

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

**Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО
Ульяновский ГАУ**

С.Н. Петряков
Н.И. Шамуков

ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
(краткий курс лекций)



Димитровград - 2023

УДК 631.3
ББК 39.3
П - 31

Петряков, С.Н. Обработка конструкционных материалов / С.Н. Петряков, Н.И. Шамуков - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2023.- 72 с.

Рецензенты: Глушченко Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Приводится материал лекций по дисциплине «Технология конструкционных материалов». Раздел «Обработка конструкционных материалов резанием» в соответствии с программой курса. Содержание пособия отражает краткую историю развития обработки резанием, рассмотрение теоретических основ обработки, явлений, сопровождающих процесс резания, анализ групп инструментальных материалов, их характеристик и назначения, а также примеров применения для конкретных видов инструментов.

Подробно рассмотрены все виды обработки резанием, начиная от самых распространенных и заканчивая электрофизическими способами. Дается методика расчета и выбора режимов обработки и приводится геометрия режущих инструментов. В заключении приводятся основные понятия технологии машиностроения. Пособие предназначено для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2023г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологи-
ческого института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2023г.

© С.Н. Петряков, Н.И. Шамуков, 2023

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2023

1. ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (КМ) РЕЗАНИЕМ

Резание - является самым «молодым» по возрасту технологическим процессом обработки КМ. Первые теоретические работы были выполнены в России И. А. Тиме (профессором Петербургской горной академии). В 1870 г. он опубликовал трактат: "Сопrotивление металла и дерева резанию". В нем он впервые сформулировал теоретические основы процесса образования элементарной стружки. В 1880 г. академик Российской академии наук А.В. Гадолин сформулировал, как наиболее оптимальный,- закон геометрической прогрессии для ступеней чисел оборотов коробок металлорежущих станков.

Личный токарь Петра 1-го А.К.Нартов впервые в мире изготовил токарный станок с самоходным суппортом. К.А.Зворыкин в 1893 опубликовал фундаментальную работу "Теория резания". В 1943 г., 50 лет спустя, профессор Мерчант (США) опубликовал "теорию резания" без ссылки на труды Зворыкина. В 1886 А.А.Брикс в работе "Резание металлов" сделал глубокий анализ работ отечественных и зарубежных ученых и предпринял первую попытку их обобщения. В 1912 г. механик Петербургского политеха Я.Г. Усачев впервые в мире измерил температуру в зоне резания применив методы искусственной и естественной термопары, изготовил динамометр сил резания и впервые применил микроскоп для изучения характера деформирования металла резцом, установив наличие кроме плоскостей скалывания плоскости сдвига (упомянутый выше Мерчант незаслуженно приписал это себе почти через 30 лет). Усачев Я.Г. опередил Куррейна (нем.) Герберта (анг.) почти на 10 лет. АН. Челюсткин в двадцатых годах прошлого века, в Ленинградском политехе и военно-механическом институте в результате экспериментов установил формулу для определения усилия резания, которой пользуются и поныне. Под руководством В.Д. Кузнецова, П.А.Ребиндера и других отечественных ученых проведены глубокие и всесторонние исследования и опубликованы монографии по теории твердого тела и деформации при резании, в 1943 г. супруги Лазаренко изобрели "способ электроискровой обработки металлов" и получили на это патент (обратить внимание на год).

Большой вклад в обработку резанием внесли советские ученые: И.М.Бес прозванный, Г.И. и И.Г. Грановские, проф. М.Н. Ларин, Н.П.Дубинин, С.С. Некрасов, В.А.Кривоухов, А.В.Панкин, А.А. Аваков, И.И.Семенченко, Е.Н.Маслов, М.И. Клушин.

А также токари новаторы: Ленинградские токари - изобретатели Т.С. Борткевич и В.К. Семинский; Московский токарь П.Б. Быков, токарь В.А. Колесов ПО "Прогресс" Самара и др.

К резанию металлов и других КМ относятся следующие виды обработки:

- точения (на токарном станке)
- сверления
- фрезерования (самый универсальный)
- строгания

- шлифования (обработка абразивным инструментом)
и другие способы размерной обработки - электрофизические, электрохимические и т.д., как решающие одну и ту же технологическую задачу.

Резание есть процесс, связанный с образованием стружки. Единственный технологический прием, обеспечивающий максимальную точность обработки деталей машин, механизмов, технологической оснастки и др. техники.

График затрат на обработку в зависимости от требований точности

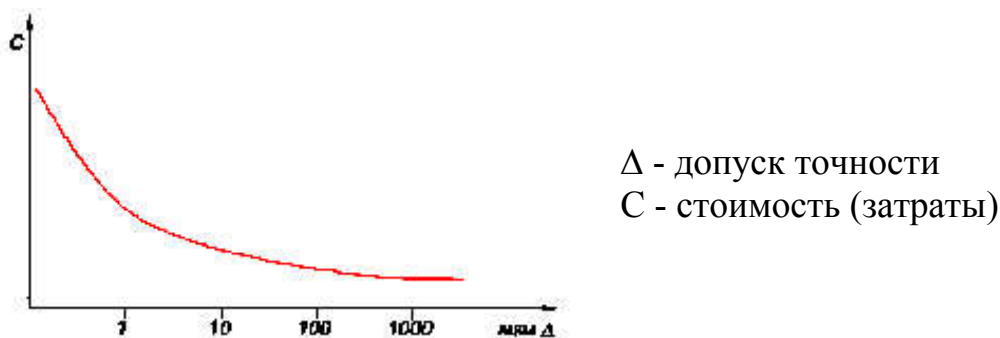


Рис. 1.1 График затрат на обработку в зависимости от требований точности

В основе любого процесса резания лежит действие резца-клина на обрабатываемый материал.

Резец - это клин, внедряемый в обрабатываемый материал.

Вместо резца могут применяться различные его модификации и трансформации: например, сверло, которое можно представить как модификацию 2х токарных резцов; фреза, которая представляет собой сложный, многолезвийный инструмент; шлифовальный круг и так далее. Но любой из них в принципе содержит элементарный резец - клин. Это основа действия любого режущего инструмента.

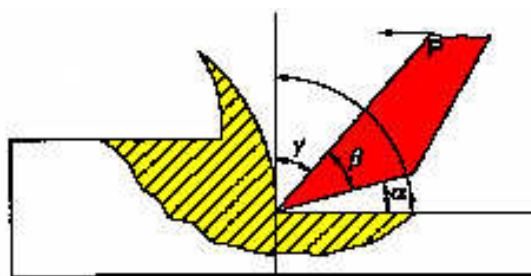


Рис. 1.2 Основа действия любого режущего инструмента
 β - угол заострения (угол клина); γ - передний угол; α - задний угол;
 $\beta + \gamma + \alpha = 90^\circ$

1.1 ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СТРУЖКИ (ПО И.А. ТИМЕ)

Процесс образования стружки складывается из трех стадий:

1. Под действием резца, входящего в соприкосновение с обрабатываемым материалом, в последнем возникают упругая деформация и упругие напряжения.

2. В виду продолжающегося движения резца происходит дальнейшая деформация материала, сопровождающаяся дальнейшим ростом напряжений. При этом упругая деформация переходит в пластическую, т. е. происходит смятие материала. Резец продолжает свое движение. Следствием этого является дальнейший рост напряжений в материале.

3. Напряжения достигают предела прочности. В этот момент возникает разрушение, т. е. образование трещины и напряжение скачкообразно снижается. В дальнейшем картина многократно повторяется.

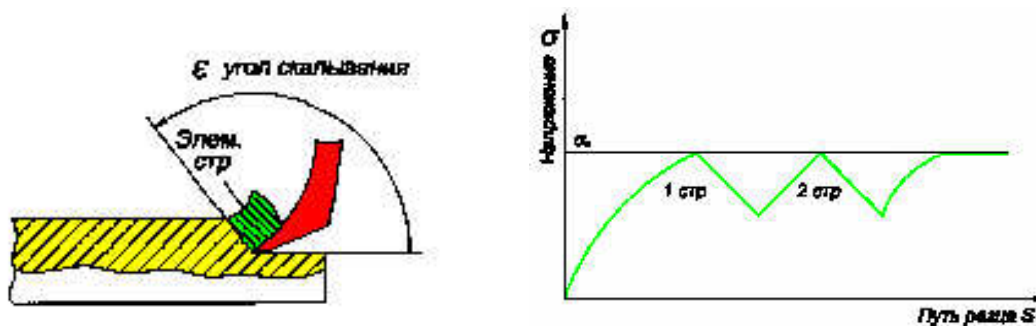


Рис. 1.3 Процесс образования стружки

Виды стружки:

В зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала отдельные элементы стружки могут быть спрессованы между собой в непрерывную ленту (спираль), такая стружка называется **сливная**. Она образуется при резании чистых металлов, высокопластичной, малоуглеродистой стали (Сталь 10, Сталь 20), при точении латуни, меди, алюминия и их сплавов и др. пластичных материалов. При резании хрупких металлов, таких как чугун, бронза сложного состава, ряда полимеров (термореактивных), особо твердых пород древесины и др. материалов (керамика) элементарные стружки разобщены. Такая стружка называется стружка **надлома**.

При резании металлов и материалов с промежуточными свойствами несколько элем, стружек могут быть соединены между собой. Стружка такого промежуточного вида называется стружка **скалывания**.

В процессе образования стружки происходит ее усадка в продольном и поперечном направлении. Если путь резца L_0 разделить на суммарную длину стружки, получим коэффициент усадки, он всегда больше 1.

$$K = \frac{L_0}{\sum L_{стр}} > 1 \quad (1,2-1,4)$$

1.2 ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ

Для исследования тепловых явлений применяют метод естественной (рис 1.4), искусственной и полуискусственной термопары вырабатывающих Термо ЭДС (ТЭДС).

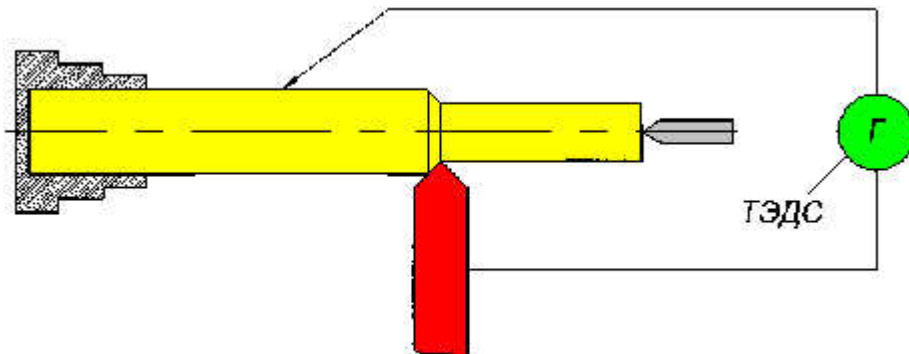
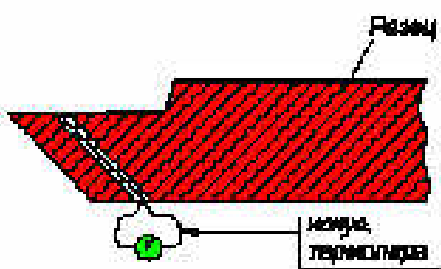


Рис. 1.4 Метод естественной термопары

В соответствии с эффектом Т. Зеебека при нагреве сплавов (спаев) разнородных металлов на холодных концах возникает ТЭДС (термоэлектродвижущая сила) - пропорциональная разнице этих температур. Поскольку резец сделан из сплава, значительно отличающегося от материала детали, то подключив гальванометр к резцу и детали, можно измерить среднюю температуру в зоне резания. Достоинство - простота. Недостатки – необходимость высокочувствительного измерителя, т.к. мала величина ТЭДС, а так же невозможность получения дифференцированной картины, распределения температуры по глубине то есть температурного поля

Я.Г.Усачев применяя метод искусственной термопары, исследовал тепловые явления при резании.



ХК хромель-копель до 600°
ХА хромель-алюмель до 1300°
П-ПР платина-платинародий до 1600°

Рис. 1.5 Метод искусственной термопары

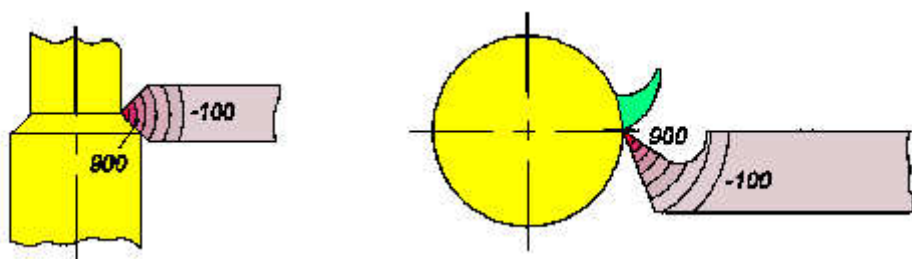


Рис. 1.6 Тепловые явления при резании

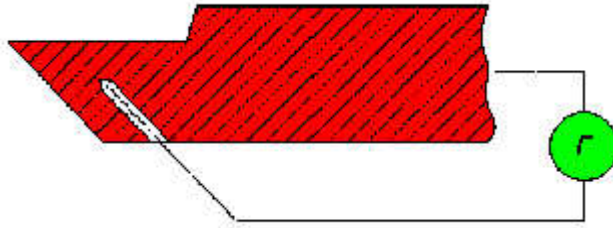


Рис. 1.7 Метод полуискусственной термопары

В отверстие еще меньшего диаметра, чем в случае искусственной термопары (по существу - проволоки) устанавливается тонкий электрод (микропроволока) из материала образующего в паре с материалом резца, термопару с макс. термо ЭДС. Измерение производится аналогично. Метод полуискусственной термопары позволяет более объективно (за счет меньшего нарушения плотности резца), произвести исследование температурных полей при резании.

1.3 ТЕПЛОВЫЙ БАЛАНС ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

Исследование температурных полей в совокупности с измерениями калориметрическим методом количеств выделяемого и рассеянного тепла позволяют составить уравнение теплового баланса, в правой части которого источники поглощения тепла, а в левой источники его образования. Источниками тепловыделения является работа деформации срезаемого материала (металла) и тепло трения инструмента о стружку и деталь.

$$\begin{array}{c}
 Q_{\text{деф}} + Q_{\text{тр}} \\
 (30+60\%) \quad Q_{\text{стр}} + Q_{\text{тр. рез+дет}}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 Q_{\text{стр}} + Q_{\text{дет}} + Q_{\text{инстр}} + Q_{\text{окр. сред}} \\
 (20+80\%) \quad (10-30\%) \quad (5+15\%) \quad (2+5\%)
 \end{array}$$

Основным источником тепла является работа деформации. Образующееся тепло передается в 4 объекта: в стружку, в деталь, в инструмент и в окружающую среду.

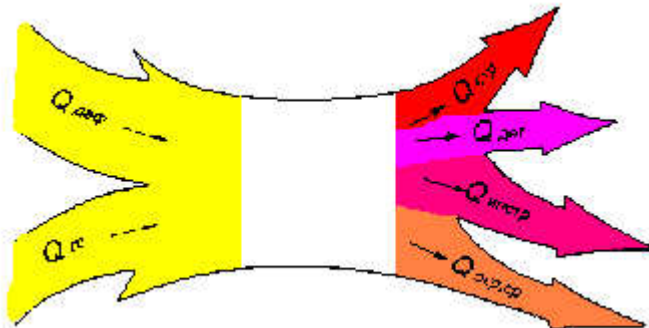


Рис. 1.8 Тепловой баланс при резании металлов

Наростообразование при резании

В процессе резания на поверхности резца, по которой скользит стружка, в определенных условиях формируется наростообразование. На передней грани

образуется в виде слоя материала стружки "застойная зона". Причины ее образования неровность поверхности передней грани и очень высокое давление на переднюю грань, вызывающее явление схватывания (сцепления), которое всегда сопровождается сухим трением твердых тел.

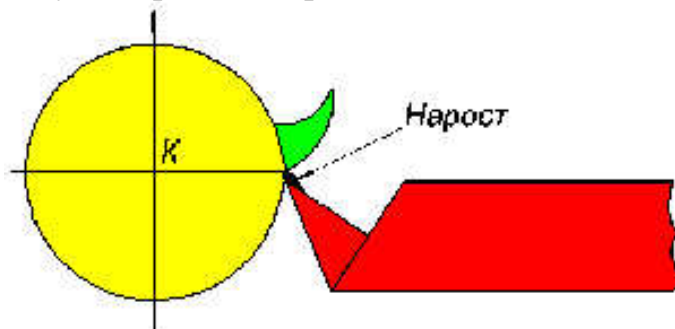


Рис. 1.9 Наростообразование при резании

В результате изложенного в зоне прилегающей к вершине резца на передней грани возникает специфическое образование из спрессованных частиц срезаемого металла, находящегося в сильно перенаклепанном состоянии. По форме оно напоминает небольшой бугорок. Это явление получило название НАРОСТ. Металл нароста имеет резко увеличенную твердость, превышающую твердость обрабатываемого материала в 3-4 раза, благодаря чему нарост сам способен к резанию обрабатываемого материала, к внедрению в него. Явление наростообразования имеет особенности:

1. Наростообразование не постоянно (периодически нарост возникает, увеличивается в размерах и исчезает, отрывается, уносимый стружкой).
2. В определенной степени нарост может защищать переднюю грань от износа.
3. На чистовых режимах нарост портит качество обработанной поверхности и недопустим.
4. Главным фактором, влияющим на наростообразование является скорость резания.

Зависимость интенсивности образования нароста от скорости показана на рис.1.10. Нарост образуется в определенном интервале скоростей от v_1 до v_2

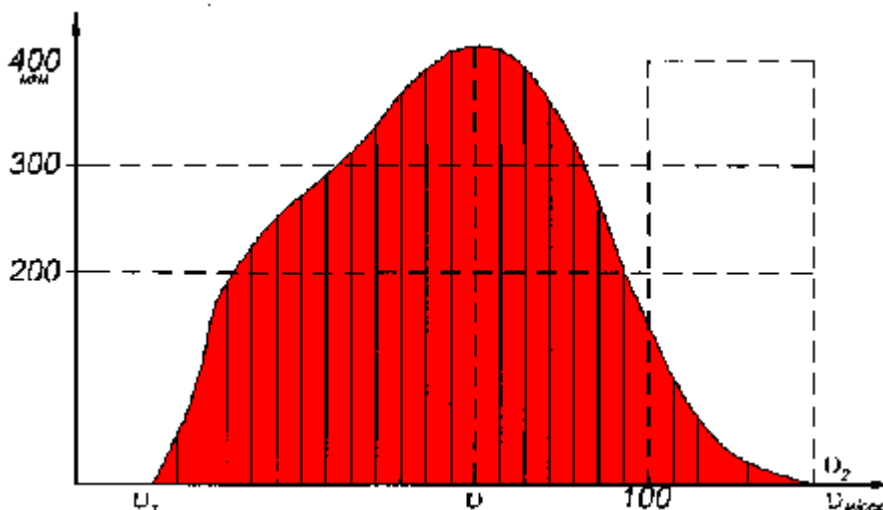


Рис. 1.10 Зависимость интенсивности образования нароста от скорости

Поскольку в большинстве случаев нарост является нежелательным явлением перед технологией обработки ставится задача устранить наростообразование. Она решается с помощью специальной смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Стандартной жидкостью при обработке сталей и чугунов является двух - пятипроцентный, раствор специально приготовленной многокомпонентной СОЖ под названием эмульсол. Главными компонентами является мыло техническое, сода, поверхностно активные вещества, ингибиторы, эмульгаторы и др. специальные добавки. Для зубонарезания применяются нефтяные минеральные масла в различных смесях. Для тяжелых условий резания: большие усилия и сечение стружки (резьбонарезание, протягивание) применяются загущенные высоковязкие нефтяные масла со значительными добавками серы, например специфическая жидкость называемая сульфозрезол. Для точения цветных сплавов применяют растворы органических кислот олеиновой, линолевой и др.

Для условий точного шлифования, хонингования и суперфиниширования применяются смеси, состоящие из керосина и легких фракций нефтяных масел. (Подробно см. справочную литературу).

1.4 НАКЛЕП НА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РЕЗАНИИ

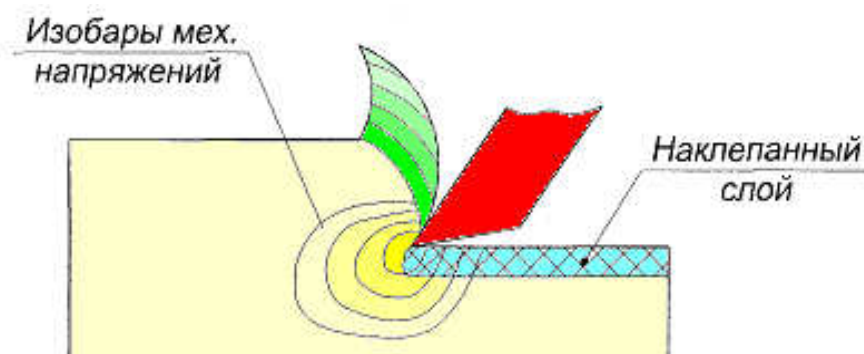


Рис. 1.11 Наклеп на обработанной поверхности при резании

Под действием реза клина, внедряемого в обрабатываемый материал, в последнем возникают значительные механические напряжения. Причем давление распространяется не только в слое срезаемого металла, но и проникает в поверхностный слой. Сжатие металла в поверхностном слое вызывает явления, сопровождающие все процессы деформирования металлов, а именно образование (возникновение) наклепа выражается в значительном увеличении твердости и снижении пластичности. Глубина проникновения силового воздействия режущего инструмента зависит от режимов резания (скорости обработки, усилия резания, сечения стружки и др.) и может достигать в некоторых случаях сотен и тысяч микрон.

На практике глубина наклепанного слоя для деталей средних размеров составляет порядок нескольких сотых долей миллиметра.

При резании специальных сплавов воздействие инструмента может проникать и на значительно большую глубину. Кроме изменений физико-механических свойств в поверхностном слое при резании возникает картина сложных внутренних напряжений. В некоторых случаях (тонкостенные, в особенности габаритные детали) это должно учитываться, так как наклеп может привести к деформации изделия, а в отдельных случаях к его полному разрушению.

1.5 ИЗНОС ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

При резании металлов инструмент подвергается чрезвычайно жестким внешним воздействиям, поэтому для материала инструментов применяются самые стойкие конструкционные материалы. На материал инструмента действуют следующие, чрезвычайно интенсивные факторы:

- материал резца испытывает крайне высокое удельное давление до 10 000 МПа и более;
- нагревается до высоких температур (в некоторых случаях 1000°C и более);
- подвергается интенсивному изнашиванию. Интенсивность износа возрастает при наличии окалины и загрязнений на поверхности детали.

В некоторых случаях на резец воздействуют ударные нагрузки (обработка прерывистых поверхностей, пористых материалов).

Вследствие указанных причин рабочая поверхность инструмента интенсивно изнашивается. Поскольку резец-клин представляет собой 2 грани, износу подвергаются обе в различных сочетаниях:

- передняя грань наиболее интенсивно изнашивается при черновой обработке;

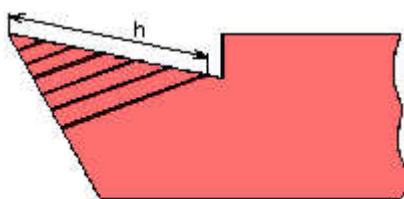


Рис. 1.12 Износ по передней грани резца

- износ по задней грани наблюдается при высоких скоростях чистовой обработки;

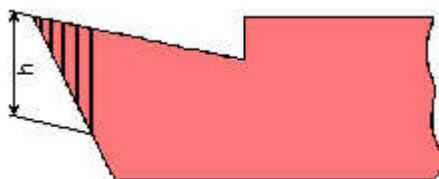


Рис. 1.13 Износ по задней грани резца

- износ одновременно по передней и задней грани, наблюдается при режимах полустойковой обработки.

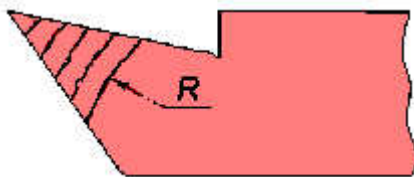


Рис. 1.14 Износ по передней и задней грани реза

Износ инструмента ведет к снижению качества обработки. Сопровождается повышением усилия резания, мощности затрачиваемой на процесс, а также возникновением вибрации, что приводит к быстрому аварийному износу.

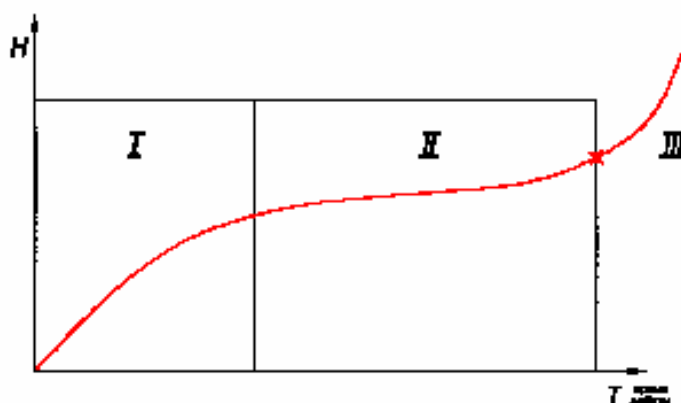


Рис. 1.15 График износа реза по времени:

H - величина износа; I - период приработки;
 II - медленное нарастание износа, основной период работы;
 III - период аварийного износа

В начале III периода процесс обработки должен быть остановлен, а инструмент направляется в переточку. Определить этот момент можно, используя критерии затупления:

1-ая группа - упрощенные критерии. Применяются в производственной практике - это измерение ширины площадки износа или радиуса затупления.

2-ая группа - более объективные критерии применяются в исследовательской практике - это измерение шероховатости обработки, усилия резания, мощности и др.

Применение этих критериев нужно для определения периода стойкости инструмента.

Период стойкости - это время работы от начала до момента затупления.

На период стойкости влияют различные факторы, главными из них являются качество и вид материала, а также режимы обработки, и в первую очередь - скорость. Зависимость стойкости от скорости резания нелинейная. Увеличение скорости в 2 раза может уменьшить стойкость в несколько раз.

$$T = \sqrt[m]{\frac{C}{v}} \text{ отсюда } v_1 \cdot T_1^m = v_2 \cdot T_2^m = v_3 \cdot T_3^m = \dots = v_n \cdot T_n^m = const$$

1.6 ПОНЯТИЕ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ

Экономическая стойкость - это такой период работы инструмента, которому соответствует экономическая скорость резания.

Экономическая скорость резания - это скорость, при которой суммарные экономические издержки, связанные с затратами на инструмент и достигаемой при этом производительностью являются минимальными.

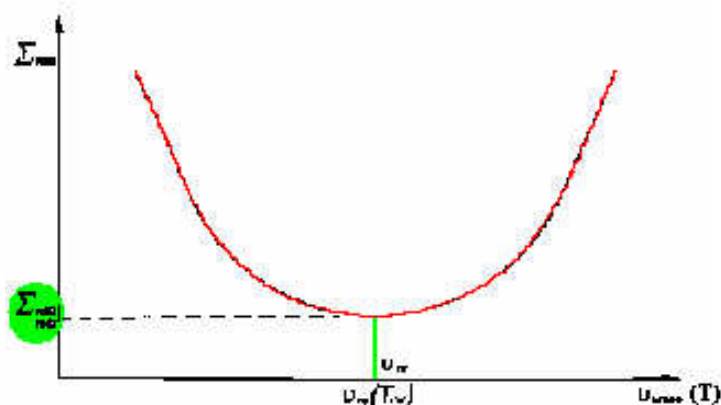


Рис. 1.16 График для определения экономической скорости резания

Начальная ветвь кривой естественно снижается за счет повышения производительности обработки (при увеличении скорости резания). Однако достигнув определенной Σ_{\min} суммарные издержки начинают возрастать. Это объясняется опережающим ростом издержек, связанных с быстро нарастающим износом инструмента, которые уже не компенсируются повышением производительности. Величина экономической скорости резания, ее численное абсолютное значение зависит главным образом от сложности и первоначальной стоимости инструмента. Чем сложнее и дороже инструмент, тем выгоднее работать на меньшей экономической скорости.

1.7 ПРИМЕРНЫЙ ПЕРИОД СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА

Резец токарный простой геометрии	20-30 мин
Резец токарный средней сложности	30-45 мин
Резец фасонный (сложный)	45-60 мин (90)
Сверло обыкновенное спиральное	90-120 мин
Зенкер	90-150 мин (200)
Фреза простой геометрии	120-200 мин
Фасонная фреза	200-500 мин
Протяжка	5-15 часов и более
Сложная протяжка	300 часов и более

1.8 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Для режущих инструментов применяются особые материалы и специальные упрочняющие технологии. Прогресс в материаловедении всегда касался, прежде всего, режущего инструмента. Так было с быстрорежущей сталью в начале века, с твердыми сплавами в 30-х годах, синтетическими алмазами в послевоенное время и т. д.

Напомним условия работы режущих инструментов. Это:

- Большое контактное давление, свыше 1000 МПа;
- Нагрев до высоких температур;
- Интенсивное трение; истирание проходящей стружкой, трение инструмента о деталь;
- Для некоторых инструментов с прерывистым режимом резания возникают ударные нагрузки (фреза);
- Ввиду переменности напряжений в процессе образования стружки возникают вибрации.

Все это в комплексе приводит к интенсивному силовому, температурному и другим воздействиям, что и обуславливает исключительно высокие требования, предъявляемые к материалам для инструмента. Поэтому история развития материалов связана в первую очередь с попыткой применения новых материалов для резания. В настоящее время применяются следующие группы материалов:

- 1) Инструментальные углеродистые стали У7...У 13 (0,7 %С...1,3 %С);
- 2) Легированные инструментальные стали: 5ХН, Х, ХГ, ХВГ; ХВ-5 (алмазная сталь)
- 3) Быстрорежущие инструментальные стали Р18К9Ф2, Р-18, Р-9, Р6М5;
- 4) Твердые сплавы, группы: ВК; ТК; ТТК
- 5) Сверхтвердые материалы (алмаз, гексанит-р, эльбор, силит);
- 6) Специальные покрытия (нитрид титана), напыляемые на рабочие поверхности инструмента

Материалы 1 -й группы - углеродистые инструментальные стали имеют самую низкую теплостойкость не больше 220 °С. Поэтому применяются на малых скоростях резания. Это: слесарный режущий инструмент (ножовка, зубило), деревообрабатывающий инструмент (пила, фреза, перовое сверло, стамеска, рубанок и т.д.).

2-я группа - легированные инструментальные стали, имеют теплостойкость до 400 °С за счет наличия карбидов легирующих элементов. Применение: сложный многолезвийный режущий инструмент, развертки, протяжки, фрезы, инструмент для обработки сплавов цветных металлов, фасонные резцы и т.д.

3-я группа - быстрорежущие стали. В последних марках вольфрам заменяется ванадием и кобальтом. Это самый главный материал для режущего инструмента, незаменим для фрез и сверл. Применяется для любых инструментов, но особенно для фасонных и отрезных резцов, фрез и сверл и др. многолезвийного инструмента. Теплостойкость до 650 °С. Проходят специальную термообработку: закалку и многоступенчатый отпуск.

4-я группа - твердые сплавы. Применяются в основном 3 группы (однокарбидные - ВК и двухкарбидные – ТК, трехкарбидные – серия ТТК).

ВК - карбид вольфрама + связка, например: ВК-3, ВК-8, ВК-30.

ТК - карбиды вольфрама, титана и связка - кобальт, например: Т15К6, содержит (15 % карбида титана, 6 % связки кобальта, остальное карбид вольфрама) Т5К1, Т30К4.

В последнее время появились трехкарбидные твердые сплавы - ТТК, например: ТТ5К18, ТТ30К12 карбид тантана + карбид титана вместе 30 %, 12 % связки, остальное карбид вольфрама.

5-я группа - сверхтвердые синтетические материалы. Синтетические и природные алмазы, гексанит-Р, силинит и др. Применяются для резцов, для абразивного инструмента, выглаживающего инструмента.

К режущим сверхтвердым материалам относятся природные алмазы и синтетические материалы. Самым твердым из известных инструментальных материалов является алмаз. Его применяют для оснащения лезвийных и абразивных режущих инструментов.

По химическому составу алмаз представляет собой одну из аллотропных модификаций углерода-кристаллический углерод. Он обладает высокой износостойкостью, хорошей теплопроводностью, небольшим коэффициентом трения и малой адгезионной способностью к металлам, за исключением сплавов железа с углеродом. Наряду с высокой твердостью, алмазы обладают большой хрупкостью. Следует добавить, что кристаллы природных алмазов обладают большой анизотропией-твердость и прочность его в различных направлениях могут изменяться в сотни раз и при надлежащей кристаллографической ориентации можно значительно повысить стойкость инструмента. Это учитывают при изготовлении лезвийного инструмента. Необходимо, чтобы алмаз обрабатывался в «мягком» направлении, а изнашивание соответствовало бы «твердому» направлению.

Алмазный инструмент характеризуется высокой производительностью при тонком точении и растачивании цветных сплавов, пластмасс и т.п. При этом обеспечивается высокое качество поверхности, что, как правило, исключает необходимость операции шлифования обрабатываемых поверхностей. К недостаткам алмазных инструментов относится их высокая стоимость (более чем в 50 раз выше стоимости других инструментов) и дефицитность.

Для изготовления режущих инструментов используют как природные (А), так и синтетические (АС) алмазы. Синтетические алмазы получают путем перевода углерода в другую модификацию и значительного уменьшения объема исходного графита в условиях высоких температур и давлений.

Синтетические алмазы выпускают следующих марок: АСБ – баллас (АСБ-5, АСБ-6); АСПК – карбонадо (АСПК-1, АСПК-2, АСПК-3). Вследствие поликристаллического строения алмазы перечисленных марок обладают изотропностью механических свойств, поэтому отсутствует необходимость ориентирования поликристалла по плоскостям. Лезвийный инструмент с такими алмазными вставками обладает высокой динамической прочностью, что позволяет применять его при обработке особо прочных сплавов.

Баллас высокоэффективен при точении цветных сплавов с повышенным содержанием кремния, стеклопластиков и пластмасс. При обработке стеклопластиков и пластической керамики на основе смол износостойкость алмазов баллас в 70-80 раз выше износостойкости резцов с пластинами твердых сплавов ВК2, ВКЗМ и в 1,5-2 раза выше износостойкости резцов из природных алмазов. Балласы применяют для оснащения режущей части резцов, сверл, фрез, а также изготовления шлифовальных кругов.

Монокристаллические алмазы САМ используют для обработки полупроводниковых материалов, радиотехнической керамики и высококремнистых цветных сплавов.

Кристаллы алмазов закрепляют в инструменте пайкой и механически. Резцы с алмазными вставками можно затачивать с минимальным радиусом округления режущей кромки. Острота режущей кромки долго сохраняется, что позволяет вести обработку с малыми глубинами резания и получать малый параметр шероховатости.

В последние годы широкое распространение получил синтетический сверхтвердый материал на основе кубического нитрида бора (КНБ). КНБ синтезирован как и искусственный алмаз при температуре 1360-2000° С и давлении 6000-9000 МПа. Он обладает высокой твердостью, уступая лишь синтетическому алмазу. По теплостойкости (до 1600°С) кубический нитрид бора превосходит все инструментальные материалы и химически инертен к железу и углероду. Это дает возможность использовать кубический нитрид бора в качестве абразивного инструмента при обработке различных высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, обеспечивая требуемое качество обработки и экономичность при высокой стоимости самого инструмента. Резцы, оснащенные кубическим нитридом бора, успешно применяют при тонком точении и растачивании закаленных сталей, что совершенно недоступно для работы алмазными резцами.

На основе плотных модификаций кубического нитрида бора создан ряд инструментальных материалов, носящих название композиционных (композиты). Композиты делят на две группы: материал с массовой долей КНБ от 95% и выше и материал с массовой долей КНБ 75% с различными добавками (например, Al_2O_3). К первой группе относятся *эльбор Р* (композит 01), *бельбор* (композит 02), *гексанит –Р* (композит 10) и др. Их изготавливают в виде цилиндрических столбиков диаметром 4-6 мм, высотой 3-6 мм, которые затем закрепляют в державки режущего инструмента. Материалы этой группы различаются технологией изготовления и исходным сырьем.

Ко второй группе композитов относится: композит 05, состоящий из КНБ и двуокиси алюминия Al_2O_3 ; *композит 09*, представляющий собой поликристаллы твердого нитрида бора (ПТНБ). Композит 09 используется для оснащения инструмента работающего в условиях ударных нагрузок.

Одновременно с совершенствованием имеющихся сверхтвердых материалов разрабатывают новые материалы. Наиболее перспективными из них представляет *силинит-Р* – материал на основе нитрида кремния (SiN). Получают

силинит-Р методом горячего спекания в графитовых пресс-формах в виде пластин различной формы. Для силинита-Р характерно отсутствие склонности к адгезии по отношению к большинству сталей сплавов на основе меди, алюминия. Он обладает более высокими прочностью, ударной вязкостью и теплопроводностью, чем инструменты из минералокерамики. Силинит-Р имеет достаточно высокие эксплуатационные свойства при точении фрезеровании чугуна, а также точении закаленных сталей. Силинит-Р не содержит дефицитных элементов, что в совокупности с высокими режущими свойствами открывает перспективы для более широкого применения этого материала.

В последнее время для повышения стойкости режущих инструментов широко применяется технология напыления сверхтвердых покрытий. В России выпускается серийная установка "Булат" для ионно-плазменного напыления нитрида титана, которая может повышать стойкость инструмента до нескольких раз.

Корпуса инструментов сложной геометрии (резцов, фрез) и др., в особенности оснащенных вставными лезвиями из твердых сплавов и сверхтвердых материалов, изготавливаются из инструментальных углеродистых сталей У-7, У-8 не более (треб. повышения прочности) или среднеуглеродистых конструкционных сталей (где ударная динамическая нагрузка). Сталь 40, сталь 45, 40Х, 40ХН. Корпуса подвергаются термообработке улучшению (закалка и высокий отпуск).

В качестве заменителей углеродистых инструментальных сталей в условиях ремонтной мастерской можно использовать шарикоподшипниковые стали марок ШХ-15, ШХ-20, которые по составу близки к высокоуглеродистым инструментальным сталям марок У-10, У-12. Заменителями быстрорежущих сталей могут являться детали топливной аппаратуры дизелей (форсунки, иглы распылителей и др.).

2. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА

2.1 ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА, ИХ РАСЧЕТ И ВЫБОР

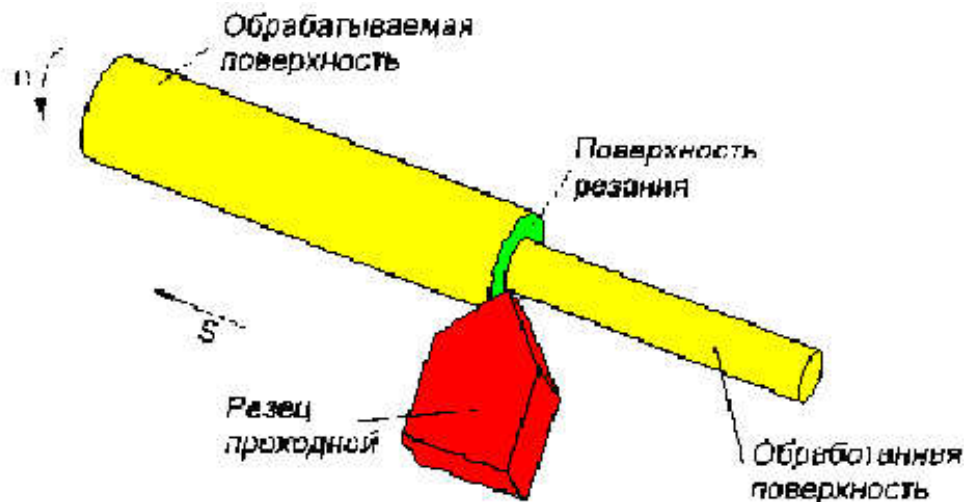


Рис. 2.1 Схема токарной обработки

1) $v = \frac{\pi d n}{1000}$ - линейная скорость вращения детали, м/мин;

2) глубина резания $t = \text{мм}$;

3) подача $S = \text{мм/об}$ детали.

Экономически целесообразную скорость резания выбирают по эмпирической, т.е. полученной опытным путем формуле по справочнику.

$$v_{\text{эк}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_{\text{общ}}$$

Коэффициенты $C_v, m, x_v, y_v, K_{\text{общ}}$ выбирают по справочнику, исходя из условий обработки, например для обработки конструкционной стали с $\sigma_B = 60 \text{ кгс/мм}^2$ резцом из быстрорежущей стали $C_v = 22$

Постоянный коэффициент C_v зависит от пары: материал инструмента - материал обрабатываемой детали.

m - показатель относительной стойкости, $m = 0,1 \div 0,2$ (0,125)

x_v, y_v - показатели степени при параметрах глубины резания и подачи, учитывающие нелинейную зависимость скорости от глубины и подачи.

$$x_v = 0,1 \div 0,2 \quad y_v = 0,25 \div 0,36$$

T - период стойкости инструмента (резца)

$$T = 30 \text{ мин} - 60 \text{ мин} \quad (T = 45 \text{ мин})$$

$K_{\text{общ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_{VT}$ - поправочный коэффициент учитывает конкретные особенности данной обработки. Например, отсутствие или применение охлаждения, длинная или короткая деталь, способ ее закрепления и т.д.

Например: при точении детали из среднеуглеродистых сталей проходным резцом со стандартной геометрией в центрах, из быстрорежущей стали с периодом стойкости 45 мин, экономически выгодная скорость резания равна

Принять $T = 60$ мин. $t = 2$ мм. $s = 0,3$ мм/об

$$v_{\text{эк}} = \frac{22}{T^{0,125} \cdot t^{0,18} \cdot S^{0,27}} \cdot 0,9 \text{ (м/мин)}$$

Глубина резания t обычно определяется припуском на механическую обработку.

$$t = \frac{D_3 - D_2}{2}$$

Это в самом простом случае. В большинстве случаев для разных деталей получается очень большой величины. Кроме того, поверхности с высоким качеством обрабатываемые в два перехода черновой и чистовой обработки, требуют оставления припуска - $\delta_{\text{чист}}$:

тогда
$$t = \left(\frac{D_3 - D_{\text{д}}}{2} \right) - \delta_{\text{чист}} < t_{\text{max}}$$

t_{max} берется из справочника $\delta_{\text{чист}}$ - припуск на чистовую обработку

$t_{\text{max}} = 5 - 8$ мм

$\delta_{\text{чист}} = 0,5 - 1,5$ мм по рекомендациям

справочной литературы

Если $t > t_{\text{max}}$ то обработку делают в несколько проходов - I , число которых

будет равно $i = \frac{t_{\text{расч.}}}{t_{\text{макс.}}} \approx$ целое число

Подача при черновой обработке принимается по рекомендации справочной литературы $S = 0,25 - 0,8$ мм/об

При чистовой обработке должна обеспечиваться заданная шероховатость. Поэтому величина подачи может быть рассчитана геометрическим путем. При этом может быть 2 случая:

резец с острой вершиной

резец с радиусной вершиной

2.2 РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ ПРИ ТОЧЕНИИ ОСТРОКОНЕЧНЫМ РЕЗЦОМ

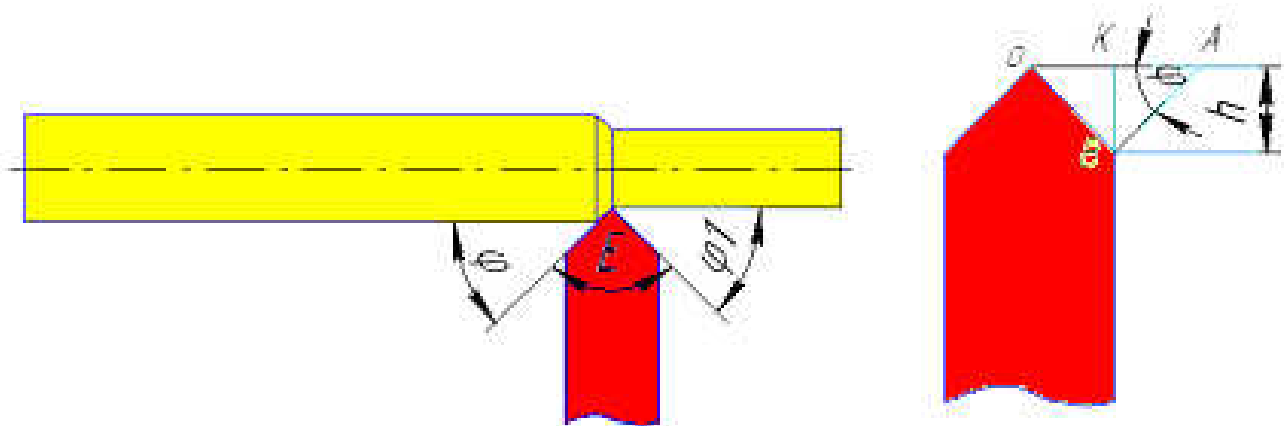


Рис. 2.2, 2.3 Схема обработки остроконечным резцом

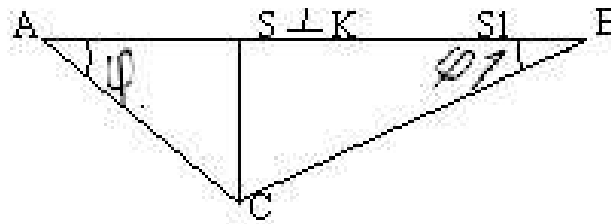


Рис. 2.4 Схема расчета высоты неровностей при обработке остроконечным резцом

из ΔACK и ΔCKB

$$S_2 = \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi} \quad S_1 = \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi_1}$$

$$h = S \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi} = KC$$

$$S = S_1 + S_2$$

$$h = S_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi = S_1 \operatorname{tg} \varphi_1$$

$$S_2 + S_1 = S = \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi} + \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi_1}$$

$\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ стандартный резец

$$h = S \cdot \frac{1 \cdot 1}{1+1} = \frac{S}{2}$$

$$S = \frac{h(\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi)}{\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}$$

Для обеспечения требуемого класса шероховатости подача должна быть меньше $S < \frac{h(\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi)}{\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}$

2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ НЕРОВНОСТЕЙ ДЛЯ РЕЗЦА С РАДИУСНОЙ ВЕРШИНОЙ

Для снижения высоты шероховатости токарной обработки чистовые резцы делают с радиусной вершиной с k не менее 1мм.

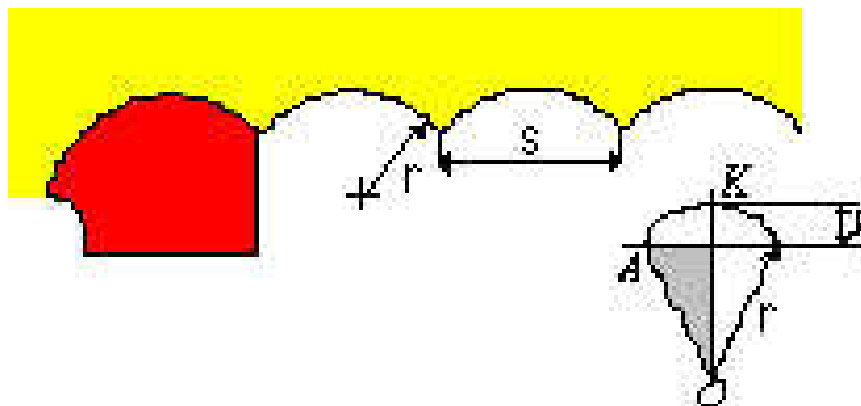


Рис. 2.5 Схема обработки резцом с радиусной вершиной

$$h = KB = r - OB$$

OB из $\triangle OAB$

$$OB^2 = OA^2 - AB^2 = r^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2$$

$$h = r - \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}}$$

$$\sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} = r - h$$

$$r - h = \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}}$$

$$r^2 - 2rh + h^2 = r^2 - \frac{S^2}{4}; \quad h^2\text{-мало (десяти тысячные доли мм)}$$

$$2rh = \frac{S^2}{4}$$

$$h = \frac{S^2}{8r} \quad S \leq \sqrt{8rh}$$

R_z - высота неровностей

r - радиус резца

Пример: чертежом задано $R_z=32$ мкм = 0,032 мм $r = 1$ мм

$$S < \sqrt{8 \cdot 1 \cdot 0,032} = 0,5 \quad \text{Ответ: } S \leq 0,5 \text{ мм/об.}$$

2.4 УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

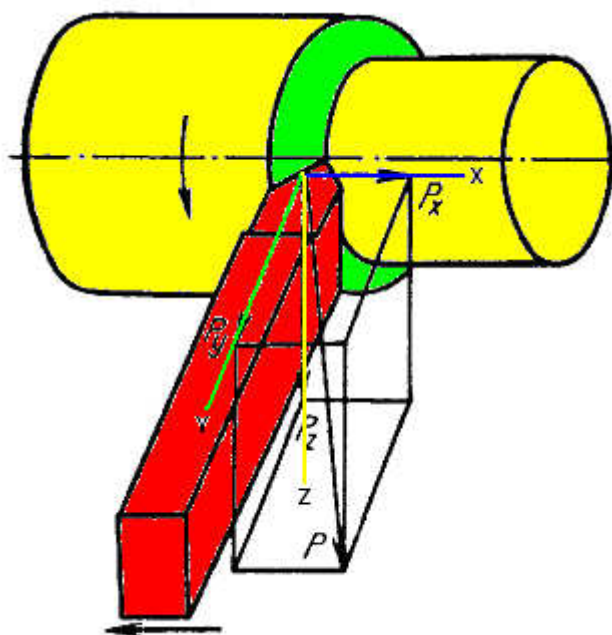


Рис. 2.6 Составляющие силы резания при точении

P – равнодействующая сил $P_x P_y P_z$

P_x - сила подачи

P_y – радиальная сила

Наибольшая по абсолютной величине (значению) из трех составляющих эта сила резания P_z , т.к. она определяет, крутящий момент, необходимый для

осуществления процесса резания. Составляющие: P_x ; P_y в 2-3 раза меньше по абсолютной величине. Силу резания P_z и др. составляющие могут быть экспериментально измерены с помощью специальных силоизмерительных устройств – динамометров, которые бывают соответственно: для измерения одной составляющей (обычно P_z), двух составляющих (P_z P_x) или всех трех одновременно. (P_x ; P_y ; P_z)

Устройство однокомпонентного динамометра для измерения силы резания P_z марки ДК-1

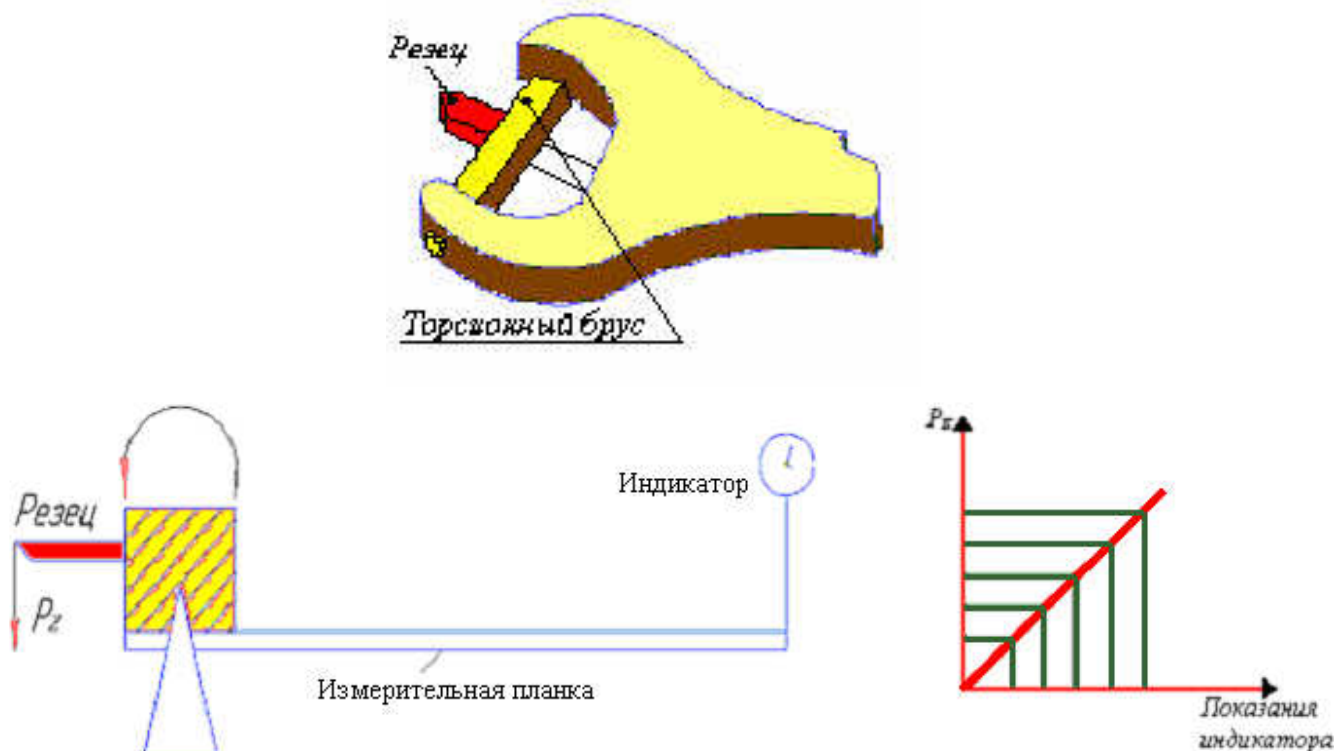


Рис. 2.7 Схема динамометра для измерения силы резания

Кроме экспериментального определения составляющих сил сопротивления резанию, при точении возможен их аналитический расчет.

Формулы для расчета сил резания и др. составляющих имеют полуэмпирический характер, т.е. параметры входящие в формулу отражают механику явления, а опытные коэффициенты учитывают реальные сложные зависимости как правило нелинейного вида. Впервые формулу для определения силы резания предложил профессор Челюскин А.Н.

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \text{ Н (кгс)}$$

C_p – коэффициент зависящий от сопротивляемости резанию материала детали. Сталь конструкционная с пределом прочности $\zeta_B = 600 \text{ МПа}$ (60 кгс/мм^2) имеет $C_p = 2850 \text{ МПа}$ (285 кгс/мм^2)

t ; S – параметры процесса резания, глубина в мм и подача в мм/об.

x_p ; y_p – показатели степени учитывающие нелинейную зависимость силы резания от параметров обработки

Для приближенных расчетов можно полагать: $P_z = C_p t S^{0,75}$

$$x_p = 0,85 - 1,2 \quad y_p = 0,6 - 0,85$$

2.5 МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Эффективная мощность резания может быть рассчитана по следующей зависимости: $N_e = \frac{P_z v}{60 \cdot 102} \text{ кВт}$ где:

P_z – сила резания в кгс (Н : 10)

v - скорость обработки в м/мин.

Мощность мотора станка можно определить $N_m = \frac{N_e}{\eta}$ где:

$\eta = 0,85 - 0,93$ - коэффициент полезного действия станка, меньшее значение относится к станкам старых конструкций.

Сравнив расчетное значение требуемой мощности мотора станка с паспортным значением, имеющегося в распоряжении, можно сделать вывод о том, подходит данный станок для обработки на расчетных режимах или нет. В случае необходимости можно выбрать другую модель станка (если есть возможность), или изменить режимы резания для снижения потребной мощности. Как правило снижают глубину резания t или величину подачи s .

2.6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО (МАШИННОГО) ВРЕМЕНИ ПРИ ТОЧЕНИИ

$$T_0 = \frac{L_{расч}}{n \cdot S} \cdot i$$

где:

T_0 – технологическое (машинное) время в мин.

$L_{расч}$ – расчетная длина обработки.; $L_{расч} = l + l_1 + l_2$ в мм

S – подача (по станку) в мм/об.

n – число оборотов детали (шпинделя) (мин^{-1})

i – число проходов равное 1,2,3...

l – длина детали (дана чертежом)

l_1 – путь врезания

l_2 – путь перебега (принимается 2-5 мм)

i – число проходов

t – глубина слоя, снимаемого резцом

$$OA = l_1$$

$$l_1 = t \cdot ctg \varphi$$

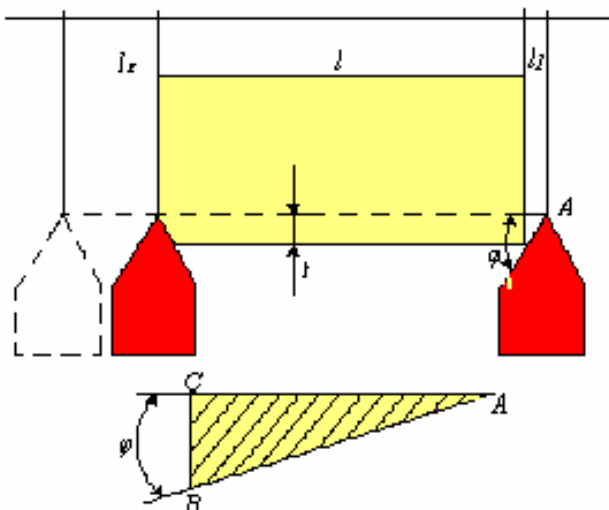


Рис. 2.8 Схема определения технологического времени при точении

Расчетная длина обработки определяется поэлементно из трех составляющих:

l_1 - путь врезания в мм

l - длина детали по чертежу в мм

l_2 - путь перебега в мм

При этом l_1 рассчитывается геометрически исходя из глубины и главного угла резца в плане φ

Путь перебега l_2 принимается равным 2-5 мм в зависимости от квалификации токаря.

Технологическое (машинное) время является строго обусловленным основанием для определения в дальнейшем норм времени на обработку детали.

Например, в условиях единичного производства штучное время на 1 деталь можно определить:

$$T_{\text{шт}} = \sum T_0 + (T_{\text{всп}} + T_{\text{зак}})$$

$\sum T_0$ - суммарное технологическое время по всем переходам

$T_{\text{всп}}$ - вспомогательное время

$T_{\text{зак}}$ - заключительное время

$T_{\text{доп}} = T_{\text{всп}} + T_{\text{зак}}$ - дополнительное время

$T_{\text{всп}}$ дается для знакомства с чертежом, настройки станка на режим обработки, подготовки инструмента.

$T_{\text{зак}}$ дается на уборку станка и перекуры.

$$T_{\text{доп}} = 30-80\% \sum T_0$$

2.7 ГЕОМЕТРИЯ ТОКАРНОГО РЕЗЦА

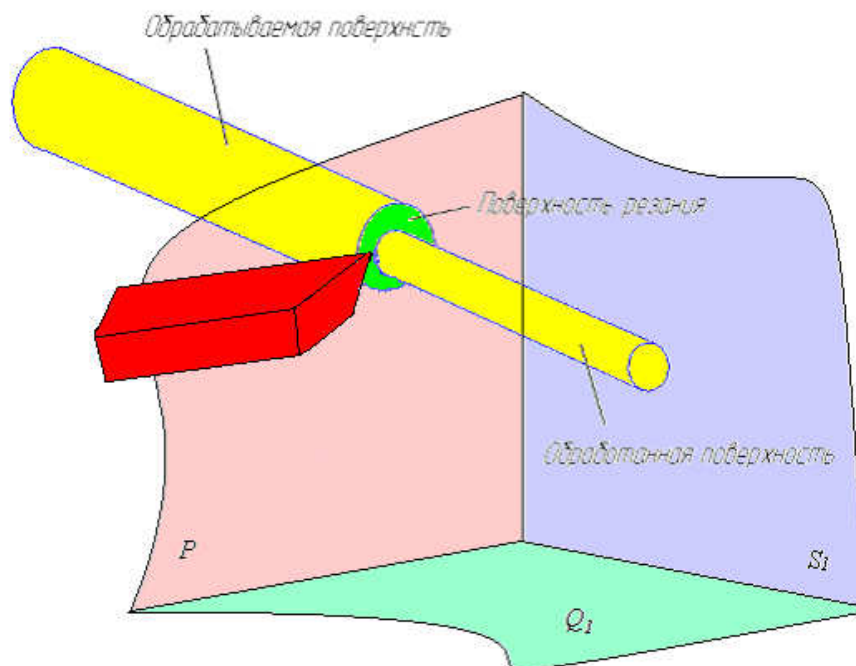


Рис. 2.9 Геометрия токарного резца

Поверхность резания это переходная, обычно коническая или винтовая, если быть более точным поверхность между обработанной поверхностью и обрабатываемой поверхностью. Она образуется движением подачи резца в данный момент.

2.8 ПЛОСКОСТИ ПРИ РЕЗАНИИ

Самой важной является плоскость резания – это плоскость касательная к поверхности резания по линии режущей кромки резца, она может быть задана двумя пересекающимися прямыми: режущей кромкой резца и вектором скорости резания.

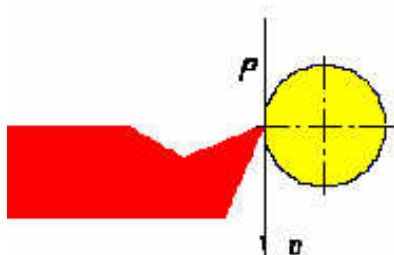


Рис. 2.10 Плоскости при резании

Q – основная плоскость, она \perp вектору скорости резания v
 S – главная секущая плоскость. Она перпендикулярна плоскостям P и Q
 Все три плоскости P, Q и S – взаимно перпендикулярны. Геометрия резца рассматривается в главной секущей плоскости.

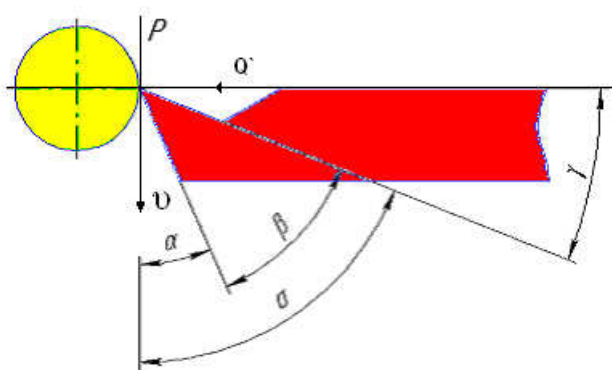


Рис. 2.11 Плоскости при резании

2.9 ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЦА

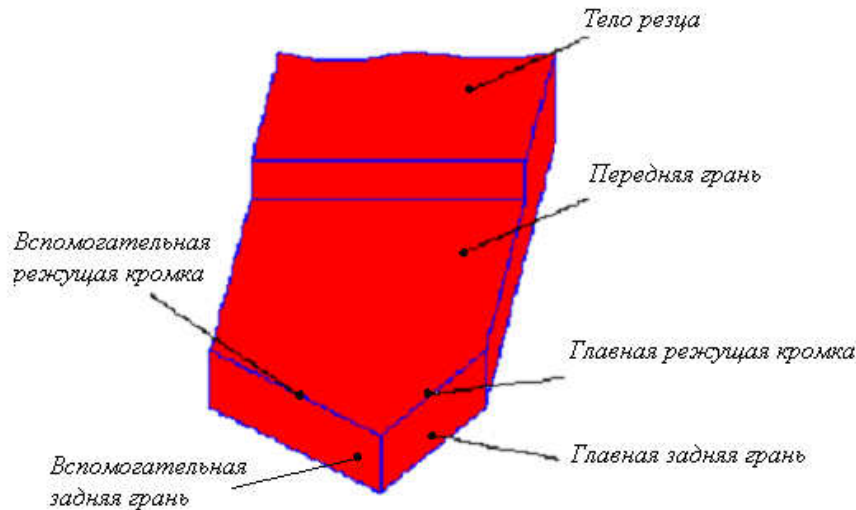


Рис. 2.12 Элементы резца

Головка несет на себе поверхности резца - клина. Тело служит для крепления резца в суппорте.

Резец – это клин, образуемый передней и задней гранью.

Передняя грань резца, а также любого режущего инструмента – это грань, по которой сходит стружка.

Противоположная ей грань резца клина называется задней гранью. Задняя грань как бы трется о деталь.

Пересечение передней и задней грани образуют главную режущую кромку (лезвие резца). Вспомогательная задняя грань и кромка в работе не участвуют при так называемом свободном резании. Вершина резца образуется на пересечении главной и вспомогательной режущей кромки.

2.10 УГЛЫ РЕЗЦА В ГЛАВНОЙ СЕКУЩЕЙ ПЛОСКОСТИ

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

Передний угол – это угол между передней гранью и основной плоскостью, то есть это угол наклона передней грани по которой сходит стружка к горизонту. Передний угол может быть положительным, равным нулю, а также отрицательным.

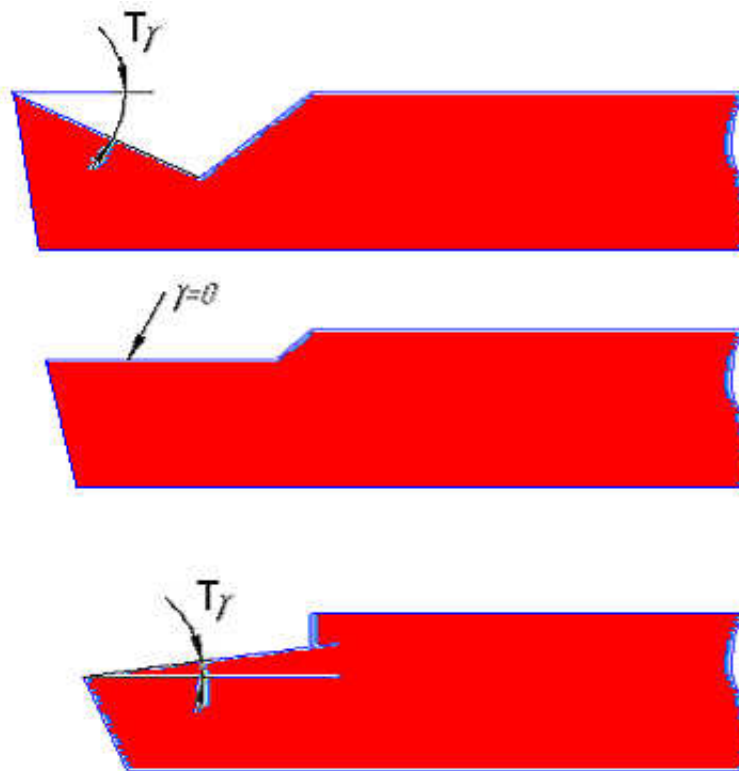


Рис. 2.13 Углы резца в главной секущей плоскости

Передний угол изменяется от -5° до $+80^\circ$. При обработке сталей от 0° до 25° . Стандартные значения при точении сталей $12^\circ - 14^\circ$. Чем мягче материал, тем больше передний угол, острее клин. Однако чем больше передний угол, тем ниже прочность резца. С учетом этого противоречия выбирается в каждом отдельном случае компромиссная, оптимальная величина.

При обточке резины, используют резцы с $\gamma = 70^\circ - 85^\circ$

Дерево, мягкие породы (осина, липа) $45^\circ \div -55^\circ$

Дерево, твердые породы (дуб, береза) $45^\circ \div 30^\circ$

Алюминиевые сплавы $25^\circ \div 20^\circ$

Мягкая сталь $20^\circ \div 15^\circ$

Сталь средней твердости $15^\circ \div 12^\circ$

Закаленная сталь $5^\circ \div 0^\circ$

Обдирка чугунного литья $-2^\circ \div -3^\circ$

Обточка прерывистых поверхностей, работа с ударом до -5°

Задний угол α – уменьшает трение задней грани о деталь, он всегда положителен, при α равным нулю резец клин скользит по поверхности резания и не внедряется в деталь. Сделать α отрицательным невозможно, так как режущая кромка поднимется над поверхностью резания, а сам процесс резания перейдет в другие элементы резца.

Диапазон изменений α от 0 до 30° . В действительности он изменяется от $3^\circ - 5^\circ$ до $25^\circ \div 30^\circ$

Стандартное значение угла α при обточке стали средней прочности $8^\circ \div 10^\circ$

При обточке древесины $20^\circ \div 45^\circ$

Для цветных металлов $20^\circ \div 25^\circ$

Обдирка чугуна $5^\circ \div 8^\circ$

Угол заострения – β угол реза клина. Зависимость аналогичная переднему углу. Это производный угол, вычисляется по формуле: $90^\circ - (\alpha + \gamma) = \beta$

При точении резины $2^\circ \div 8^\circ$

Дерева $15^\circ \div 30^\circ$

Цветных металлов $30^\circ \div 50^\circ$

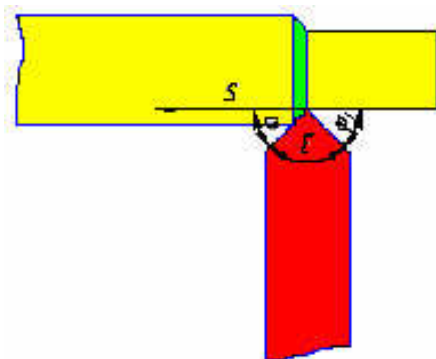
Стали $60^\circ \div 70^\circ$

Обдирка чугуна $80^\circ - 85^\circ$.

При анализе процесса резания различают угол резания (угол между передней гранью и плоскостью резания).

$\alpha + \beta = \delta$ (примерно = $68^\circ - 85^\circ$) для стали

2.11 УГЛЫ РЕЗЦА В ПЛАНЕ



$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$$

φ_1 – вспомогательный угол

φ – главный угол

φ – угол между направлением подачи резца и проекций главной режущей кромки на пл. Q

φ_1 – угол между направлением подачи и проекций вспомогательной режущей кромки на пл. Q.

ε – угол при вершине резца

Рис. 2.14 Углы резца в плане

Стандартное значение $\varphi = 45^\circ$

Диапазон изменения от $10^\circ \div 90^\circ$, может быть также равным нулю (для силового резания) φ влияет на «эффект скольжения» срезаемого материала вдоль режущей кромки. Чем меньше угол, тем интенсивнее скольжение, легче резание (используется широко во всех режущих аппаратах и устройствах). При угле $\varphi = 90^\circ$ скольжение отсутствует. Кроме этого, угол φ влияет на соотношение между составляющими сил сопротивления резанию (P_x и P_y): чем меньше φ , тем больше P_y и меньше P_x . Так как сила P_y вызывает нежелательный прогиб детали (в особенности при большой её длине), то длинные детали приходится обрабатывать без скольжения, с углом $\varphi = 90^\circ$ и минимальной силой P_y или приближением её к 0.

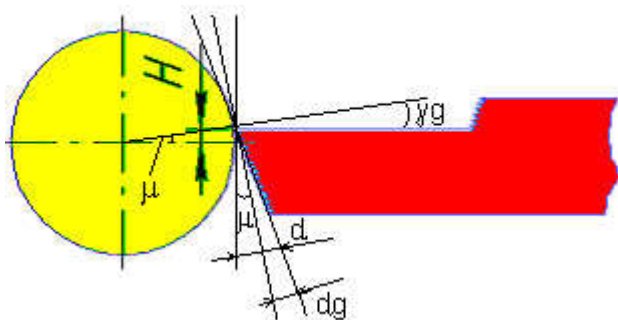
Короткие детали можно обрабатывать с углом $\varphi < 45^\circ$ с максимальным скольжением и увеличенной стойкостью.

2.12 Изменение углов резца в работе

Рассмотренные выше положения плоскостей резания и основной плоскости являются статическими или идеализированными. В действительности, в реальных условиях работы (в результате действия различных факторов), углы резца могут существенно изменяться.

Главными причинами этого являются:

1. Ошибки в установке резца по высоте
2. Движение резца с подачей больше нуля (в результате чего поверхность резания из конусной превращается в винтовую, что вызывает наклон плоскости резания, касательной к винтовой поверхности)



H – ошибка в установке (выше положенного)

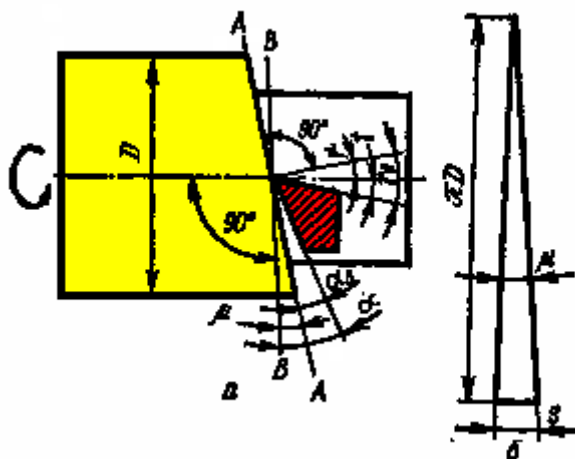
$$\alpha_g = \alpha - \mu$$

$$\gamma_g = \gamma + \mu$$

в общем случае:

$$\alpha_g = \alpha \pm \mu$$

$$\gamma_g = \gamma \pm \mu$$



$$\mu = \arcsin \left(\operatorname{tg} \frac{H}{D/2} \right)$$

Рис. 2.15 Изменение углов резца в работе

Таким образом, изменение углов тем значительнее, чем больше ошибка, и чем меньше диаметр детали. Следовательно заботиться о точной установке резца при обработке малых диаметров обязательно, так как изменение углов резца может быть велико, в особенности при операции отрезания, когда диаметр непрерывно уменьшается. Определите самостоятельно критический диаметр (диаметр при котором задний угол становится равным нулю) при операции отрезания для случая установки резца выше линии центров, с ошибкой в установке по высоте h равной 4 мм и статическим задним углом $\alpha=8^\circ$.

При точении с большой подачей S , например, нарезание резьбы с большим шагом, или многозаходной резьбы, изменение углов (уменьшения заднего угла) на величину $\mu = \arcsin \operatorname{tg} \frac{S}{\pi D}$; это как правило требует наклона (поворота) резца в сторону подачи.

3 ТОКАРНЫЕ РАБОТЫ

На токарном станке можно выполнить:

- точение и растачивание (точение это обработка наружных поверхностей, растачивание это обработка внутренних поверхностей) конических, цилиндрических и фасонных поверхностей.

- торцевое точение и отрезание

- нарезание резьб различного профиля (треугольная, радиусная, спец), разной геометрической формы (цилиндрической, конической и торцевой резьбы, многозаходные нарезаются последовательным нарезанием заходов), разного стандарта (метрической и дюймовой), разного направления (правой и левой), одно и многозаходной резьбы (последовательным нарезанием заходов, в промежутках между заходами производится разрыв кинематической цепи подачи и поворот заготовки на угол $\frac{360^\circ}{k}$ где k - число заходов)

- сложные, специальные токарные работы, обработка корпусных деталей на планшайбе или в кондукторе, обработка сферических поверхностей, эксцентриковых поверхностей, обработка с применением подвижных и неподвижных люнетов, растачивание деталей борштангой установленной в центрах станка и др.

3.1 ТОЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ, КОНИЧЕСКИХ И ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ. СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ КОНУСОВ

Способ №1 Обработка коротких конусов широким резцом с невысоким требованием точности (снятие широких фасок под углом φ от 0 до 90°)

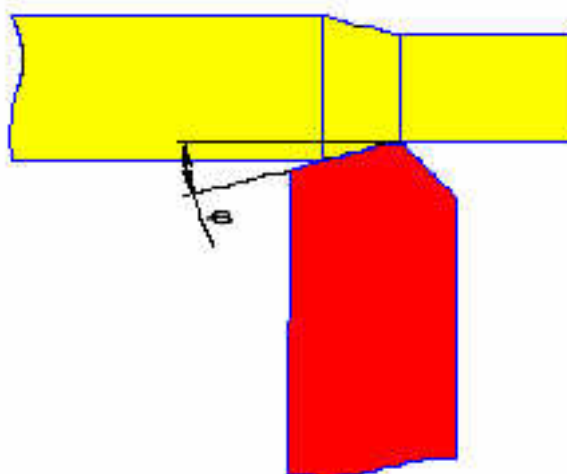


Рис. 3.1 Обработка коротких конусов широким резцом
 φ резца = α конуса

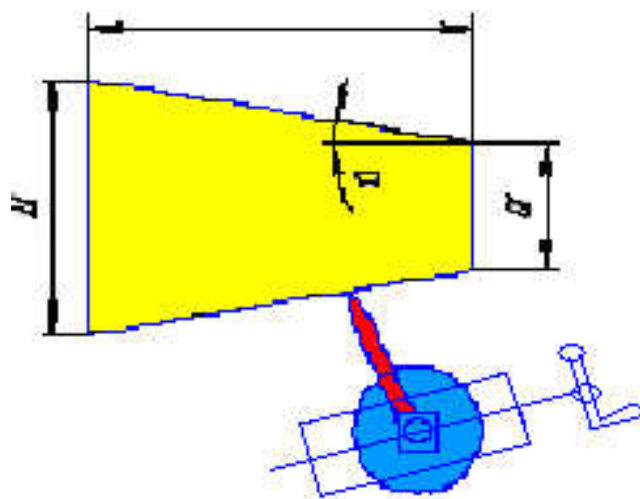


Рис. 3.2 Обработка поворотом верхнего суппорта

Способ №2. Обработка поворотом верхнего суппорта: верхний поворотный суппорт поворачивается на угол α в пределах от 0 до 90°. Применяется для обработки конусов с длиной образующей равной величине хода салазок суппорта (для станка 1К62 порядка 140 мм).

$$\alpha = \arctg \frac{D-d}{2l}$$

Способ №3. Обработка с помощью конусной линейки (специальное дополнительное приспособление).

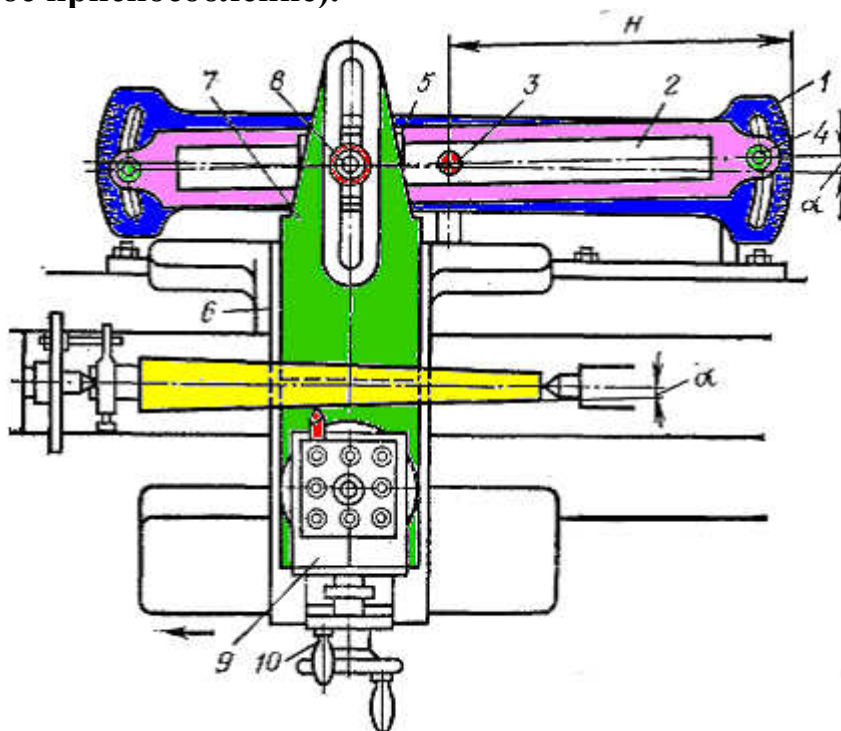


Рис. 3.3 Схема точения конической поверхности с помощью конусной линейки:

1-основание, 2-конусная линейка, 3-камень-ползун, 4-палец крепления линейки после поворота на требуемый угол, 5-линейка, 6-кронштейн-плита, 7-поперечный суппорт, 8-шарнир соединяющий поперечный суппорт с камнем, 9-малый суппорт, 10-маховичок малого суппорта

Способ №4. Обработка конуса смещением задней бабки в поперечном направлении. Способ применяется для обработки длинных пологих конусов до полутора градусов с длиной в пределах межцентрового расстояния. Основан на особенности конструкции задней бабки, корпус которой имеет возможность перемещения в поперечном направлении, что необходимо для точной юстировки цилиндричности обрабатываемой детали, после перемещения задней бабки по станине в новое положение в соответствии с длиной детали.

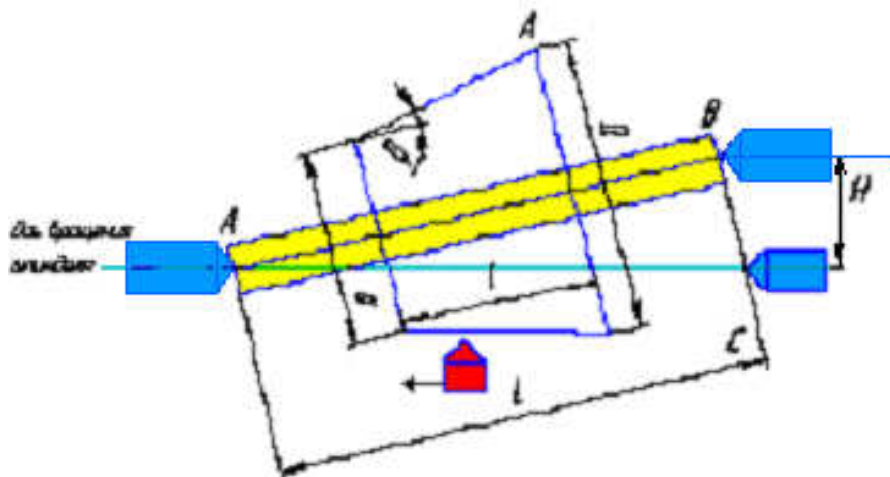


Рис. 3.4 Обработка конуса смещением задней бабки

L – длина оправки

l – длина конусной части

d – малый диаметр

D – большой диаметр

S – направление подачи вдоль оси вращения шпинделя

Из $\triangle OAB$ $\alpha = \arctg \frac{D-d}{2l}$

Величина необходимого смещения задней бабки $H = L \cdot \sin \alpha$

3.2 ОБРАБОТКА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Фасонные поверхности могут обрабатываться следующими способами.

1. Вручную (перемещением резца одновременно в направлении продольной и поперечной подачи). Применяется для неотчетливых деталей с приближенной конфигурацией конической поверхности, например, ручка от напильника, изготовление декоративных изделий, рукоятки управления станком и т.д.

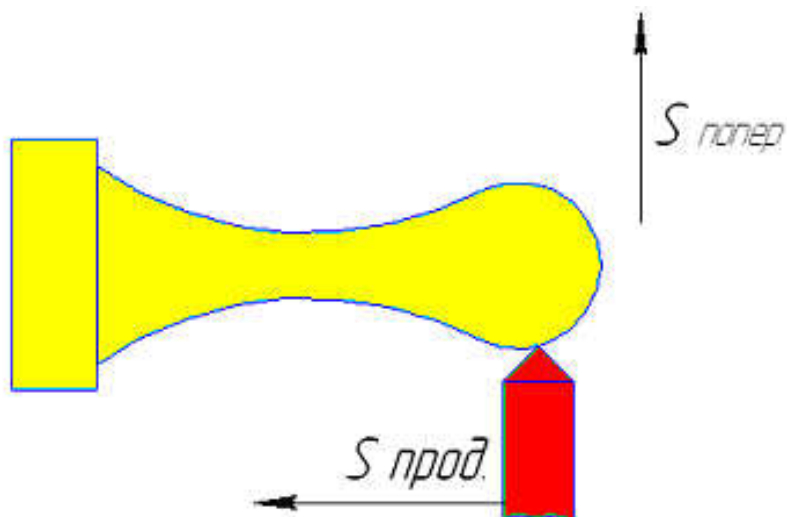


Рис. 3.5 Обработка фасонных поверхностей

Для выполнения этого способа требуется достаточно высокая квалификация исполнения. Контроль формы фасонной поверхности производится шаблоном. В некоторых случаях возможно включение механической продольной или поперечной подачи. При этом оператор манипулирует одним маховичком оставшимся в ручной подаче.

2. Фасонным резцом (резцы бывают призматические и круглые)

а) призматический резец: в двух проекциях

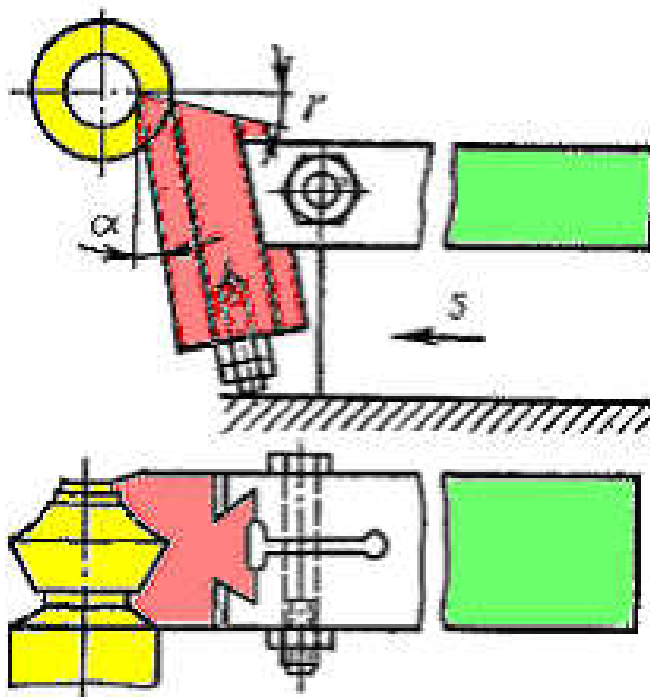


Рис. 3.6 Обработка фасонным резцом

γ – передний угол; α – задний угол

б) круглый фасонный резец

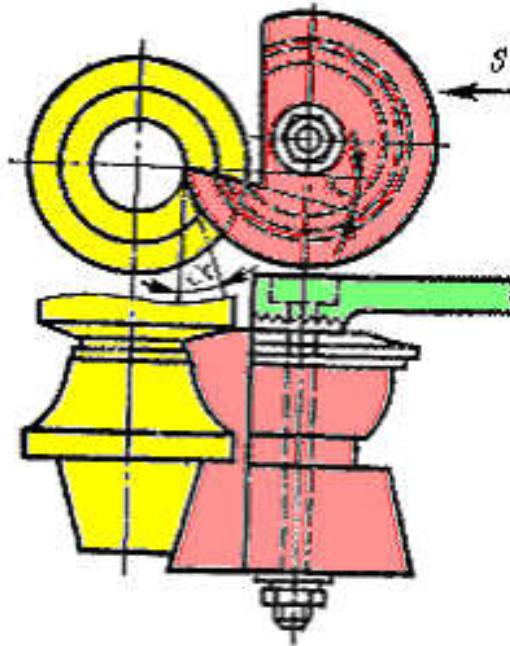


Рис. 3.7 Круглый фасонный резец

Фасонные резцы перетачиваются (затачиваются) только по передней грани. Более современным для точения ступенчатых валов и фасонных поверхностей, является применение гидроконтролируемого следящего суппорта.

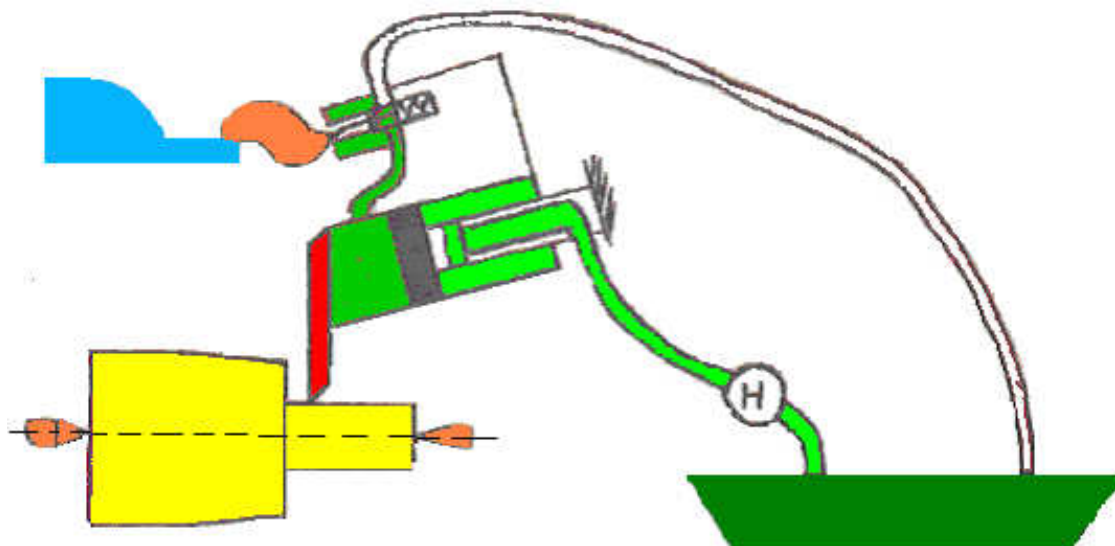


Рис. 3.8 Работа гидроконтролируемого суппорта

3.3 РАБОТА ГИДРОКОНТРОЛИРУЕМОГО СУППОРТА

Гидравлическое следящее устройство работает в машинах и аппаратах аналогично другим широко распространенным следящим устройствам (гидроусилитель руля трактора, автомобиля, штурвала самолетов, следящие устройства автоматических систем управления в технологических системах).

Устройство состоит из насосного агрегата, подающего под напором гидрожидкость (масло) в правую полость силового цилиндра, в нижней по схеме части которого закреплен инструмент (суппорт, резец). К корпусу цилиндра в

верхней его части закреплено золотниковое устройство, которое **изменением кольцевого зазора** создает сопротивление выходу гидрожидкости.

Золотник с помощью пружины прижат к щупу, конец которого скользит по контуру шаблона или эталонной детали. При включении продольной подачи все устройство передвигается в продольном направлении, при этом резец, вместе с силовым цилиндром перемещается в точном соответствии с траекторией, по которой скользит конец щупа. Другими словами система следит и в точности повторяет движение щупа. Такое следящее движение обеспечивается следующим образом: система все время стремится занять равновесное состояние, при котором удельное давление масла на переднюю и заднюю стенку силового цилиндра обратно пропорционально площади дна передней и задней полости (часть задней стенки занимает шток). Таким образом, суммарные силы давления гидрожидкости на переднюю и заднюю стенку становятся равными, благодаря чему достигается состояние равновесия.

Это состояние устанавливается автоматически, за счет калиброванного отверстия в поршне цилиндра, обеспечивая необходимый перепад давления и кольцевого зазора в золотниковом устройстве создающего определенное гидравлическое сопротивление движению жидкости.

При перемещении щупа вперед золотник под действием пружины стремится закрыть выходное кольцевое отверстие. Давление в передней полости цилиндра возрастает. Поэтому возросшая сила давления на переднее дно силового цилиндра мгновенно сдвигает систему вперед как бы догоняя золотник (принцип слежения). Как только корпус золотника догонит золотник, кольцевой зазор восстановится и равновесие наступит снова. Аналогична система реагирует при движении золотника вверх: золотник стремится открыть кольцевое отверстие на большую величину, тем самым уменьшая силу, давящую на переднюю стенку цилиндра и способствуя превышению силы давления на заднюю стенку в сравнении с передней стенкой. В результате вся система отходит вверх, т.е. корпус золотника стремится за золотником в точности повторяя его малейшее перемещение, благодаря чему, кольцевой зазор опять восстанавливается. Система снова приходит в равновесие.

Гидрокопировальный суппорт с углом наклона основного силового цилиндра в 45° позволяет вести обточку фасонных деталей и обработку ступенчатых валов с правыми уступами.

3.4 НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

На современном станке можно нарезать резьбы любых профилей, направлений, стандартов и шагов, а также одно и многозаходные (последовательным нарезанием заходов).

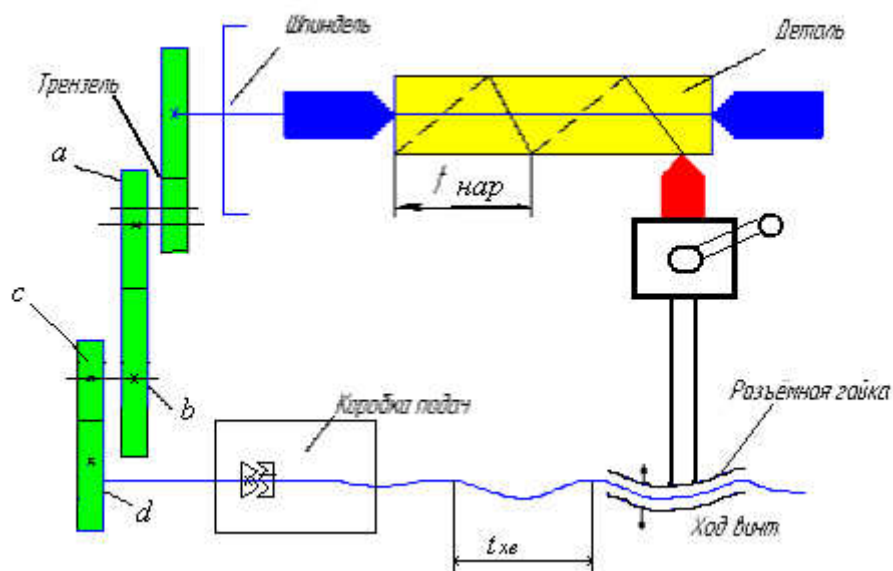


Рис. 3.9 Упрощенная кинематическая схема станка, настроенная на нарезание точной резьбы.

I. Инструмент для нарезания резьбы должен иметь профиль в плане, соответствующий профилю нарезаемой резьбы (уточнение для нарезания точной резьбы профиль рассматриваем в сечении нормальном по отношению к винтовой линии). Геометрия резца должна иметь соответствующий задний угол с учетом изменения (уменьшения) заднего угла в связи с движением подачи. В особенности важно учитывать изменение заднего угла при нарезании резьбы с крупным шагом (шаг более 3 мм).

II. Широко распространенные метрические резьбы нарезаются с помощью коробки подач. Кроме того, конструкция станка 1K62; 16K20 и др. позволяет с помощью коробки подачи произвести настройку на все стандартные шаги метрической, дюймовой, трубной, модульной резьбы. Однако, точная резьба нарезается при выключенной коробке подач (напрямую) путем настройки гитары сменных шестерен из спецкомплекта. Аналогичным образом поступают в тех случаях, когда конструкция коробки подач не позволяет произвести настройку на нужный шаг.

III. Многозаходные резьбы нарезаются последовательным нарезанием каждого захода. В промежутках между нарезанием заходов кинематическая цепь подачи разрывается (обычно перемещением шестерни трензеля) и делительным поворотом шпинделя с деталью на угол $360^\circ/K$ где K - число заходов.

IV. Правые и левые резьбы нарезаются изменением направления вращения ходового винта, например, включением паразитной шестерни в механизме трензеля.

V. Как правило резьбы нарезаются не за один, а за несколько проходов, путем постепенного углубления профиля резьбы, за счет соответствующего движения инструмента (резца).

Для обеспечения повторности проходов по одному и тому же месту детали, возврат резца в исходную позицию к началу резьбы производится БЕЗ РАЗРЫВА кинематической цепи подачи:

- путем отвода резца от детали, затем
- включения обратного вращения шпинделя.

VI. Для нарезания на отечественном станочном оборудовании деталей, которые выполнены в метрической системе, дюймовых резьб, кинематическая цепь подачи включ. обычно шестерню 127 зубьев, так как 1 дюйм = 25,4 мм; кратное целое число равно 127.

Составим уравнение кинематической цепи подачи для нарезания резьбы с шагом $t=5$ мм.

$$1_{об.шпин.} \times i_{трэнз.} \times i_{гитары.} \times i_{кп} \times T_{хв} = t_{н.р.}$$

$$i_{гитары} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{t_{н.р.}}{1_{об.шпин.} \times i_{трэнз.} \times i_{об.мин.} \times i_{кп} \times T_{хв}}$$

i - передаточное отношение

$T_{хв.}$ - шаг ходового винта

а) Для точных резьб

$$i_{тр} = 1 \quad i_{кп} = 1$$

Для станка 1К62 $T_{хв} = 12$ мм

Подберем колеса гитары из т.н. пяткового набора шестерен: 20; 25; 30,35,40,45,50, 55 и т.д. до 125 шестерня 127 зубьев 25
55

Тогда $i_{гит} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{5}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12} = \frac{50 \cdot 55}{120 \cdot 55}$

Проверим условия зацепляемости шестерен гитары

1) (чтобы колесо «с» не упиралось в вал колеса а)

$$a + b > c + 15$$

2) (чтобы колесо «в» не упиралось в вал d)

$$c + d > b + 15$$

1. $50 + 120 > 55 + 15$ выполняется

2. $55 + 55 > 120 + 15$ не выполняется. Тогда изменим набор: вместо 120 и 55, колеса «в» и «а» примем 60 и 25, проверим снова второе условие

$$55 + 55 > 60 + 15 \text{ условие выполняется}$$

Пример 2. Нарезать резьбу на трубе 3/4 дюйма.

3/4 дюйма имеет шаг - 14 ниток на 1 дюйм т.е. $\frac{25,4}{14}$;

$$i_{\text{шт.}} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{25,4}{14 \cdot 12}$$

$\frac{25,4}{14 \cdot 12} = \frac{127}{70} \times \frac{10}{120} = \frac{127}{140} \times \frac{20}{120}$ изменим $i_{\text{трэнз}}$ вместо 1 на $\frac{1}{2}$, тогда получим

$$i_{\text{шт.}} = \frac{127}{70} \cdot \frac{20}{120}$$

Проверка $127 + 70 > 20 + 17$ условие выполняется

$20 + 120 > 70 + 15$ – второе условие так же выполняется.

Для подбора шестерен гитары сменных колес необходимо совершить экскурс в 4 класс, вспомнить свойства простых дробей.

Домашнее задание: изобразить кинематическую схему нарезания резьбы на токарновинторезном станке, подобрать и проверить шестерни гитары сменных колес для нарезания резьбы с шагом $t=3$ мм. $T_{\text{хв}}$ принять любое четное от 6 до 12; $i_{\text{трэнз}}$ принять равным $=1; \frac{1}{2}$.

3.5 ДРУГИЕ ВИДЫ ТОКАРНЫХ РАБОТ

Обработка эксцентриковых поверхностей. Известно, что в большом количестве механических устройств используют эксцентриковые поверхности и детали (кулачковые механизмы) преобразующее вращательное движение в поступательное (эксцентр. пресса, насосы, приводы перемещений, зажимные и запорные устройства, приводы люков, крышек, дверок и др.) герметизирующих механизмов и устройств. Поэтому в весьма большом количестве машин при их изготовлении встает проблема обработки эксцентриковой поверхности, которая может быть решена на любом токарном станке. Существует несколько способов обработки эксцентриковой поверхности:

1. Обработка деталей на эксцентрично установленной оправке.

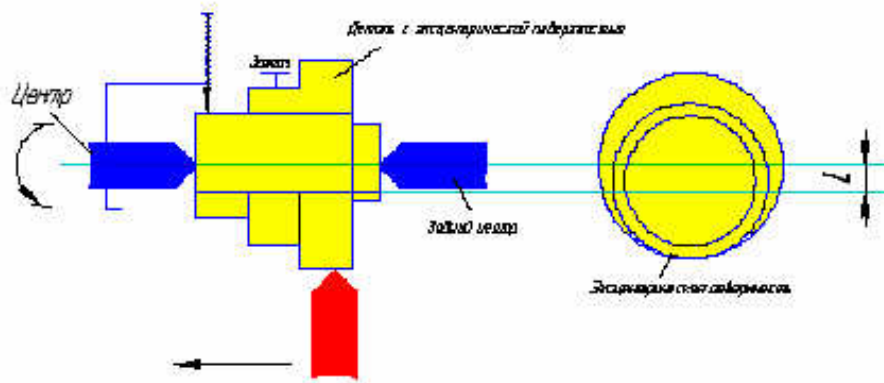


Рис. 3.10 Обработка деталей на эксцентрично установленной оправке

К сложным видам токарных работ относятся также точение деталей с закреплением на планшайбе, например, растачивание корпусных деталей коробок,

мостов, редукторов и т.д., а также обработка деталей с применением люнетов. Указанные приспособления приведены на рисунках ниже. Более подробно сложные виды токарной обработки, включая обработку сферических поверхностей рассмотреть в прилагаемом видео фильме по всем видам обработки резанием.

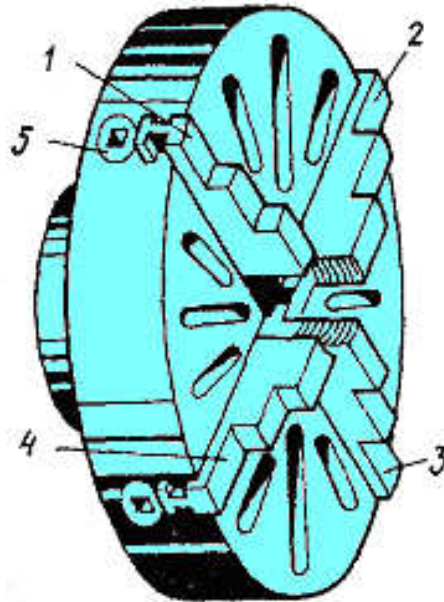


Рис. 3.11 - Четырехкулачковый патрон: 1..4 – кулачки; 5 – винт

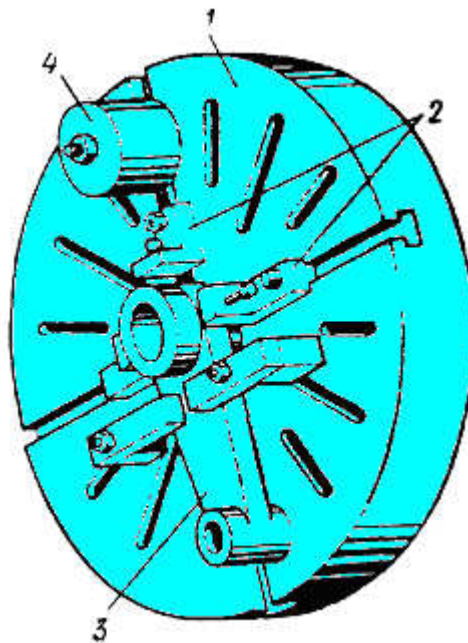


Рис. 3.12 Установка и закрепление обрабатываемой детали на планшайбе

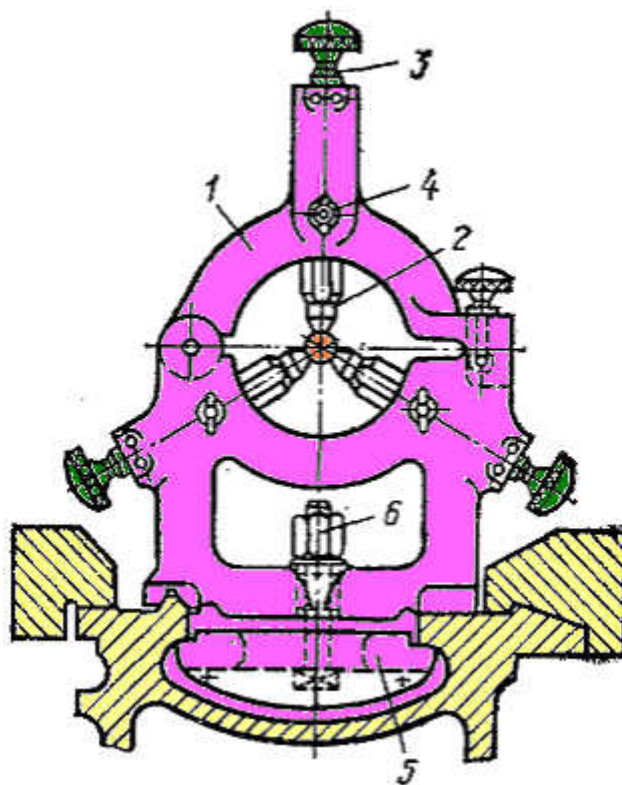


Рис. 3.13 Схема неподвижного люнета

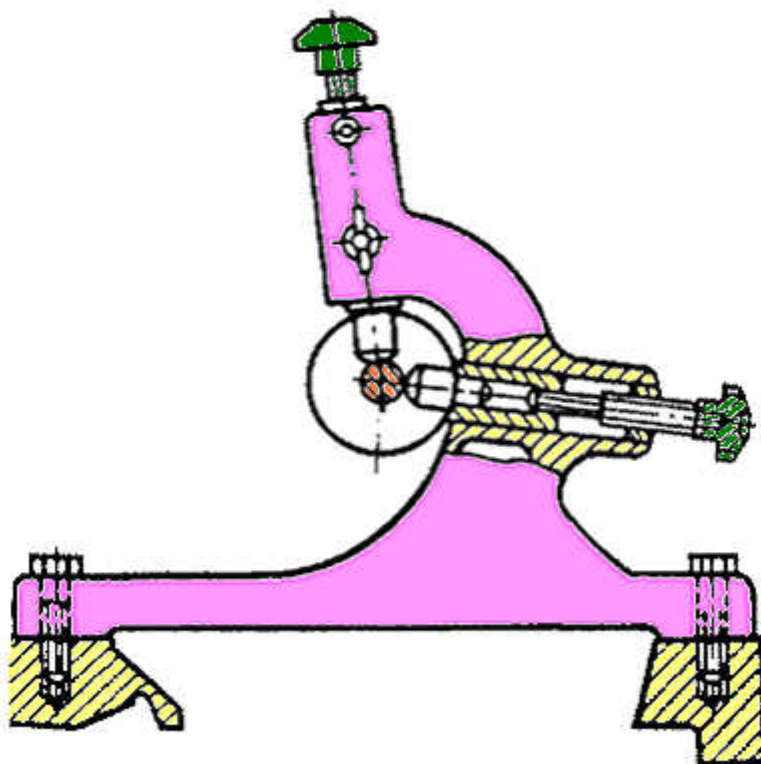


Рис. 3.14 Схема подвижного люнета

4 СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

(сверление, зенкерование, развертывание и растачивание)

Эти способы предназначены для обработки различных по назначению видов отверстий. Самым простым из них является сверление.

4.1 СВЕРЛЕНИЕ

Оно осуществляется спиральным сверлом. Это специальный двузубый инструмент, представляющий собой комбинацию двух токарных резцов, которые вращаются вокруг оси, проходящей между ними. Особенностью спирального сверла является криволинейная форма его граней.

Это самый распространенный способ обработки отверстий, в особенности для предварительной обработки.

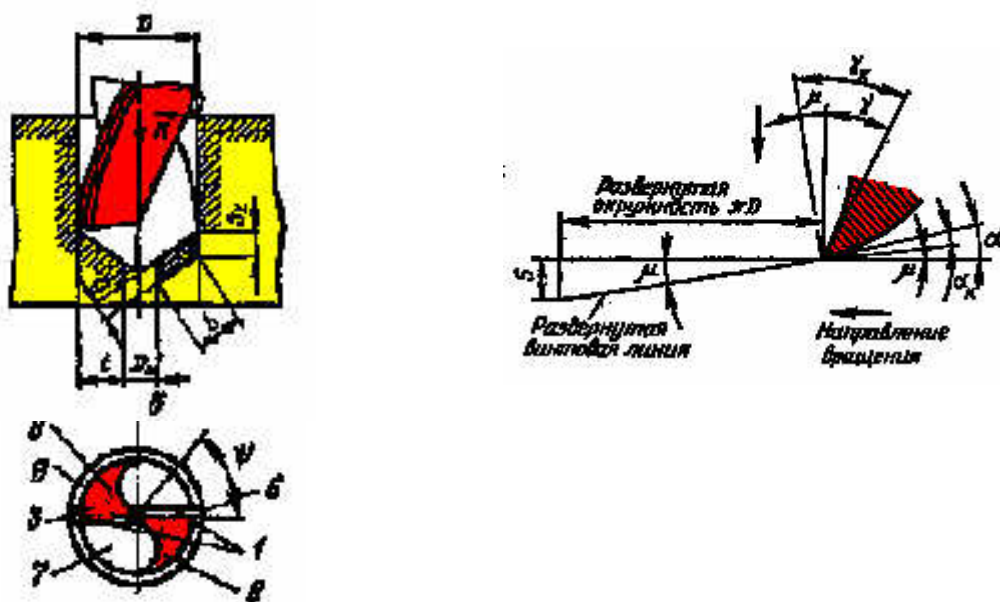


Рис. 4.1 Геометрия спирального сверла

Кроме указанных особенностей сверло имеет спиральную, винтовую канавку, которая транспортирует образующуюся стружку со дна отверстия наружу. Обработка спиральным сверлом имеет ряд существенных недостатков. Это «овальность», возникающая вследствие наличия только двух, а не трех режущих элементов. (Известно из геометрии, что однозначно задать отверстие можно только не менее тремя точками), второе искажение заключается в образовании конусности по длине отверстия. Конусность возникает вследствие, так называемой «разбивки» отверстия в верхней его части, в результате колебаний оси инструмента. Таким образом, показатели качества обработки отверстий сверлом находится на весьма низком уровне:

1. Точность не выше 12-14 квалитета
2. Высота неровностей обработки соответствует 3-5 классу. ($Rz=5-20$ мкм)

Сверление применяется главным образом для предварительной, черновой обработки, а также неотчетливых отверстий, например, отверстий под

элементы крепления при низких требованиях точности; отверстий для удаления металла при балансировке деталей и в других подобных случаях. Для повышения точности сверления нужно обеспечить строгую симметрию режущих элементов: равенство переднего и заднего угла в симметричных точках режущей кромки; равенство длин режущих кромок и углов их наклона к оси, а также центричность расположения так называемой перемычки соединяющей обе режущие кромки и др. смотри рис. «Геометрия сверла».

4.2 ЗЕНКЕРОВАНИЕ

Более точно отверстия могут быть обработаны зенкером. Качественные показатели обработки зенкерованием: 10-11 квалитет точности, высота неровностей соответствует 5-7 классу (Ra от 1,25-5,0 мкм). Принципиальным отличием зенкера является наличие трех и более режущих кромок. Однако зенкерование возможно только заранее полученного отверстия (отлитого, пробитого, просверленного), т.е. зенкер не обрабатывает сплошной материал. Таким образом, зенкер раззенковывает уже полученные отверстия: глубина резания « t » т.е. слой срезанного металла ориентировочно находится в пределах:

$$t = \sim (0.05-0.1) d \text{ отв.}$$

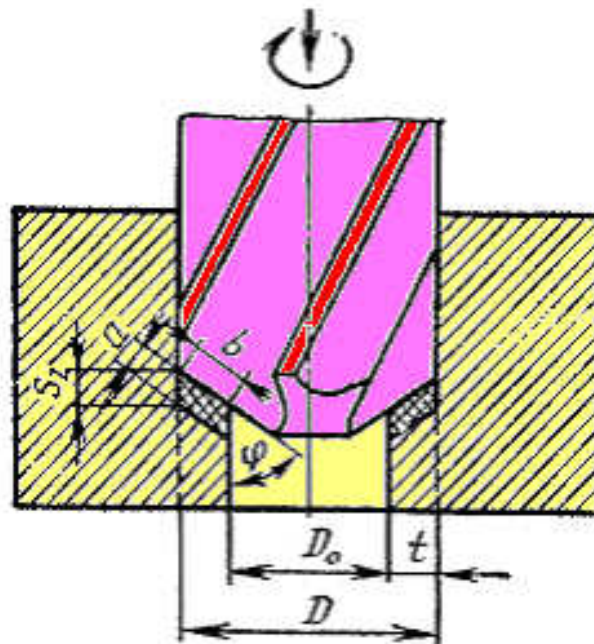


Рис. 4.2 Элементы резания при зенкеровании

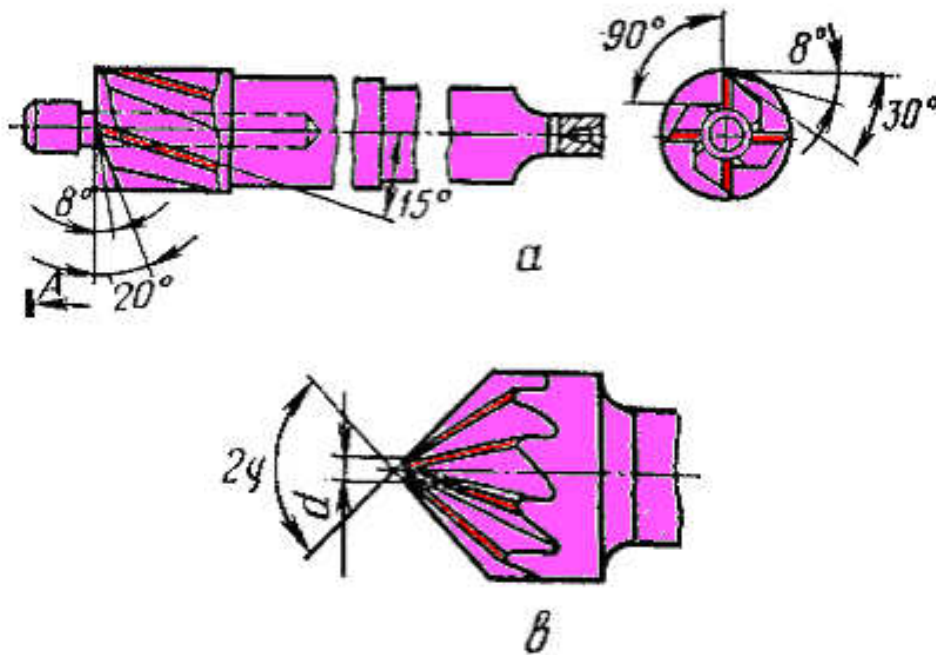


Рис. 4.3 Зенкеры различных конструкций:

а - зенкер для цилиндрических углублений; в - коническая зенковка

Зенкер, как правило имеет от 3-х до 8-ми режущих кромок, высокую жесткость конструкции ввиду меньшей глубины канавок для выхода стружки. Зенкером обрабатывают отверстия в корпусных деталях и крышках под ответственные болты крепления. Например, под шатунные болты в крышках шатуна, отверстия в головках блока Д.В.С. Особым видом зенкера является **цековка** или торцовый зенкер, которым выполняют операции цекования, т.е. обработки торцовой поверхности прилегающей к отверстию. Эта поверхность должна быть строго перпендикулярной или соосно-конусной, обеспечивающей плотную посадку деталей крепления, винтов и болтов. При нарушении этого условия элементы крепления будут изгибаться в процессе работы, что вызывает их перекос, изгиб, и в большинстве случаев разрушение, приводящих к аварии агрегатов (двигателя, редуктора, коробки, моста и т.д.).

4.3 РАЗВЕРТЫВАНИЕ

Развертывание – является высоко точным способом обработки отверстия, а в условиях ремонта в большинстве случаев единственной технологией, обеспечивающей высокое качество обработки отверстий. Развертывание обеспечивает 6-9 квалитет точности, при снижении высоты неровностей до $Ra=0.32-1.25$ мкм что соответствует 7-9 классу шероховатостей.

Глубина резания при развертывании не превышает 0,1-0,5 мм. Число зубьев не менее 6, а в большинстве случаев от 8 и более. Важно отметить, что развертывание может осуществляться не только машинным способом, но и вручную, как слесарная доводочная операция. Например, развертываются отверстия во втулках верхней головки шатуна, втулках поворотного кулака

автомобильного моста, втулках под шейки распределительных валов; в клапанных втулках и т.д. Основные элементы развертки: см.рис.50

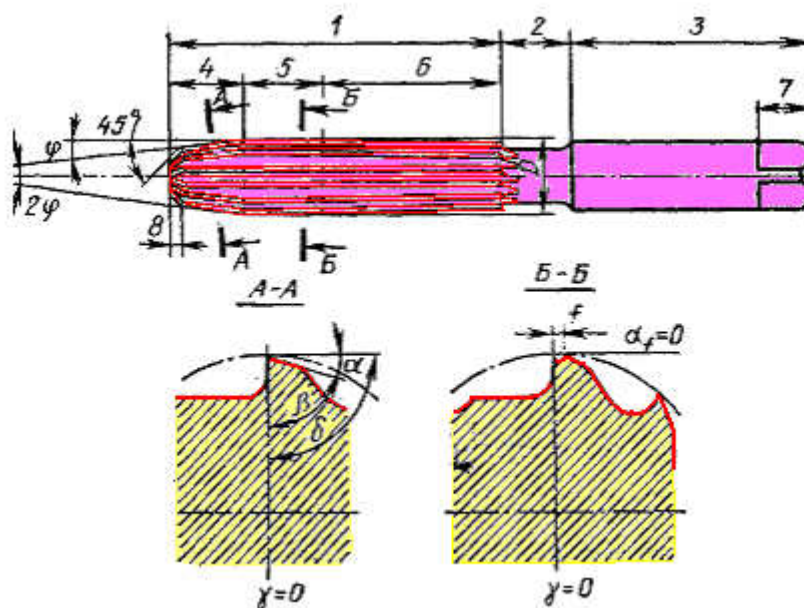


Рис. 4.4 - Конструктивные элементы развертки:

1, 4 и 5- соответственно рабочая, заборная (режущая) и калибрующая части, 2-шейка, 3-хвостовик, 6 и 8- обратный и направляющий конусы, 7-квадрат

Развертка имеет ряд существенных геометрических особенностей: угловой шаг зубьев развертки сделан неравномерным, например, 43 град., 44град., 45град., 46град., 47град., на половине числа зубьев; с повторением этой неравномерности на другой половине зубьев. Это предотвращает тенденцию к «огранке» обрабатываемого отверстия, которая возникает в виду упругого сжатия и расжатия зубьев при повороте на шаг.

Для предотвращения тенденции к затягиванию развертки в отверстия, в особенности при обработки вязких металлов, зубья развертки делают с отрицательным углом наклона к оси – (- ϕ).

4.4 РАСТАЧИВАНИЕ

Растачивание представляет собой процесс обработки отверстий с помощью вращающейся борштанги, в которой установлен резец, подобный токарному.

Растачивание применяется для обработки корпусных деталей (отверстий в блоках двигателей внутреннего сгорания, корпусах коробок передач, мостах, редукторах, картерах и т.д. Обычно, вращающаяся борштанга имеет возможность перемещения вдоль своей оси, чтобы обработать отверстие по всей длине. Изменение диаметра отверстия достигается изменением вылета резца, т.е. расстояния от оси вершины резца до оси вращения. Деталь, закрепленная на столе станка, имеет возможность перемещаться в горизонтальной плоскости в направлении двух координат «X» и «Y».

Борштанга располагается в так называемой шпиндельной бабке, имеющей возможность передвигаться в третьей координатной оси «Z».

Кроме расточных станков существуют специально координатно-расточные станки. Принципиальным отличием этих станков является возможность обеспечивать не только размер обрабатываемого отверстия, но и точную координату расположения оси этого отверстия по отношению к оси других отверстий или базы обрабатываемой детали. Такие станки применяются для обработки деталей с жесткими допусками относительного расположения осей обрабатываемых отверстий. Например, корпуса коробок передач, редукторов и другое. На рисунке показана принципиальная схема расточного станка.

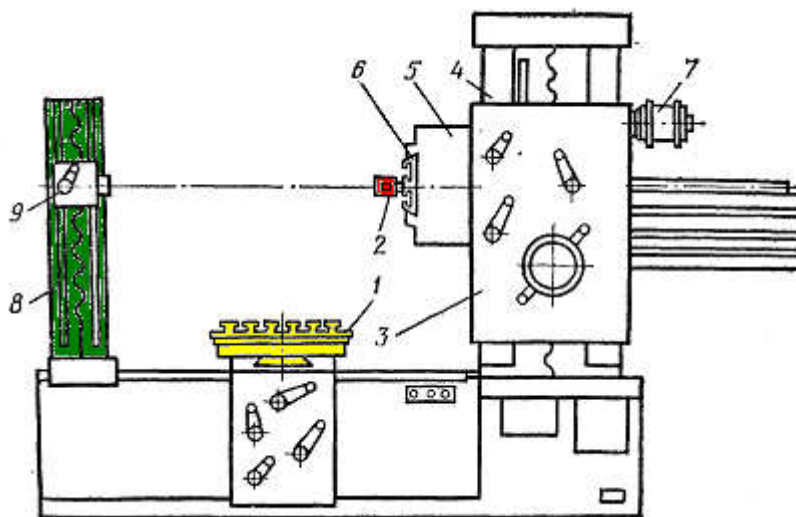


Рис. 4.5

Схема горизонтально-расточного станка:

1- стол для установки детали, 2-шпиндельная бабка, 3-задняя стойка, 4-подшипник, 5-суппорт, 6-станина, 7-электродвигатель, 8-шпиндель, 9-планшайба

4.5 ФРЕЗЕРОВАНИЕ

Фрезерование - весьма распространенный метод обработки при помощи специального инструмента фрезы.

Фреза представляет собой режущий инструмент в виде тела вращения, на образующей поверхности или на торце которого расположены режущие зубья. См.рис.4.6.

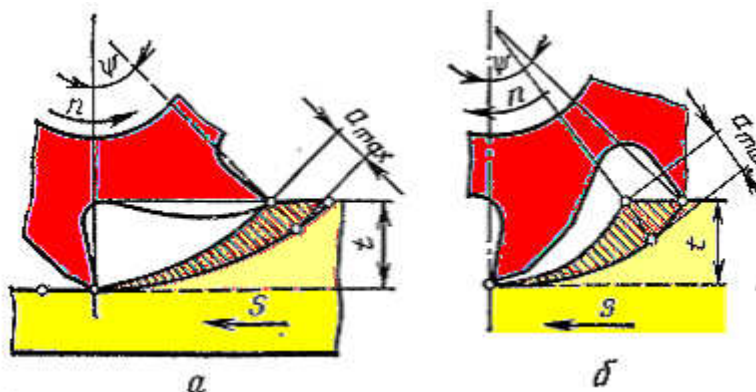


Рис. 4.6 Схемы фрезерования:

а - встречное, б – попутное

Фрезерование имеет определенные особенности:

1. Каждый отдельный зуб фрезы за время одного полного ее оборота находится в контакте с обрабатываемой поверхностью детали лишь относительно малое время.

2. Большую часть времени зуб проходит по воздуху и при этом охлаждается, что является положительным фактором.

3. Врезание зуба фрезы в заготовку сопровождается ударами, что осложняет работу фрезы и станка.

4. Производительность фрезерования может быть значительно увеличена путем обработки не одной фрезой, а одновременно комплектом фрез. Например, фрезерование всех направляющих станины токарного станка комплектом из 10-12 фрез.

Фрезы классифицируют по характеру выполняемой работы, по конструкции и креплению зубьев относительно оси фрезы и другим признакам, например прямозубые и спиральнозубые.

Цилиндрические фрезы применяют для обработки открытых плоскостей. Такие фрезы изготавливают с левым и правым винтовыми канавками. При больших сечениях стружки для обеспечения спокойной работы без вибрации применяют крупнозубые цилиндрические фрезы с неравномерным шагом.

Торцевые фрезы имеют зубья на цилиндрической и торцевой поверхностях. Дисковые фрезы применяют для обработки уступов, пазов, лысок, многогранных и плоскостей на прямоугольных и круглых заготовках, а также разрезания заготовок. Прорезанные и отрезанные фрезы применяют для прорезки узких пазов (шлицы винтов и др.) и отрезки (разрезания) заготовок.

Концевые фрезы применяют для обработки плоскостей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке и копиру. Концевые фрезы имеют режущие кромки на цилиндрической части (обычно расположенные по винтовой линии) и на торце. Угловые фрезы применяют для изготовления поверхностей, расположенных под некоторым углом друг к другу. Фасонные фрезы применяют для изготовления сложно-фасонных поверхностей; профиль фасонной фрезы должен соответствовать профилю обрабатываемой детали.

Существует два способа фрезерования: встречное, более распространенное, при котором вектор скорости резания зуба фрезы направлен на встречу вектору движения подачи.

При встречном фрезеровании резание начинается с проскальзывания зуба по обрабатываемой поверхности. Постепенно сечение срезаемого металла увеличивается до максимума на выходе зуба из работы. Ввиду проскальзывания в начальный момент входа фрезы в работу – встречное фрезерование может вызывать наклеп на обрабатываемой поверхности детали.

При попутном фрезеровании оба вектора скорости резания и подачи направлены в одну сторону, а резание начинается с максимального сечения стружки и постепенно уменьшается до нуля на выходе зуба из работы. Этот способ фрезерования возможен лишь на станках с безлюфтовым, беззазорным механизмом привода подачи стола с деталью. В противном случае возможно

возникновение явления «подрыва», когда зуб фрезы подхватывает стол с деталью и резко двигает их в пределах величины люфта, что может привести к скачкообразному увеличению сечения срезаемого металла следующим зубом фрезы, что, как правило, приводит к поломке инструмента. Вследствие изложенного, этот метод фрезерования менее распространен и применяется на станках со специальным безлюфтовым приводом механизма подачи.

Фрезерование характеризуется следующими параметрами обработки:

1. Скоростью резания, в м/мин она определяется по опытной эмпирической формуле, подобной точению $V = \frac{C}{T}$

Где: C - постоянный коэффициент зависящий от материала фрезы и детали.
 T - стойкость инструмента

1. Фрезерование цилиндрической или вальцевой фрезой:

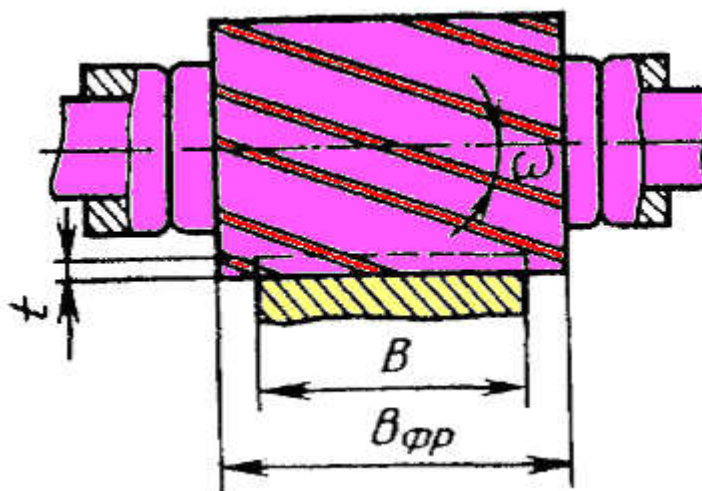


Рис. 4.7 Фрезерование вальцевой фрезой

2. Фрезерование торцевой или концевой фрезой:

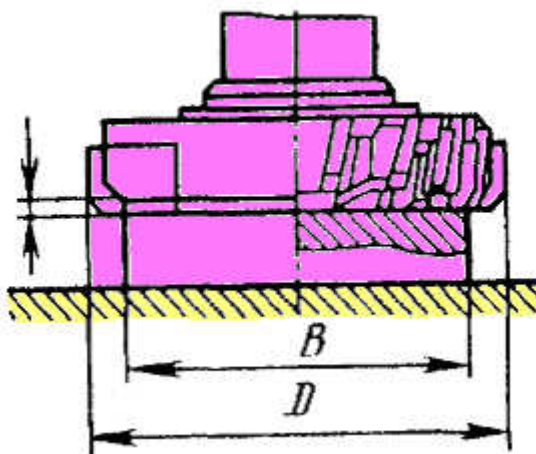


Рис. 4.8 Фрезерование торцевой фрезой

Работы, выполняемые на фрезерном станке.

Наиболее распространенными являются следующие виды фрезерных работ:

1. Фрезерование плоскостей, осуществляется широкой вальцевой фрезой или скоростной фрезерной головкой.

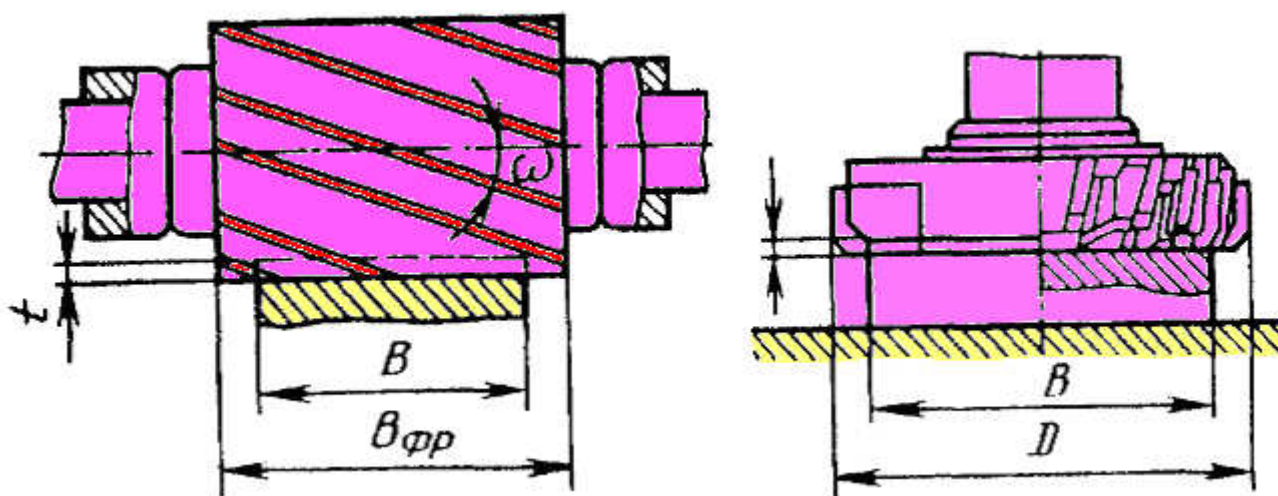


Рис. 4.9 Вальцевая и торцевая фрезы

2. Фрезерование уступов.

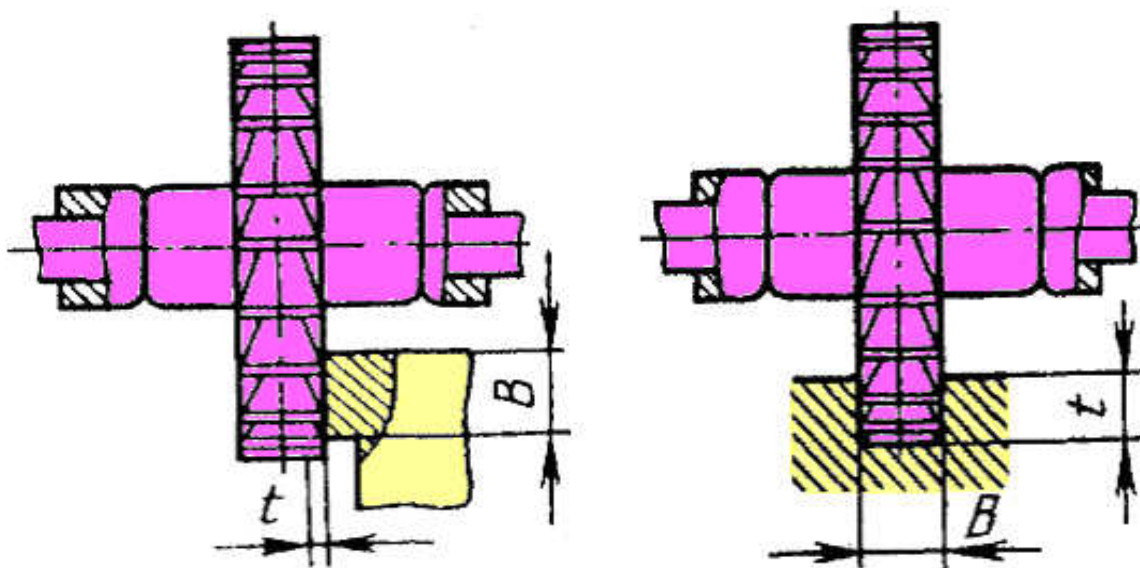


Рис. 4.10 Трехсторонняя дисковая фреза

3. Фрезерование пазов и канавок.

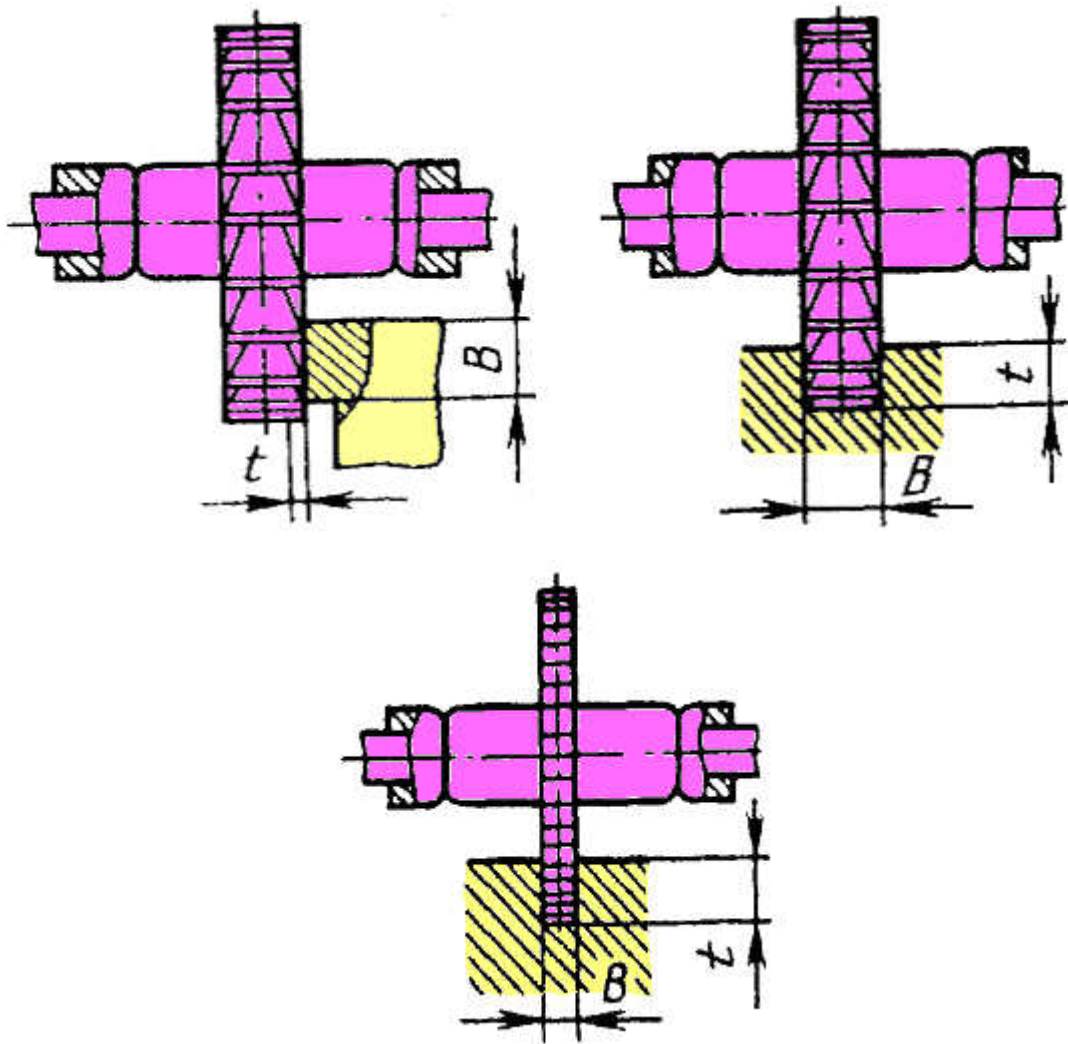


Рис. 4.11 Трехсторонняя дисковая фреза, прорезная и отрезная фреза

4. Фрезерование зубчатых колес и шлицевых валов.

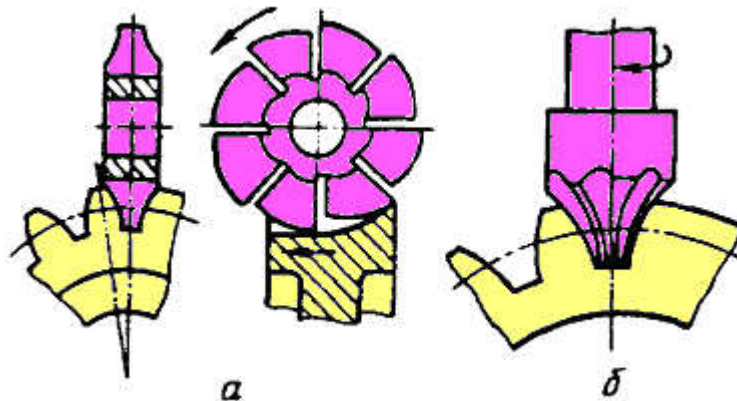


Рис. 4.12 Фрезерование зубьев шестерен модульными фрезами:
дискового – а и пальцевого - б типа

5. Фрезерование спиральных винтовых канавок.

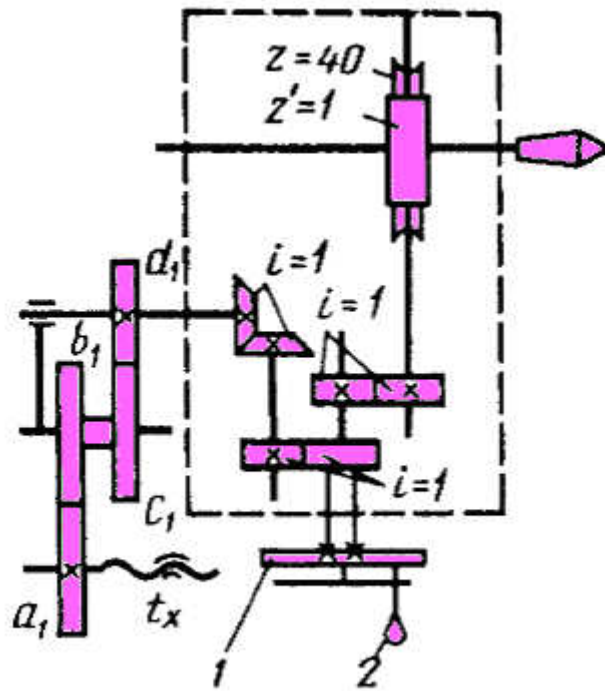


Рис. 4.13 - Схема делительной головки настроенной на фрезерование спиральных винтовых канавок: 1-делительный диск; 2- рукоятка; 3- шпиндель головки; z^H - число заходов червяка; $z=40$ - число зубьев червячного колеса; a,b,c,d- гитара сменных колес

6. Фрезерование криволинейных поверхностей и полостей (штампы, матрицы)

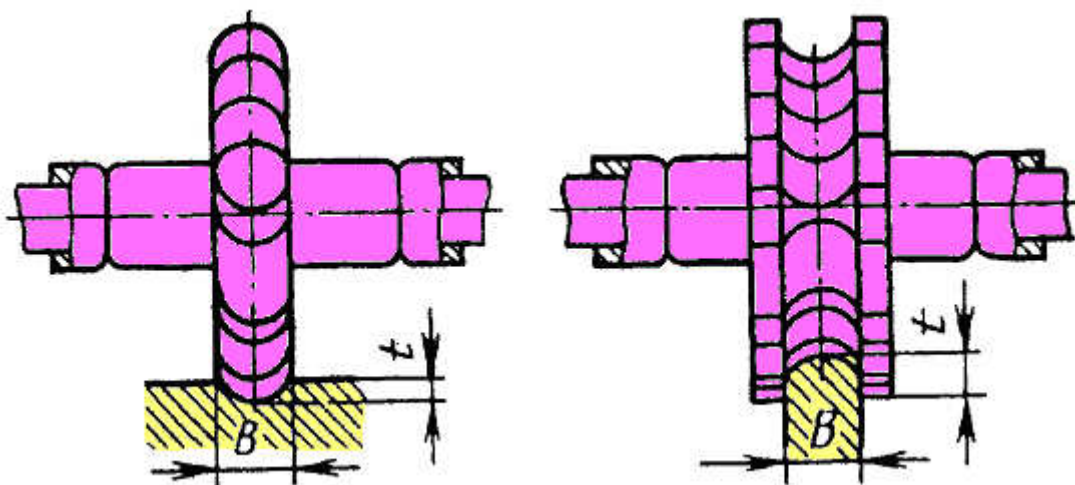


Рис. 4.14 Фасонные фрезы

4.5.1 ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Различают три вида подачи: минутную подачу S_m подачу на оборот фрезы S_0 ; подачу на зуб S_z .

Минутная подача есть перемещение обрабатываемой детали в миллиметрах за одну минуту. Подача на оборот - перемещение обрабатываемой детали в миллиметрах за один оборот фрезы. Подача на зуб это подача обрабатываемой детали в миллиметрах, приходящаяся на один зуб фрезы. При этом

$$S_m = S_0 \cdot n = S_z \cdot zn$$

где n - частота вращения фрезы, мин^{-1} ; z - число зубьев фрезы.

Скорость резания (м/мин), т.е. окружная скорость вращения фрезы, подсчитывается по формуле $v = \frac{\pi D n}{1000}$, где D - наружный диаметр фрезы, мм.

Площадь среза (мм^2) при фрезеровании цилиндрической прямозубой фрезой для одного зуба фрезы (рис.4.8) $f = Va$ мм^2 , где B - ширина фрезерования, мм; a - толщина среза, мм.

$$\text{Машинное (основное) время при фрезеровании } T_{\text{маш}} = \frac{L_{\text{расч.}}}{S_m},$$

где $L_{\text{расч.}}$ - расчетная длина прохода фрезы, мм.

Длина $L_{\text{расч.}} = l + l_1 + l_2$, где l - длина фрезеруемой поверхности, мм; l_1 - величина врезания, мм; l_2 - величина перебега фрезы, равная 1...5 мм, в зависимости от диаметра фрезы.

Величина врезания при фрезеровании цилиндрическими фрезами (рис.4.8).

$$l_1 = \frac{D^2}{4} - \left(\frac{D}{2} - t \right) = t \left(\frac{D}{2} - t \right)$$

При фрезеровании торцевыми фрезами величина врезания (рис.4.9)

$$l_1 = \frac{D}{2} - \frac{D^2}{4} - \frac{B^2}{4} = 0,5 \left(\frac{D^2}{2} - D^2 - B^2 \right)$$

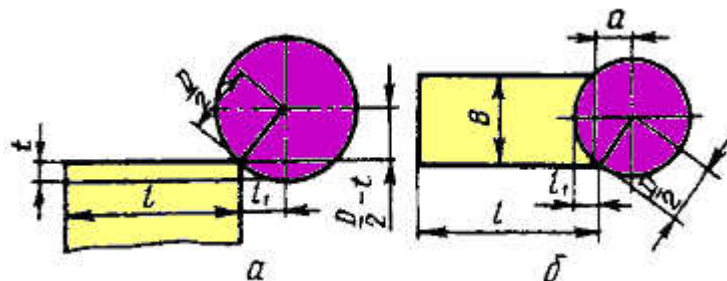


Рис. 4.15 Схемы к расчету величины врезания при обработке фрезой:
а - цилиндрической; б - торцевой

Скорость резания и стойкость фрез. Допустимая скорость резания (м/мин) в зависимости от условий фрезерования и стойкости фрезы рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_V D_\phi^g}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} \cdot K_{\text{общ.}}$$

где C_V - коэффициент, характеризующий материал заготовки и условия обработки; D_ϕ^g - диаметр фрезы мм; T - период стойкости фрезы, мин; t - глубина резания, мм; S_z - подача, мм на зуб; B - ширина фрезерования, мм; z - число зубьев фрезы; g, m, x, y, u, p - показатели степеней; $K_{\text{общ.}}$ - общий поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки.

Фрезы изнашиваются преимущественно по задней поверхности зубьев. Допустимый износ для цилиндрических фрез из быстрорежущей стали при черновой обработке стали 0,4...0,6 мм, а при обработке чугуна - 0,5...0,8мм. Допустимый износ торцевых твердосплавных фрез 1...1,2 мм при обработке стали и 1,5...2 мм при обработке чугуна.

4.5.2 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Глубину резания выбирают в зависимости от припуска на обработку. Надо стремиться вести черновое и полужесткое фрезерование за один проход, если это допускается мощностью станка и жесткостью системы СПИД. При припуске на обработку более 5 мм фрезерование ведут в два или более проходов, оставляя на последний проход припуск 1...1,5 мм. Подачу выбирают максимально возможной. Ее величина может быть ограничена следующими основными факторами: шероховатостью обработанной поверхности, прочностью зуба фрезы, прочностью механизма подачи станка, жесткостью системы СПИД, прочностью и жесткостью оправки и др. При черновом фрезеровании стальных заготовок цилиндрическими фрезами из быстрорежущей стали принимают подачу на зуб $S_z = 0,06...0,6$ мм/зуб, при обработке чугуна $S_z = 0,1...0,6$ мм/зуб и при черновом торцевом фрезеровании фрезами из быстрорежущей стали $S_z = 0,04...0,6$ мм/зуб.

Скорость резания подсчитывают по ранее приведенной формуле.

4.6 СТРОГАНИЕ, ДОЛЬБЛЕНИЕ, ПРОТЯГИВАНИЕ

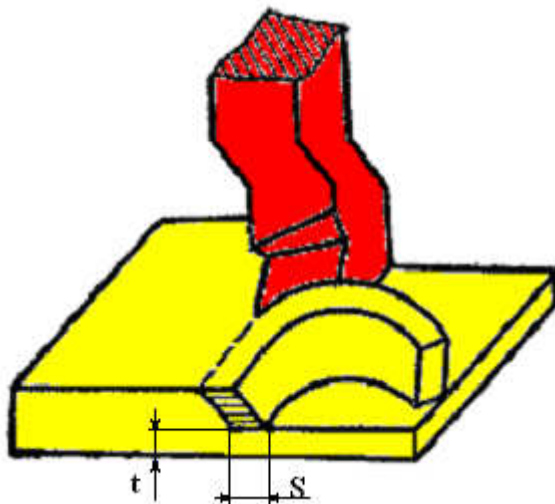


Рис. 4.16 Строгальный резец

Строганием обрабатывают: плоскости, уступы, канавки, линейчатые поверхности (криволинейные с прямолинейными образующими).

Строгальные станки бывают двух типов: поперечные (главные движения совершает инструмент-резец); продольнострогальные (главное движение совершает деталь).

Движение подачи совершает либо деталь, либо инструмент. Резание совершается только при рабочем ходе.

Разновидностью строгания является долбление (инструмент совершает возвратно-поступательные движения не в горизонтальной, а в вертикальной плоскости).

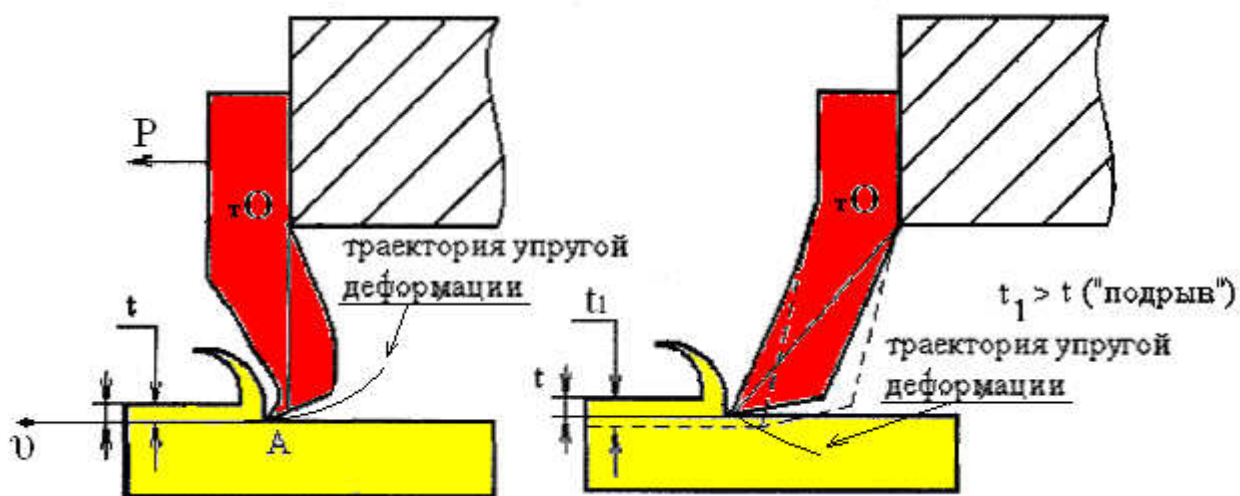


Рис. 4.17 Схемы строгания

При строгании, упругая деформация происходит вокруг, точки О рис.4.17. При правильном строгании упругая деформация резца должна происходить вокруг точки О так, чтобы радиус ОА был перпендикулярен направлению вектора скорости резания – v . Упругая деформация (поворот резца вокруг точки О) не приводит к изменению глубины резания.

При строгании обычным не изогнутым резцом, деформация вокруг точки О заглубляет резец, что сопровождается «подрывом». Это явление состоит в том, что при упругом изгибании прямолинейного резца за счет силы резания происходит его дополнительное заглубление с еще большим возрастанием изгиба. В результате на поверхности детали возникают рытвины.

4.7 ПАРАМЕТРЫ РЕЗАНИЯ

Параметры режима резания мало отличаются от аналогичных параметров при точении. Глубина резания t выбирается по тем же соображениям, что и при точении. Подача S , как при точении, зависит от требований шероховатости. Для чистового строгания, применяются резцы с широкой фаской. Величина фаски берется $1,1 / 1,2 S$. В некотором случае ширина фаски может достигать до 10мм. Скорость резания, определяемая средней линейной скоростью движения резца, рассчитывается по формулам, аналогичном точению.

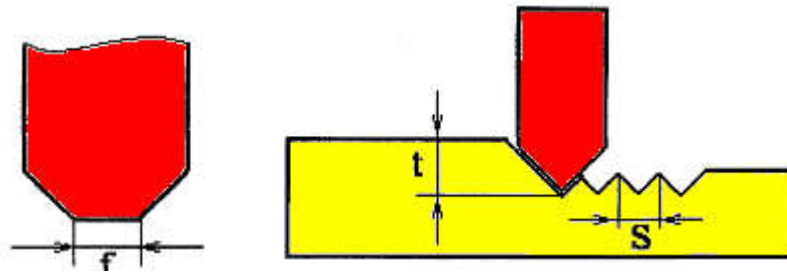


Рис. 4.18 Параметры режима резания:

t – глубина резания мм; S – подача на двойной ход резца мм/дв. ход; f – ширина фаски резца для чистового строгания

Также рассчитывается основное технологическое время. При этом следует иметь ввиду следующие особенности. Существуют два типа приводов строгальных станков: кривошипно-кулисный, где скорость резания переменная и изменяется по закону приближенному к синусоиде. Средняя скорость рассчитывается следующим образом: $U = \frac{0,36 \cdot hn}{\alpha}$

где h – длина хода ползуна

n – число двойных ходов ползуна в мин.

α – длина дуги траектории кулисного пальца при прямом ходе ползуна

Второй тип приводов: гидравлический (гидроцилиндр со штоком). Масло нагнетается попеременно то в одну полость, то в другую. В этих станках скорость постоянна. Для избежания явления «подрыва» строгальные резцы делают изогнутыми.(см. рис.4.17).

Станки (поперечно-строгальные) бывают двух разновидностей с кривошипно-кулисным механизмом и с гидроприводом.

Режимы резания рассчитывают по формулам аналогичным точению.

$$V = \frac{C_V}{T \cdot t^x \cdot S}$$

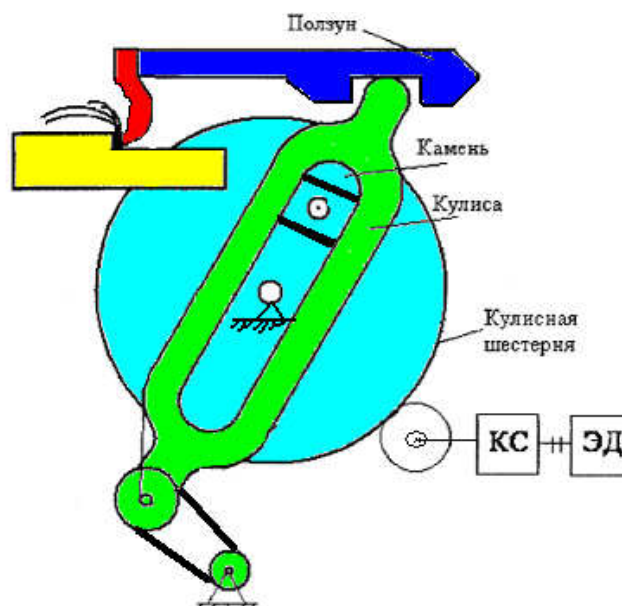


Рис. 4.19 Кривошипно-кулисный привод:
КС – коробка скоростей; ЭД – электродвигатель

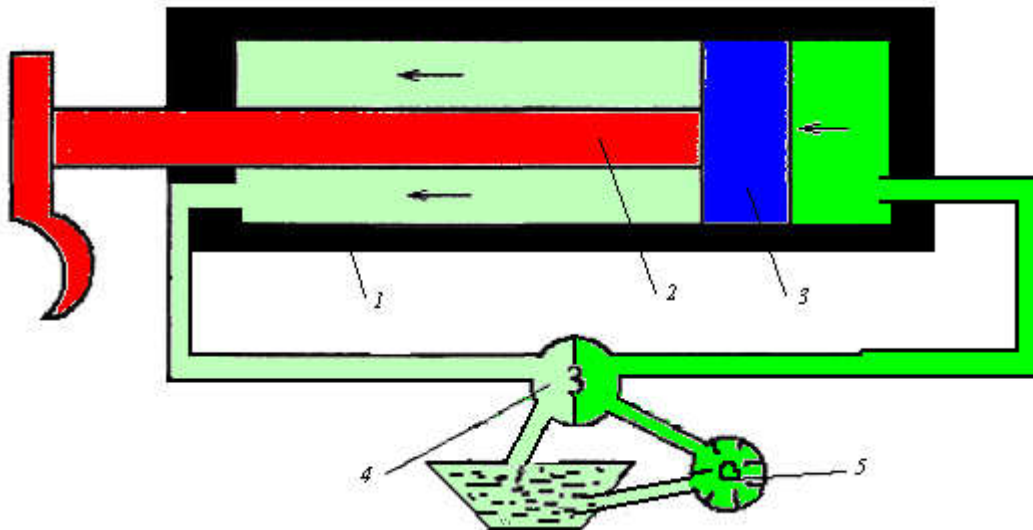


Рис. 4.20 Схема гидропривода:

1 – гидроцилиндр; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – золотник; 5 – насос

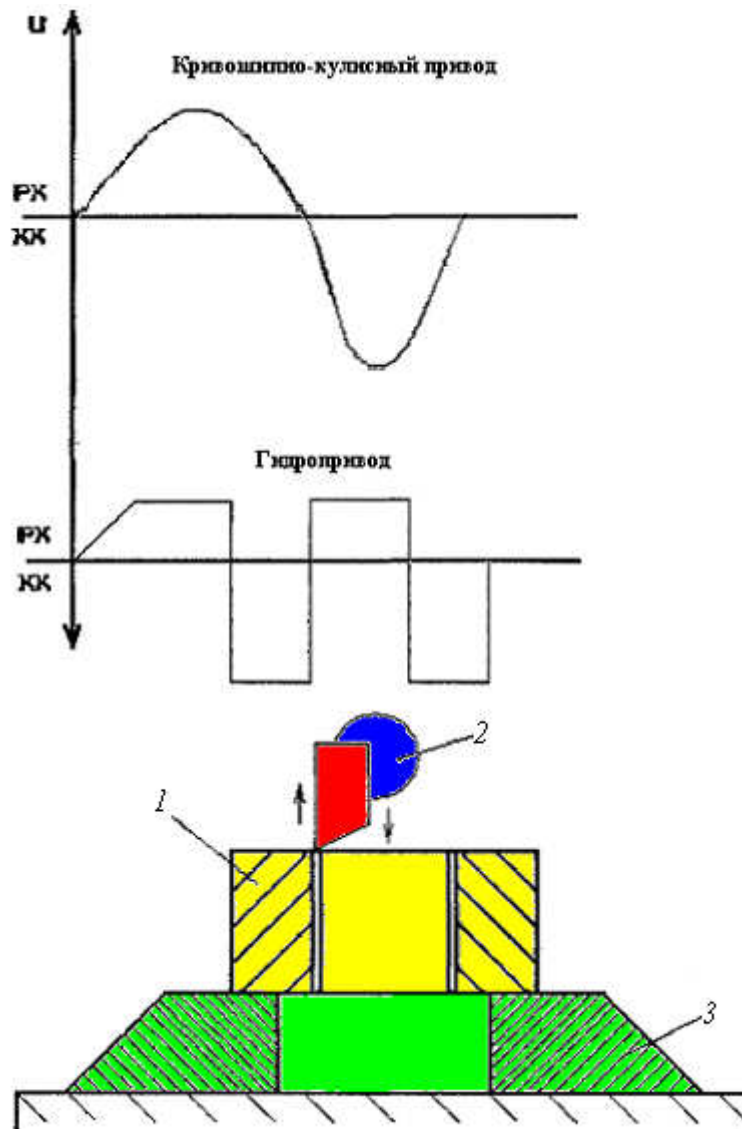


Рис. 4.21 Схема долбления:

1 – деталь; 2 – привод; 3 – подкладное кольцо

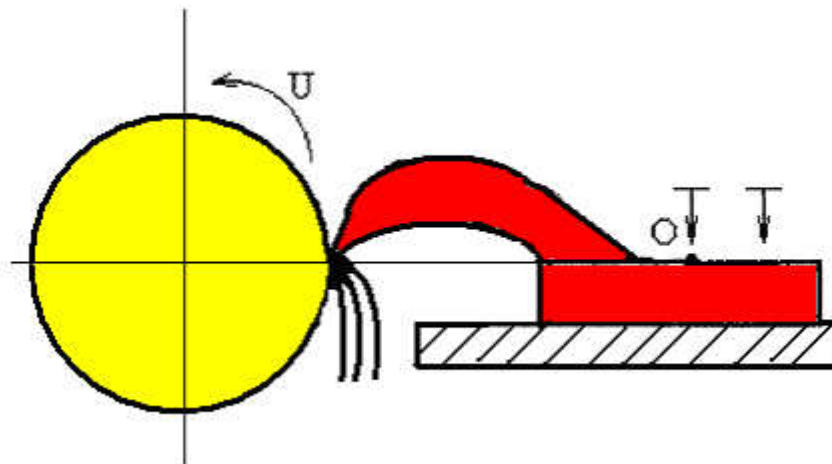


Рис. 4.22 Отрезание на токарном станке деталей больших диаметров

Протягивание - разновидность строгания. Применяется для обработки внутренних отверстий сложной формы (реже наружных) конических зубьев - круглой протяжкой.

Протяжка представляет собой многолезвийный инструмент, состоящий из следующих частей (рис. 4.19): l_1 - замковой части (хвостика), служащей для закрепления протяжки в суппорте станка; l_2 - шейки; l_3 - передней направляющей части, предназначенной для центрирования обрабатываемой детали в начале резания (по форме поперечного сечения эта часть соответствует профилю предварительно обработанного отверстия); l_4 - режущей части (каждый режущий зуб больше предыдущего на величину $S_z=0,01 \dots 0,3$ мм); l_5 - калибрующей частью с четырьмя-восемью зубьями одинакового диаметра, предназначенной для окончательной зачистки обработанной поверхности, а также служащей резервом при переточке протяжки; l_6 - задней направляющей части, предназначенной для поддержания протяжки от провисания.

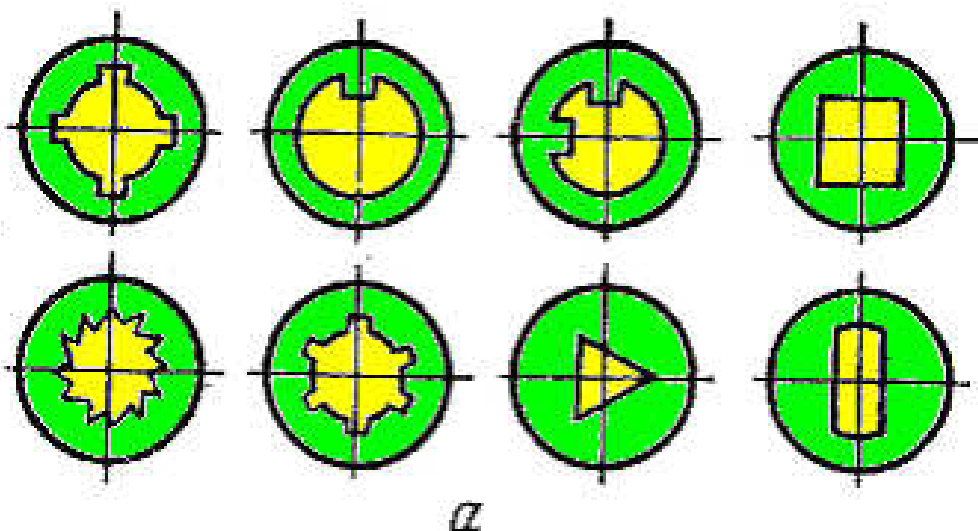


Рис. 4.23 Формы протягиваемых отверстий

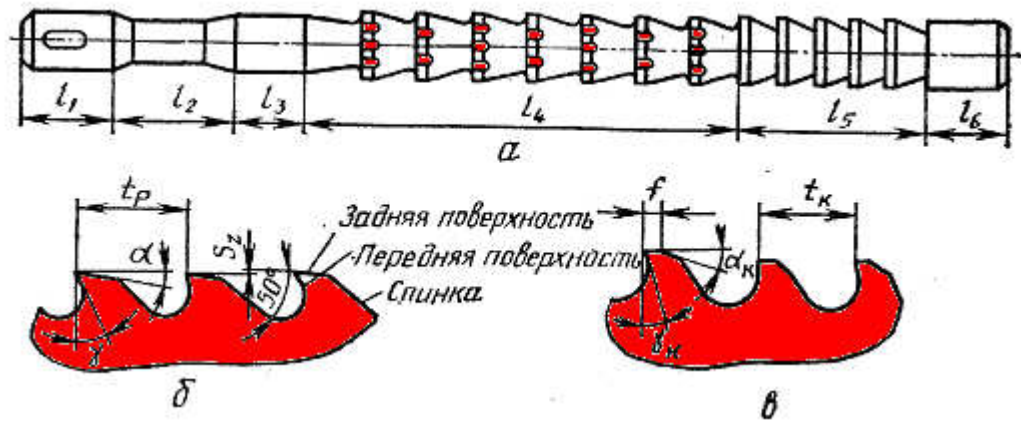


Рис. 4.24 Протяжка и её части:
 а - общий вид, б и в - режущие и калибрующие зубья

5 АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА

5.1 Шлифование

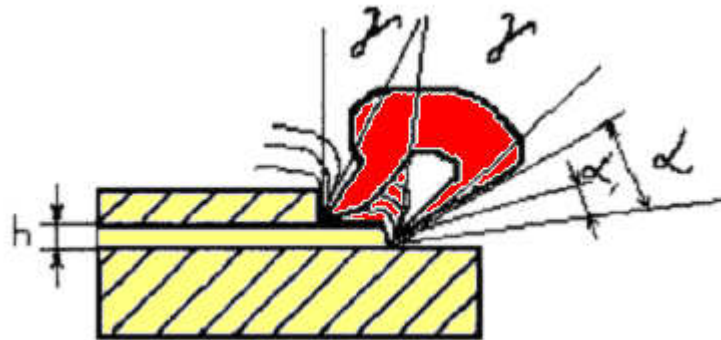


Рис. 5.1 Схема шлифования:

h – глубина резания; γ и α – передний и задний угол

Шлифование или абразивная обработка, - обработка резанием с помощью специфического абразивного (что в переводе с латинского означает - царапать, скоблить) инструмента. Абразивный инструмент - совокупность некоторого количества мельчайших твердых зерен абразивного материала. Наибольшее распространение получили искусственные, и естественные абразивные материалы. Естественные: алмаз, корунд (90% кристаллическая окись алюминия, остальное окись кремния), наждак (20-60% оксида алюминия остальное окись кремния), кварц (оксид кремния). Зерно указанных абразивных материалов связаны с известью и глинистыми примесями.

К абразивным материалам искусственного происхождения относятся: электрокорунд, карбид кремния (карборунд), карбид бора, нитрид бора (эльбор), синтетические алмазы, гексанит – Р и др.

Самый распространенный - электрокорунд. Цвета: от наиболее чистого - белого, до фиолетового и грязно серого (в зависимости от примесей). Получают электрокорунд, спекая в электродуге порошкообразный глинозем. Дробят затем и просеивают в ситах. Получают зерно определенного размера. В него добавляется связка (керамическая: глина, окись магния, или смолы – фенолоформальдегидные, эпоксидные, кремне органические и др., или каучук). Затем придают определенную форму, или высушивают, спекают или вулканизируют, получая компактные абразивные инструменты (круги, бруски, ленты и пасты). Абразивный инструмент характеризуется следующими параметрами: формой и размером, материалом (электрокорунд белый: ЭБ), зернистостью (средним размером зерна в микрометрах), твердостью, структурой и др. параметрами. Например под твердостью понимается прочность связки. Для самого распространенного вида шлифования сталей и чугунов применяется электрокорунд.

Для заточки твердого сплава применяется карборунд (карбид кремния SiC , бывает зеленый (КЗ) и нормальный (грязно-серый) с большим количеством примесей). Для высококачественной заточки инструмента применяется кубический нитрид бора и синтетические алмазы (АСО, АСР и т.д.). Для

обеспечения принципа самозатачивания нужно чтобы по мере затупления зерен и возрастания сил резания, затупившиеся зерна должны выкрашиваться открывая новые, т.е. прочность должна быть строго оптимальной (ни больше, ни меньше). Иначе, при большей твердости происходит «засаливание», при меньшей твердости – «осыпание» круга. Поэтому градиентов твердости целых 15, как то:

мягкие круги (М1, М2), средне-мягкие (СМ1, СМ2), средние (С1, С2), средне-твердые (СТ1, СТ2, СТ3). Твердые (Т1, Т2), высокотвердые (ВТ1, ВТ2), чрезвычайно твердые (ЧТ1, ЧТ2).

Для резания мягких материалов, применяются повышено твердые. Для резания твердых - менее твердые. Исключение: медь- она обрабатывается мягкими кругами.

Структура круга бывает плотная, средняя и открытая. Последняя характеризуется максимальным количеством пор.

5.1.1 РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Глубина резания t выбирается в пределах от 0,01 до 0,08 при черновой обработке и от 0,005 до 0,015 для чистового шлифования, мм на ход стола с деталью.

Продольная подача : 0,5 - 0,8 от ширины круга при черновой обработке, 0,2 - 0,5 - при чистовой обработке.

Круговая подача это скорость вращения детали:

$$S_{кр} = \frac{\pi D_{из} \cdot n_{из}}{1000} \text{ м/мин}, \quad 20 - 70 \text{ для чернового}, \quad 15 - 60 \text{ для чистового}, \quad 5 - 50 \text{ для}$$

плоского шлифования 25 – 120 м/мин для внутреннего.

Круговую подачу можно также рассчитать по эмпирической формуле:

$$S_{из} = \frac{C \cdot D_{из}^{\rho}}{T^m \cdot t^x \cdot s^{\gamma}} \text{ м/мин}$$

где C – постоянный коэффициент; $D_{из}$; T ; t ; s – параметры процесса шлифования. Коэффициенты в степени: ρ , m , x , γ - показатели степени учитывающие нелинейный характер влияния параметров процесса на определяемую величину круговой подачи.

Скорость резания при шлифовании обычно постоянная и обуславливается постоянной скоростью вращения шлифовального круга от электродвигателя через ременную передачу

$$U = \frac{\pi D_k n_r}{1000 \cdot 60} \text{ (м/с)}, \quad 20 \leq U \leq 40 \text{ (м/с)}$$

Определим среднее мгновенное сечение стружки.

Объем металла срезаемый за один оборот заготовки равен:

$$Q = \pi \cdot D_{из} \cdot t \cdot s \text{ мм}^3$$

Путь шлифования в минуту равен

$$L = \pi D_{кр} \cdot n_{кр} \text{ мм/мин}$$

Путь за один оборот заготовки

$$L_1 = \pi D_{кр} \frac{n_{кр}}{n_{из}} \text{ мм/об.}$$

Среднее мгновенное сечение среза

$$f = \frac{Q}{L_1} = \frac{\pi D_{из} \cdot t \cdot S \cdot n_{из}}{\pi D_{кр} \cdot n_{кр}} = \frac{V_{из}}{60 \cdot V_{кр}} \cdot t \cdot S \text{ мм}^2$$

С учетом скорости вращения заготовки

$$f = \frac{V_{из}}{60 \cdot V_{кр} \pm V_{из}} \cdot t \cdot S \text{ мм}^2$$

5.1.2 МАШИННОЕ ВРЕМЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Можно определить по формуле: (в мин)

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot h}{n_{изд} \cdot S \cdot t} \cdot K$$

где L – длина хода стола с деталью мм

h – припуск на шлифование мм

t – глубина резания за один проход мм/ход

$n_{изд}$ – частота вращения изделия об⁻¹

k – 1,2 – 17 – поправочный коэффициент.

5.1.3 ВИДЫ ШЛИФОВАНИЯ

Основными видами шлифования являются: наружное круглое (применяется для шлифования любых валов), внутреннее круглое (для шлифования отверстий в любых деталях: втулках, шкивах, шестернях, дисках и т.д.), бесцентровое шлифование (поршневые пальцы и поршни по наружному диаметру, калиброванные прутки, шкворни, мелкие сверла и прочее), плоское шлифование (пазы, плоскости, канавки, линейчатые поверхности) и специальное (фасонные, криволинейные и др. поверхности, а также поверхности зубьев, резьбы, профильное шлифование лентой и др. виды).

Виды шлифования.

Наружное шлифование с продольной передачей осуществляется при вращении в одну сторону шлифовального круга и обрабатываемой детали. Кроме того, обрабатываемая деталь имеет продольное перемещение. В конце каждого одинарного или двойного прохода шлифовального круга получает поперечное перемещение на глубину резания см. рис. 5.3.

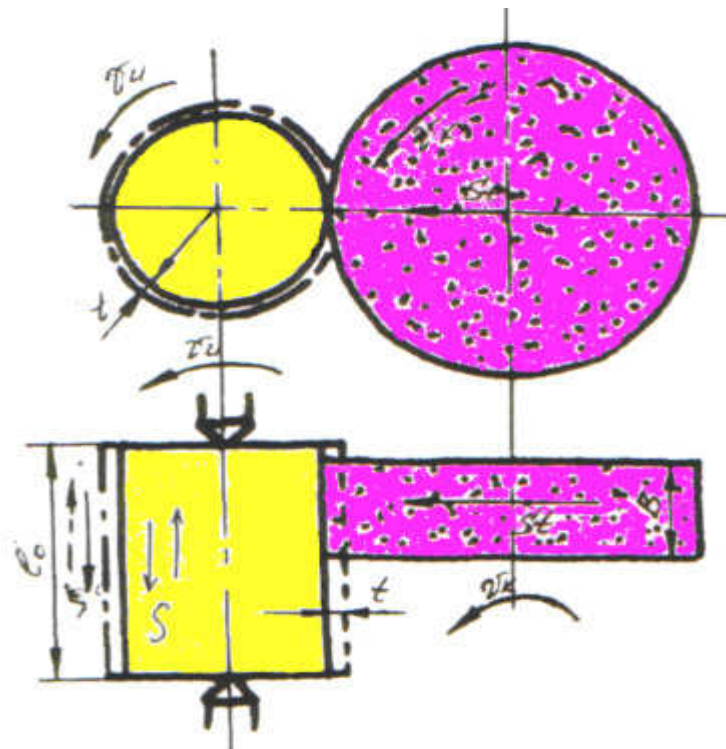


Рис. 5.2 Наружное круглое шлифование

При *круглом внутреннем* шлифовании круг и обрабатываемая деталь имеют вращающее движение. Кроме того, круг имеет возвратное поступательное движение подачи в конце каждого двойного хода см. рис. 5.4.

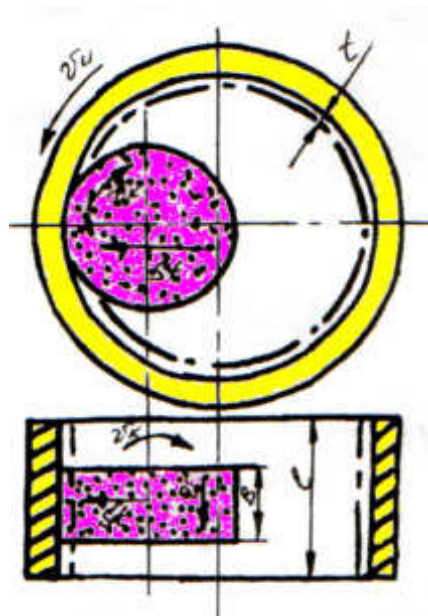


Рис.5.3 Внутреннее круглое шлифование

Круглое бесцентровое шлифование. Обрабатываемую деталь располагают на упоре между двумя кругами см. рис. 5.4

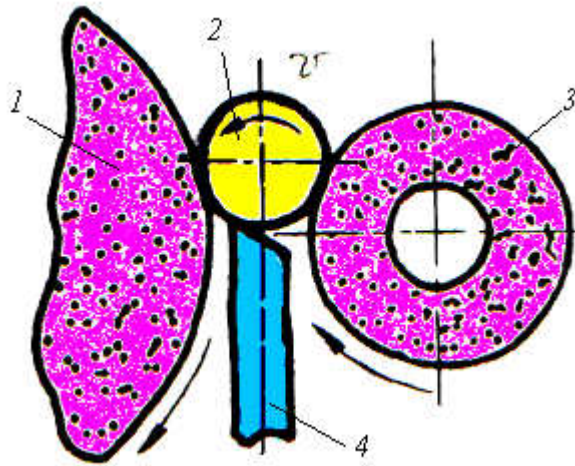


Рис. 5.4 Круглое бесцентровое шлифование:
 1 – шлифующий круг; 2 – деталь; 3 – ведущий круг; 4 - упор

Плоское шлифование. Детали сообщаются поступательное движение, а кругу - вращательное и, кроме этого, перемещение в поперечном направлении см. рис. 5.5.

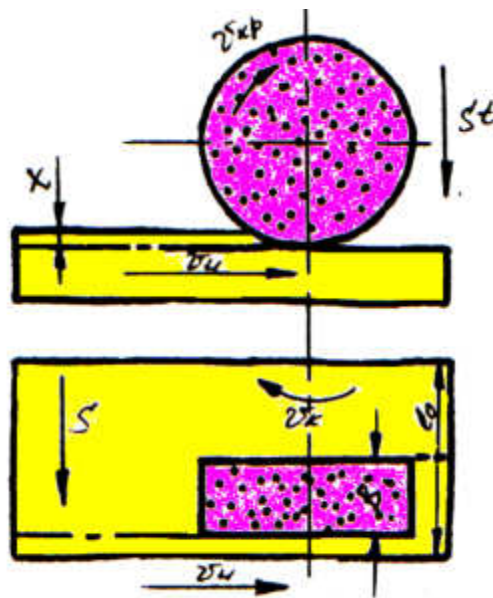


Рис. 5.5 Схема плоского шлифования

6 ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ

К ним относятся: электроискровая, электроимпульсная, анодно-механическая обработка лучом лазера, электронным лучом, плазменной струей и др. виды.

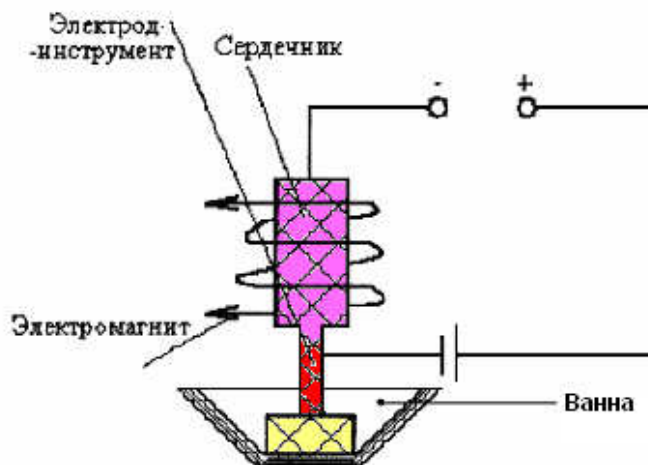


Рис. 6.1 Схема электроискровой обработки

6.1 ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА

авторы: супруги Лазаренко 1943 СТАНКИН г. Москва

Представляет собой разряд конденсатора через медный электрод и обрабатываемое изделие. Разрушение материала детали идет за счет электрической эрозии.

Применяется для прошивки отверстий любой формы и получения полостей штампов небольших размеров.

При подъеме электрода вверх происходит заряд конденсатора. При опускании - разряд через место контакта электрода и детали. Развитием этого вида обработки является электроимпульсная обработка, отличается на порядок большей производительностью, сменой полярности, и применением специального машинного генератора импульсов (электродом служит графитовая зеркальная модель).

6.2 АНОДНО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Используется явление электролиза, с механическим удалением разрыхленного металла спец. медным диском. Применяется для резки спец. сплавов. В зону обработки непрерывно подается электролит (растворы солей).

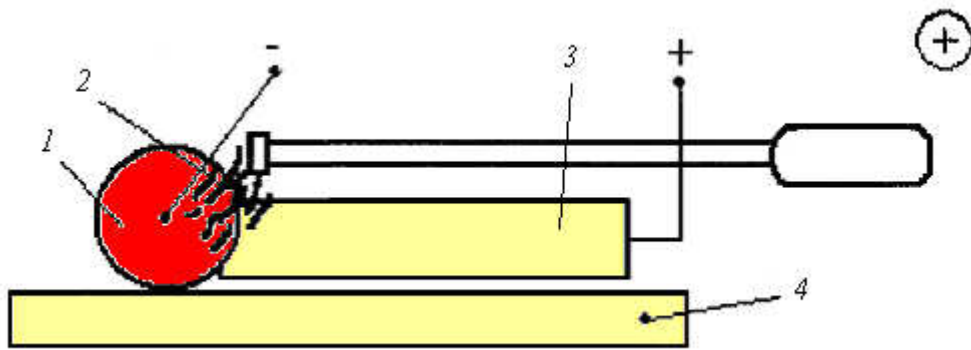


Рис. 6.2 Анодно-механическая обработка:
 1 – диск инструментный; 2 – электролит; 3 – деталь; 4 - стол

ОБРАБОТКА ПЛАЗМЕННОЙ СТРУЕЙ применяется для черновой очистки заготовок и литья из трудно обрабатываемых спец. сплавов.

ЭЛЕКТРОНО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА - в принципе аналогична электронно-лучевой, но используется как разделительная операция сварке, но используется для отдельной операции.

ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА - используется луч лазера для резки и проделывания отверстий в сверх твердых материалах (алмаз, рубин и др.)

7. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

7.1 ИНТЕГРАЦИЯ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕХОДЕ, ПРОХОДЕ, УСТАНОВКЕ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС представляет собой совокупность всех действий орудий производства и людей для изготовления продукции. Он включает технологические процессы, а так же все необходимые вспомогательные действия обеспечивающие выход готовой продукции включая транспортные, складские, ремонтные, инструментальные, учетные и все другие операции.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС - совокупность операций, характеризующихся общностью применяемых способов воздействия на исходный материал с целью получения изделия, детали, полупродукта и др. Например: технологический процесс термической обработки, горячей обработки давлением, литья, сварки, окраски и т.д.

Технологический процесс состоит из отдельных операций, которые осуществляются на отдельном оборудовании. Например: фрезерование, сверление, точение, электроискровая прошивка отверстий. Кроме основных технологических операций существуют вспомогательные - хранение, транспортировка, консервация, ремонт и тех. обслуживание.

Операции состоят из отдельных переходов, которые характеризуются постоянным режимом обработки инструмента. Например, операции точение, сверление, растачивание, отрезание и т.д.

Переход характеризуется постоянством размера. Переход может осуществляться в несколько проходов.

Установ - разновидность перехода осуществляется в одной позиции с одновременным обработыванием нескольких деталей.

В каждом индивидуальном случае применяют дифференцирование и интегрирование производства. Чем меньше объем выпуска, тем больше интеграция. Например: при ремонте агрегата в небольших мастерских на одном оборудовании, может выполняться несколько операций.

При массовом выпуске продукции достигается так дифференциация с разделением одной операции и выполнения ее на разных рабочих местах.

Конечная цель - так выпуск количества продукции при высоком качестве в единицу времени.

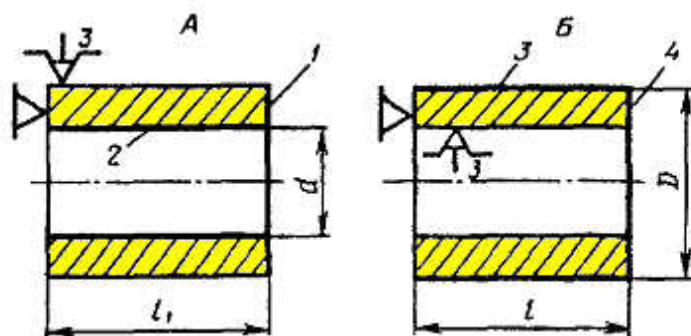


Рис. 7.1 Схема токарной обработки втулки на двух установках А и Б

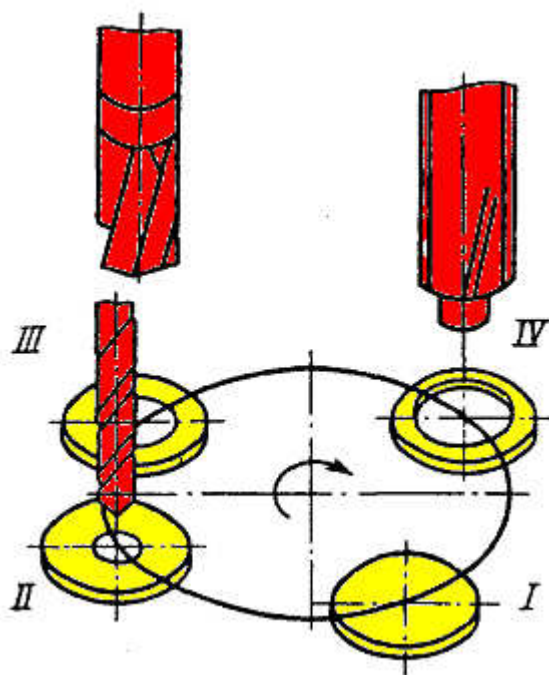


Рис. 7.2 Схема четырехпозиционной обработки на многошпиндельном вертикально-сверлильном станке

7.2 ПОНЯТИЕ О БАЗАХ И ИХ ВЫБОРЕ

При разработке технологических процессов обработки важно правильно выбрать базирование (установку) деталей на станках. От способа установки зависят точность и надежность (вероятность появления брака) обработки детали, вспомогательное время.

Базы — поверхности, линии, точки и их совокупности, служащие для ориентации детали (или заготовки) на станках, расположения деталей в узле или изделия, измерения детали. По назначению различают конструкторские, технологические и измерительные базы.

Конструкторские базы — поверхности (линии, точки), используемые для определения (ориентации) положения детали или сборочной единицы в изделии. Такие базы могут быть реальными (материальная поверхность) или геометрическими (осевые линии, точки).

Технологические базы — поверхности (а также линии и точки) детали, служащие для установки заготовки или изделия на станке и ориентирующие ее относительно режущего инструмента. Такими базами могут быть различные поверхности заготовок (наружные и внутренние цилиндрические поверхности, центровые гнезда, плоскости, поверхности зубьев колес). В качестве баз при первоначальной обработке используют необработанные поверхности (черновые базы), при последующей обработке — обработанные поверхности (чистовые базы).

Измерительная база — поверхность (линия или точка), от которой измеряют размер.

Выбор баз. При установке заготовки на станке с использованием приспособлений необходимо лишить ее всех степеней свободы. Из механики известно, что каждое твердое тело имеет шесть степеней свободы (три поступательных и три вращательных движения относительно трех взаимно перпендикулярных осей). Для того чтобы лишить заготовку всех степеней свободы, необходимо ее прижать к шести неподвижным точкам приспособления, так как каждая неподвижная одноточечная опора лишает тело одной степени свободы. Таким образом, при базировании детали в приспособлении необходимо иметь шесть одноточечных опор (*правило шести точек*). На рисунке 76 дана схема базирования призматической детали по шести точкам. Стрелками показано направление трех зажимов.

Если увеличить число неподвижных опор сверх шести, то окажется, что деталь или не будет опираться на все опоры, или при недостаточной жесткости детали она силой зажимов может оказаться прижатой ко всем опорам, но лишь за счет деформации ее формы. Поэтому излишнее число опор может привести к ошибкам закрепления. По лишаемым степеням свободы технологические базы делят на установочные, направляющие и опорные. Установочная база лишает заготовку трех степеней свободы (плоскость XOY), направляющая — двух (плоскость XOZ) и опорная — одной (YOZ).

При выборе черновых баз руководствуются следующими основными правилами:

базовые поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми; не следует брать за базы поверхности, на которых располагаются литники, выпоры, заусенцы и т. п.;

базовые поверхности должны стабильно располагаться относительно других поверхностей; не следует, например, брать за базу поверхность отверстия, получаемого отливкой, так как расположение отверстия может изменяться из-за смещения стержня в литейной форме;

за базы рекомендуется брать поверхности с минимальными припусками или вообще не подвергаемые обработке;

при переустановке заготовки черновые базы заменяются чистовыми.

Выбор чистовых баз выполняют с учетом следующих правил:

обрабатывать желательно при минимальном числе баз; особо точные поверхности следует обрабатывать при использовании постоянных баз (т. е. соблюдать принцип постоянства баз);

во избежание погрешности базирования в качестве базы надо брать поверхность, от которой дан размер до данной обрабатываемой поверхности, т. е. соблюсти принцип совмещения технологической и измерительной баз. Погрешность базирования возникает при работе на настроенных станках, т. е. в случае, если инструмент после обработки одной детали не меняет своего положения, что характерно для серийного и массового производств.

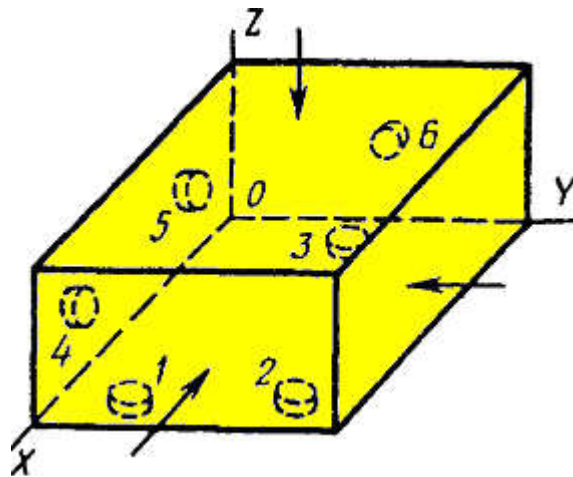


Рис. 7.3 Схема базирования призматической детали по шести точкам

На рисунке 7.4. показаны примеры базирования заготовки. Если допуск на размер b больше допуска на размер a ($\Delta b > \Delta a$), то базирование следует проводить только на плоскости ББ. В этом случае погрешность базирования равна нулю. При установке по плоскости АА погрешность базирования равна допуску на размер b (Δb). В этом случае невозможно без переустановки круга выдерживать размер a в пределах допуска.

Выбирая базисуемые поверхности, нужно предусмотреть, чтобы заготовки при зажиме не деформировались, а также учесть удобство и простоту обслуживания применяемых в процессе обработки приспособлений.

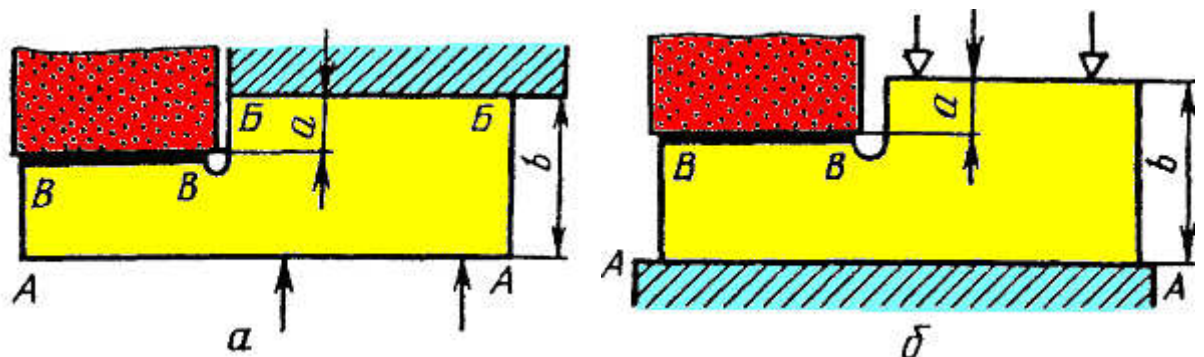


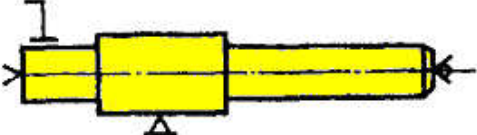
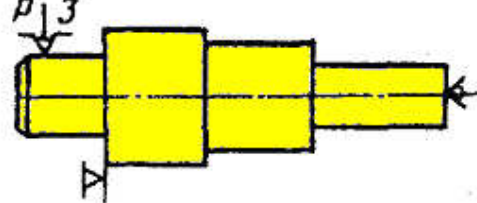
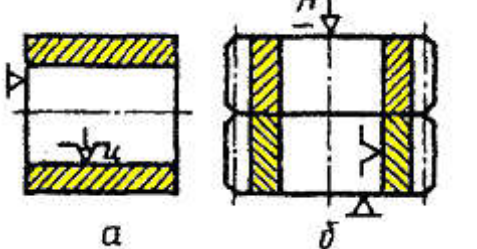
Рис. 7.4 Установка заготовки при плоском шлифовании поверхности ВВ по плоскостям ББ (а) и АА (б)

В качестве базисуемых поверхностей при точении и шлифовании тел вращения применяют два центровых гнезда; наружную или внутреннюю цилиндрическую поверхность и торец; наружную или внутреннюю цилиндрическую поверхность и центровое гнездо. При фрезеровании и сверлении с применением зажимных приспособлений в качестве базисуемых поверхностей используют две взаимно перпендикулярные плоскости и опорную точку в третьей взаимно перпендикулярной плоскости; плоскость и два отверстия для шпилек; три центровых гнезда; призмы для зажима цилиндрических деталей.

Опоры, зажимы и установочные устройства, фиксирующие по технологическим базам положение заготовки на станке, имеют условные обозначения. В таблице 1 приведены примеры выполнения схем установок

заготовок на станках с использованием условных обозначений. Жирными линиями показаны обработанные поверхности.

1. Примеры выполнения схем установок заготовок

Описание способа установки	Схема обозначения
С неподжным и вращающимся центрами, в поводковом патроне и в неподжном люнете	
В трехкулачковом патроне с пневматическим зажимом и вращающемся центре с упором в бурт	
На оправках: а—цанговой с упором в торец; б—цилиндрической с упором в торец и гидравлическим зажимом	

7.3 ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Необходимую для обеспечения правильной работы машины точность обработки разных поверхностей ее деталей указывает конструктор на рабочих чертежах. Заданную точность обработки должен обеспечить технолог при разработке технологических процессов обработки деталей. Поэтому технолог должен иметь ясное представление о причинах возникновения погрешностей при механической обработке.

Практически невозможно изготовить деталь абсолютно точно, так как при обработке всегда возникают погрешности. С другой стороны, практически и не требуется соблюдения абсолютной точности при изготовлении деталей. Обеспечить точность обработки — это, значит, обеспечить соблюдение геометрических параметров и физических свойств обработанных деталей в пределах заданных допусков. При механической обработке деталей возникают погрешности трех видов: размеров, формы и качества поверхностного слоя. Ниже перечислены основные причины неизбежных погрешностей первых двух видов при механической обработке деталей.

Неточности и деформации станка. Станки изготовляют с определенной степенью точности. Так, непрямолинейность направляющих станин токарных станков нормальной точности с высотой центров 150...300 мм допускают до 0,02

мм на длине 1000 мм: биение шейки шпинделя 0,01 мм и т. д. Погрешности станков по мере длительности их работы возрастают.

Под действием сил резания возникают деформации (отжимы) отдельных узлов станка. Так, в токарных станках при резании имеют место отжимы суппорта, задней и передней бабок. Нагрев станка в процессе работы ведет к появлению температурных деформаций его частей. Так, температурные деформации шпинделя вызывают появление погрешности деталей по длине. Для токарных станков нормальной точности с наибольшим диаметром обрабатываемой детали 250...400 мм суммарная погрешность обточенного валика на длине 200 мм не должна превышать по овальности 0,008 мм, по конусности 0,02 мм.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1.ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ.....	3
1.1 Процесс образование элементарной стружки (по И.А.Тиме).....	5
1.2 Тепловые явления при резании.....	6
1.3 Тепловой баланс при резании металлов.....	8
1.4 Наклеп на обработанной поверхности при резании.....	10
1.5 Износ инструментов при резании металлов.....	11
1.6 Понятие об экономической стойкости.....	12
1.7 Примерный период стойкости инструмента.....	13
1.8 Материалы для режущих инструментов.....	13
2.ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА.....	17
2.1 Параметры режима, их расчет и выбор.....	17
2.2 Расчет величины подачи при точении остроконечным резцом.....	19
2.3 Определение высоты неровностей для резца с радиусной вершиной.....	20
2.4 Усилия резания при точении.....	21
2.5 Мощность резания при точении.....	22
2.6 Определение технологического (машинного) времени при точении.....	23
2.7 Геометрия токарного резца.....	24
2.8 Плоскости при резании.....	25
2.9 Элементы резца.....	26
2.10 Углы резца в главной секущей плоскости.....	26
2.11 Углы резца в плане.....	28
2.12 Изменение углов резца в работе.....	28
3.ТОКАРНЫЕ РАБОТЫ.....	29
3.1 Точение цилиндрических, конических и фасонных поверхностей. Способы обработки конусов.....	29
3.2 Обработка фасонных поверхностей.....	32
3.3 Работа гидроконтрольного суппорта.....	34
3.4 Нарезание резьбы на токарно-винторезном станке.....	35
3.5 Другие виды токарных работ.....	37

4. СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ.....	40
4.1 Сверление.....	40
4.2 Зенкерование.....	41
4.3 Развертывание.....	42
4.4 Растачивание.....	43
4.5 Фрезерование.....	44
4.5.1 Элементы процесса резания при фрезеровании.....	49
4.5.2 Назначение режима резания при фрезеровании.....	51
4.6 Строгание, долбление, протягивание.....	51
4.7 Параметры резания.....	52
5. АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА.....	57
5.1 Шлифование.....	57
5.1.1 Расчет и выбор элементов режима резания при шлифовании.....	58
5.1.2 Машинное время при шлифовании.....	59
5.1.3 Виды шлифования.....	59
6. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ.....	62
6.1 Электроискровая обработка.....	62
6.2 Анодно-механическая обработка.....	62
7. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	63
7.1 Интеграция и дифференциация производства. Понятие о переходе, проходе, установке.....	63
7.2 Понятие о базах и их выборе.....	65
7.3 Точность механической обработки.....	68

**Петряков Сергей Николаевич
Шамуков Нязиф Иксанович**

ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
краткий курс лекций
для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по
направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транс-
портно-технологических машин и комплексов» - Димитровград:
Технологи- ческий институт – филиал УлГАУ, 2023.- 72 с.