

**Дисциплина:**  
**«Инновационные технологии  
машиностроения»**

**(4. Процессы механическая обработки)**

**доцент, к.т.н. Милюков И.А.  
ИЭВТ, кафедра ИТНО**

**Тел. +7 (903) 716-92-61; e-mail: miliukovIA@mpei.ru; itno\_milukov@mail.ru**

**Лекции – 16 ч.**

**Лабораторные работы – 32 ч.**

**БАРС. Контрольные работы. Зачет с оценкой.**

**2021/2022 уч. год**

# ФРЕЗЕРОВАНИЕ

Фрезерованием обрабатывают:

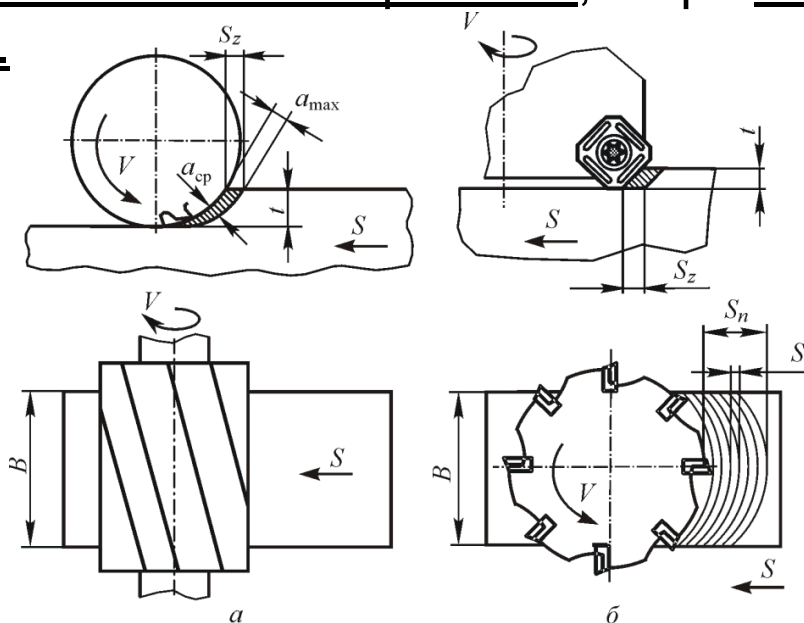
- плоские открытые горизонтальные, вертикальные и наклонные поверхности;
- прямоугольные выступы и полуоткрытые поверхности;
- наружные и внутренние контуры деталей;
- сквозные и глухие закрытые поверхности;
- сложноконтурные выступающие поверхности;
- сложноконтурные углубления;
- прямолинейные и криволинейные пазы с постоянной и переменной глубиной;
- отверстия и наружные поверхности вращения;
- унифицированные элементы деталей (резьбы, шлицы, зубчатые венцы и др.).

**Главное движение** при фрезеровании - **вращение фрезы**, а **движение подачи** сообщается заготовке или инструменту и может быть поступательным движением по прямой, окружности или любой заданной траектории.

Фрезерование выполняется многолезвийными инструментами – **фрезами**.

**Фреза** представляет собой тело вращения, у которого **режущие зубья** расположены на цилиндрической и/или на торцевой поверхности.

При цилиндрическом фрезеровании ось фрезы располагается параллельно обработанной поверхности, а при торцевом – перпендикулярно.



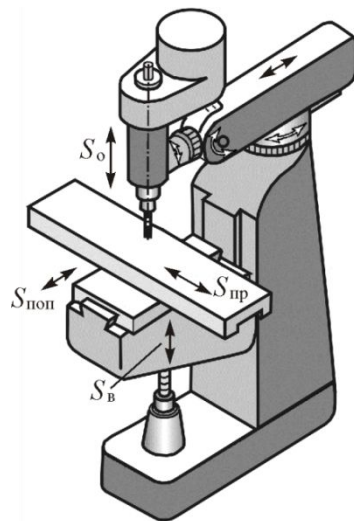
**Процесс фрезерования** отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени и срезает стружку переменной толщины.

Фрезерование может производиться двумя способами: **против подачи** (встречное фрезерование) и **по подаче** (попутное фрезерование).

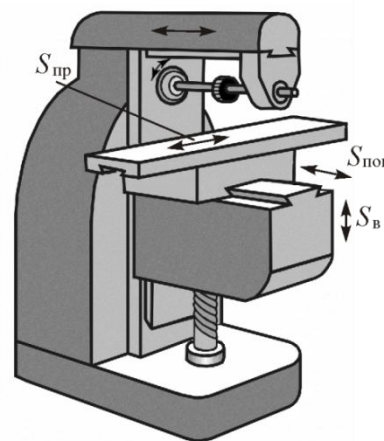
Основными **режимами резания** при фрезеровании являются: глубина резания, подача, скорость вращения фрезы, скорость резания и ширина фрезерования.

**Фрезерование** осуществляется на **фрезерных станках.**

Вертикально-  
фрезерный  
станок



а



б

Горизонтально-  
фрезерный  
станок

Существуют: цилиндрические, торцовые, угловые, концевые, дисковые, прорезные, пазовые, пальцевые, фасонные, шпоночные, червячные, резьбовые и другие специальные фрезы.

**Режущая часть** фрез изготавливается из специальных твердых материалов: быстрорежущей стали Р18; твердых сплавов Т15К6, ВК8; Эльбора.

Закрепление на фрезе пластинок из твердых сплавов выполняется пайкой или механическими зажимами.

## ВИДЫ ФРЕЗ

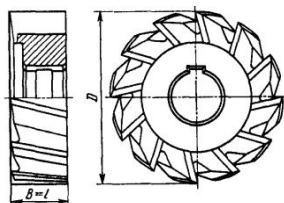
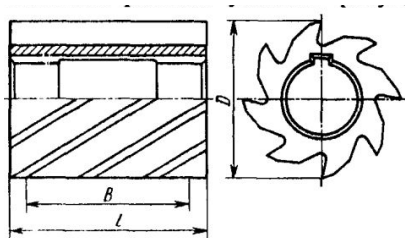


Рис. 14.4. Торцовая фреза

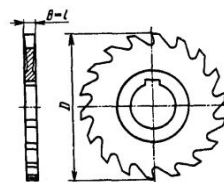


Рис. 14.7. Отрезная фреза

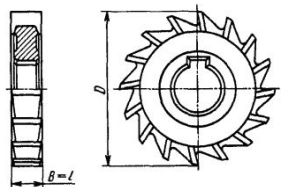
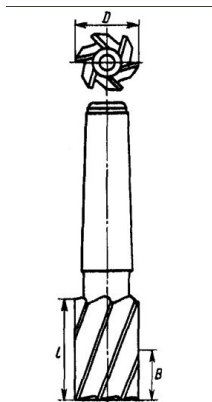


Рис. 14.5. Дисковая трехсторонняя фреза

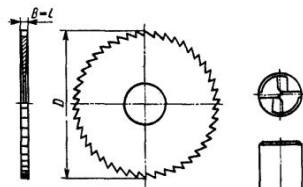


Рис. 14.8. Прорезная фреза

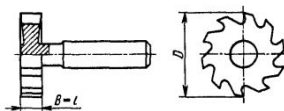


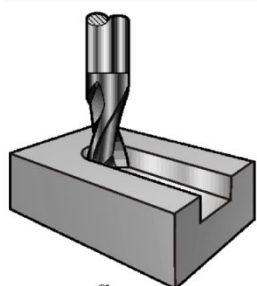
Рис. 14.6. Фреза для обработки Т-образных пазов



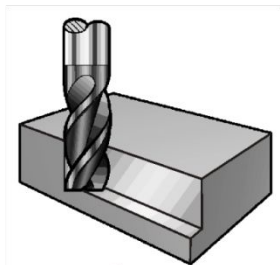
Рис. 14.9 Шпоночная фреза



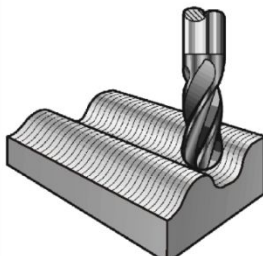
# СХЕМЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ



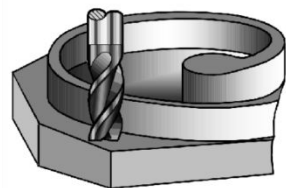
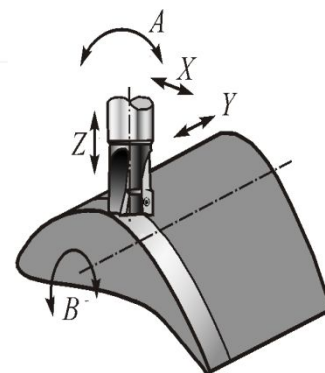
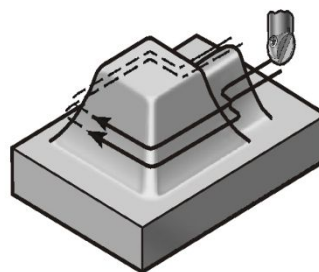
*a*



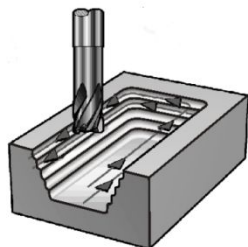
*б*



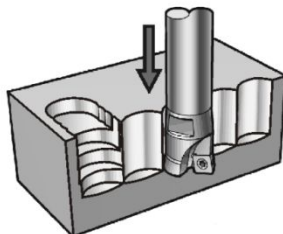
*в*



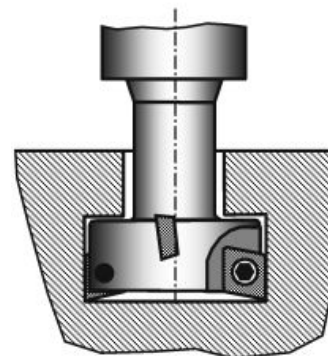
*г*



*д*



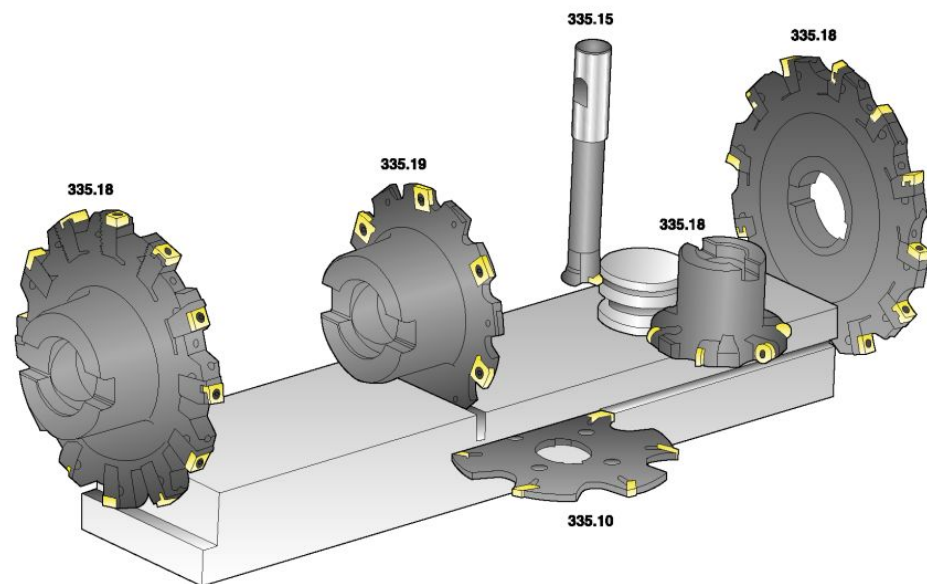
*е*



*a)*



*б)*



# СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ

**Сверление** – это процесс образования в сплошном материале сквозного или глухого цилиндрического отверстия снятием стружки сверлом. Включает **обработку отверстий сверлами, зенкерами и развертками**, т.е. **сверление, зенкерование и развертывание**.

Главным движением является **вращательное движение инструмента**, а движением подачи – **поступательное перемещение инструмента** вдоль оси вращения.

**Сверло, зенкер и развертка** – это многолезвийные инструменты.

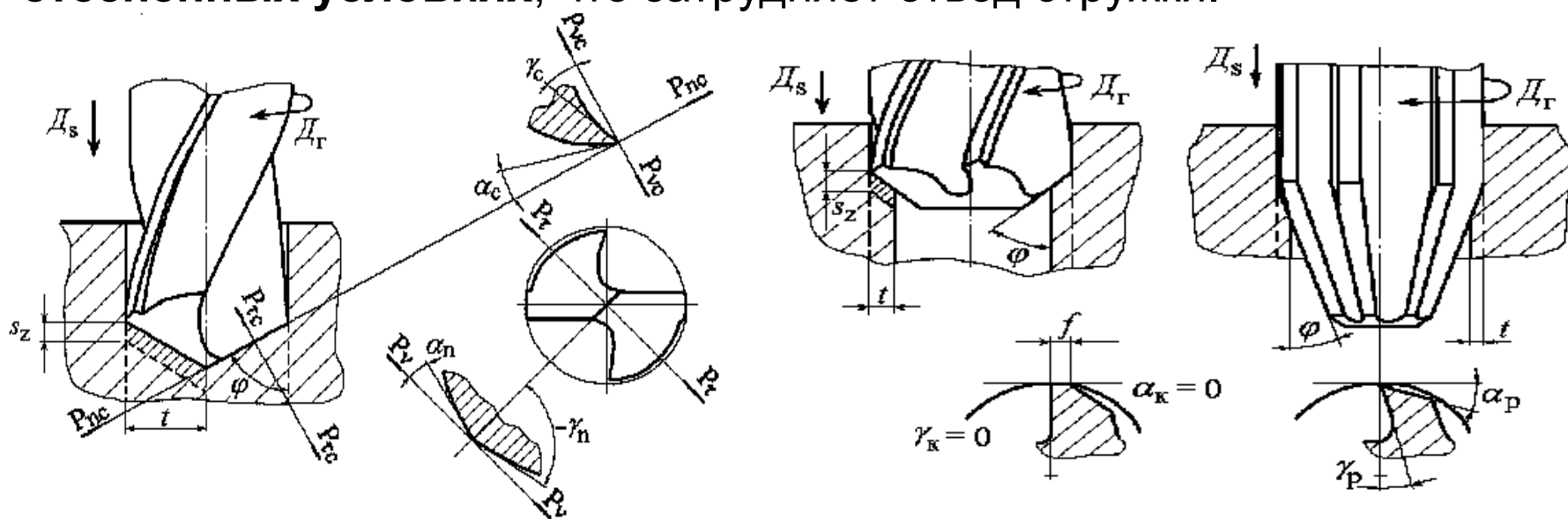
**Сверлами** обычно обрабатываются отверстия в сплошном материале, когда требуется получить отверстия невысокой точности.

Более точные отверстия после сверления обрабатываются **зенкерами и развертками**.



## Особенности сверления:

1. Резание ведется инструментом, передний угол которого **различен** в разных точках режущего лезвия.
2. Скорость резания при сверлении **не постоянна** и меняется от 0 в центре сверла до максимального значения на периферии сверла.
3. Особенностью геометрии сверла является наличие **пятой** поперечной режущей кромки - **перемычки**.
4. Ленточка сверла не имеет вспомогательного заднего угла, что вызывает повышенное **трение** с обработанной поверхностью.
5. Сверло, окруженное обрабатываемым материалом, работает в **стесненных условиях**, что затрудняет отвод стружки.



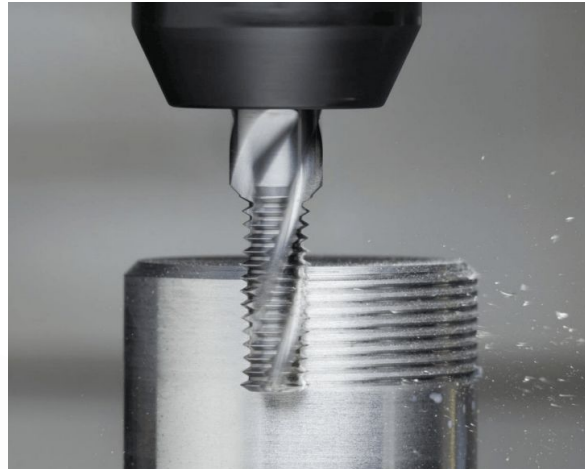


# НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

**Нарезание резьбы** – процесс образования резьбы на наружных и внутренних поверхностях деталей **резанием**.

Нарезание резьбы может производиться **точением** (резьбовыми резцами), **фрезерованием** (резьбовыми фрезами), метчиками и плашками.

**Резьбовыми резцами** полный профиль резьбы нарезается за несколько проходов резца. После каждого прохода резец совершает холостой ход и возвращается в исходное положение, смещается на величину глубины резания и снова «проходит» по резьбе.



# ПРОТЯГИВАНИЕ

Протягивание применяется как **окончательный вид** обработки деталей, обеспечивающий высокую точность размеров и качество обработанных поверхностей. Протягивание обеспечивает получение наружных и внутренних фасонных поверхностей изделий высокого качества и точности (7–8-го квалитета).

Метод **высоко производительный**, полная обработка изделия производится за **один рабочий ход инструмента**.

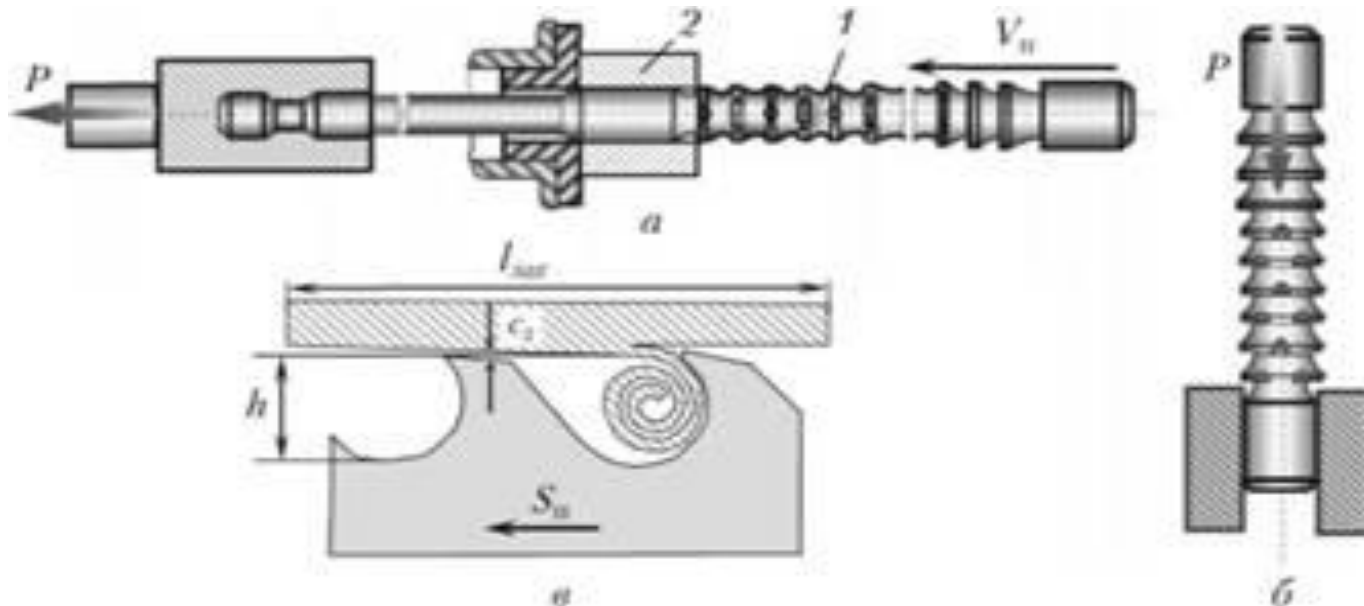
Инструментами служат **протяжки и прошивки**.



# ПРОТЯГИВАНИЕ

**Протяжки** протягиваются через обрабатываемое изделие, а **прошивки** продавливаются (прошиваются) через него.

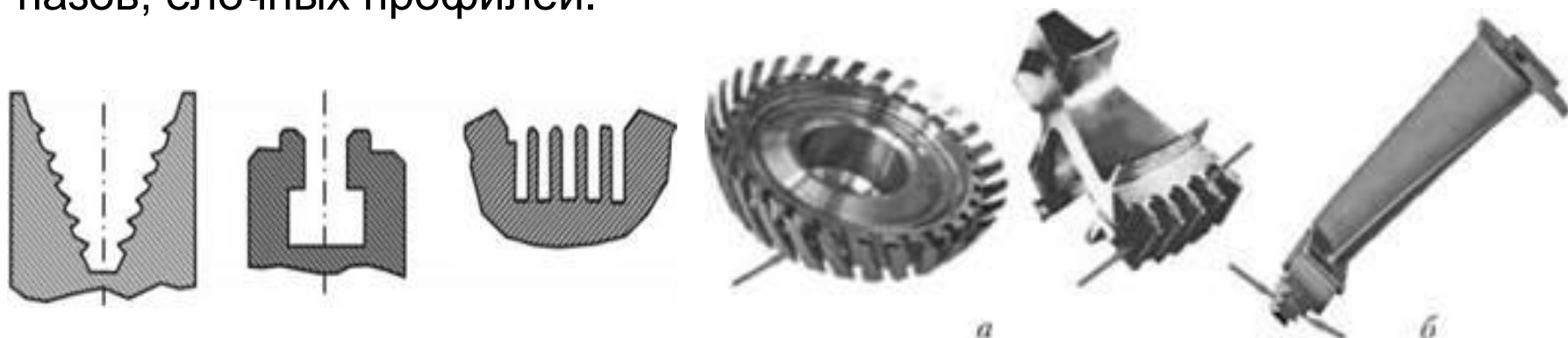
**Главным движением** является движение протяжки, а его скорость - скоростью резания. **Движение подачи** отсутствует.



**Внутреннее протягивание** применяют для обработки различных отверстий, например квадратных, многогранных, шлицевых с различными профилями прямых и винтовых канавок, а также шпоночных и других фигурных пазов в отверстиях детали



**Наружное протягивание** применяют для обработки зубчатых колес, цилиндрических поверхностей валов, наружных шлицев разного профиля на валах, канавок в форме ласточкина хвоста, Т-образных пазов, елочных профилей.



# СТРОГАНИЕ И ДОЛБЛЕНИЕ

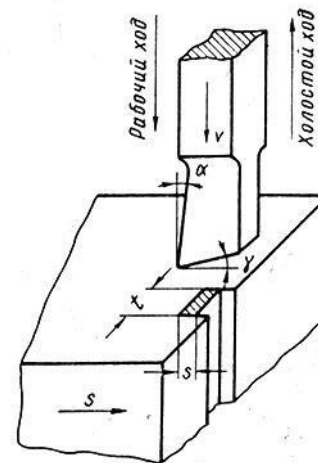
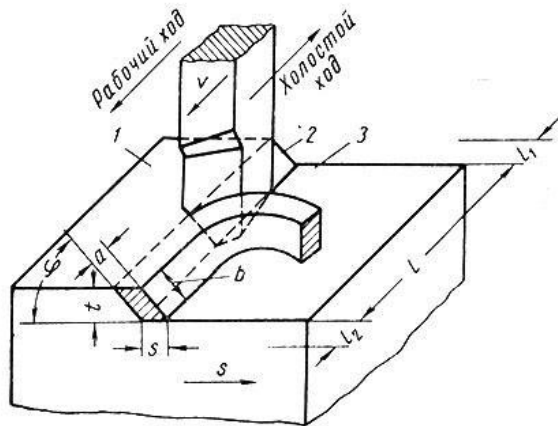
**Строгание и долбление** применяют для обработки плоскостей и несложных фасонных поверхностей с прямолинейными образующими, уступы, пазы и канавки.

Главным движением резания является **возвратно-поступательное движение инструмента**, подача заготовки - прямолинейная прерывистая, осуществляемая периодически через определенные промежутки времени.

В качестве режущих инструментов соответственно применяют **строгальные резцы** и **долбежные резцы и долбяки**.

**Режимы резания:** скорость главного движения резания - **скорость рабочего хода**, скорость обратного (холостого) хода и скорость движения подачи: минутную и на один двойной ход ползуна станка.

Строгание



Долбление

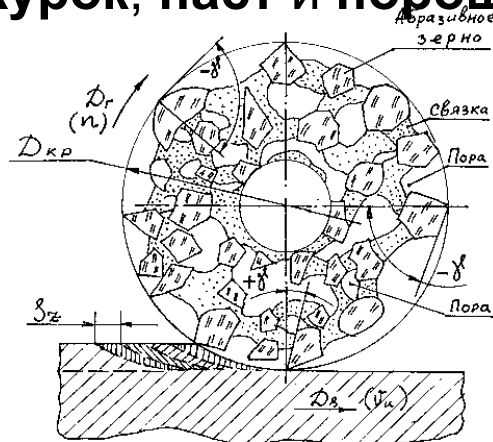
# ШЛИФОВАНИЕ

**Шлифование** обеспечивает получение **высокого качества** обработанной поверхности (т.е. малой шероховатости) и **высокой точности** размеров обрабатываемых деталей.

Шлифование выполняется **абразивными инструментами**, состоящими из **зерен** абразивного (шлифовального) материала, **скрепленных** между собой **связкой**. Значительную часть объема абразивного инструмента занимают **воздушные поры**.

В качестве абразивного материала используются твердые частицы кремния, корунда (окись алюминия), алмазная крошка и другие материалы.

**Абразивные инструменты** в подавляющем большинстве используются в виде **шлифовальных кругов** разнообразной формы. Кроме того, они могут использоваться в виде **брусков, шкурок, паст и порошков**.



Процесс резания при шлифовании можно рассматривать как фрезерование многозубой фрезой с высокой скоростью. Каждое единичное абразивное зерно представляет собой режущее лезвие со случайными геометрическими параметрами.

При **вращении** шлифовального круга с большой скоростью (**главное** движение) и перемещении его относительно заготовки (движение подачи) каждое единичное зерно срезает стружку очень малого переменного сечения.

Обработанная поверхность образуется в результате совокупного действия большого числа абразивных зерен, расположенных на режущей поверхности абразивного инструмента. Чем мельче зерна абразива, тем более гладкой получается обрабатываемая поверхность.

Срезаемая в процессе работы круга стружка располагается в порах между зернами.

# ПЛОСКОЕ И КРУГЛОЕ ШЛИФОВАНИЕ

При **плоском** шлифовании круг вращается с большой скоростью (**главное движение**), а обрабатываемой заготовке придается движения продольной подачи и поперечной подачи.

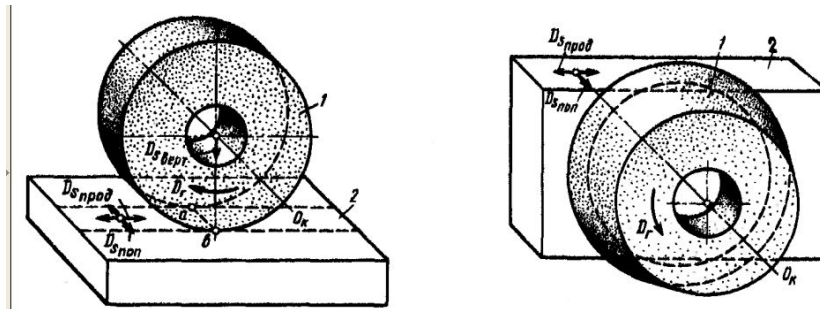
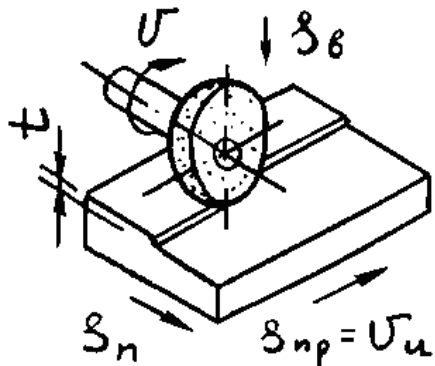
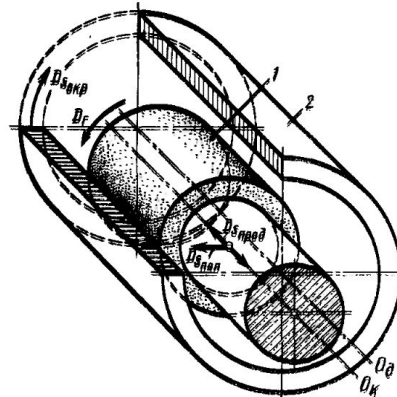
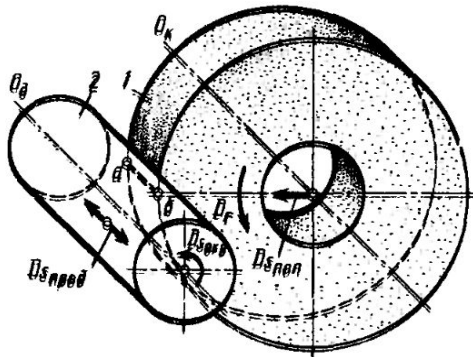


Схема плоского шлифования  
(периферией круга и торцем круга).

При **круглом** шлифовании помимо **вращения шлифовального круга** (**главное движение**) **вращается** обрабатываемая заготовка (**движение подачи**) и осуществляется ее продольная подача.



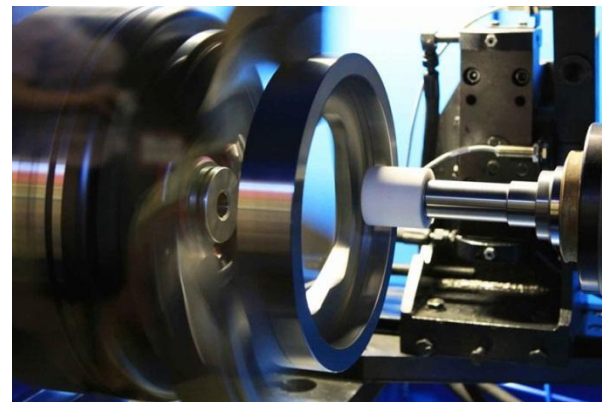
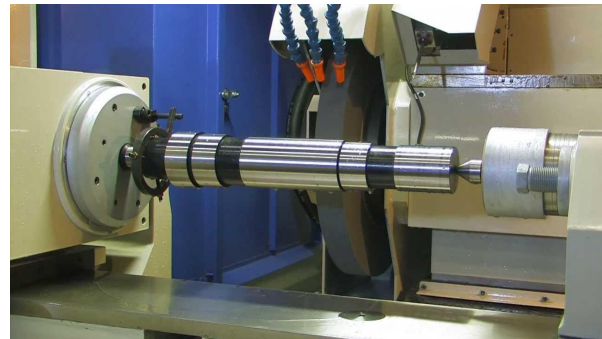
Методы круглого шлифования



# Плоское шлифование



# Круглое шлифование



# ГЛУБИННОЕ ШЛИФОВАНИЕ

**Глубинное шлифование** — это процесс обработки деталей с увеличенным слоем снимаемого металла за один проход при низкой скорости продольной подачи.

**Достоинством** глубинного шлифования является возможность получать сложные фасонные поверхности деталей из труднообрабатываемых материалов с высокой точностью и качеством поверхностного слоя (например, замки жаропрочных лопаток турбин).

