	34,528	59,929	85,328	110,728	136,13	161,53	186,93	212,33	237,73	263,13	288,53	313,93
3/8	9,525	34,925	60,325	85,725	111,125	136,53	161,93	187,32	212,73	238,13	263,53	288,93	314,33
25/64	9,922	35,322	60,722	85,122	111,522	136,92	162,32	187,72	213,12	238,52	263,92	289,32	314,72
13/32	10,319	35,719	61,119	86,519	111,919	137,32	162,72	188,12	213,52	238,92	264,32	289,72	315,12
27/64	10,716	36,116	61,516	86,916	112,316	137,72	163,12	188,52	213,92	239,32	264,72	290,12	315,52
7/16	11,113	36,513	61,913	87,313	112,713	138,11	163,51	188,91	214,31	239,71	265,11	290,51	315,91
29/64	11,509	36,909	62,309	87,709	113,109	138,51	163,91	189,31	214,71	240,11	265,51	290,91	316,31
15/32	11,906	37,306	62,706	88,106	113,506	138,91	164,31	189,71	215,11	240,51	265,91	291,31	316,71
31/64	12,303	37,703	63,103	88,503	113,903	139,30	164,70	190,10	215,50	240,90	266,30	291,70	317,10
1/2	12,700	38,100	63,500	88,900	114,300	139,70	165,10	190,50	215,90	241,30	266,70	292,10	317,50
33/64	13,097	38,497	63,897	89,297	114,697	140,10	165,50	190,90	216,30	241,70	267,10	292,50	317,90
17/32	13,494	38,894	64,294	89,694	115,094	140,49	165,89	191,29	216,69	242,09	267,49	292,89	318,29
35/64	13,891	39,291	64,691	90,091	115,491	140,89	166,29	191,69	217,09	242,49	267,89	293,29	318,69
9/16	14,288	39,688	65,088	90,488	115,888	141,29	166,69	192,09	217,49	242,89	268,29	293,69	319,09
37/64	14,684	40,084	65,484	90,884	116,284	141,68	167,08	192,48	217,88	243,28	268,69	294,09	319,49
19/32	15,081	40,481	65,881	91,281	116,681	142,08	167,48	192,88	218,28	243,68	269,08	294,48	319,88
39/64	15,478	40,878	66,287	91,678	117,078	142,48	167,88	193,28	218,68	244,08	269,48	294,88	320,28
5/8	15,875	41,275	66,675	92,075	117,475	142,88	168,28	193,68	219,08	244,48	269,88	295,28	320,68
41/64	16,272	41,672	67,072	92,472	117,872	143,27	168,67	194,07	219,47	244,87	270,27	295,67	321,07
21/32	16,669	42,069	67,469	92,869	118,269	143,67	169,07	194,47	219,87	245,27	270,67	296,07	321,47
43/64	17,066	42,466	67,866	93,266	118,666	144,07	169,47	194,87	220,27	245,67	271,07	296,47	321,87
11/16	17,463	42,863	68,263	93,663	119,063	144,46	169,86	195,26	220,66	246,06	271,46	296,86	322,26
45/64	17,859	43,259	68,659	94,059	119,459	144,86	170,26	195,66	221,06	246,46	271,86	297,26	322,66
23/32	18,256	43,656	69,056	94,456	119,856	145,26	170,66	196,06	221,46	246,86	272,26	297,66	323,06
47/64	18,653	44,053	69,453	94,853	120,253	145,65	171,05	196,45	221,85	247,25	272,65	298,05	323,45
3/4	19,050	44,450	69,850	95,250	120,650	146,05	171,45	196,85	222,25	247,65	273,05	298,45	323,85
49/64	19,447	44,847	70,247	95,647	121,047	146,45	171,85	197,25	222,65	248,05	273,45	298,85	324,25
25/32	19,844	45,244	70,644	96,044	121,444	146,84	172,24	197,64	223,04	248,44	273,84	299,24	324,64
51/64	20,241	45,641	71,041	96,441	121,841	147,24	172,64	198,04	223,44	248,64	274,24	299,64	325,04
13/16	20,638	46,038	71,438	96,838	122,238	147,64	173,04	198,44	223,84	249,24	274,64	300,04	325,44
53/64	21,034	46,434	71,834	97,234	122,634	148,03	173,43	198,83	224,23	249,64	275,04	300,44	325,84
27/32	21,432	46,831	72,231	97,631	123,031	148,43	173,83	199,23	224,63	250,03	275,43	300,83	326,23
55/64	21,828	47,228	72,628	98,028	123,428	148,83	174,23	199,63	225,03	250,43	275,83	301,23	326,63
7/8	22,225	47,625	73,025	98,425	123,825	149,23	174,63	200,03	225,43	250,83	276,23	301,63	327,03
57/65	22,622	48,022	73,422	98,822	124,222	149,62	175,02	200,42	225,82	251,22	276,62	302,02	327,42
29/32	23,019	48,419	73,819	99,219	124,619	150,02	175,42	200,82	226,22	251,62	277,02	302,42	327,82
59/64	23,416	48,816	74,216	99,616	125,016	150,42	175,82	201,22	226,62	252,02	277,42	302,82	328,22
15/16	23,813	49,213	74,613	100,013	125,413	150,81	176,21	201,61	227,01	252,41	277,81	303,21	328,61
61/64	24,209	49,609	75,009	100,409	125,809	151,21	176,61	202,01	227,41	252,81	278,21	303,61	329,01
31/32	24,606	50,006	75,406	100,806	126,206	151,61	177,01	202,41	227,81	253,21	278,61	304,01	329,41
63/64	25,003	40,403	75,803	101,203	126,603	152,00	177,40	202,80	228,20	253,60	279,00	304,40	329,80

Перевод миллиметров в дюймы

Десятичное деление; переводное значение: 1 дюйм = 25,4 мм

	миллиметры в дюймы									
мм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.03937″	0.07874″	0.11811″	0.15748″	0.19685″	0.23622″	0.27559″	0.31496″	0.35433″
10	0.39370″	0.43307″	0.47244″	0.51181″	0.55118″	0.59055″	0.62992″	0.66929″	0.70866″	0.74809″
20	0.78740″	0.82677″	0.86614″	0.90551″	0.94488″	0.98425″	1.02362″	1.06299″	1.10236″	1.14173″
30	1.18110″	1.22047″	1.25984″	1.29921″	1.33858″	1.37795″	1.41732″	1.45669″	1.49606″	1.53543″
40	1.57480″	1.61417″	1.65354″	1.69291″	1.73228″	1.77165″	1.81102″	1.85039″	1.88976″	1.92913″
50	1.96851″	2.00787″	2.04724″	2.08661″	2.12598″	2.16535″	2.20472″	2.24409″	2.28346″	2.32283″
60	2.36221″	2.40157″	2.44095″	2.48031″	2.51968″	2.55905″	2.59842″	2.63779″	2.67716″	2.71653″
70	2.75591″	2.79527″	2.83465″	2.87401″	2.91338″	2.95275″	2.99212″	3.03149″	3.07086″	3.11024″
80	3.14961″	3.18897″	3.22835″	3.26772″	3.30709″	3.34646″	3.38583″	3.42520″	3.46457″	3.50394″
90	3.54331″	3.58268″	3.62205″	3.66142″	3.70079″	3.74016″	3.77953″	3.81890″	3.85827″	3.89764″

Пример: 64,362 мм = 64 мм + 0,36 мм + 0,002 мм
= 2.51968 + 0.01417 + 0.00008 = 2.53393″

Сравнительные таблицы твёрдости по Виккерсу, Бринеллю, Роквеллу и прочности при растяжении[1)]

Информация

Твёрдость по Викерсу	Твёрдость[2)] по Бринеллю	Твёрдость[3)] по Роквеллу		Прочность при растяжении σB
HV 10	HB 30	HRB	HRC	Н/мм²
85	81	41,0	–	270
91	87	49,0	–	290
97	92	53,4	–	310
100	95	56,2	–	320
107	101	60,2	–	340
113	107	63,4	–	360
118	112	66,0	–	380
121	116	67,4	–	390
128	122	70,4	–	410
132	125	71,8	–	420
138	131	74,1	–	440
143	136	76,2	–	460
147	140	77,5	–	470
153	146	79,7	–	490
157	149	80,7	–	500
163	154	82,5	–	520
168	160	84,5	–	540
172	163	85,4	–	550
178	169	86,8	–	570
184	175	88,0	–	590
187	178	88,7	–	600
193	184	90,2	–	620
200	190	91,5	–	640
205	195	92,5	–	660
208	198	93,2	–	670
212	201	93,7	–	680
222	211	95,4	–	710
225	214	96,0	–	720
228	217	96,4	–	730
233	222	97,2	–	750
236	225	–	19,2	760
243	231	–	21,0	780
250	238	–	22,2	800
255	242	–	23,1	820
258	245	–	23,7	830
265	252	–	24,8	850
272	258	–	25,8	870
275	261	–	26,4	880
280	266	–	27,1	900
287	273	–	28,0	920
293	278	–	28,8	940
295	280	–	29,7	950
302	287	–	30,0	970
308	293	–	30,8	990
314	299	–	31,5	1010
323	307	–	32,5	1040
336	319	–	33,9	1080
345	328	–	34,9	1110
355	338	–	36,0	1140

Твёрдость по Викерсу	Твёрдость[2)] по Бринеллю	Твёрдость[3)] по Роквеллу		Прочность при растяжении σB
HV 30	HB 30	HRB	HRC	Н/мм²
364	346	–	37,1	1170
373	355	–	38,1	1200
383	364	–	39,1	1230
391	372	–	39,9	1260
400	380	–	40,8	1290
410	390	–	41,8	1320
420	399	–	42,7	1350
429	408	–	43,4	1380
437	415	–	44,2	1410
443	421	–	44,7	1430
452	430	–	45,4	1460
455	–	–	45,7	1470
464	–	–	46,4	1500
473	–	–	47,1	1530
481	–	–	47,8	1560
489	–	–	48,3	1590
500	–	–	49,1	1630
509	–	–	49,7	1660
520	–	–	50,5	1700
528	–	–	51,0	1730
536	–	–	51,4	1760
547	–	–	52,1	1800
556	–	–	52,7	1830
567	–	–	53,4	1870
575	–	–	53,9	1900
586	–	–	54,4	1940
596	–	–	55,0	1980
607	–	–	55,6	2020
615	–	–	56,0	2050
629	–	–	56,7	2100
639	–	–	57,2	2140
650	–	–	57,8	2180
670	–	–	58,0	–
680	–	–	58,5	–
690	–	–	59,0	–
700	–	–	59,5	–
720	–	–	60,4	–
740	–	–	61,2	–
760	–	–	62,0	–
780	–	–	62,8	–
800	–	–	63,6	–
820	–	–	64,3	–
840	–	–	65,0	–
860	–	–	65,7	–
880	–	–	66,3	–
900	–	–	66,9	–
920	–	–	67,5	–
940	–	–	68,0	–

1) Все значения твёрдости, рассчитанные по разным методикам для разных обрабатываемых материалов, являются условно сопоставимыми; согласно DIN50150.

2) Рассчитано по: HD = 0,95×HV.

3) Значения твёрдости по Роквеллу, указанные с точностью до десятой, служат только для интерполяции и в окончательном результате

Составлено при сотрудничестве с Институтом Фраунхофера IWU

Институт станкостроения и технологии обработки давлением Фраунхофера IWU – это учреждение, в котором исследования и разработки выполняются при тесном сотрудничестве представителей производства, науки и государства.

Разработки современных комплексных производственных линий для обработки давлением свидетельствуют о нашем успешном продвижении на ведущие позиции в области профессионального оборудования. Спектр научно-исследовательских разработок охватывает технологии и оборудование как для обработки металлов резанием, так и для пластического деформирования.

Традиционные промышленные технологии всё чаще наталкиваются на технологические, экологические и чисто экономические ограничения. Большие усилия сосредоточены на сокращении времени на разработку и изготовление изделий за счёт применения эффективных технологий и оборудования и на создание альтернативных методов изготовления мелких партий изделий.

Последние достижения в области обработки резанием характеризуются стремлением повысить производительность и гибкость, качество и стабильность процессов, а также экологичность производства. Целенаправленное усовершенствование технологий, инструментов и оборудования возможно только при условии изучения и правильного понимания технологического процесса.

Наряду с разработкой методов, направленных на сокращение основного технологического времени, большое внимание сотрудники института уделяют созданию условий для эффективного применения современных технологий: высокоскоростной и высокопроизводительной обработки резанием, твёрдой, сухой и 5-координатной фрезерной обработки, а также гибридных технологий.

В настоящее время Институт Фрауенхофера является ведущим немецким научно-исследовательским учреждением в данной области. В нём работают почти 160 высококвалифицированных сотрудников и имеется производственно-техническая лаборатория площадью 3500 м^2.

Институт Фрауенхофера предлагает следующие услуги:

- оптимизация и разработка станков и производственных установок включая технологии, инструменты и блоки управления,
- сопровождение при внедрении новых технологий и изделий,
- проведение семинаров и тренингов,
- составление технико-экономических обоснований,
- создание прототипов,
- сопровождение при проведении измерений.

Производственно-техническая лаборатория в IWU

Институт разрабатывает технические и организационные решения для мелких, средних и крупных производственных и обслуживающих предприятий, работающих в автомобильной и смежных с ней отраслях. Кроме того по заказу федерального и земельных правительств в Институте проводятся стратегические научно-исследовательские разработки в области ключевых инновационных технологий, имеющих большое общественное значение. Институт принимает участие в соответствующих технологических программах Европейского Сообщества.

Организационная структура и техническое оснащение института позволяют ему проводить крупномасштабные комплексные исследования и разработки. Под одной крышей объединяются научные изыскания и разработки, обеспечение качества, консультирование и обучение.

В ближайшие годы основное внимание будет по-прежнему уделяться оптимизации существующих технологический процессов и систем, а также разработке и реализации совершенно новых методов производства.

www.iwu.fraunhofer.de