



ФРЕЗЫ

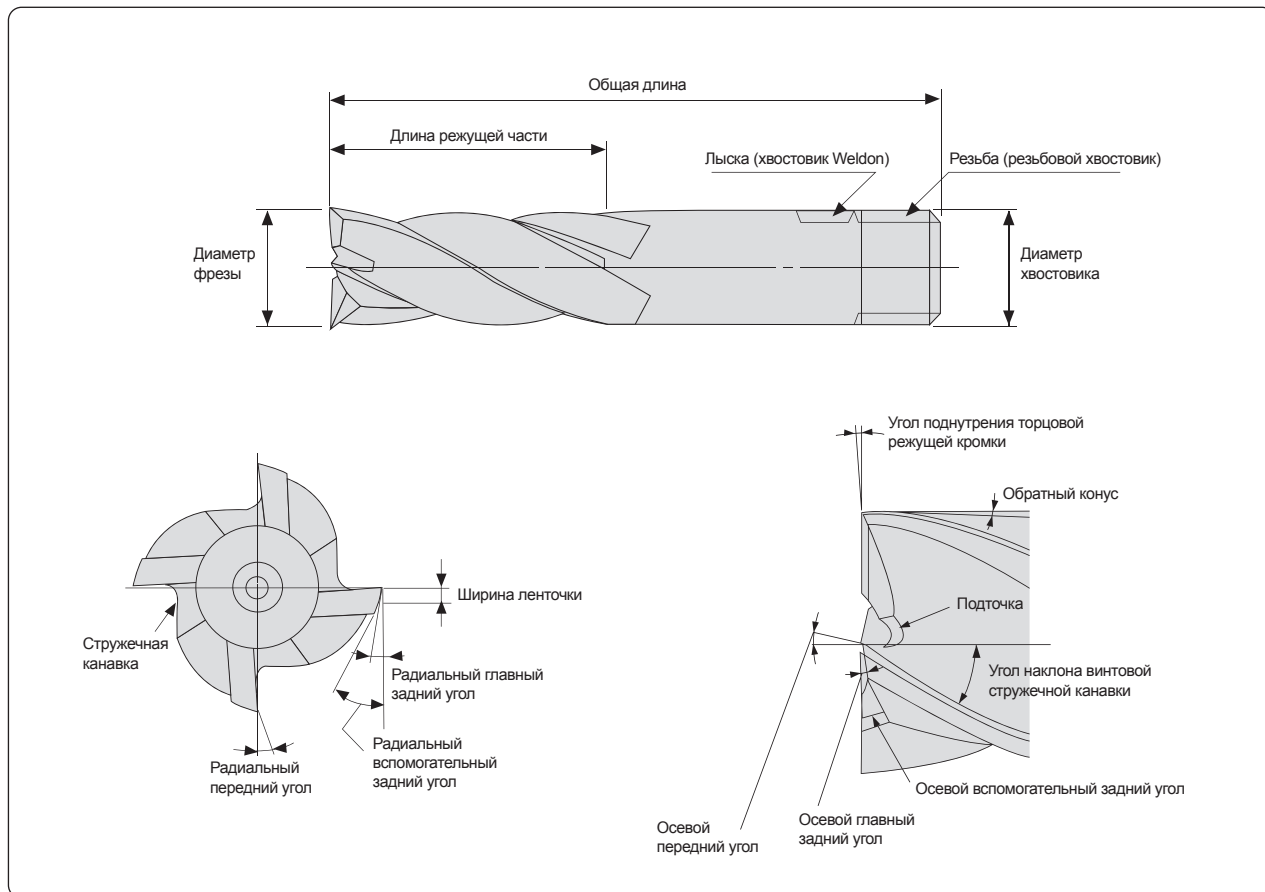
Being the best through innovation



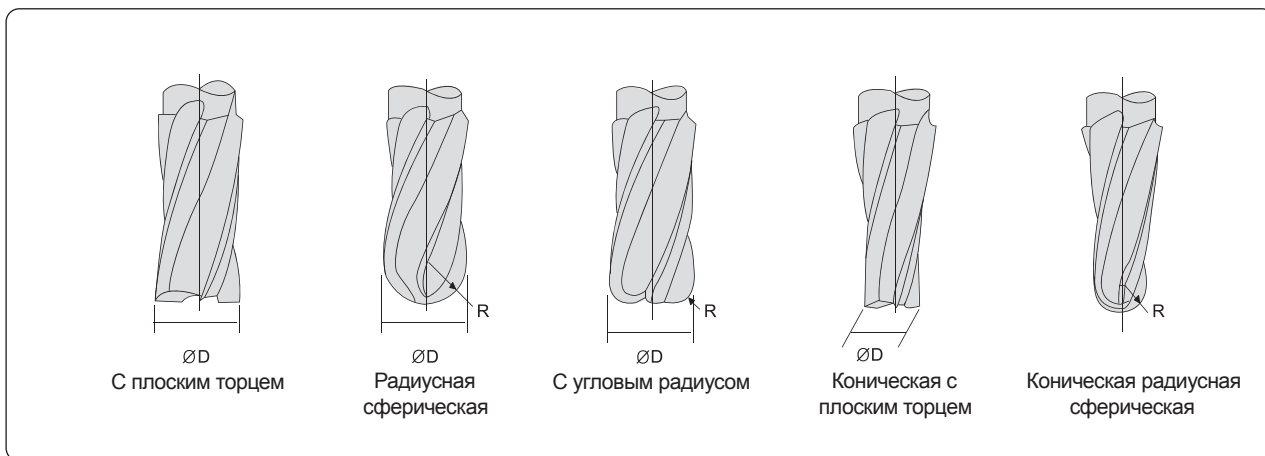
**ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ**



Геометрия и конструкция концевых фрез

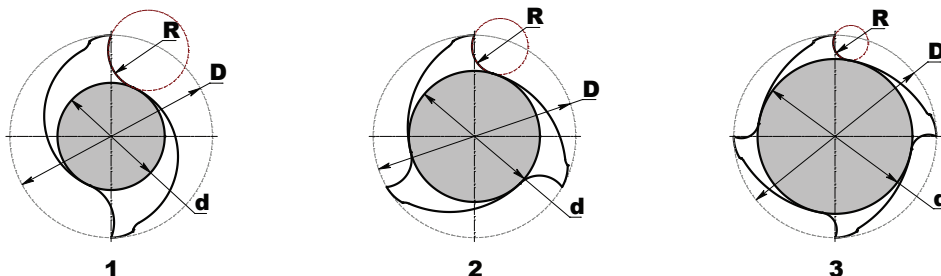


Типы концевых фрез



3 Выбор числа зубьев

Число зубьев определяют исходя из свойств обрабатываемого материала, размеров детали и условий обработки.



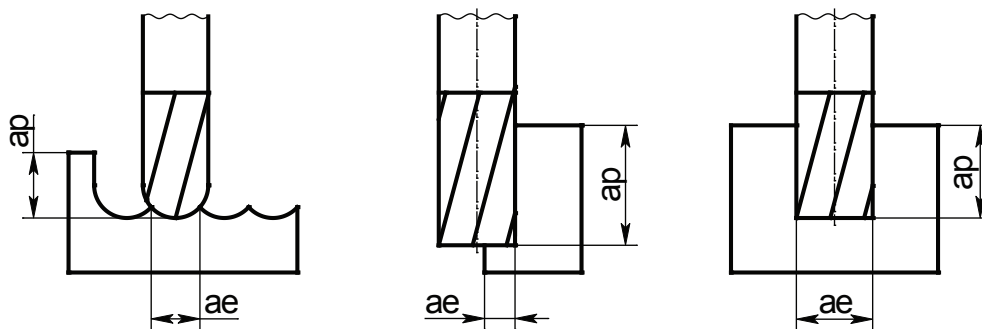
D - диаметр фрезы
d - диаметр сердцевины
R - условный радиус стружечной канавки

1. Двухзубые	2. Трёхзубые	3. Четырёхзубые (многозубые)
<ul style="list-style-type: none"> - низкая прочность на изгиб; - большое пространство для стружки, отсутствие пакетирования; - надёжное удаление стружки; - меньшая жёсткость вследствие меньшей площади сечения сердцевины; - обработка пазов и фрезерование в тяжёлых условиях; - низкое качество обработанной поверхности; - рекомендуется при малой жёсткости технологической системы. 	<ul style="list-style-type: none"> - меньшее пространство для стружки, чем у 2-х зубой; - средняя прочность на изгиб; - большая площадь сечения сердцевины, выше жёсткость, чем у 2-х зубой; - лучше качество обработанной поверхности; - универсальное применение. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая жёсткость благодаря большой площади сечения сердцевины; - небольшое пространство для стружки; - высокое качество обработанной поверхности; - обработка по контуру, фрезерование уступов и неглубоких пазов.

4 Режимы резания

1. Глубина резания ap (t) и ширина фрезерования ae (B).

Глубина резания и ширина фрезерования - понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании.



Профильное фрезерование

Фрезерование уступов

Фрезерование пазов

2. Подача.

При фрезеровании различают подачу на один зуб S_z , подачу на один оборот S_o и минутную подачу S_m , которые находятся в следующем соотношении:

$$S_m = S_z \times n \times Z$$

$$S_o = S_z \times Z$$

S_m - минутная подача (мм/мин)

S_z - подача на зуб (мм/зуб)

n - частота вращения (об/мин)

Z - число зубьев

Исходной величиной подачи при фрезеровании является величина её на один зуб.

3. Скорость резания и частота вращения шпинделя.

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ (м/мин)}$$

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \text{ (об/мин)}$$

$\pi = 3,1416$

D - диаметр фрезы (мм)

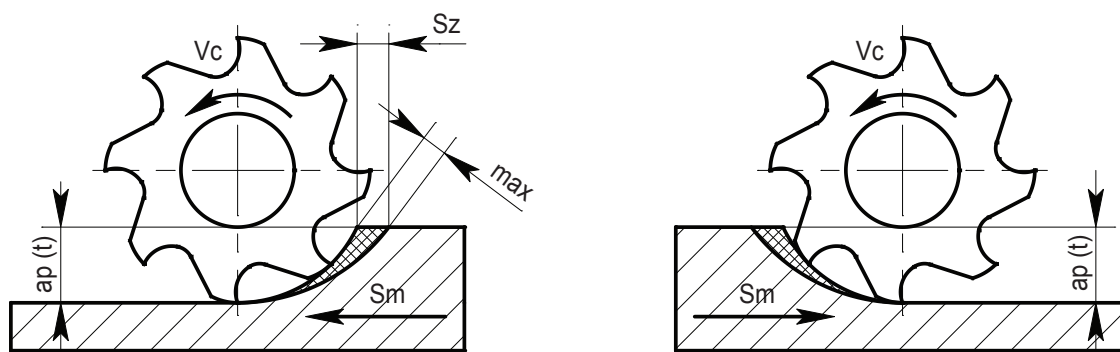
V_c - скорость резания (м/мин)

n - частота вращения шпинделя (об/мин)

4. Встречное и попутное фрезерование.

При встречном фрезеровании (против подачи) стружка имеет максимальную толщину в конце реза. Направление движения подачи противоположно вращению инструмента.

При попутном фрезеровании (по подаче) стружка имеет максимальную толщину в начале реза. Направление движения подачи совпадает с вращением инструмента.



<p>Плюсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нагрузка во время врезания зуба не зависит от рельефа поверхности заготовки; - загрязнения и корка на поверхности не влияют на стойкость фрезы; - "плавный" и "мягкий" процесс резания. 	<p>Плюсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - составляющая сил резания прижимает заготовку к приспособлению; - надёжное удаление стружки; - меньший износ, чем при встречном фрезеровании; - лучшее качество обработанной поверхности; - меньшая потребляемая мощность.
<p>Минусы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрезерование имеет склонность к вибрациям; - необходимость надёжного закрепления заготовки, в противном случае она может быть вырвана из приспособления; - более быстрый износ фрезы, чем при попутном фрезеровании; - затруднено удаление стружки; - из-за высокого трения при снятии стружки минимальной толщины на обрабатываемой поверхности образуется наклёп и возникают внутренние напряжения. 	<p>Минусы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - очень большая ударная нагрузка на зуб при врезании; - меньшая стойкость при фрезеровании заготовок с литейной или ковочной коркой.

5. Фрезерование сложных фасонных поверхностей радиусными сферическими фрезами.

При фрезеровании сложных фасонных поверхностей основным параметром при расчёте скорости резания является эффективный диаметр фрезерования.

Он определяется по формуле:

$$De = 2 \times \sqrt{R^2 - (R - ap)^2}$$

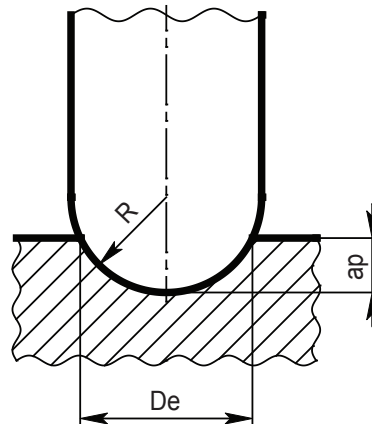
De - эффективный диаметр (мм)

R - радиус фрезы (мм)

ap - глубина резания (мм)

В этом случае формула для расчёта скорости резания принимает вид:

$$Vc = \frac{\pi \times De \times n}{1000} \quad (\text{м/мин})$$



При фрезеровании построчно между двумя последовательными проходами остаются гребешки - недорезанный участок. Высота гребешков может быть рассчитана по формуле:

$$H = R - \sqrt{R^2 - (A/2)^2}$$

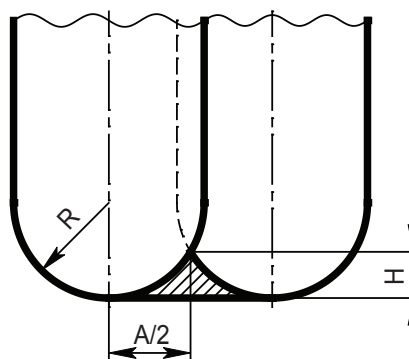
$$A = 2 \times \sqrt{R^2 - (R - H)^2}$$

H - высота гребешков (мм)

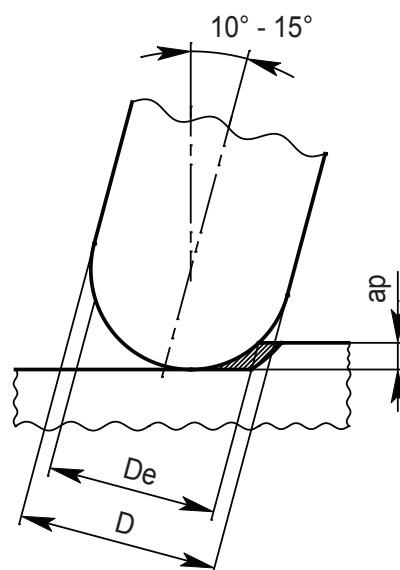
A - шаг между двумя проходами (мм)

R - радиус фрезы (мм)

Высоту гребешков можно примерно перевести в значение шероховатости поверхности: Ra примерно 25% от H.



При работе радиусными сферическими фрезами критичной зоной режущей кромки является центр фрезы, где скорость резания близка к нулю. Также в центре затруднено удаление стружки из-за ограниченного пространства у перемычки. В связи с этим рекомендуется обработка с наклоном шпинделя или заготовки на 10° - 15°. Скорость резания при этом необходимо рассчитывать с учётом эффективного диаметра фрезы De.



6. Объем удаленного материала.

Объем удаленного материала равен разнице между объемом заготовки до обработки и объемом готовой детали после обработки. Объем можно рассчитать по формуле:

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times S_m}{1000} \text{ (см}^3\text{/мин)}$$

S_m - минутная подача (мм/мин)

a_p - глубина резания (мм)

a_e - ширина фрезерования (мм)

7. Основное машинное время.

Основное время при фрезеровании равно отношению длины пути, пройденного фрезой за определенное число проходов, к значению минутной подачи и определяется по формуле:

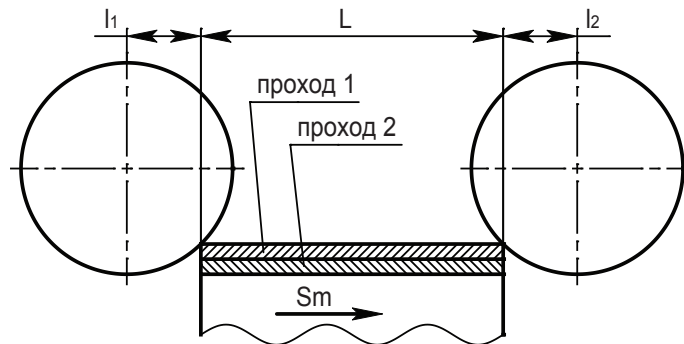
$$T_o = \frac{L + l_1 + l_2}{S_m} \times i \text{ (мин)}$$

L - длина обрабатываемой поверхности (мм)

l_1 - величина врезания фрезы (мм)

l_2 - величина перебега фрезы (мм)

i - число проходов



5. Общие рекомендации по применению концевых фрез.

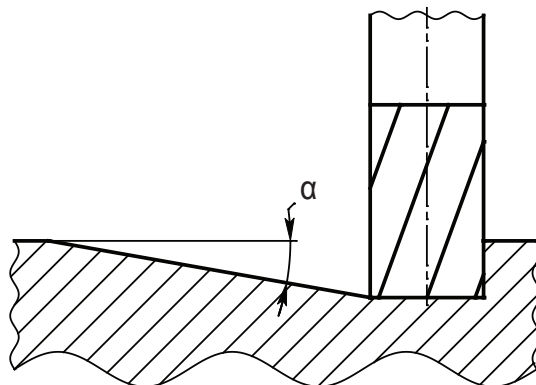
1. Выбранному диаметру фрезы должны соответствовать мощность и жёсткость оборудования.
2. По возможности необходимо производить обработку с минимальным вылетом фрезы.
3. При выборе числа зубьев фрезы необходимо, чтобы одновременно в резании не участвовали слишком много зубьев, так как это приведёт к вибрациям и чтобы зубьев было достаточно для обеспечения плавности процесса резания.
4. Толщина срезаемого слоя при выбранной подаче на зуб не должна приводить к интенсивному износу фрезы.
5. По возможности используйте попутное фрезерование.
6. Причинами возникновения вибраций могут служить следующие факторы:
 - недостаточная жёсткость зажимного приспособления;
 - нежёсткое закрепление заготовки;
 - большой вылет инструмента;
 - радиальное биение шпинделя;
 - неравномерность подачи.



6. Врезание под углом.

Одним из методов обработки карманов и пазов является фрезерование с врезанием под углом. Эта операция позволяет исключить предварительное сверление. Врезание под углом - это одновременное перемещение фрезы по двум осям. Максимальные углы врезания α для различных обрабатываемых материалов представлены в таблице:

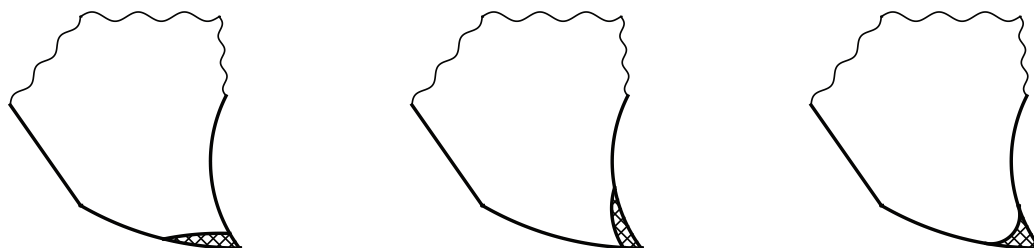
Число зубьев фрезы	2	3	4 и более
Стали, чугуны	15°	10°	5°
Алюминиевые и медные сплавы	30°	20°	10°
Закалённые стали	5°	3°	2°



Переточка концевых фрез.

Основными критериями затупления режущей кромки являются ухудшение качества обработанной поверхности, шум при работе, вибрации. В этом случае фрезу необходимо переточить. Перетачивать фрезы рекомендуется на станках с ЧПУ.

На рисунке схематично показаны различные типы износа зуба концевой фрезы:



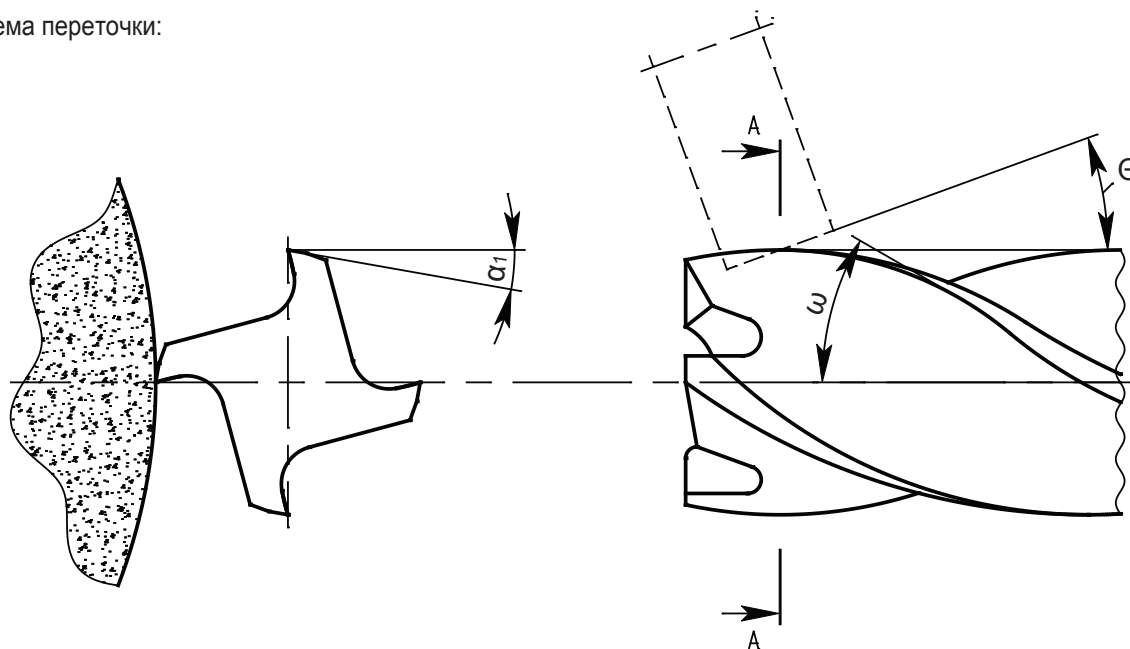
В зависимости от типа износа и геометрии зуба, переточка осуществляется по задней, передней или обеим поверхностям.

1. Переточка по задней поверхности.

По задней поверхности зуб фрезы перетачивается как только величина износа достигла регламентированной ширины. В этом случае возможна переточка без значительного уменьшения диаметра фрезы.

В большинстве случаев зуб фрезы затачивается по двойной прямолинейной поверхности, образуя главный задний угол α_1 и вспомогательный задний угол α_2 . Переточка производится по ленточке износа, заново формируя главный задний угол.

Схема переточки:



α_1 - главный задний угол

ω - угол наклона винтовых стружечных канавок

Θ - угол наклона заточного круга

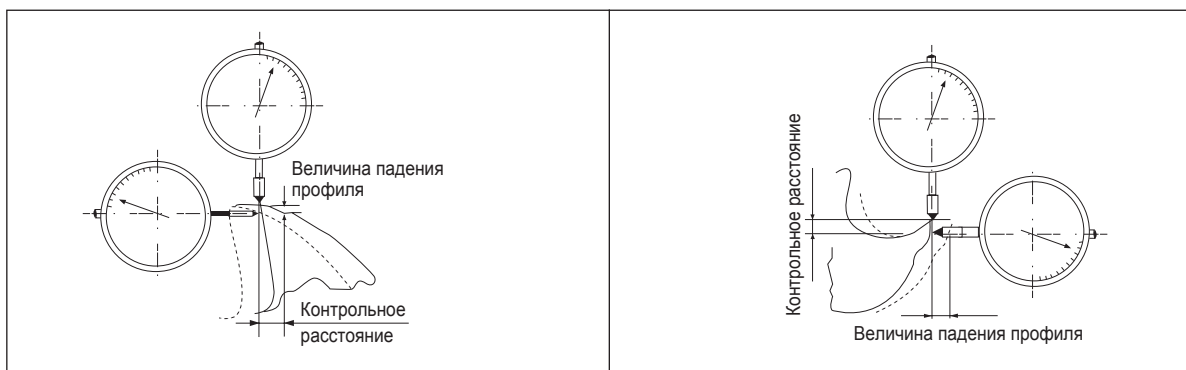
Задняя поверхность формируется плоским заточным кругом, установленного таким образом, чтобы ось круга была под некоторым углом к оси фрезы. Угол α_1 зависит от угла наклона заточного круга.

Зависимость угла наклона винтовой стружечной канавки, главного заднего угла и угла наклона заточного круга представлена в таблице:

Диаметр фрезы (мм)	Величина падения профиля зуба (мм)		Контрольное расстояние (мм)	Угол наклона заточного круга Θ при угле наклона стружечных канавок			Главный задний угол α_1	Вспомогательный задний угол α_2
	min	max		$\omega=15^\circ$	$\omega=30^\circ$	$\omega=60^\circ$		
3	0,100	0,130	0,40	4° 24'	9° 25'	26° 28'	16° 02'	25°
6	0,090	0,125	0,50	3° 18'	7° 05'	20° 25'	12° 08'	25°
12	0,100	0,135	0,65	2° 46'	5° 46'	17° 23'	10° 15'	25°
25	0,095	0,140	0,80	2° 15'	4° 15'	14° 16'	8° 21'	25°
40	0,085	0,125	0,80	2° 01'	4° 33'	12° 48'	7° 29'	25°
50	0,085	0,125	0,80	2° 01'	4° 33'	12° 48'	7° 29'	25°

2. Контроль переточки по задней поверхности.

Размеры после переточки контролируют опираясь на табличные значения величины падения профиля зуба на контрольном расстоянии.



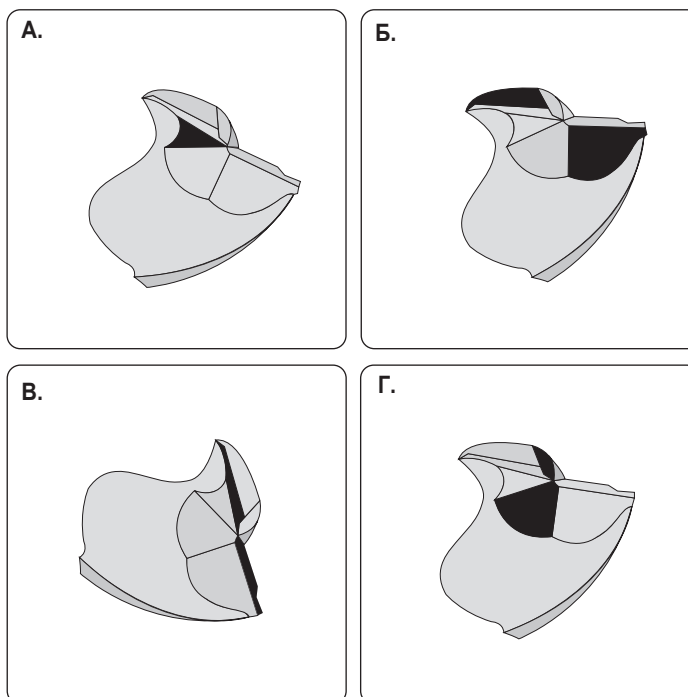
1. Устанавливают индикатор на вершину зуба и обнуляют. Второй индикатор служит для измерения контрольного расстояния.
2. Перемещают фрезу на контрольное расстояние.

3. Поворачивают фрезу для определения величины падения профиля и значения заднего угла.

3. Переточка торцовых режущих кромок.

Переточка осуществляется плоским и чашечным кругом.

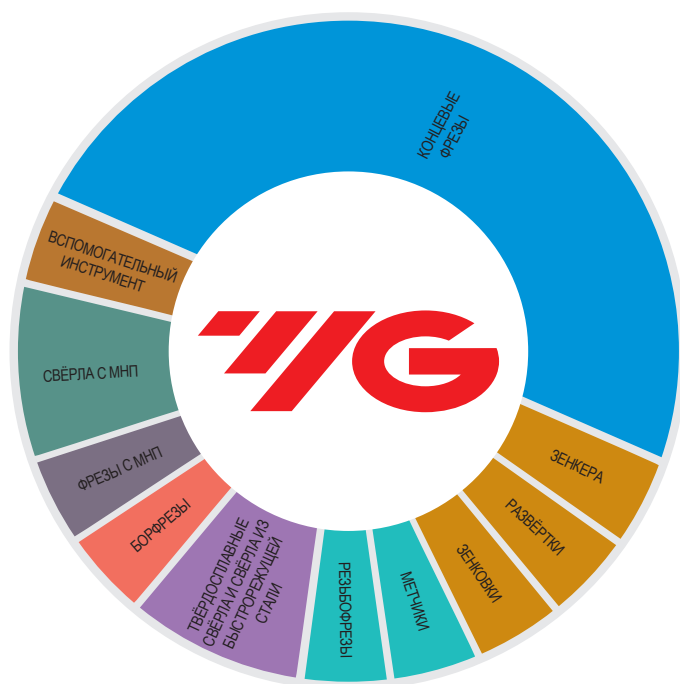
- А. Переточка по передней поверхности.
- Б. Переточка по вспомогательной задней поверхности.
- В. Переточка по главной задней поверхности.
- Г. Подточка.




Поиск и устранение неисправностей.

Проблема	Возможные причины	Устранение
Интенсивный износ по задней поверхности	<ul style="list-style-type: none"> - вибрации - повышенная температура в зоне резания - образование заусенцев на обработанной поверхности - плохое стружкоудаление - неправильные режимы резания 	<ul style="list-style-type: none"> - увеличить подачу - применить попутное фрезерование - правильно организовать удаление стружки - назначить рекомендуемые режимы резания
Поломка инструмента	<ul style="list-style-type: none"> - большая глубина резания - большая подача - большой вылет 	<ul style="list-style-type: none"> - разделить глубину резания на несколькоходов - уменьшить подачу до минимального рекомендуемого значения - уменьшить вылет фрезы - выбрать максимально возможный диаметр фрезы
Выкрашивание режущей кромки	<ul style="list-style-type: none"> - большая подача - вибрации - низкая скорость резания - низкая жёсткость фрезы - недостаточно жёсткое закрепление заготовки - большая прочность обрабатываемого материала 	<ul style="list-style-type: none"> - снизить подачу - увеличить скорость резания в пределах рекомендуемых значений - выбрать фрезу с большим углом подъёма винтовых стружечных канавок - уменьшить вылет фрезы и выбрать максимально возможный диаметр фрезы - проверить закрепление заготовки - применить фрезу с упрочняющим скруглением режущей кромки
Наростообразование	<ul style="list-style-type: none"> - неправильные режимы резания - слишком вязкий обрабатываемый материал 	<ul style="list-style-type: none"> - увеличить скорость резания - использовать более острую фрезу - организовать обильную подачу СОЖ в зону резания
Вибрации	<ul style="list-style-type: none"> - недостаточная жёсткость приспособления - нежёсткое закрепление заготовки - большой вылет - радиальное биение шпинделя - неравномерность подачи - неправильные режимы резания 	<ul style="list-style-type: none"> - повысить жёсткость приспособления - снизить силы резания уменьшая глубину резания и ширину фрезерования - выбрать фрезу с меньшим числом зубьев - использовать более острую фрезу - уменьшить вылет фрезы - выбрать фрезу с большим углом подъёма винтовых стружечных канавок - снизить подачу и скорость резания - проверить биение шпинделя и выбрать более точный вспомогательный инструмент
Плохое качество обработанной поверхности	<ul style="list-style-type: none"> - вибрации - неправильные режимы резания - плохое стружкоудаление - износ фрезы - наростообразование - радиальное биение шпинделя 	<ul style="list-style-type: none"> - проверить износ фрезы - снизить подачу - увеличить скорость резания - выбрать фрезу с большим углом подъёма винтовых стружечных канавок - правильно организовать удаление стружки - проверить биение шпинделя и выбрать более точный вспомогательный инструмент - на чистовых проходах применять попутное фрезерование

ST STANDART TOOLS GROUP



Challenge toward a Global Leader-
YG-1 Leads the World Market.