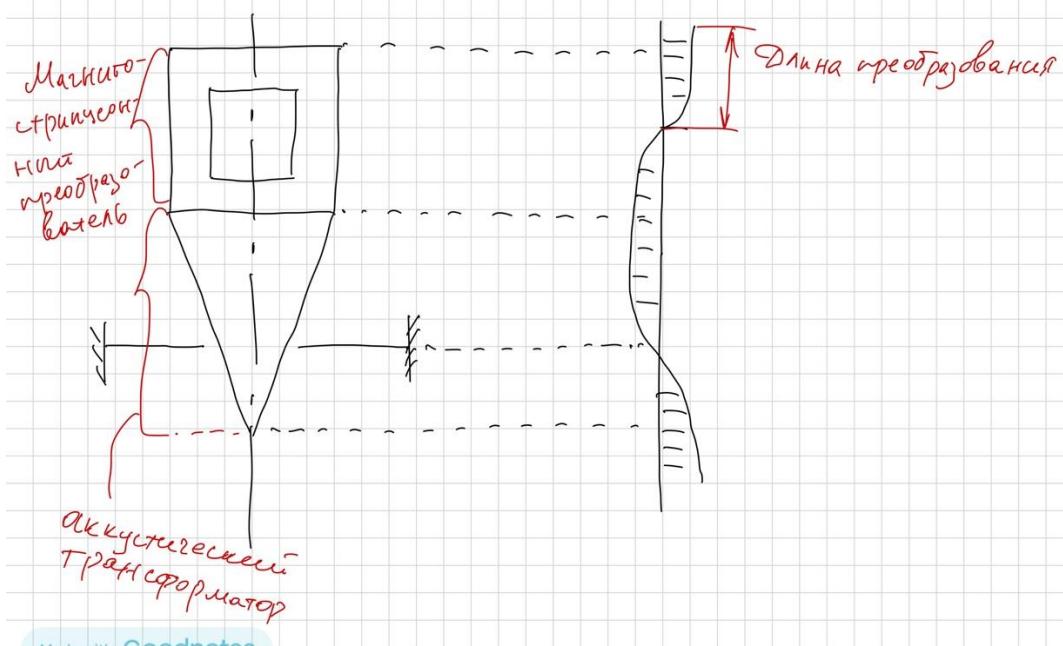


## 1. Электрофизические методы обработки. Классификация

- Ультразвуковая обработка
- Электроэррозионная обработка
- Электрохимическая обработка
- Лазерная обработка

### 2) Ультразвуковая обработка

При УЗО материал разрушается зернами абразива, которые ударяются об обрабатываемую поверхность в результате взаимодействия с инструментом, колеблющимся с высокой частотой ( $f \geq 16$ ) в направлении, перпендикулярном к этой поверхности. В качестве метода возбуждения УЗ колебаний наиболее распространение получило применение эффекта магнитострикции.



Made with Goodnotes

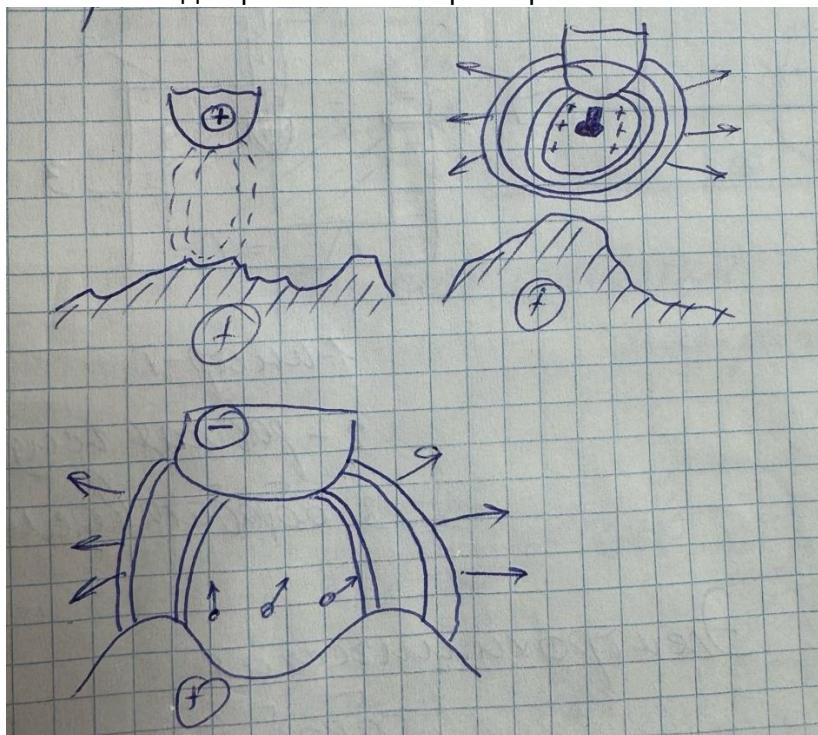
$$n = \frac{f_0}{f_1} - \text{коэф} - \text{т усиления трансформатора}$$



Таким образом, выгоднее УЗ методом обрабатывать хрупкие материалы, а материал инструмента – конструкционные стали.

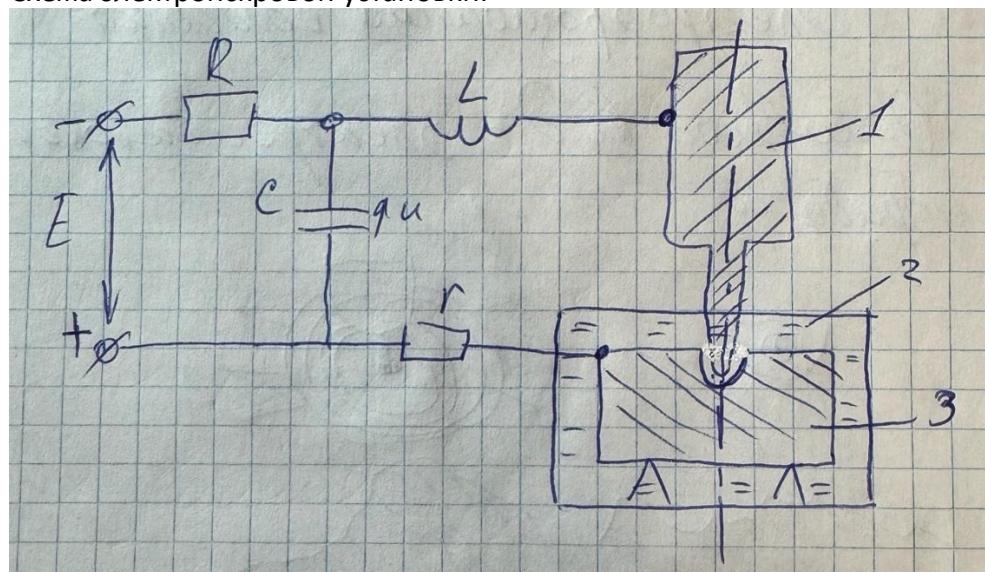
### 3) Электроэрозионная обработка

Основной вид обработки - электроискровая



Сущность процесса в удалении металла посредством повторяющихся кратковременных электрических разрядах между деталью и инструментом. Межэлектродный промежуток обычно заполнен непроводящей жидкостью.

Схема электроискровой установки:



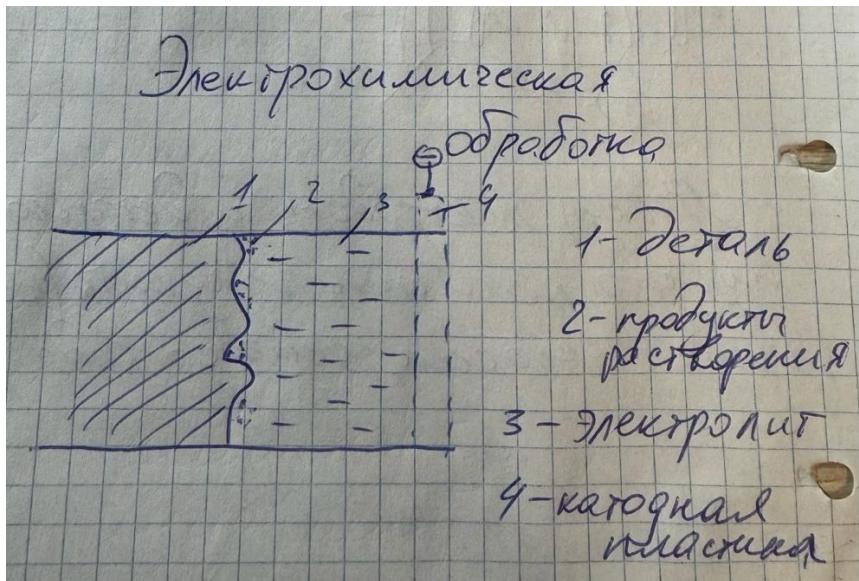
1)инструмент-катод

2)рабочая жидкость

Е – источник постоянного напряжения; R – токоограничивающее сопротивление

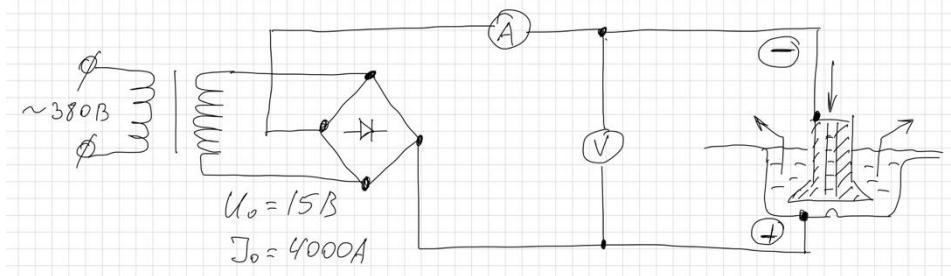
С – конденсатор, заряженный от источника до некоторого напряжения  $U$ , при котором нарушается электрическая прочность промежутка между электродами и начинается разряд конденсатора

#### 4) Электрохимическая обработка(полирование)



Материал, подлежащий обработке, погружается в электролит и присоединяется к положительному полюсу источника постоянного тока. В раствор электролита помещается также катод.

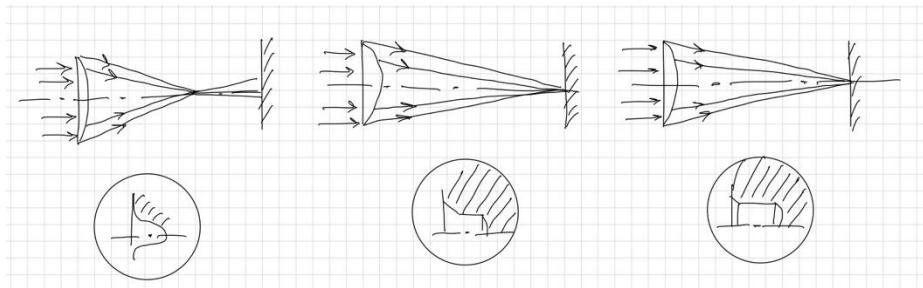
**Размерная электрохимическая обработка** – обработка проводится при пропускании(протягивании) электролита в щель, образованную электродами



Непрерывно проводимая в межэлектродный промежуток струя свежего электролита растворяет образующиеся на аноде соли и удаляет их из зоны обработки.

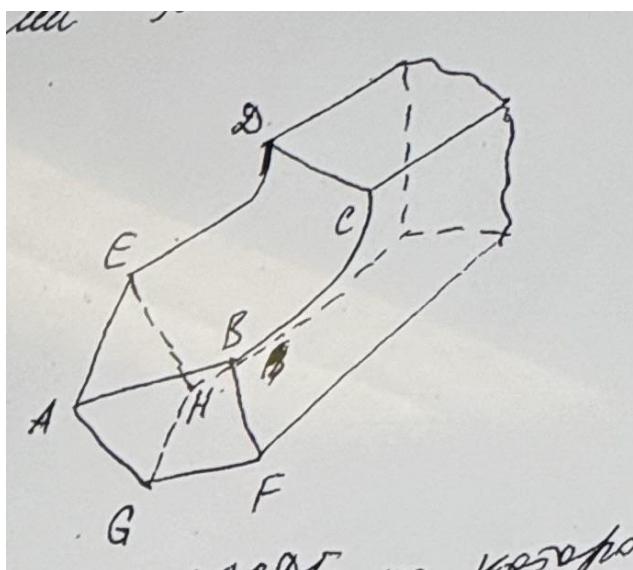
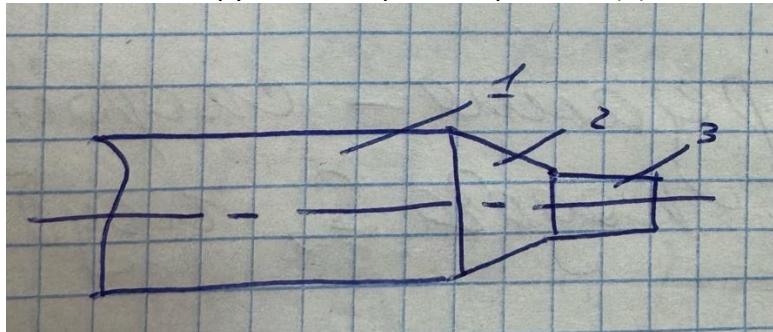
#### 5) Лазерная обработка

Тепловой эффект в зоне обработки возникает вследствие торможения фотонов в тонких поверхностных слоях материала. Глубина обработки определяется в основном длительностью импульса облучения и положением фокуса относительно поверхности.



## 6) Геометрические параметры режущего инструмента

На обрабатываемой заготовке различают: обрабатываемую поверхность (1), которая будет удалена в процессе обработки, обработанную поверхность (2), полученную после снятия стружки, поверхность резания (3), являющуюся переходной между 1 и 2.



Основными элементами рабочей части инструмента:

- Передняя поверхность ABCDE, по которой сходит стружка
- Главная задняя поверхность ABFG, обращенная к обрабатываемой поверхности (1)
- Вспомогательная задняя поверхность AEHG, обращенная к обработанной поверхности (2)
- Точка A – пересечение плоскостей – вершина резца.
- Главное режущее лезвие AB образовано пересечением передней и главной задней поверхности;
- Вспомогательное режущее лезвие AE образовано пересечением передней поверхности и вспомогательной задней поверхности.

## 7. Элементы резания и срезаемого слоя.

Режимы резанья: скорость резанья  $v$ , подача  $s$  и глубина резанья  $t$

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ об/мин}$$

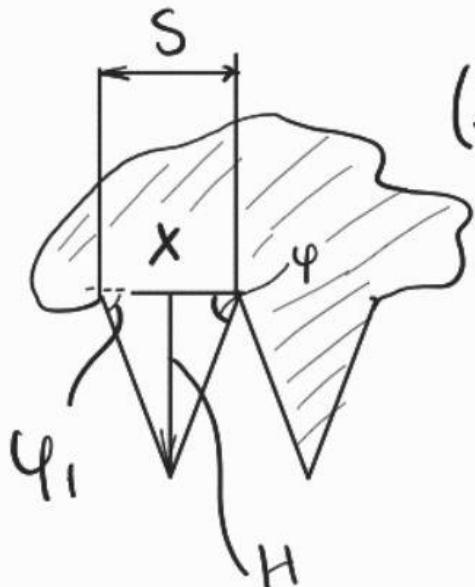
Подача  $s$  - величина перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности

Для токарной обработки:  $s \left[ \frac{\text{мм}}{\text{об}} \right]$

Для строгания :  $\left[ \frac{\text{мм}}{\text{двойной ход}} \right]$

$$\text{Глубина резанья } t = \frac{D-d}{2}$$

D-диаметр заготовки до обработки  
d-диаметр детали после обработки



$$(S-x) \operatorname{tg} \psi_1 = x \operatorname{tg} \psi$$

$$S \operatorname{tg} \psi = x (\operatorname{tg} \psi + \operatorname{tg} \psi_1)$$

$$x = \frac{S \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{tg} \psi_1}$$

$$H = \frac{S \operatorname{tg}^2 \psi}{\operatorname{tg} \psi + \operatorname{tg} \psi_1}$$

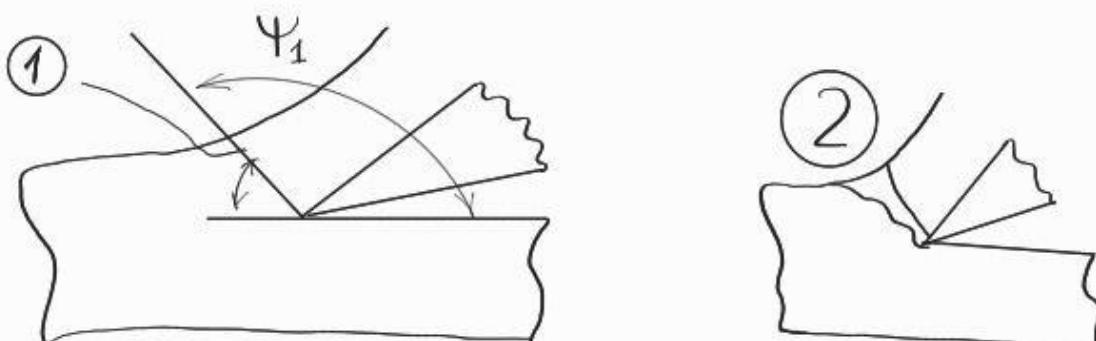
H- высота микротрешин

## 8. Физические основы процесса резания.

Отличительные черты процесса резанья металла:

- В зоне пластической деформации действуют исключительно большие сжимающие напряжения, которые препятствуют разрыву материала
- Деформация локализована в малом объёме, скорость деформации необычно высока

Существует 2 модели зоны деформации при резанье:



Модель 1 предполагает, что стружкообразование происходит в результате сдвига по плоскости 1. По обе стороны пластической деформации отсутствуют

Модель 2 предполагает наличие зоны деформации 2, которая имеет объём

## **9. Явления, сопровождающие процесс стружкообразования. Термические процессы в зоне обработки**

В процесс резания входит: теплообразование, наростообразование, износ инструмента, вибрации

### Распределение работы

$$A = A_{\text{пл}} + A_{\text{упр}} + A_{\text{тр}}$$

$A_{\text{пл}}$  – затраты(работа) на пластическую деформацию

$A_{\text{упр}}$  – затраты(работа) на упругую деформацию

$A_{\text{тр}}$  – затраты(работа) на преодоление трения о поверхности инструмента

Вся работа превращается в тепло

### Наростообразование

Нарост-застойная зона сильно деформированного обрабатываемого материала на передней поверхности инструмента

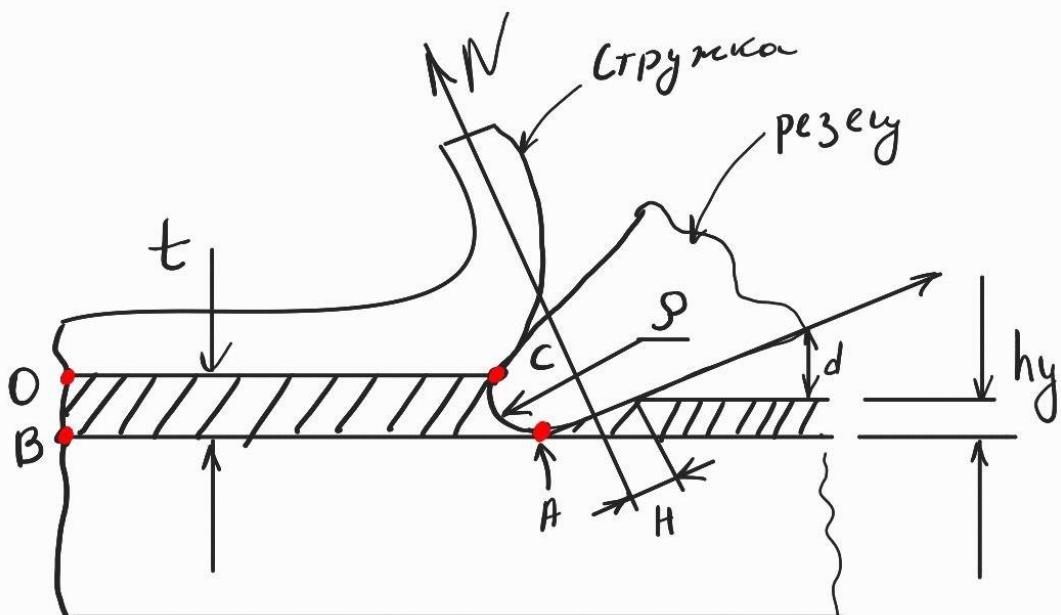
Нарост имеет более высокую твердость, чем обрабатываемый материал(металл), поэтому работает как режущий материал

Не является стабильным во времени. Периодически разрушается (до 200 раз в секунду)

Наростообразование происходит на скоростях от 10 до 30 м/мин, поэтому чистовую обработку проводят на скорости приблизительно 90 м/мин, когда нароста не образуется

### Силы резания

Деформирование детали резцом

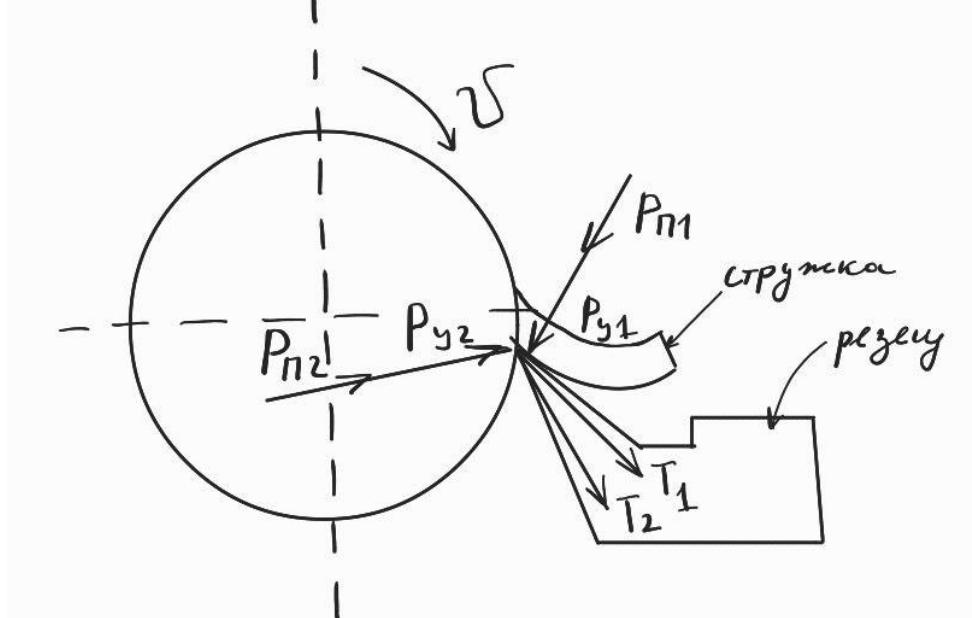


( $OB > hy$ . Это писать не надо, просто чтобы  
был правильный рисунок)

Инструмент срезает стружку если глубина резания  $t$  больше радиуса  $\rho$ . Тогда в стружку перейдет металл выше линии CD

Ниже линии CD и выше AB металл деформируется упруго-пластически

Схема сил, действующих на инструмент



$P_{y1}, P_{y2}$ -силы упругого деформирования

$P_{n1}, P_{n2}$ -силы пластического деформирования

$T_1, T_2$ -силы трения по передней и задней поверхностям инструмента

Всю указанную систему сил приводят к равнодействующей силы резания:

$$\bar{R} = \bar{P}_{y1} + \bar{P}_{y2} + \bar{P}_{n1} + \bar{P}_{n2} + \bar{T}_1 + \bar{T}_2$$

Для расчетов используют не вектор  $\bar{R}$ , а его компоненты по трём осям

Для типичного резца:

$$P_x : P_y : P_z = 0,35 : 0,45 : 1$$

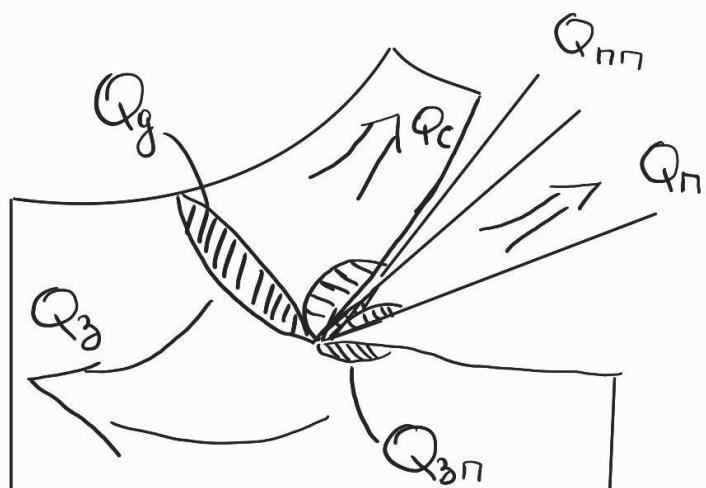
$$P_z = C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot s^{Y_{pz}} \cdot v^{n_{pz}} \cdot k_{M_{pz}}$$

$C_{pz}$  -коэффициент, учитывающий физические свойства обрабатываемого материала

$k_{M_{pz}}$  - коэффициент, учитывающий факторы не вошедшие в формулу

Зная 3 компоненты  $\bar{R}$  мы знаем всё

### Тепловые процессы в зоне обработки



$$Q = Q_d + Q_{nП} + Q_{3П} = Q_c + Q_3 + Q_u + Q_l$$

$Q_d$  - количество теплоты выделяемой при деформировании материала

$Q_{\text{пп}}$ -трение по передней поверхности резца

$Q_{\text{зп}}$ -трение задней поверхности резца

$Q_c$ -теплота отводимая стружкой

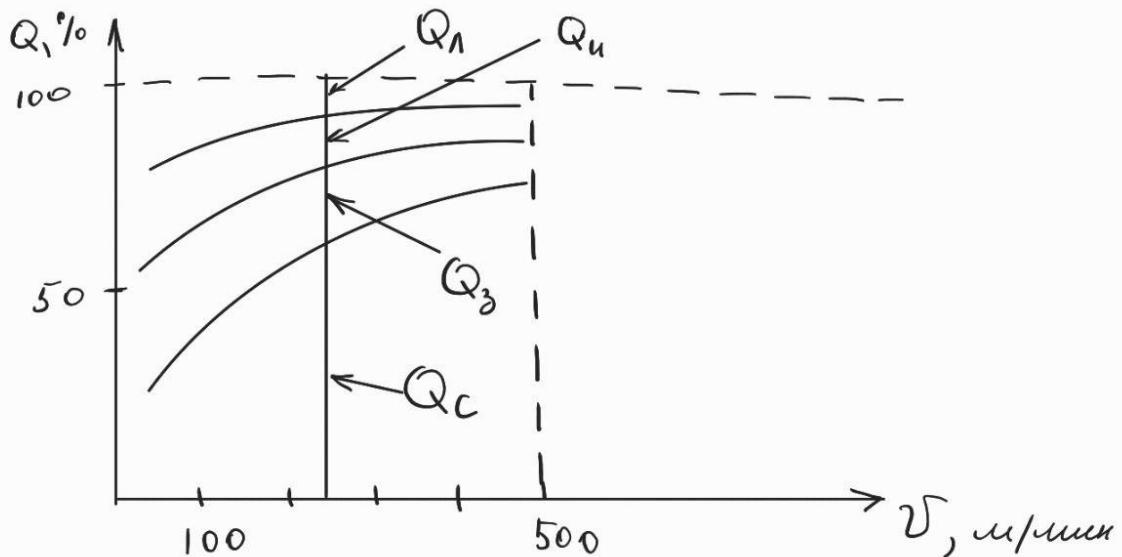
$Q_3$ -нагрев заготовки

$Q_i$ -нагрев инструмента

$Q_l$ -нагрев окружающего пространства

Количественное распределение теплоты от скорости резания

$$Q = P_z \cdot \bar{v}$$



Смазочно охлаждающие составы(СОЖ)

Для снижения нагрева применяют:

1. Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)
2. Газы и газообразные вещества
3. Пары поверхностно-активных веществ
4. Распыленные жидкости, пены
5. Твердые вещества. Смазочно охлаждающие твёрдые составы(СОТС).  
Воск, парафингр

## 10. Инструментальные материалы.

Быстрорежущие стали

Вольфрам, Хром, Кобальт, Ванадий

P9, P18-наилучшие

Металло-керамические сплавы-твёрдые растворы WC, TiC, TaC в металлическом Co.

Примеры: основные марки ВК3, ВК8, ВК3М, ВК8В

В-вольфрамовый твердый сплав

М-сплав мелкозернистый

В(в конце)-сплав высокопрочный

К-кобальт

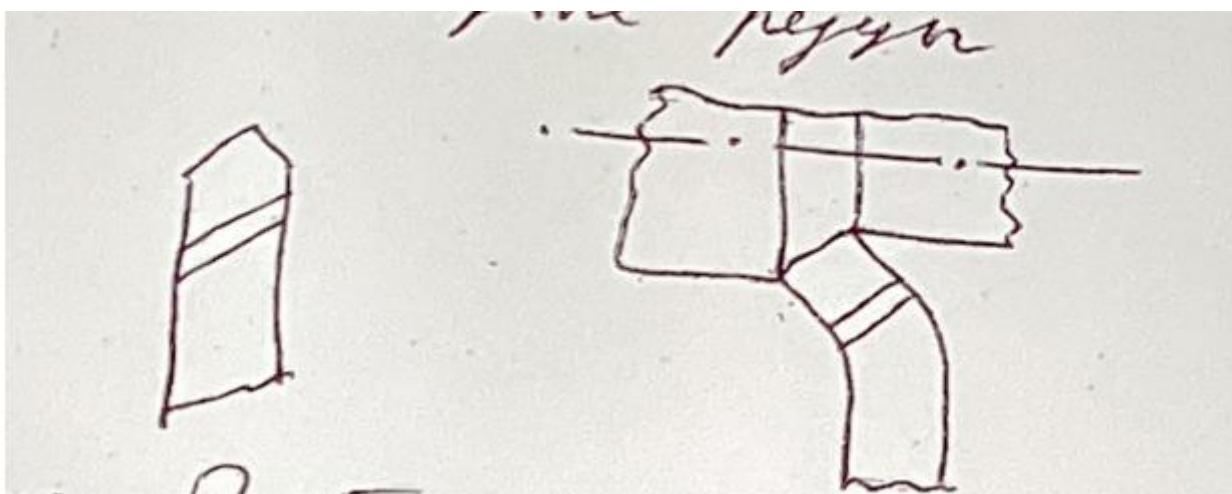
ВК3 Вольфрам Углерод 97%,Кобальт 3%

## 11. Обработка на токарных станках.

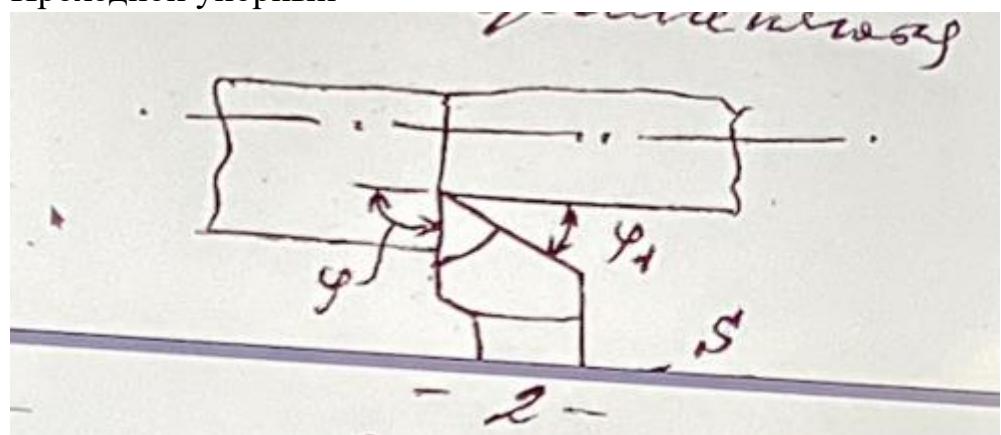
На токарных станках обрабатывают: наружные поверхности, внутренние поверхности, цилиндрические, конические, фасонные, торцовые плоские, канавки, резьба, отверстие

Токарные резцы:

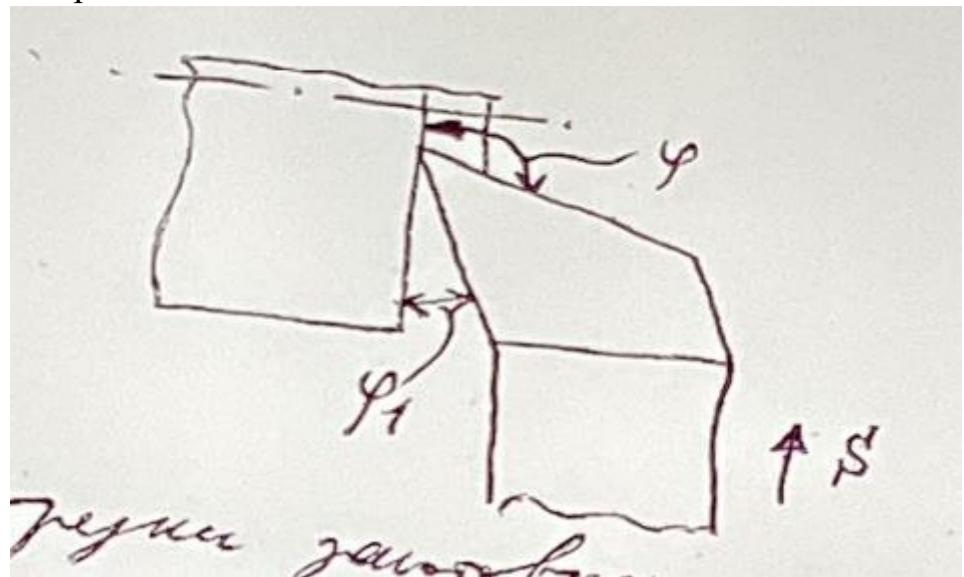
1. Проходные



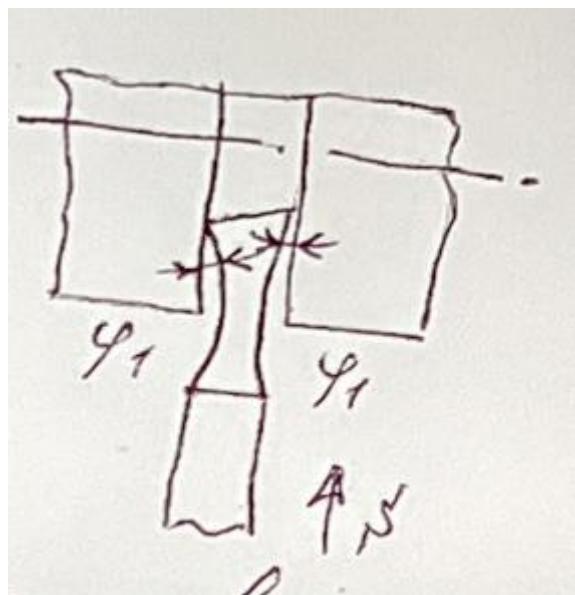
2. Проходной упорный



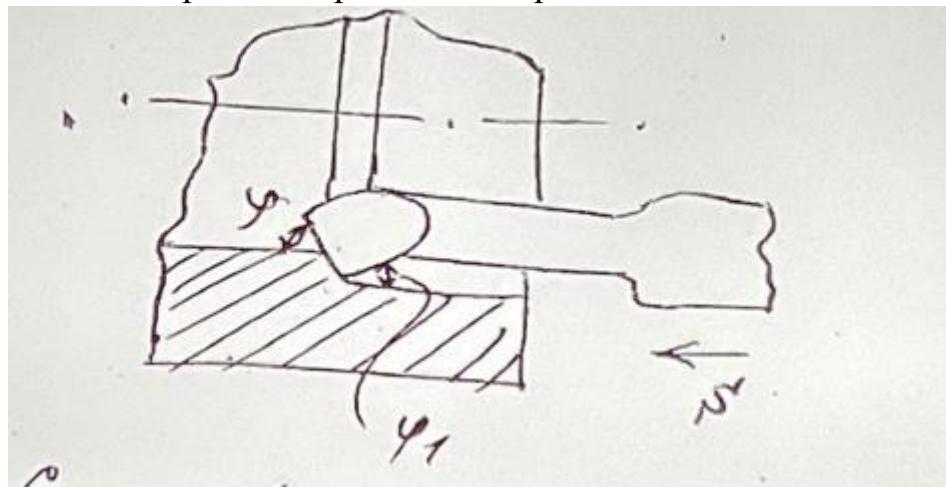
3. Подрезной



4. Отрезной

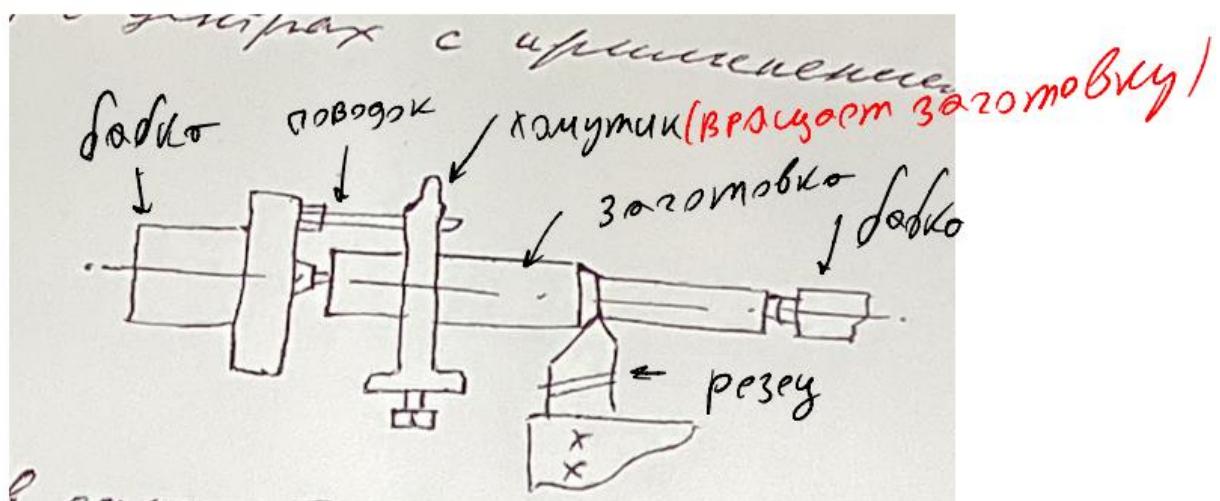


### 5. Расточкой резец. Обработка отверстий

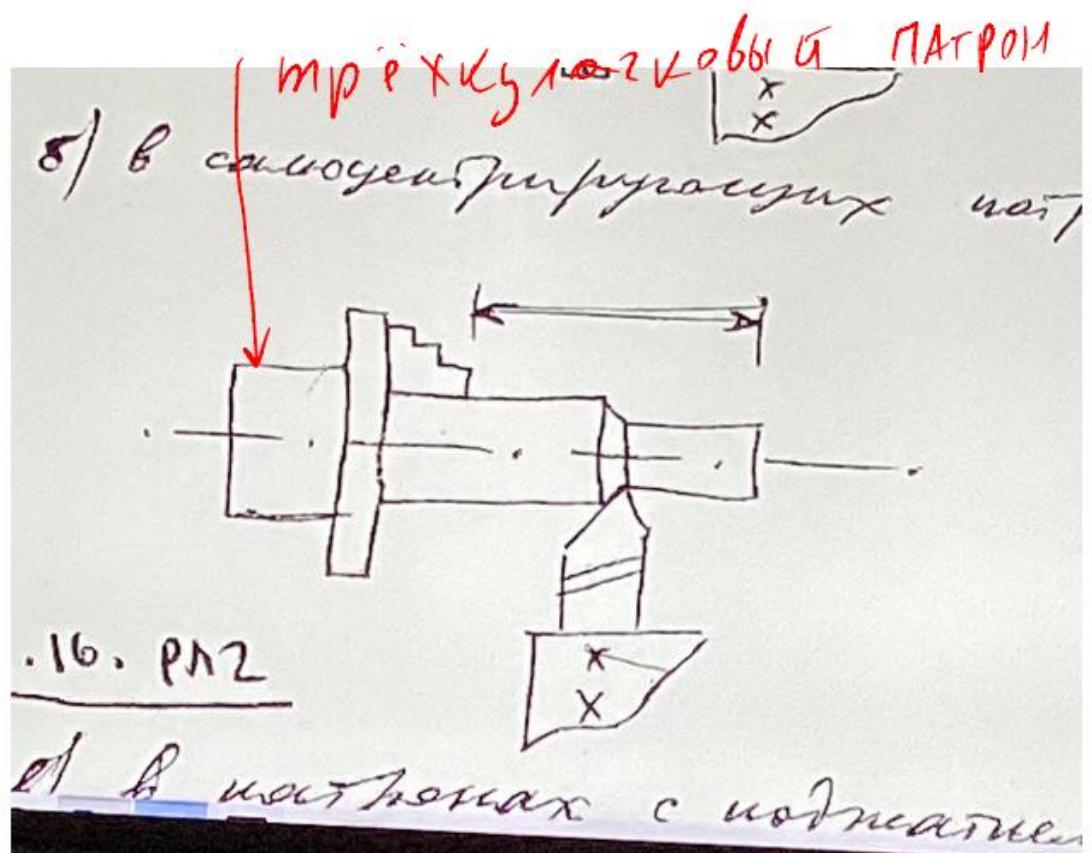


Способы установки заготовок на токарных станках

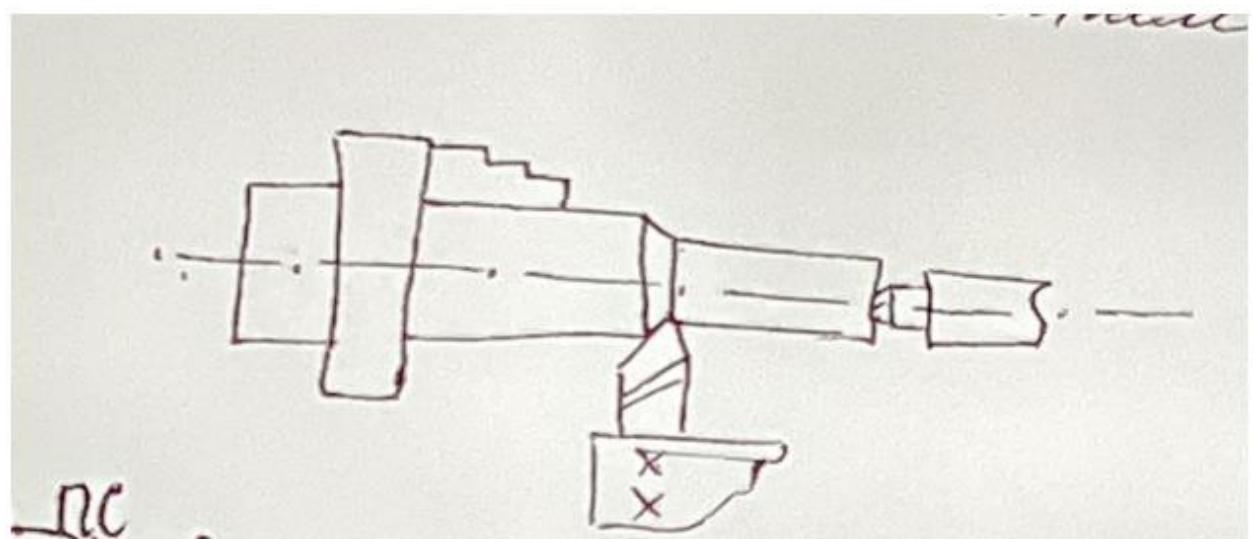
#### 1. В центрах с применением хомутика



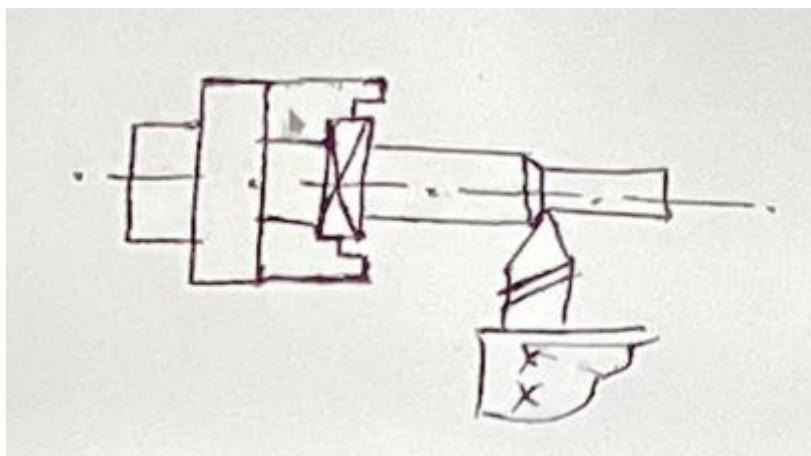
#### 2. В самоцентрирующих патронах



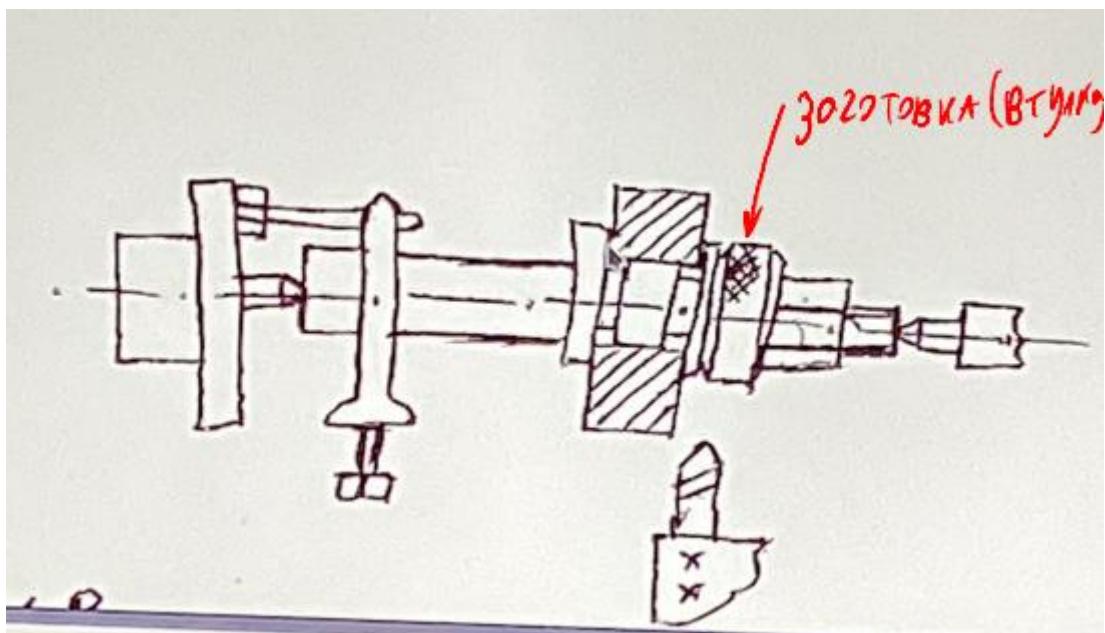
3. С поджатым задним центром



4. В четырехкулачковом патроне

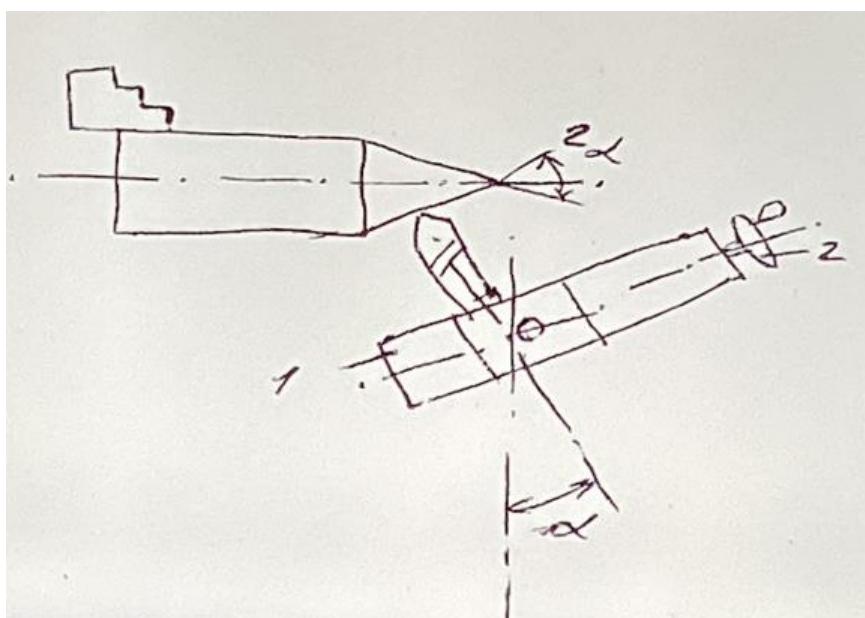


5. На оправах



Обработка конических поверхностей

1. Поворот верхних салазок суппорта



2. Смещение корпуса задней бабки

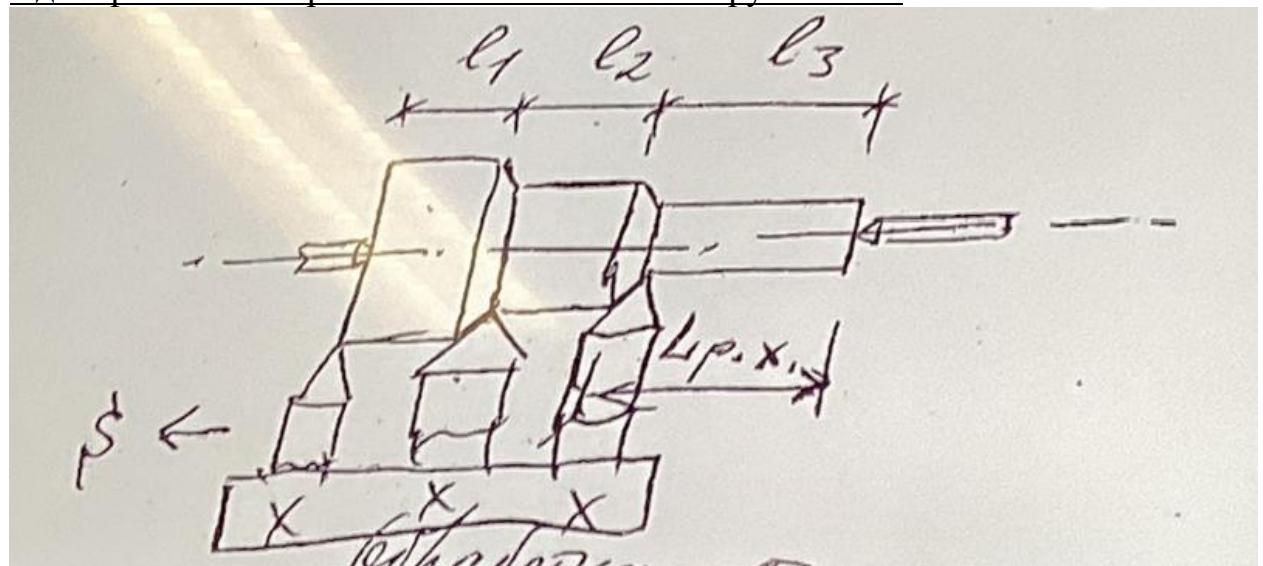
Применяются для  $\alpha \leq 8$  градусов

3. С помощью конусной линейки

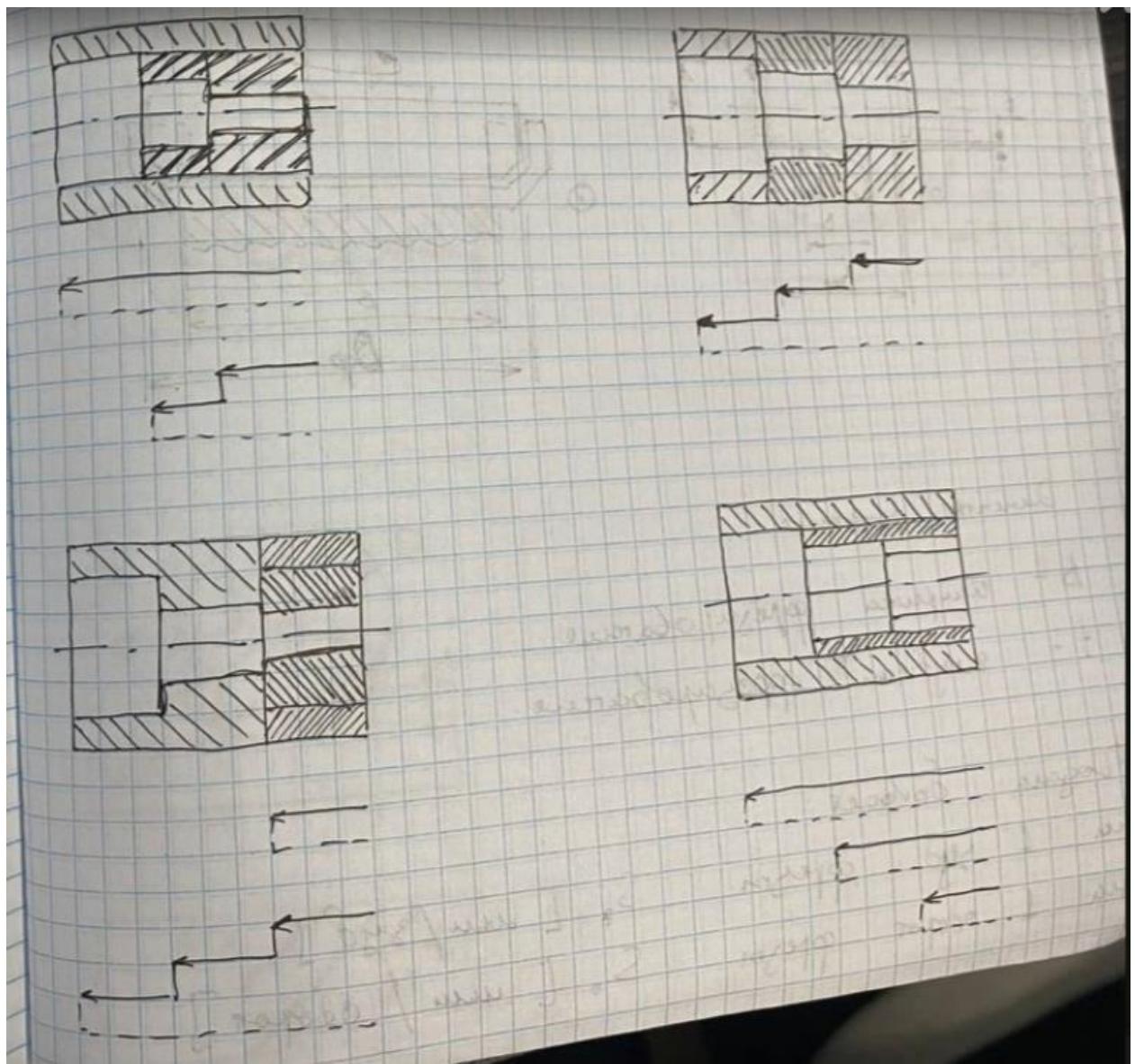
4. С помощью широких фасонных резцов. Для  $L \leq 25$  мм



Одновременная обработка несколькими инструментами



Обработка ступенчатых валиков

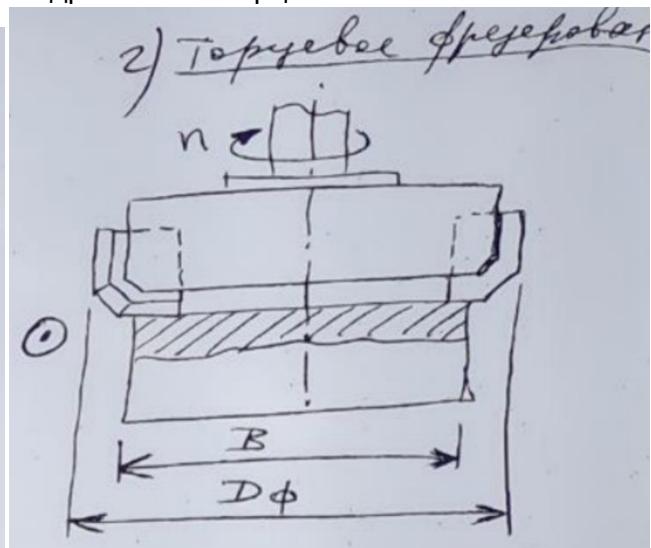
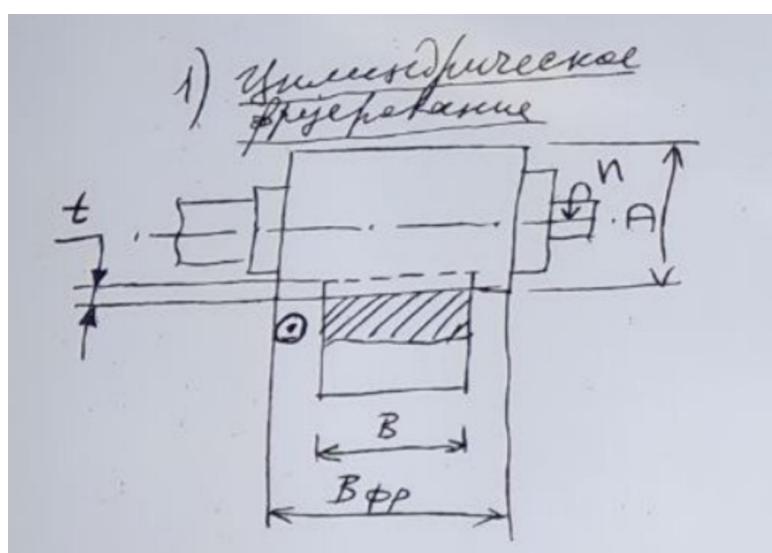


Для обработки длинного вала



## 12. Обработка на фрезерных станках.

Основными видами фрезерования являются цилиндрическое и торцевое:



$B$  - ширина фрезерования

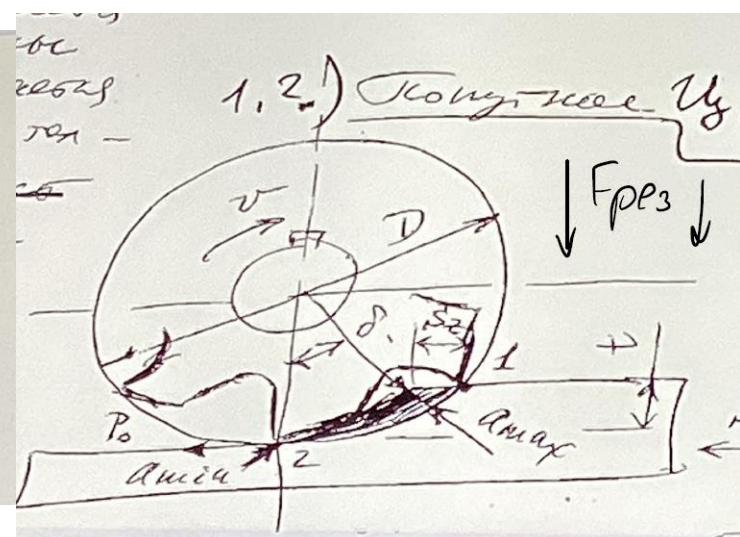
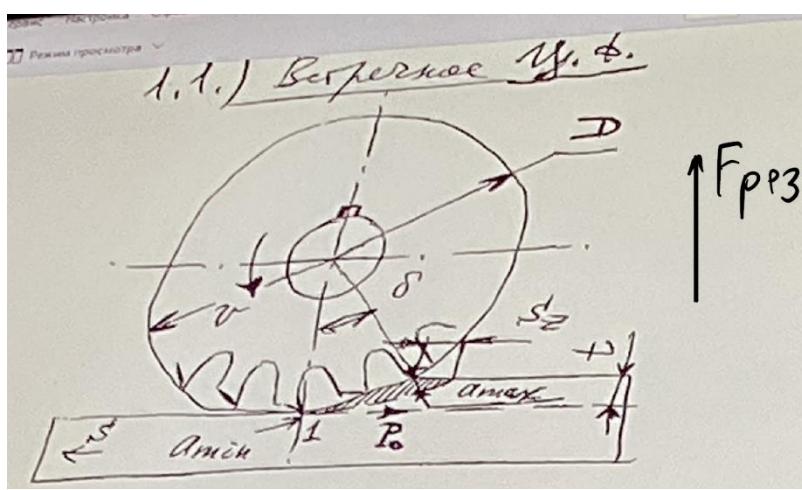
$t$  - глубина фрезерования

Подача бывает:

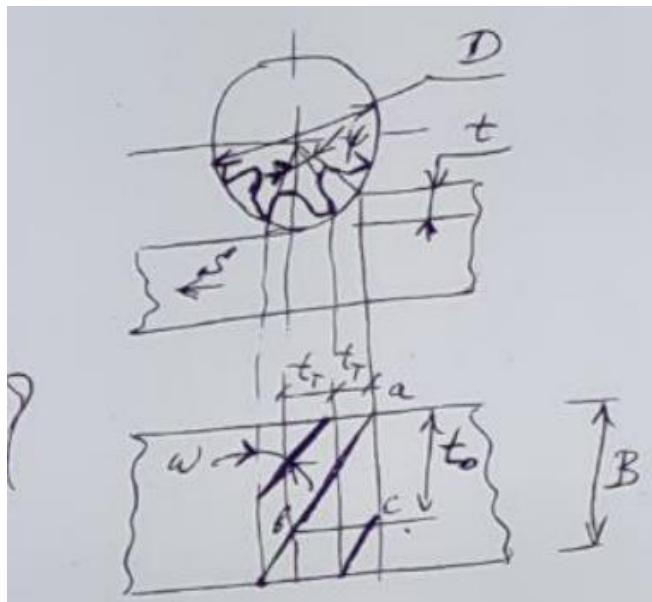
- 1) На один зуб фрезы  $S_z$  [мм/зуб]
- 2) На один оборот фрезы  $S_o$  [мм/об]
- 3) За 1 минуту  $S_m$  [мм/мин]

Цилиндрическое фрезерование бывает:

- Встречным
- Попутным



Равномерное фрезерование с винтовым зубом

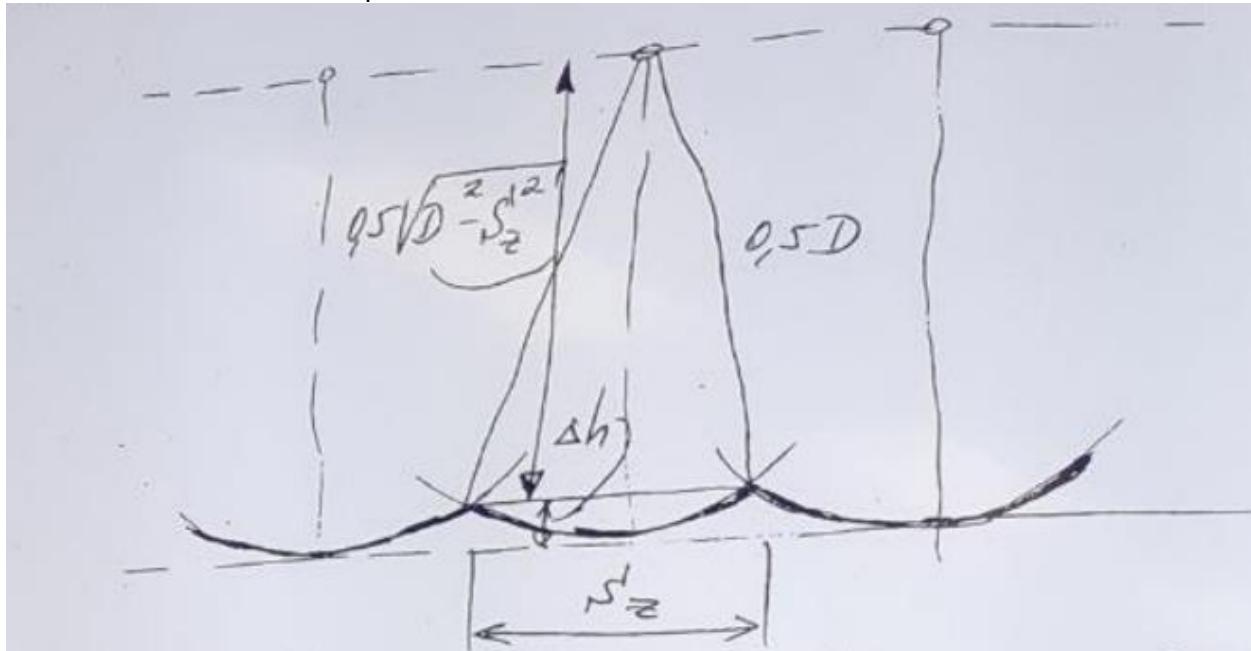


Условие реализации фрезерования:

$$\frac{B}{t_0} = k$$

Где  $k$  - целое число зубьев, работающих одновременно

### Кинематика появления неровностей



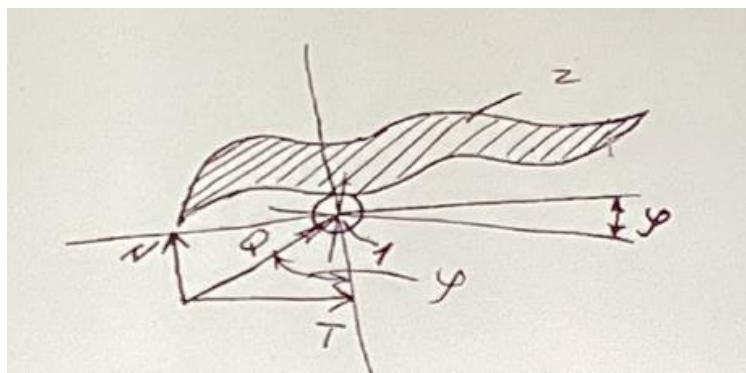
Шаг неровностей равен подаче на зуб  $S_z$

$$\text{Высота неровностей: } \Delta h = 0,5(D - \sqrt{D^2 - S_z^2})$$

### Фрезерование по контуру

Применяют при обработке деталей с замкнутой фасонной поверхностью, а также фасонных профилей, которые невозможно обработать фасонными фрезами.

Фрезерование криволинейной поверхности детали по контуру с помощью механических устройств:



1 – копировальный ролик

2 – копир

Нужна, чтобы ролик прижимался к копиру

Траектория движения оси фрезы относительно детали задается профилем обрабатываемой детали

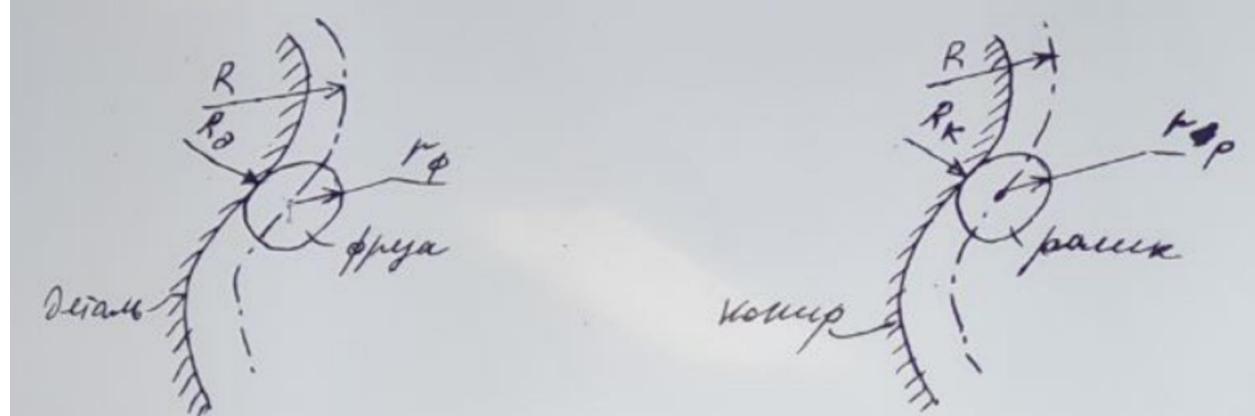
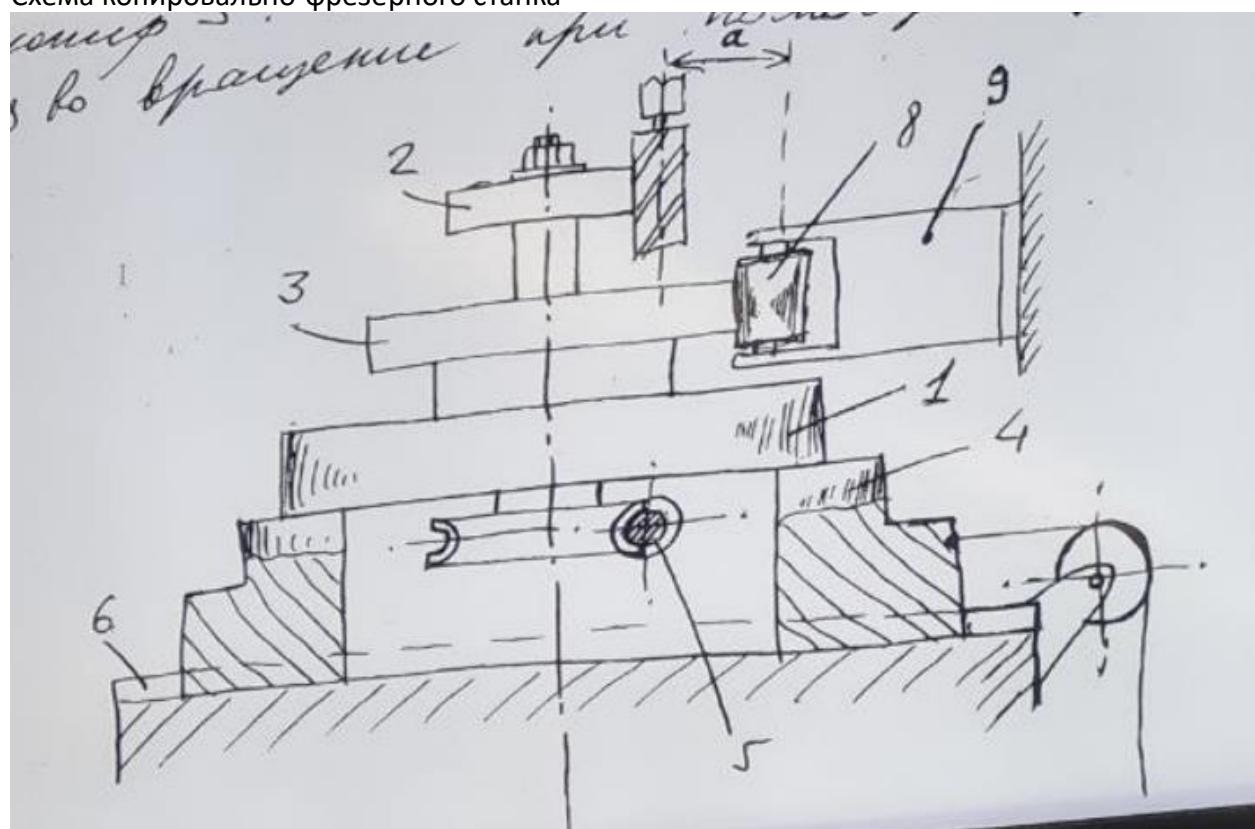


Схема копировально-фрезерного станка



- 1- Стол
- 2- Деталь
- 3- Копир
- 4- Ползун
- 5- Червячная передача
- 6- Направляющий
- 7- Груз
- 8- Ролик копира
- 9- Кронштейн

### 13. Абразивные материалы.

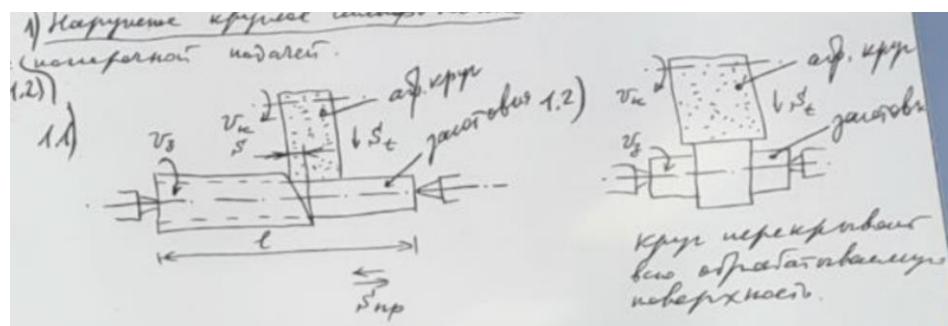
- Вещества естественного и искусственного происхождения, обладающие высокой твердостью, прочностью и износостойкостью, частицы которых пригодны для обработки деталей царапанием и истиранием
- А.М. применяют в свободном или связанном состоянии в виде инструмента для обработки деталей.

### 14. Шлифование.

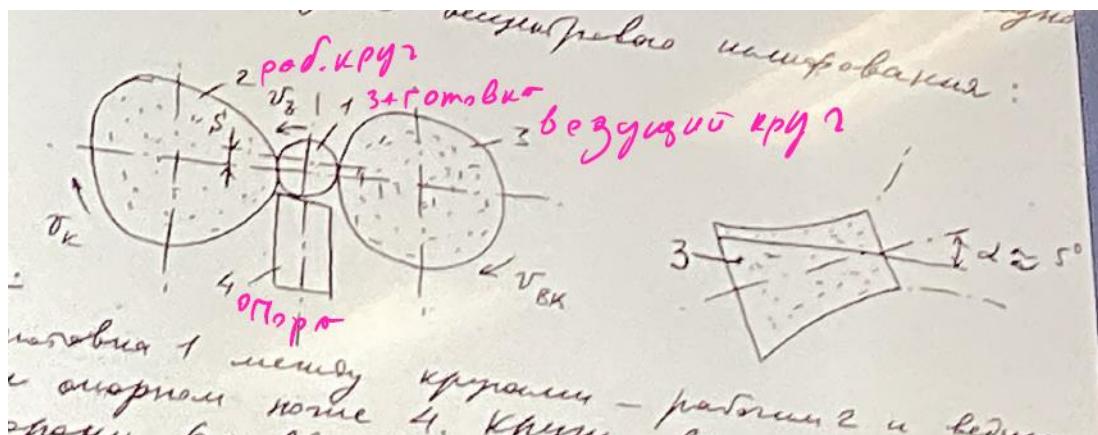
Шлифование- обработка металлов и неметаллических материалов абразивным инструментом (абразивным кругом)

Виды:

- 1) Наружное круглое шлифование:
  - 1.1) С продольной подачей
  - 1.2) С поперечной подачей



- 2) Бесцентровое наружное шлифование

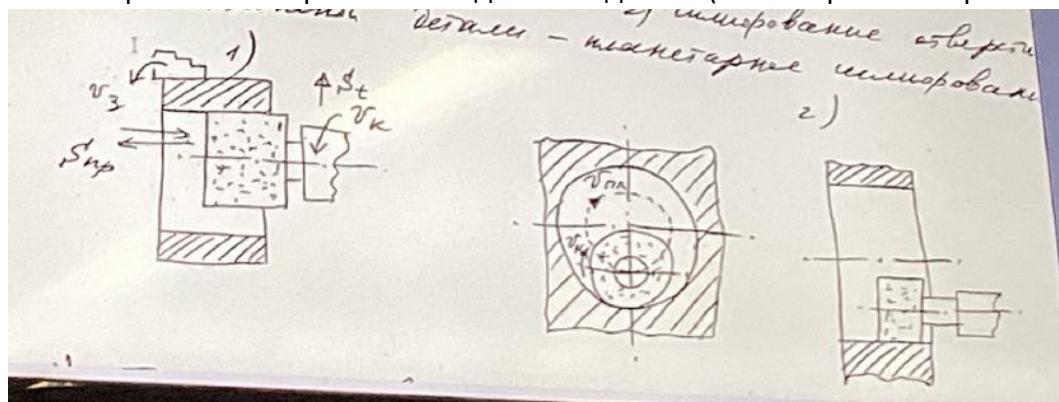


- 3) Внутреннее шлифование

2 метода:

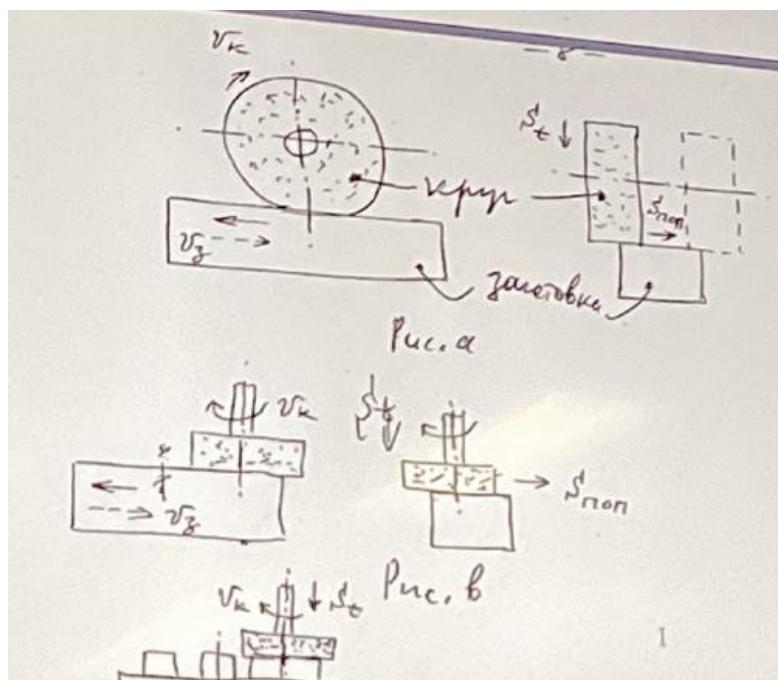
- 1- Шлифование отверстия во вращающейся детали

## 2- Шлифование отверстия в неподвижной детали (планетарное шлифование)



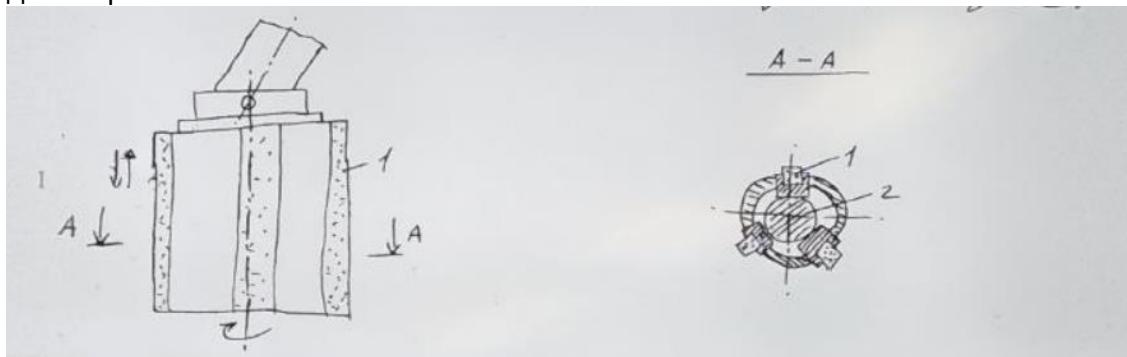
### 4) Плоское шлифование

- 1) Шлифование периферии круга(а)
- 2) Шлифование торцом круга(в)



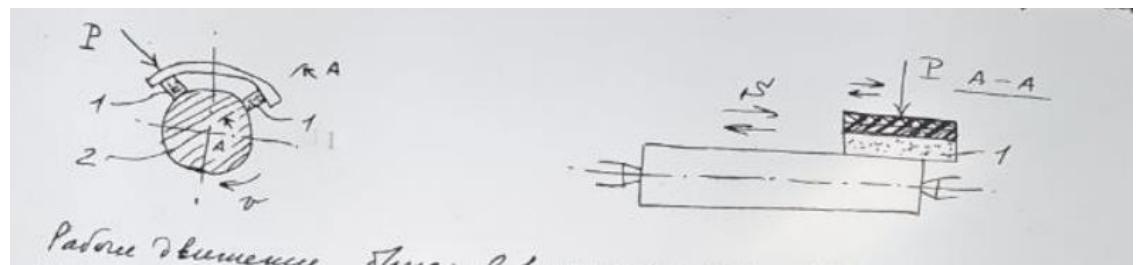
## 15. Хонингование.

Применяют для обработки цилиндрических отверстий как сквозных, так и глухих диаметром больше 2мм



## 16. Суперфиниширование.

- Это процесс отделочной обработки мелкозернистыми брусками в сочетании с вращательными и возвратно-поступательными движениями для получения низкой шероховатости.



1 – абразивные бруски  
2 – заготовка

## 17.Полирование.

- Применяют для получения зеркального блеска на ответственных частях деталей. Используют пасты или абразивные зерна, смешанные со смазочным материалом. В качестве абразивного материала применяют:
  - порошки электрокорунда, карбида кремния
  - окись хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – мелкозернистый порошок
  - крокус (окись  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
  - полирит

Схема полирования:

