

КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ



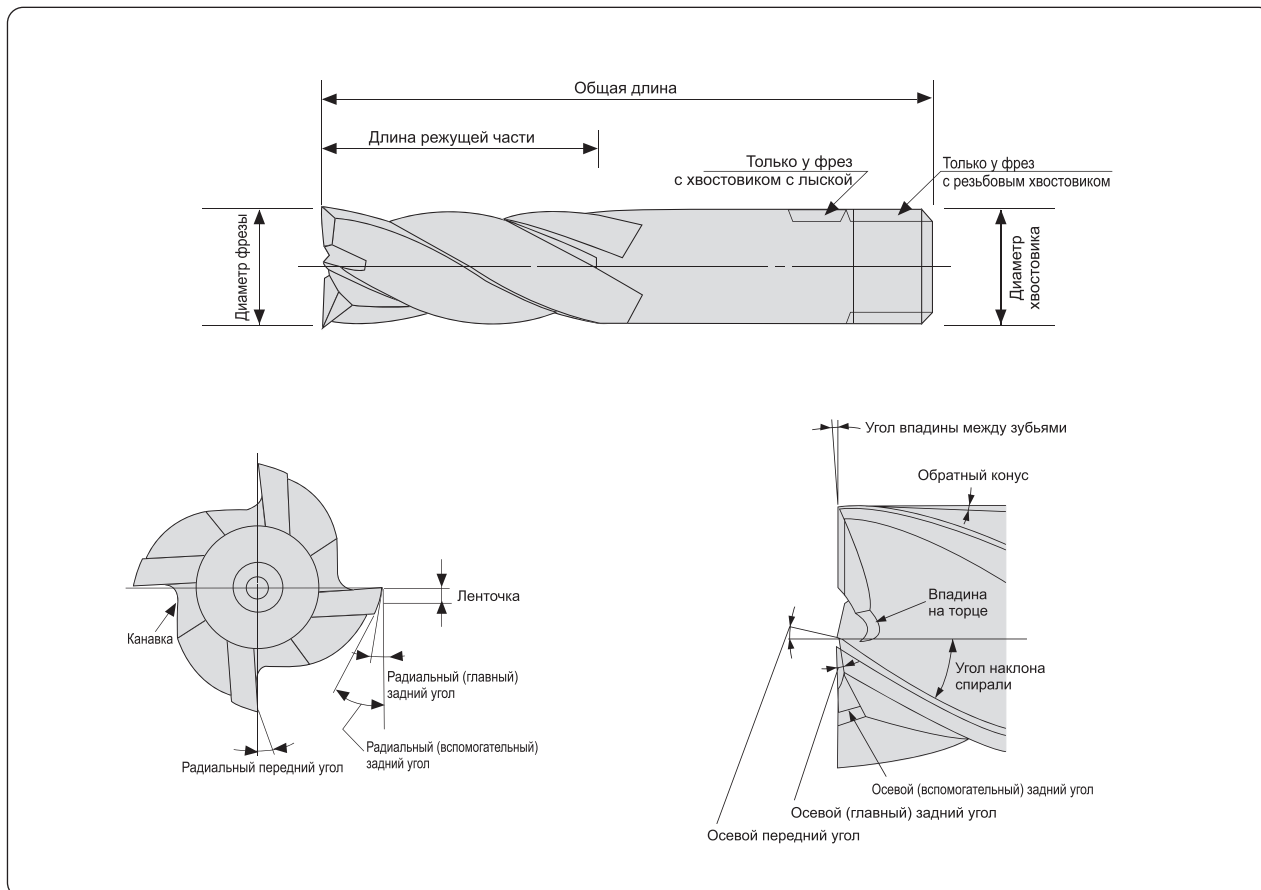
Путь к лучшему лежит через инновации



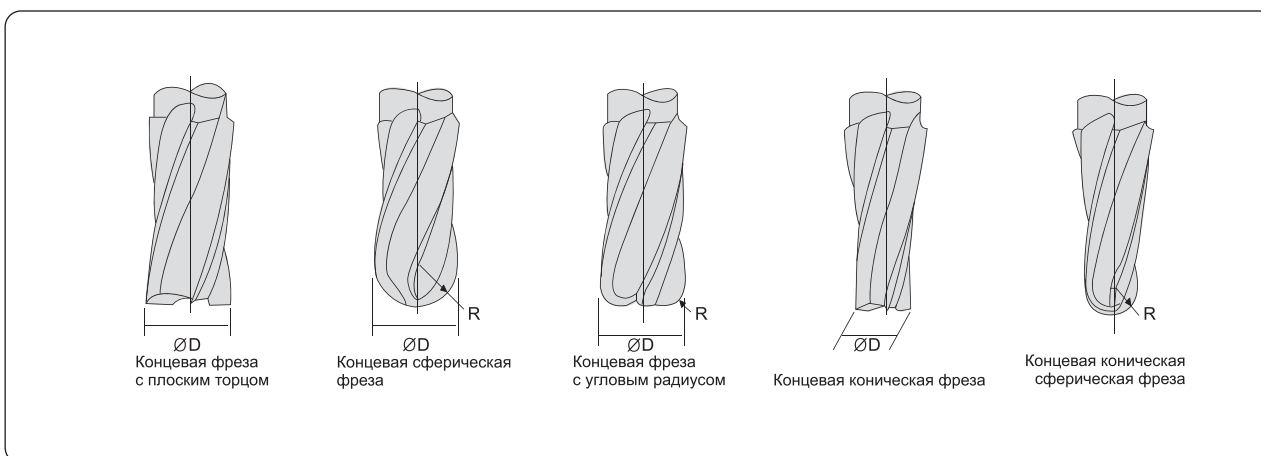
TECHNICAL DATA ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ



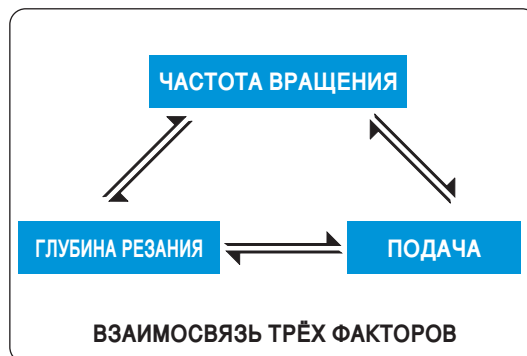
Конструкция и геометрия концевых фрез



Типы концевых фрез



Для получения наилучших результатов обработки необходимо учитывать такие важные факторы как: скорость резания, подача и глубина резания. Неправильно подобранные скорость резания и подача отрицательно сказываются на качестве обработки, ведут к снижению производительности и повреждению фрезы. Ниже приведена информация по подбору скорости резания и подачи при обработке фрезерными инструментами, в том числе концевыми фрезами. Данную информацию можно использовать в качестве рекомендаций при выборе условий обработки.



3 СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ

При фрезеровании окружная СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ измеряется в метрах в минуту (частота вращения (обороты в минуту) умноженная на длину окружности фрезы (в метрах)). В данном контексте термины «окружная скорость», «скорость резания» означают одно и то же.

$$N = \frac{1000V}{\pi \times D}$$

Частота вращения (об/мин) V: Скорость резания (м/мин)
 D: Диаметр фрезы (мм)
 N: Частота вращения (об/мин)
 π : 3.1416

Указанные выше параметры выбираются соответственно конкретным условиям обработки.
Например:

| В следующих условиях рекомендуется выбирать более низкую скорость резания | В следующих условиях рекомендуется выбирать более высокую скорость резания |
|---|--|
| Обработка твёрдых материалов Обработка прочных материалов Обработка абразивных материалов Обработка с большими припусками Снижение износа инструмента Продление срока эксплуатации инструмента | Обработка мягких материалов Получение высокого качества обрабатываемой поверхности Использование фрез с малым диаметром Обработка с малыми припусками Обработка хрупких заготовок Обработка с ручной подачей Максимальная производительность Обработка неметаллов |

4 ПОДАЧА

Как правило, подача измеряется в миллиметрах в минуту. Она вычисляется по следующей формуле: подача на зуб x число оборотов в минуту x число зубьев фрезы. Ввиду наличия фрез разных размеров, с различным числом зубьев и частотой вращения все виды подач вычисляются на основе подачи на зуб. Подача на зуб лежит в основе вычисления минутной подачи вне зависимости от диаметра фрезы (большой или малый), типа расположения зубьев (с мелким или крупным шагом), и окружной скорости резания (высокая или низкая). Величина подачи на зуб влияет на толщину получаемой стружки и является важным фактором в определении стойкости фрезы.

Максимально высокая величина подачи на зуб обычно позволяет увеличить срок эксплуатации фрезы между заточками и увеличить производительность. Чрезмерная величина подачи может привести к перегрузке зубьев и вызвать отламывание или скалывание режущих кромок. При использовании рекомендуемой величины подачи на зуб необходимо учитывать следующие факторы.



КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ

Минутная подача в миллиметрах в минуту (F.M.)

$$F.M = F.R. \times R.P.M$$

F.R. : подача на оборот в миллиметрах на оборот

R.P.M. : частота вращения в оборотах в минуту

При использовании рекомендуемой величины подачи на зуб необходимо учитывать следующие факторы.

В следующих условиях рекомендуется выбирать более высокую подачу

Обработка с большими припусками, черновая обработка
Обработка жёстких материалов
Обработка мягких материалов
Использование фрез повышенной прочности
Обработка массивных заготовок
Обработка материалов с низкой прочностью на разрыв
Использование фрез с зубьями с крупным шагом
Обработка абразивных материалов

В следующих условиях рекомендуется выбирать более низкую подачу

Обработка с малыми припусками, чистовая обработка
Обработка хрупких заготовок
Обработка труднообрабатываемых материалов
Использование малогабаритных фрез малого диаметра
Прорезание глубоких пазов
Обработка материалов с высокой прочностью на разрыв
Использование фрез с зубьями с мелким шагом

ВЫЧИСЛЕНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ И ПОДАЧИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФРЕЗАМИ И ДРУГИМИ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ИНСТРУМЕНТАМИ

| ИСКОМОЕ ЗНАЧЕНИЕ | ИМЕЮЩИЕСЯ ДАННЫЕ | ФОРМУЛА |
|--|--|--|
| Скорость резания, м/мин (V) | Диаметр инструмента в миллиметрах =D Частота вращения (об/мин) =R.P.M. | $V = \frac{D \times 3.1416 \times R.P.M.}{1000}$ |
| Частота вращения (об/мин) | Скорость резания (м/мин) =V Диаметр инструмента в миллиметрах =D | $R.P.M. = \frac{V \times 1000}{D \times 3.1416}$ |
| Подача на оборот (мм/об) | Минутная подача (мм/мин) =F.M. Частота вращения (об/мин) =R.P.M. | $F.R. = \frac{F.M.}{R.P.M.}$ |
| Минутная подача (мм/мин) | Подача на оборот (мм/об) =F.R. Частота вращения (об/мин) =R.P.M. | $F.M. = F.R. \times R.P.M.$ |
| Число зубьев, задействованных в минуту | Число зубьев фрезы =T Частота вращения (об/мин) =R.P.M. | $T.M = T \times R.P.M.$ |
| Подача на зуб | Число зубьев фрезы =T Подача на оборот (мм/об) =R.P.M. | $F.T. = \frac{F.R.}{T}$ |
| Подача на зуб | Число зубьев фрезы =T Минутная подача (мм/мин) =F.M. Частота вращения (об/мин) =R.P.M. | $F.T. = \frac{F.M.}{T \times R.P.M.}$ |

5 ЗАТОЧКА

По мере затупления режущих кромок, фреза больше вибрирует при обработке, стружка становится мельче, а качество обрабатываемой поверхности ухудшается. В таком случае необходимо заточить фрезу. Ниже приведены случаи, при которых необходима заточка фрезы.

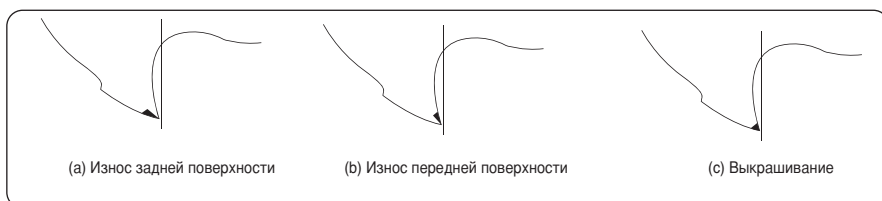


Рис. 1. Виды износа режущей кромки

6 ЗАТОЧКА ПО ВЕЛИЧИНЕ ИЗНОСА

Заточка фрез осуществляется по мере достижения определённой величины износа (Рис. 2). Это позволяет осуществлять заточку фрезы без ущерба для срока её эксплуатации. Величина износа может исчисляться в сотых или десятых долях миллиметра в зависимости от типа фрезы и требуемого качества обработки заготовки. Данный способ заточки применяется в масштабах серийного производства, когда необходимо снимать припуски разной величины или, когда обрабатываются материалы различных типов. Также данный способ можно использовать и при производстве небольших партий изделий.

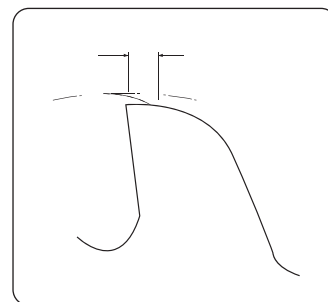


Рис. 2. Величина износа

7 ЗАТОЧКА ПЕРИФЕРИЙНЫХ РЕЖУЩИХ КРОМОК

1 ЗАТОЧКА ПЕРИФЕРИЙНЫХ РЕЖУЩИХ КРОМОК

Заточка заднего угла концевых фрез может осуществляться тремя способами как показано на Рис.3 : посредством круглого шлифования или плоского шлифования, а также с помощью шлифовального станка с эксцентриком. Чаще всего формирование заднего угла концевых фрез осуществляют с помощью круглошлифовальных станков с эксцентриком. Это позволяет получить высокое качество затачиваемой поверхности и повысить прочность режущих кромок (рис. 4). В результате, срок эксплуатации инструмента увеличивается.

Геометрия заднего угла бывает трех основных типов: вогнутый, плоский и эксцентриковый. Большинство выпускаемых сейчас концевых фрез имеют эксцентриковую геометрию заднего угла. Данный метод заточки позволяет достичь высокого качества поверхности заднего угла и увеличить прочность зуба. (Рис. 4) В результате увеличивается срок эксплуатации инструмента.

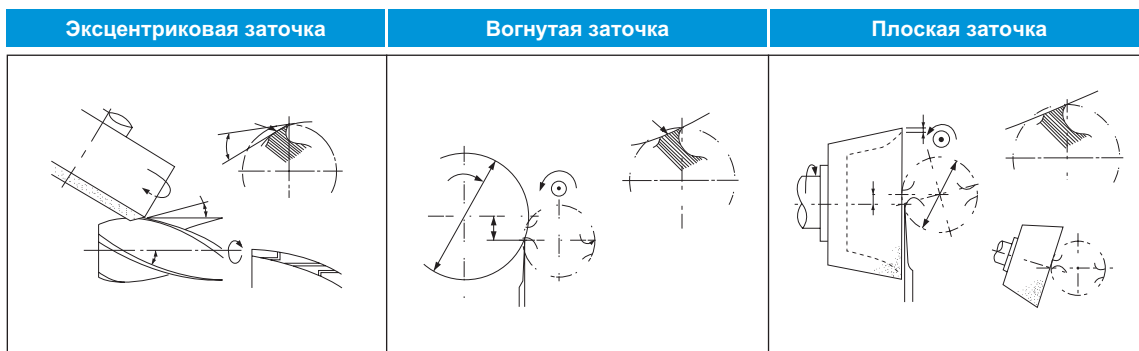


Рис. 3. Три способа заточки главного заднего угла

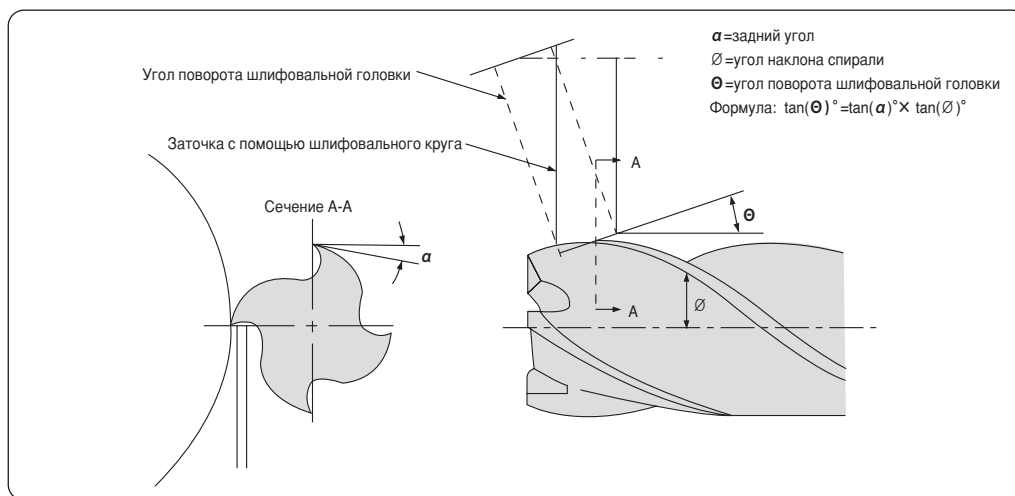


Рис. 4. Заточка по главной задней поверхности

2 УГОЛ ПОВОРОТА ШЛИФОВАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Эксцентриковая заточка заднего угла формируется путём позиционирования шлифовального круга параллельно оси инструмента или под небольшим углом к ней. Угол заточки изменяется путём поворота шлифовальной головки на нужный угол.

Таблица 1. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАДНЕГО УГЛА ДЛЯ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ

| Диаметр фрезы (мм) | Показание стрелки индикатора согласно указанной величине эксцентрикового заднего угла | | Контрольное расстояние | Угол поворота шлифовального круга (град.) Θ | | | Величина радиального заднего угла (α1) | Величина вспомогательного заднего угла (α2) |
|--------------------|---|-------|------------------------|---|------------------|------------------|--|---|
| | Мин | Макс | | Угол спирали 15° | Угол спирали 30° | Угол спирали 60° | | |
| - | - | - | - | *Угол | *Угол | *Угол | *Угол | *Угол |
| 3.0 | 0.100 | 0.130 | 0.40 | 4° 24' | 9° 25' | 26° 28' | 16° 02' | 25° |
| 6.0 | 0.090 | 0.125 | 0.50 | 3° 18' | 7° 05' | 20° 25' | 12° 08' | 25° |
| 12.0 | 0.100 | 0.135 | 0.65 | 2° 46' | 5° 46' | 17° 23' | 10° 15' | 25° |
| 25.0 | 0.095 | 0.140 | 0.80 | 2° 15' | 4° 15' | 14° 16' | 8° 21' | 25° |
| 40.0 | 0.085 | 0.125 | 0.80 | 2° 01' | 4° 33' | 12° 48' | 7° 29' | 25° |
| 50.0 | 0.085 | 0.125 | 0.80 | 2° 01' | 4° 33' | 12° 48' | 7° 29' | 25° |

Радиальный (главный) задний угол формируется согласно указанным данным, однако он может отличаться в зависимости от типа фрезы, типа заготовки и текущих условий обработки.

* Величина угла вычисляется на основе радиального (главного) заднего угла.

8 ЗАТОЧКА ТОРЦОВЫХ ЗУБЬЕВ

На Рис. 5 (А – D) показана последовательность действий по заточке торцовых зубьев на примере двузубой концевой фрезы с плоским торцом. Три действия являются обязательными для выполнения, а одно – необязательным. Также приводятся рекомендации по установке. Затемнённые области обозначают затачиваемые поверхности.

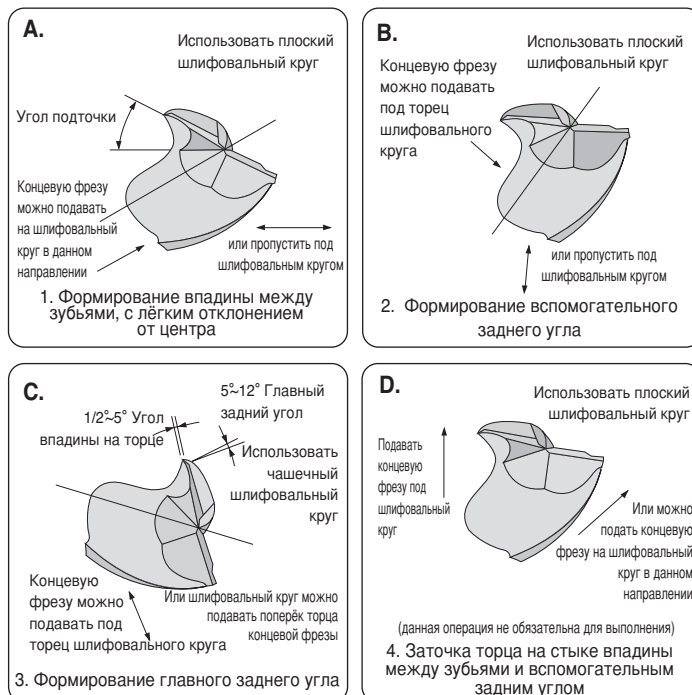


Рис. 5 ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ ПРИ ЗАТОЧКЕ ТОРЦОВЫХ ЗУБЬЕВ (НА ПРИМЕРЕ ДВУЗУБОЙ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЫ С ПЛОСКИМ ТОРЦОМ)

9 КОНТРОЛЬ ПОСЛЕ ЗАТОЧКИ

Данный контроль осуществляется на основании данных, приведённых в Таблице 1. Порядок действий для контроля величины радиального заднего угла с помощью индикаторов.

1. Установить фрезу так, чтобы она могла свободно поворачиваться, а торец при этом оставался неподвижным.
2. Установить индикатор таким образом, чтобы он соприкасался с самой вершиной режущей кромки, указывая в радиальном направлении (Рис. 6).
3. Переместить фрезу на контрольное расстояние, указанное в таблице, и использовать второй индикатор для проверки.
4. Проверить приведённые в таблице данные относительно ожидаемых показаний стрелки индикатора в зависимости от диаметра фрезы и величины заднего угла.



Рис. 6. Установка индикатора для проверки

10 Устранение проблем при фрезеровании

| Проблема | Проявление проблемы | Устранение |
|-----------------------------|--|--|
| Поломка инструмента | <ul style="list-style-type: none"> • На начальном этапе контакта инструмента с заготовкой • При завершении обработки | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить подачу. 2. Уменьшить вылет инструмента 3. Уменьшить длину режущей кромки до минимальной необходимой величины. |
| | <ul style="list-style-type: none"> • В процессе обработки | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить подачу. 2. Регулярно проверять степень износа инструмента и своевременно заменять его. 3. Заменить патрон или цангу. 4. Уменьшить вылет 5. Притупить режущую кромку. 6. Если используется фреза с 4 зубьями, то заменить на фрезу с 2 зубьями (брикетирование стружки). 7. При выполнении обработки без СОЖ осуществить подачу СОЖ. При выполнении обработки с подачей СОЖ на переднюю часть инструмента, изменить направление подачи СОЖ так, чтобы она на заднюю или боковую часть. Обеспечить обильную подачу СОЖ. |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Если неисправность возникла при смене направления подачи | <ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнить команду круговой интерполяции (при использовании станка с ЧПУ) или временно остановить подачу (при наличии ручного механизма управления подачей). 2. Непосредственно перед и после смены направления снизить подачу. 3. Заменить патрон или зажимное приспособление. |
| Выкрашивание режущей кромки | <ul style="list-style-type: none"> • Выкрашивание по углам | <ol style="list-style-type: none"> 1. Притупить режущую кромку. 2. Попутное фрезерование → встречное фрезерование |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Выкрашивание на длине, равной глубине резания | <ol style="list-style-type: none"> 1. Попутное фрезерование → встречное фрезерование 2. Уменьшить скорость резания |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Сколы в центральной части или по всей поверхности режущей кромки | <ol style="list-style-type: none"> 1. Притупить режущую кромку. 2. Изменить частоту вращения (если станок вибрирует). 3. Увеличить/уменьшить скорость резания. 4. В случае появления скрипящего звука во время обработки необходимо увеличить подачу. 5. При обработке без СОЖ выполнить подачу СОЖ или обдув воздухом. 6. Заменить патрон или цангу. |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Крупные трещины на режущей кромке | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить подачу. 2. Если используется фреза с 4 зубьями, то заменить на фрезу с 2 зубьями. 3. Притупить режущую кромку. 4. Заменить патрон или цангу. 5. Уменьшить скорость резания. 6. При выполнении обработки без СОЖ осуществить подачу СОЖ. При выполнении обработки с подачей СОЖ на переднюю часть инструмента, изменить направление подачи СОЖ так, чтобы она подавалась на заднюю или боковую часть. Обеспечить обильную подачу СОЖ |

| Проблема | Проявление проблемы | Устранение |
|--|---|---|
| Быстрый износ инструмента | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить скорость резания. 2. Встречное фрезерование → попутное фрезерование 3. Увеличить подачу. 4. Выполнить подачу СОЖ или обдув воздухом. 5. Выполнить заточку по главной задней поверхности инструмента надлежащим образом. |
| Низкое качество обработанной поверхности | • Шероховатость поверхности | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить подачу. 2. Если используется фреза с 2 зубьями, то заменить на фрезу с 4 зубьями. |
| | • Налипание мелкой стружки | <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить скорость резания. 2. Обеспечить обильную подачу СОЖ или обдув воздухом. 3. Притупить режущую кромку. 4. Встречное фрезерование → попутное фрезерование. 5. Увеличить подачу или увеличить припуск на окончательную обработку. |
| | • Поперечные полосы на обработанной поверхности | <ol style="list-style-type: none"> 1. Притупить режущую кромку. Использовать водонерастворимую СОЖ. 2. Попутное фрезерование → встречное фрезерование |
| | • Резание с превышением заданного припуска | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить глубину чистовой обработки 2. Увеличить скорость резания. 3. Уменьшить подачу. |
| Нарушена точность обработки | • Окончательные размеры в минус | <ol style="list-style-type: none"> 1. Встречное фрезерование → попутное фрезерование 2. Уменьшить глубину чистового прохода. 3. Заменить патрон цангу. 4. Уменьшить вылет инструмента. 5. Увеличить скорость резания. |
| | • Нарушение перпендикулярности | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшить глубину чистового прохода. 2. Заменить патрон или цангу. 3. Уменьшить вылет инструмента. 4. Увеличить скорость резания. 5. Если используется фреза с 2 зубьями, то заменить на фрезу с 4 зубьями. 6. Уменьшить подачу. 7. Проверить степень износа инструмента и при необходимости замените его. |
| Вибрации при обработке | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить подачу (если подача на зуб составляет более 0,05 мм, то уменьшить подачу). 2. Изменить скорость резания. 3. Заменить патрон или цангу. 4. Уменьшить вылет инструмента. 5. Для черновой обработки использовать фрезу с 2 зубьями, а для чистовой обработки использовать фрезу с 4 зубьями. 6. Попутное фрезерование → встречное фрезерование |

ТВЕРДЫЙ
СПЛАВ

БЫСТРО-
РЕЖУЩАЯ
СТАЛЬ



КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ

ФРЕЗЫ CBN

ФРЕЗЫ
i-Xmill

ФРЕЗЫ
i-HS mill

ФРЕЗЫ
X5070

ФРЕЗЫ
4G Mill

ФРЕЗЫ
X-SPEED
ROUGHER

ФРЕЗЫ
X-POWER

ФРЕЗЫ
JET-POWER

ФРЕЗЫ
TN Mill

ФРЕЗЫ
V7 Mill

ФРЕЗЫ
ALU-POWER

ФРЕЗЫ
CRX S

ФРЕЗЫ
D-POWER
ДЛЯ ГРАФИТА

ФРЕЗЫ
D-POWER
ДЛЯ УГЛЕПЛАСТИКА

РОУТЕРЫ

ФРЕЗЫ K-2

ФРЕЗЫ
ОБЩЕГО
НАЗНАЧЕНИЯ

ФРЕЗЫ
TANK-POWER

КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ
ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ
СТАЛИ

ФРЕЗЫ ИЗ
БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ
СТАЛИ



Сравнительная таблица для шкал измерения твёрдости

| Твёрдость по шкале С Роквелла (индентор: алмазный конус, нагрузка: 150 кгс) (HRC) | Твёрдость по Виккерсу (HV) | Твёрдость по Бринеллю (диаметр шарика: 10 мм, приблизительная эквив. нагрузка: 29,42 кН) (HB) | Твёрдость по шкале А Роквелла (индентор: алмазный конус, нагрузка: 60 кгс) (HRA) | Твёрдость по Шору (HS) | Примерная прочность на разрыв, Н/мм ² |
|--|----------------------------------|--|---|------------------------------|--|
| 68 | 940 | - | 85.6 | 97 | - |
| 67 | 900 | - | 85.5 | 95 | - |
| 66 | 865 | - | 84.5 | 92 | - |
| 65 | 832 | - | 83.9 | 91 | - |
| 64 | 800 | - | 83.4 | 88 | - |
| 63 | 772 | - | 82.8 | 87 | - |
| 62 | 746 | - | 82.3 | 85 | - |
| 61 | 720 | - | 81.8 | 83 | - |
| 60 | 697 | - | 81.2 | 81 | - |
| 59 | 674 | - | 80.7 | 80 | - |
| 58 | 653 | - | 80.1 | 78 | - |
| 57 | 633 | - | 79.6 | 76 | - |
| 56 | 613 | - | 79.0 | 75 | - |
| 55 | 595 | - | 78.5 | 74 | 2079 |
| 54 | 577 | - | 78.0 | 72 | 2010 |
| 53 | 560 | - | 77.4 | 71 | 1952 |
| 52 | 544 | 500 | 76.8 | 69 | 1883 |
| 51 | 528 | 487 | 76.3 | 68 | 1824 |
| 50 | 513 | 475 | 75.9 | 67 | 1755 |
| 49 | 498 | 464 | 75.2 | 66 | 1687 |
| 48 | 484 | 451 | 74.7 | 64 | 1639 |
| 47 | 471 | 442 | 74.1 | 63 | 1578 |
| 46 | 458 | 432 | 73.6 | 62 | 1530 |
| 45 | 446 | 421 | 73.1 | 60 | 1481 |
| 44 | 434 | 409 | 72.5 | 58 | 1432 |
| 43 | 423 | 400 | 72.0 | 57 | 1383 |
| 42 | 412 | 390 | 71.5 | 56 | 1334 |
| 41 | 402 | 381 | 70.9 | 55 | 1294 |
| 40 | 392 | 371 | 70.4 | 54 | 1245 |
| 39 | 382 | 362 | 69.9 | 52 | 1216 |
| 38 | 372 | 353 | 69.4 | 51 | 1177 |
| 37 | 363 | 344 | 68.9 | 50 | 1157 |
| 36 | 354 | 336 | 68.4 | 49 | 1118 |
| 35 | 345 | 327 | 67.9 | 48 | 1079 |
| 34 | 336 | 319 | 67.4 | 47 | 1059 |
| 33 | 327 | 311 | 66.8 | 46 | 1030 |
| 32 | 318 | 301 | 66.3 | 44 | 1000 |
| 31 | 310 | 294 | 65.8 | 43 | 981 |
| 30 | 302 | 286 | 65.3 | 42 | 952 |
| 29 | 294 | 279 | 64.7 | 41 | 932 |
| 28 | 285 | 271 | 64.3 | 41 | 912 |
| 27 | 279 | 264 | 63.8 | 40 | 883 |
| 26 | 272 | 258 | 63.3 | 38 | 863 |
| 25 | 266 | 253 | 62.8 | 38 | 843 |
| 24 | 260 | 247 | 62.4 | 37 | 824 |
| 23 | 254 | 243 | 62.0 | 36 | 804 |
| 22 | 248 | 237 | 61.5 | 35 | 785 |
| 21 | 243 | 231 | 61.0 | 35 | 775 |
| 20 | 238 | 226 | 60.5 | 34 | 755 |
| (18) | 230 | 219 | - | 33 | 736 |
| (16) | 222 | 212 | - | 32 | 706 |
| (14) | 213 | 203 | - | 31 | 677 |
| (12) | 204 | 194 | - | 29 | 647 |
| (10) | 196 | 187 | - | 28 | 618 |
| (8) | 188 | 179 | - | 27 | 598 |
| (6) | 180 | 171 | - | 26 | 579 |
| (4) | 173 | 165 | - | 25 | 549 |
| (2) | 166 | 158 | - | 24 | 530 |
| (0) | 160 | 152 | - | 24 | 520 |