

Московский Государственный Технический Университет
имени Н.Э.Баумана

Основы процесса резания и режущий инструмент.

(Курс лекций)

Лектор: инженер, к.т.н. доцент
Зеленцова Наталия Федоровна

Москва 1999 год

Оглавление:

Лекция № 1	1 сентября 1999 г.	5
Понятие о процессе формообразования		5
Основные показатели процессов формообразования		6
Лекция № 2	8 сентября 1999 г.	7
Резание Металлов		7
Краткие сведения об обрабатываемых и конструкционных материалах		8
Инструментальные материалы		8
Лекция № 3	15 сентября 1999 г.	10
Классификация инструментальных материалов		10
Характеристики наиболее распространенных инструментальных материалов		11
Параметры, характеризующие процесс резания		11
Основные понятия о резании		12
Лекция № 4	22 сентября 1999 г.	13
Поверхности на обрабатываемых заготовках		13
Режимы резания		13
Конструктивные элементы резца		15
Геометрические параметры режущей части резца		16
Лекция № 5	6 октября 1999 г.	17
Параметры срезаемого слоя		18
Назначение конструктивных параметров резцов		19
Зависимость угловых параметров резца от установки на станке		19
Кинематические углы резца		20
Лекция № 6	13 октября 1999 г.	20
Физические основы процесса резания		21
Образование различных типов стружки		21

Усадка стружки	22
Лекция № 7 14 октября 1999 г.....	24
Силы, работа, мощность при резании.	24
Тепловой баланс при резании.....	25
Износ режущего инструмента.	26
Лекция № 8 20 октября 1999 г.....	28
Нормы износа.....	28
Гипотеза протекания износа.....	28
Влияние режимных факторов на стойкость режущего инструмента.....	29
Виды токарной обработки.	30
Лекция № 9 21 октября 1999 г.....	31
Виды токарной обработки (продолжение).....	31
Лекция № 10 27 октября 1999 г.....	34
Сверление.....	34
Износ осевых инструментов.....	35
Зенкерование.....	35
Геометрические параметры режущей части зенкера.....	36
Фрезерование.	36
Лекция № 11 28 октября 1999 г.....	37
Виды фрез и обрабатываемых поверхностей.....	37
Геометрические параметры фрез.	39
Протягивание.	39
Режимы протягивания.	41
Износ протяжек.....	41
Схемы резания при протягивании.....	42
Лекция № 12 3 ноября 1999 г.....	43
Резьбонарезание.....	43
Принципиальные кинематические схемы при резьбонарезании.....	45
Нарезание резьбы метчиком.....	45
Нарезание резьбы плашкой.	48
Типы резьбовых резцов.	48

Лекции по основам процесса резания и режущему инструменту

Геометрические параметры режущей части резбового инструмента.	48
Лекция № 13 4 ноября 1999 г.	48
Процессы и инструмент абразивной обработки.	48
Основные схемы шлифования.	49
Структура шлифовальных кругов.	50
Зернистость абразивного материала.	50
Форма шлифовальных кругов.	51
Твердость абразивных инструментов.	51
Явление засаливания шлифовальных кругов.	52
Износ абразивных кругов.	52
Обозначения абразивных кругов.	52
Лекция № 14 10 ноября 1999 г.	53
Процессы и инструмент абразивной обработки (окончание).	53
Особенности процесса абразивной обработки.	54
Смазочно-охлаждающие технологические среды при обработке резанием.	54
Типовые марки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).	56
Эффекты воздействия СОЖ.	56
Лекция № 15 12 ноября 1999 г.	57

ЛЕКЦИЯ № 1

Понятие о процессе формообразования

Формообразование — это совокупность процессов, методов, способов и приемов получения из заготовки готовой детали с заданной формой, размерами и качеством поверхностного слоя.

Резание — это наиболее распространенный способ (вид) формообразования. Остальные виды служат в основном для получения заготовок или полуфабрикатов (литье, прокатка, сварка, ЭХО, ЭФО, штамповка и ряд других).

В основу классификации формообразования положен энергетический принцип.

Энергетический баланс формообразования (смотри рисунок 1-1):
 $E_o + E_\phi = E_u + E_{\phi u} + E_{\phi n} + E_c + E_{\phi c}$. Причем: $E_o = E_u + E_c$, $E_\phi = E_{\phi u} + E_{\phi c} + E_{\phi n}$.

E_ϕ - энергия формообразования. E_o - энергия заготовки.

$E_{\phi n}$ - энергия формообразования потерь.

$E_{\phi u}$ - энергия формообразования изделия.

$E_{\phi c}$ - энергия формообразования стружки.

E_u - энергия изделия. E_c - энергия стружки.

Коэффициент использования материала: $k_{им} = \frac{E_u}{E_o}$, $k_{им} \rightarrow 1$.

Коэффициент приращения энергии: $k_{\Delta u} = \frac{E_u}{E_u + E_{\phi u}}$.

Энергетический коэффициент использования формообразования:
 $k_{\phi u} = \frac{E_{\phi u}}{E_\phi}$, $k_{\phi u} \rightarrow 1$.

Оценка процессов формообразования происходит по этим трем показателям. Необходимое условие формообразования: энергия формообразования должна быть больше энергии связи электронов детали.

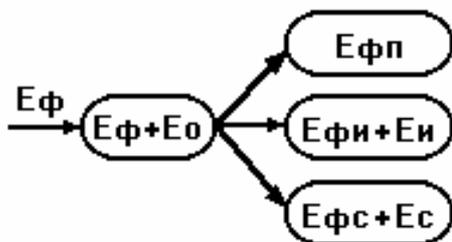


Рисунок 1-1

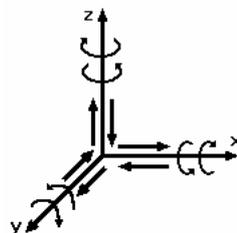


Рисунок 1-2

Основные показатели процессов формообразования.

1). Энергия, подводимая к заготовке:

- ◆ механическая;
- ◆ химическая;
- ◆ электрическая;
- ◆ магнитная или электромагнитная.

2). Энергия формообразования (энергия для придания окончательной формы изделию):

- ◆ При электроэрозионной обработке — электрическая энергия;
- ◆ При резании — механическая энергия.

3). Распределение энергии во времени:

- ◆ Непрерывно;
- ◆ В виде импульсов.

4). Распределение энергии в пространстве:

- ◆ Точечная;
- ◆ Линейная;
- ◆ Поверхностная;
- ◆ Объемная.

5). Основной процесс формообразования.

- ◆ Пластическое деформирование — резание, обработка давлением.
- ◆ Хрупкое разрушение — ультразвуковая обработка.
- ◆ Плавление — литье и электроэрозионная обработка.
- ◆ Химические процессы — ЭХО.
- ◆ Выращивание кристаллов;
- ◆ Взаимодействие твердых частиц и связующих — порошковая металлургия и абразивная технология.
- ◆ Различные виды взаимодействия в электрических и магнитных полях — нанесение покрытий и т.п.

6). Метод формообразования.

- ◆ Путем удаления припуска — резание, ЭХО, ЭФО, ЭМО (электромеханическая обработка).

- ◆ Перераспределение объема материала заготовки при переходе из твердого состояния в жидкое — литье.
- ◆ Взаимодействие по коду или генетическому признаку.

7). Среда формообразования (в которой происходит процесс).

- ◆ Вакуум;
- ◆ Воздух;
- ◆ Инертный газ;
- ◆ Эмульсии;
- ◆ Жидкость;
- ◆ Диэлектрик;
- ◆ Суспензии;
- ◆ Твердое тело и другие.

8). Давление среды:

- ◆ Нормальное;
- ◆ Повышенное;
- ◆ Высокое.

9). Кинематика процесса формообразования. Один и тот же процесс формообразования может быть организован при разных формах обработки (смотри рисунок 1-2). Схематизировано Грановским.

ЛЕКЦИЯ № 2

10). Состояние удаленного припуска:

- ◆ Стружка различной формы и размера.
- ◆ Раствор — ЭХО.
- ◆ Расплав или капли жидкости при электроэрозионной обработке.
- ◆ Пар при лучевой или лазерной обработке.

Резание Металлов.

Резание — как технологический способ обработки заключается в том, что с обрабатываемой заготовки срезается слой металла специально оставленный для обработки. Этот слой называется **припуском**. В ряде случаев припуск может быть достаточно большим, и он может сниматься (срезаться) за несколько проходов. В результате чего заготовка превращается в деталь.

Металл, срезаемый с заготовки, пластически деформируется, а затем отделяется от заготовки. Он приобретает определенную форму и размеры, и в таком виде его принято называть **стружкой**.

Пластическое деформирование и разрушение металлов в процессе резания протекают в особых условиях. Именно это и определяет специфику и закономерности, определяемые физикой этого процесса, которые могут быть отражены зависимостями (частными, в основном), отражающими процесс обработки резанием.

Краткие сведения об обрабатываемых и конструкционных материалах.

Обрабатываемость материала резанием — это его способность подвергаться обработке резанием (как правило, на металлорежущих станках). Если в процессе обработки металл удаляется в виде стружки, то инструмент выполняющий эту операцию называется **режущим**.

Обрабатываемость материала резанием — совокупность свойств определяемая:

- ◆ Химическим составом материала;
- ◆ Структурным состоянием;
- ◆ Механическими свойствами (упругость, пластичность);
- ◆ Склонностью к образованию стружки;
- ◆ Способностью сопротивляться резанию (косвенный признак);
- ◆ Энергетическими затратами на резание;
- ◆ Тепловыми процессами;
- ◆ Теплопроводностью материала;
- ◆ Истираемостью материала.

В настоящее время существует более 300 марок сталей (сплавов, как черных, так и цветных). Их по обрабатываемости подразделяют:

- ◆ **Легкие сплавы**, как наиболее легко обрабатываемые резанием. Это сплавы на основе алюминия (различные латуни и бронзы);
- ◆ **Средне обрабатываемые** стали и сплавы. К ним относятся, углеродистые стали типа: Сталь 20 ...Сталь 50, чугуны, легированные стали 40X, 20X, 20XH и другие;
- ◆ **Трудно обрабатываемые**. Это аустенитные стали, стали легированные хромом (13-20%), специальные сплавы с никелем (Ni) (30-70%), сплавы с ниобием.

Инструментальные материалы.

При резании на контактных поверхностях режущего инструмента возникают давления (тысячи атмосфер) и одновременно выделяется много тепла (температура резания сотни, а иногда и тысячи градусов). Также в процессе обработки происходит

скольжение и трение обрабатываемого материала по контактными поверхностям режущего инструмента. Поэтому материал режущего инструмента должен обладать свойствами, создающими ему работоспособность. Качество инструментального материала оценивается физико-механическими свойствами, зависящими от структурного состояния или химического состава.

Твердость режущего инструмента (РИ) колеблется в пределах от 62...64 единицы и измеряется, в основном, по шкале HRC, твердомером. При твердости HRC<62 существенно возрастает изнашиваемость лезвий режущего инструмента, а при HRC>64 лезвия выкрашиваются из-за излишней хрупкости. Твердые сплавы и минералокерамика имеют твердость близкую к твердости алмаза. Металлорежущим инструментом (МРИ) из инструментальной стали с твердостью 62...64 HRC обрабатывают, в основном, все конструкционные материалы с твердостью до 30...35 HRC. Наиболее распространенная твердость конструкционных материалов — 12...20 HRC.

Конструкционные материалы с твердостью выше 35...40 HRC обрабатывают твердыми сплавами, минералокерамикой или эльбором (кубический нитрид бора), а в особых случаях алмазами (синтетическими или натуральными).

Прочность. Силы резания, возникающие при работе режущего инструмента, вызывают в материале лезвия и корпуса напряжения сжатия, изгиба, а иногда и кручения. Для того чтобы не произошло разрушение, инструмент должен быть достаточно прочным. Наибольшей прочностью обладают термообработанные, быстрорежущие стали, менее прочные — низколегированные и углеродистые стали.

Твердые сплавы, минералокерамика, эльбор и алмаз имеют высокие прочностные показатели при сжатии, но при растяжении они в 4-5 раз меньше. Поэтому при проектировании режущего инструмента необходимо, чтобы лезвие имело напряжения сжатия, а не изгибов.

Теплостойкость. В процессе резания непрерывно выделяется тепловая энергия эквивалентная механической работе затраченной на резание. В инструментальных материалах, из которых изготовлено лезвие и прилегающие к лезвию части корпуса инструмента, создается тепловое поле с максимальной температурой на контактных поверхностях инструмента. Под **теплостойкостью** понимают способность инструментального материала сохранять при нагреве свою структуру и свойства, необходимые для резания.

Теплостойкость характеризуется температурой, при которой материал сохраняет определенную установленную ранее твердость (температура красно стойкости). Для разных марок инструментальных материалов, в зависимости от структурного и фазового состава, эта температура колеблется от 200...1000 °С.

Теплопроводность — это способность отводить тепло. Присутствие кобальта (Co) в быстрорежущих сталях и твердых сплавах существенно увеличивает теплопроводность. Для быстрорежущих сталей (БРС) таким же свойством обладает молибден (Mo). А ванадий (V) и вольфрам (W) снижают теплопроводность.

Износостойкость — способность инструментального материала сопротивляться разрушению истиранием. Причиной потери режущих свойств у всех инструментов является износ, то есть диспергирование и унос части инструментального материала составляющего лезвие инструмента, и, следовательно, нарушение исходной формы и геометрических параметров режущего инструмента.

Износ — сложный недостаточно изученный процесс, зависящий от множества факторов. Важнейшие из них: нормальное давление; скорость взаимного скольжения инструментального материала (ИМ) и обрабатываемого материала (ОМ); температура в зоне резания.

Износостойкость количественно выражается работой силы трения затраченной на превращение единицы массы инструментального материала в продукт износа

$$R = \frac{A}{\Delta M} \left[\frac{H \cdot m}{mg} \right], \text{ где:}$$

- ◆ A — работа силы трения;
- ◆ $\Delta M = cL^m$ — масса диспергированного материала;
- ◆ L — путь скольжения;
- ◆ c, m — коэффициенты, зависящие от свойств материала.

ЛЕКЦИЯ № 3

Классификация инструментальных материалов.

1. Углеродистые стали. ГОСТ 1425-74, марки: У10А, У12А, $\theta_c = 220^\circ\text{C}$.
2. Легированные инструментальные стали. ГОСТ 12265-72, марки: ХВГ, ХВ5, 9ХС, $\theta_c = 250^\circ\text{C}$.
3. Быстрорежущие стали (с содержанием вольфрама (W) — обозначается Р). ГОСТ 19265-73, $\theta_c = 550 - 580^\circ\text{C}$. Марки:
 - ◆ С максимальным количеством вольфрама: Р18, Р18Ф2, Р14Ф4 и другие.
 - ◆ Со средним количеством вольфрама: Р9Ф5, Р9К5, Р9К5Ф5 и другие.
 - ◆ С низким содержанием вольфрама: Р6М5.
4. Твердые сплавы. $\theta_c \approx 900^\circ\text{C}$.
 - ◆ Однокарбидные: ВК8, ВК6 и другие.
 - ◆ Двухкарбидные: Т15К6 (в нем: карбида титана (Ti) — 15%, Кобальта (Co) — 6%, а остальное — карбид вольфрама (W)) и другие.
 - ◆ Трехкарбидные: ТТК и другие.
5. Минералокерамика. Марка: ЦМ332, $\theta_c \approx 125^\circ\text{C}$.
6. Алмазы (натуральные и синтетические). $\theta_c = 850 - 1000^\circ\text{C}$.
7. Эльбор (кубанит, буразол, кубический нитрид бора). $\theta_c = 1200^\circ\text{C}$.

Характеристики наиболее распространенных инструментальных материалов.

На рисунке 3-1 показана зависимость износостойкости быстрорежущей стали от твердости.

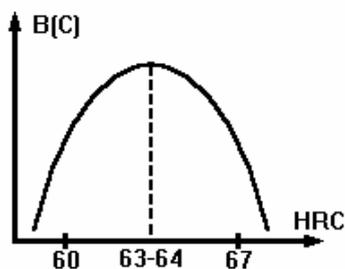


Рисунок 3-1

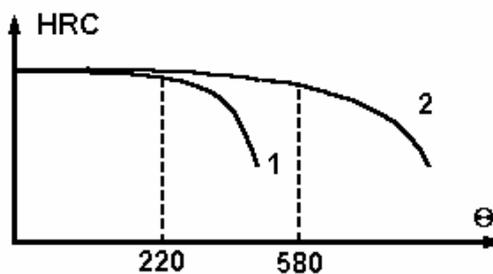


Рисунок 3-2

На рисунке 3-2 изображена зависимость твердости быстрорежущей (2) и инструментальной (1) сталей от температуры в зоне резания.

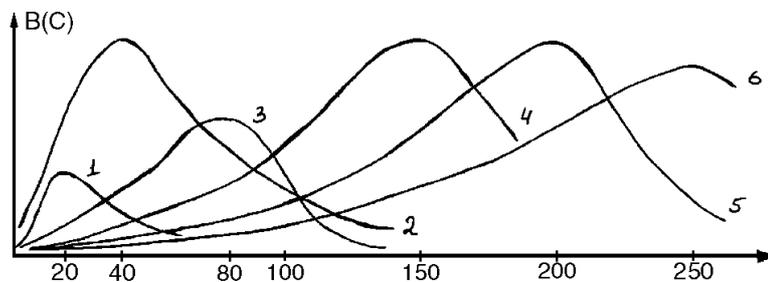


Рисунок 3-3

На рисунке 3-3 показаны зависимости износостойкости некоторых инструментальных сталей от скорости резания. На рисунке учитываются:

1. У10А — углеродистая сталь;
2. Р6М5 — быстрорежущая сталь с низким содержанием вольфрама;
3. Т5К10 — двухкарбидный твердый сплав;
4. Т15К6 — двухкарбидный твердый сплав;
5. Т30К4 — двухкарбидный твердый сплав;
6. Т60К6 — двухкарбидный твердый сплав.

Параметры, характеризующие процесс резания.

1). **Производительность** — отношение количества произведенных деталей к единице времени. Обозначение $Q = \left[\frac{\text{штук}}{\text{ед.врем.}} \right]$.

2). **Энергоемкость** — отношение работы затраченной на производство к единице веса продукции. Обозначение $\mathcal{E} = \left[\frac{\text{работа}}{\text{ед.веса.прод.}} \right]$. Некоторые значения энергоемкости для распространенных видов обработки:

- ◆ При резании $\mathcal{E}=1$;
- ◆ При литье $\mathcal{E}=5$;
- ◆ При штамповке $\mathcal{E}=8\dots 10$;
- ◆ При ЭФО, ЭХО $\mathcal{E}=100$.

3). **Точность обработки** — характеризуется качеством, достигаемым при обработке. При резании достигается наиболее высокая точность обработки. Так, например:

- ◆ При лезвийной обработке до 6 качества;
- ◆ При абразивной обработке до 4 качества;
- ◆ При тонком алмазном точении до 0,3 мкм.

4). **Шероховатость** обработанной поверхности. Измеряется в единицах R_a, R_z .

- ◆ При лезвийной обработке $R_a = 1$;
- ◆ При абразивной обработке $R_a \rightarrow 0$;
- ◆ При тонком алмазном точении до 0,04 мкм.

5). **Глубина поврежденного слоя** — слоя, в котором в результате обработки резанием изменилась структура. Например, возникли повышенные напряжения, которые отрицательно сказываются на эксплуатационных характеристиках обработанной детали (время жизни уменьшилось в 3...5 раз). При грубой обработке глубина поврежденного слоя может быть 0.01...0.1 мкм, а при тонкой абразивной — его можно свести к нулю.

Основные понятия о резании.

Пусть с заготовки нужно удалить припуск толщиной a , для чего нужно устранить физические связи по плоскости 1-2-3-4 (смотри рисунок 3-4). Если для формообразования детали используется метод резания, то в качестве режущего инструмента применяется **резец**. Резец: перемещаясь равномерно в направлении D_r со скоростью V , срезает припуск в виде стружки размером $B \cdot L \cdot a$ и при этом совершается работа равная произведению $A = P_z \cdot L$, где L — путь резания; P_z — сила резания.

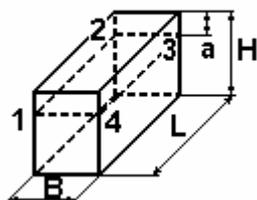


Рисунок 3-4

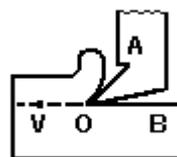


Рисунок 3-5

Эта работа может быть совершена только в том случае, если со стороны резца и заготовки будет приложена необходимая сила резания P_z . Этой же величине работы будет равно количество энергии затраченное на снятие данного припуска. В случае если величина припуска будет очень большой, то его разделяют на несколько проходов режущего инструмента.

Основа любого режущего инструмента — режущий клин АОВ с углом заострения β (смотри рисунок 3-5). Клин имеет переднюю поверхность ОА, контактирующую непосредственно со стружкой, и заднюю поверхность, обращенную к заготовке. Пересечение передней и задней поверхностей режущего инструмента образует главную режущую кромку.

ЛЕКЦИЯ № 4

Поверхности на обрабатываемых заготовках.

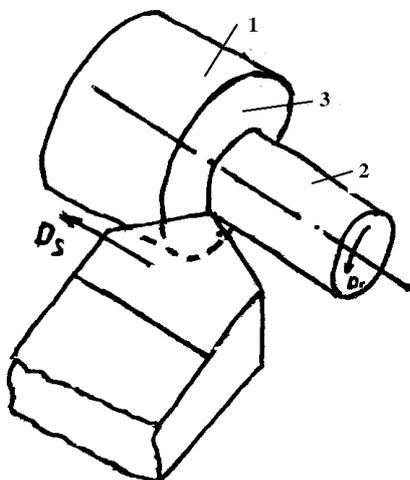


Рисунок 4-1

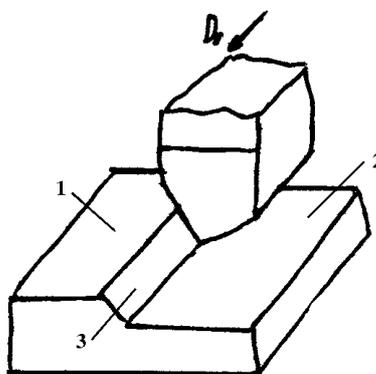


Рисунок 4-2

На заготовке выделяют следующие поверхности:

- ◆ 1 — обрабатываемая поверхность (смотри рисунок 4-1 и рисунок 4-2);
- ◆ 2 — обработанная поверхность;
- ◆ 3 — поверхность резания (существует временно, во время резания, между поверхностями 1 и 2).

Режимы резания.

Режимы резания — совокупность понятий, глубины резания, скорости резания и подачи. Как правило, им соответствуют значения стойкости режущего инструмента, которые непосредственно связаны с параметрами режима резания.

Глубина резания — глубина внедрения режущего лезвия в материал заготовки t [мм]. В большинстве случаев, она определяется как кратчайшее расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями.

Различают **главное движение резания** D_r , которое производится с наибольшей скоростью, и **вспомогательное движение подачи** D_s , которое необходимо для распространения движения резания по всей обрабатываемой поверхности (смотри рисунок 4-3, рисунок 4-4).

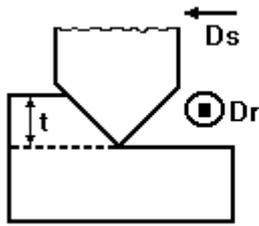


Рисунок 4-3

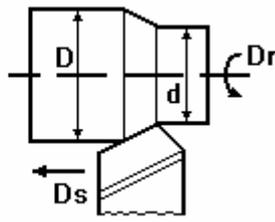


Рисунок 4-4

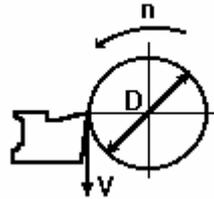


Рисунок 4-5

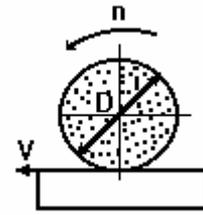


Рисунок 4-6

Скоростью резания называют главное движение резания, так как оно определяет направление и скорость деформации в обрабатываемом материале.

Скорость резания может сообщаться как заготовке, так и режущему инструменту. Измеряется:

- ♦ $V \left[\frac{м}{мин} \right]$ при лезвийной обработке;
- ♦ $V \left[\frac{м}{сек} \right]$ при абразивной обработке.

Если главное движение резания — вращательное, то скорость резания равна линейной скорости относительного движения заготовки и режущего инструмента $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \left[\frac{м}{мин} \right]$ (смотри рисунок 4-5).

При абразивной обработке — $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} \left[\frac{м}{сек} \right]$, где D — диаметр; n — число оборотов (смотри рисунок 4-6).

Подача (t) — расстояние, пройденное режущей кромкой инструмента в направлении вспомогательного движения D_s за время цикла главного движения резания. Иногда используется понятие скорости подачи. Подача, как и скорость резания, может сообщаться как заготовке, так и режущему инструменту.

Различают:

- ♦ подачу на оборот $S_o \left[\frac{мм}{об} \right]$;
- ♦ минутную подачу $S_M \left[\frac{мм}{мин} \right]$;
- ♦ подачу на зуб $S_Z \left[\frac{мм}{зуб} \right]$ — для протяжек и других многозубых агрегатов;

- ♦ подачу на двойной ход $S \left[\frac{\text{мм}}{\text{дв.ход}} \right]$ и другие виды.

Стойкость — время жизненного цикла инструмента. Измеряется в минутах, и сильно зависит от подачи S , скорости резания V и глубины резания t .

Конструктивные элементы резца.

Каждый режущий инструмент имеет переднюю и одну или несколько задних поверхностей. **Передняя поверхность** обращена по ходу относительного рабочего движения в сторону срезаемого слоя на обрабатываемой заготовке. По ней всегда сходит стружка. **Задняя поверхность** обращена в сторону поверхности резания (обработанной поверхности).

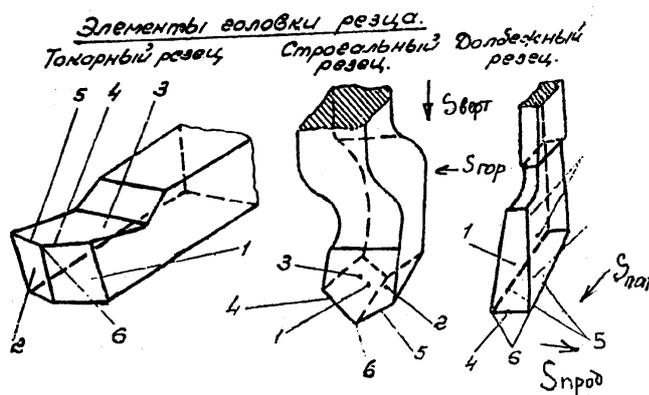


Рисунок 4-7

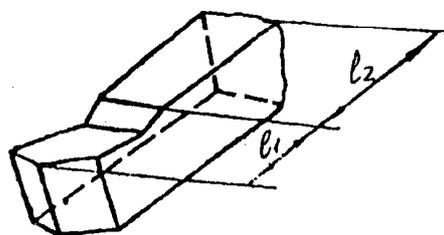


Рисунок 4-8

Обозначения на рисунке 4-7:

- ♦ 1 — главная задняя поверхность.
- ♦ 2 — вспомогательная задняя поверхность.
- ♦ 3 — передняя поверхность.
- ♦ 4 — главное режущее лезвие.
- ♦ 5 — вспомогательное режущее лезвие.
- ♦ 6 — вершина резца.

Передняя и задняя поверхности ограничивают материальное тело каждого элемента рабочей части режущего инструмента (смотри рисунок 4-9). Положение передней и задней поверхностей режущих кромок координировано относительно корпуса режущего инструмента системой угловых размеров называемых геометрическими параметрами режущего инструмента.

Плоскость, на которой лежит резец, называется **основной плоскостью** P_0 . Через L_1 обозначим рабочую или режущую часть инструмента, а через L_2 — державку или присоединительную часть (смотри рисунок 4-8).

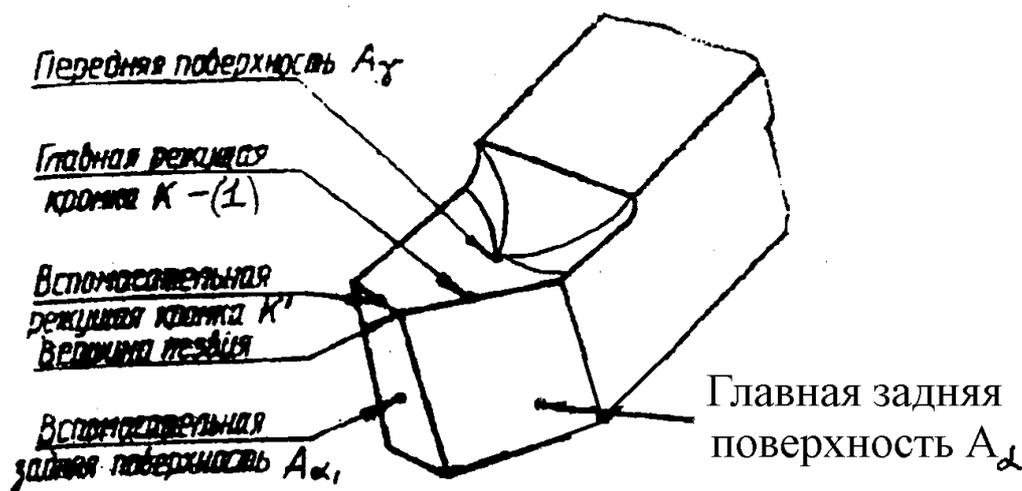


Рисунок 4-9

Главная режущая кромка любого режущего инструмента — линия пересечения передней и задней поверхностей инструмента.

A_γ — главная передняя поверхность;

A_α — главная задняя поверхность.

$A_{\alpha 1}$ — вспомогательная задняя поверхность.

1 — главная режущая кромка, она выполняет основную работу по снятию припусков; 2 — вспомогательная режущая кромка; 3 — вершина резца. L - длина резца; H - высота резца; B — ширина державки резца; $H \times B$ — сечение державки резца.

Геометрические параметры режущей части резца.

Будем рассматривать их в статической инструментальной системе координат (смотри рисунок 4-10). Ось X направим по статической подаче резца, ось Y — по оси державки резца, ось Z — перпендикулярно основной плоскости резца. Плоскость XU параллельна P_0 , начало системы координат совпадает с вершиной резца.

Главная секущая плоскость (A-A) проходит в проекции главной режущей кромки на основную плоскость P_0 , перпендикулярно этой плоскости.

Вспомогательная секущая плоскость (B-B) проходит перпендикулярно проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость P_0 , перпендикулярно этой плоскости.

Главный угол в плане (угол ϕ) — определяется в основной плоскости P_0 между направлением подачи D_S и проекцией главной режущей кромки на основную плоскость.

Вспомогательный угол в плане (угол ϕ_1) — определяется в основной плоскости P_0 между направлением, обратным направлению подачи D_S , и проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Главный передний угол (угол γ) — определяется в главной секущей плоскости, между линией пересечения ее с передней поверхностью режущего инструмента и плоскостью, параллельной основной.

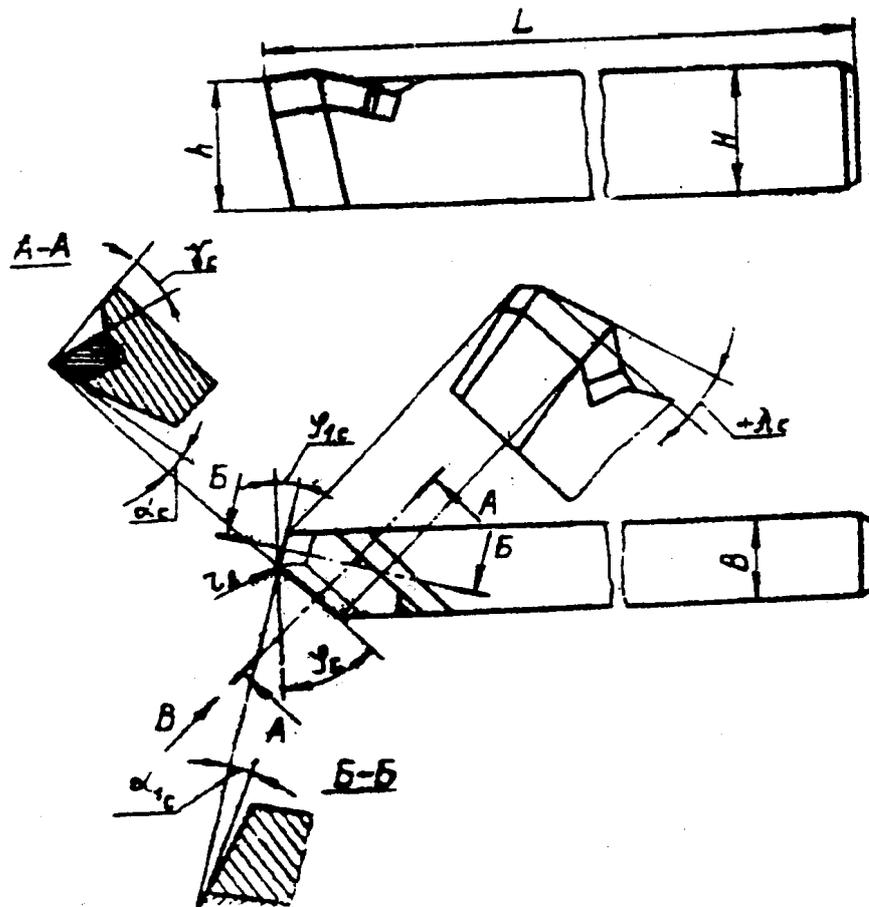


Рисунок 4-10

Главный задний угол (угол α) — определяется в главной секущей плоскости, между линией пересечения ее с задней поверхностью режущего инструмента и плоскостью резания - плоскостью в которой лежит вектор скорости резания.

Вспомогательный задний угол (угол α_1) — определяется во вспомогательной секущей плоскости, между линией ее пересечения со вспомогательной задней поверхностью режущего инструмента и плоскостью проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

Угол наклона главной режущей кромки (угол λ) — определяется в плоскости резания, между главной режущей кромкой и плоскостью параллельной основной плоскости P_0 . Если вершина резца является самой низкой точкой режущей кромки, то λ имеет положительное значение. Если вершина резца является самой высокой точкой режущей кромки, то λ имеет отрицательное значение, и $\lambda=0$ когда главная режущая кромка параллельна основной плоскости.

ЛЕКЦИЯ № 5

Если поверхности резца криволинейные, то углы измеряются между соответствующими касательными к рассматриваемым поверхностям в точке режущего лезвия.



Рисунок 5-1

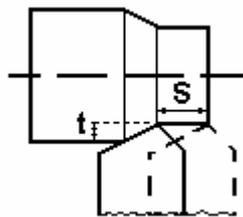
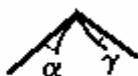


Рисунок 5-2

На режущем лезвии всегда предусматривают радиус скругления режущей кромки ρ для снижения механических и силовых нагрузок на вершине реза.

Параметры срезаемого слоя.

Площадь срезаемого слоя $F = a \cdot b = t \cdot s$ (смотри рисунок 5-2 и рисунок 5-4). Величина a — толщина срезаемого слоя, кратчайшее расстояние между двумя последними положениями режущей кромки, b — ширина, то есть длина стороны сечения срезаемого слоя образованного главной режущей кромкой инструмента.

Реально сечение срезаемого слоя меньше номинального на величину остаточного треугольника, имеющего высоту h (смотри рисунок 5-3 и рисунок 5-4). Чем больше h , тем выше шероховатость обработанной поверхности. Чем меньше углы φ и φ_1 , тем меньше подача, тем меньше высота остаточного треугольника, тем ниже шероховатость обработанной поверхности.

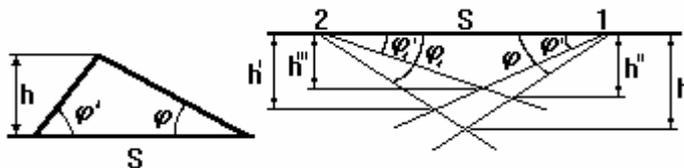


Рисунок 5-3

На рисунке 5-5 показано влияние радиуса скругления реза на шероховатость обработанной поверхности.

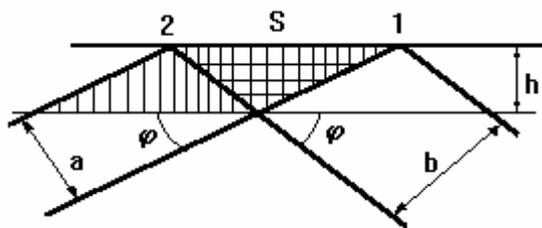


Рисунок 5-4

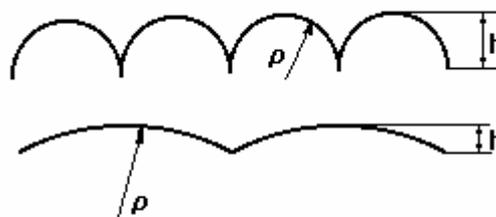


Рисунок 5-5

На высоту остаточного сечения существенное влияние оказывает и радиус скругления режущей кромки.

$$a = S \cdot \sin \varphi, \quad b = \frac{t}{\sin \varphi}, \quad \text{при } a < b, \quad S \leq \frac{t}{\sin^2 \varphi}, \quad k = S \cdot \frac{\tan \varphi \cdot \tan \varphi_1}{\tan \varphi + \tan \varphi_1}, \quad \text{где } a \text{ —}$$

толщина срезаемого слоя, b — ширина срезаемого слоя.

Назначение конструктивных параметров резцов.

Углы α и γ определяют основные физические процессы, происходящие в зоне резания. Передний угол γ оказывает решающее влияние на степень деформации срезаемого припуска. Задний угол α влияет на процесс трения в зоне обработки, а их совместное значение определяет величину угла заострения β , который определяет прочность режущего клина.

Углы φ и φ_1 определяют параметры срезаемого слоя. Угол φ влияет на распределение нагрузки на главном режущем лезвии. А угол φ_1 влияет на трение об обрабатываемую поверхность.

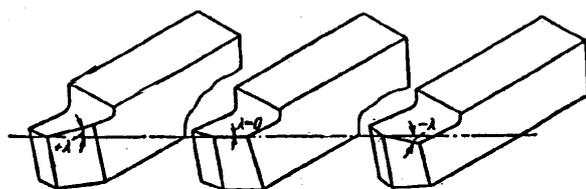


Рисунок 5-6

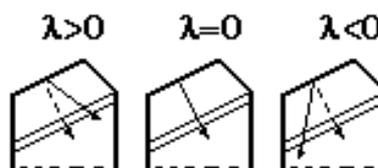


Рисунок 5-7

Угол λ оказывает влияние на направление сбега стружки. При $\lambda > 0$ стружка сходит в противоположном направлении подачи. При $\lambda < 0$ стружка сходит в направлении движения подачи. А при $\lambda = 0$ стружка сходит в перпендикулярном направлении подачи (смотри рисунок 5-6 и рисунок 5-7).

Зависимость угловых параметров резца от установки на станке.

Все угловые параметры резца указанные на чертеже сохраняют своё значение в тех случаях, когда:

- ◆ Вершина резца установлена на высоте оси вращения заготовки;
- ◆ Когда геометрическая ось резца перпендикулярна оси вращения заготовки;
- ◆ Вектор скорости подачи направлен вдоль оси вращения заготовки.

Любые, случайные или преднамеренные, отклонения в установке режущего инструмента приводят к изменению реальных угловых параметров, это равнозначно замене данного резца на резец с иной геометрией режущей части.

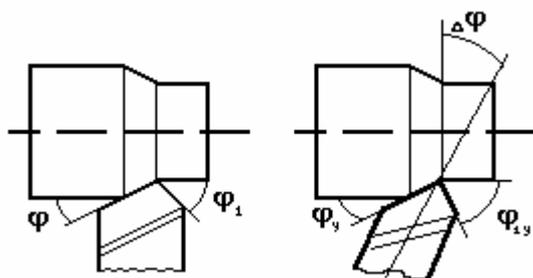


Рисунок 5-8

При повороте резца по часовой стрелке на угол $\Delta\varphi$ (смотри рисунок 5-8), угол φ уменьшится, а угол φ_1 увеличится на величину угла поворота.

$\varphi_y = \varphi - \Delta\varphi$, $\varphi_{1y} = \varphi_1 + \Delta\varphi$, Тогда $a = S \cdot \sin \varphi_y$ и $b = \frac{t}{\sin \varphi_y}$ Срезаемый слой сильно

будет меняться. Длина активной режущей кромки увеличиться. При повороте против часовой стрелки — все наоборот.

$$\tau = \arcsin \frac{h}{r}; \quad \gamma_{\text{уст}} = \gamma + \tau = \gamma + \arcsin \frac{h}{r}.$$

Смещение реза выше (ниже) оси заготовки может привести к тому, что α может принять нулевые или отрицательные значения, что приведет к сильному трению по задней поверхности и прекращению процесса резания.

Кинематические углы реза.

Кинематика резания рассматривает движения, которые действуют в процессе резания во время рабочего цикла, с момента, когда лезвие вступает в контакт с металлом заготовки, и до момента, когда контакт лезвия с заготовкой прекращается.

Определение системы кинематических параметров режущей части инструмента вводится (формулируется) на основе следующих понятий:

- ◆ Вводится вектор скорости подачи V_S
- ◆ Вводится вектор скорости резания V_T
- ◆ В плоскости перпендикулярной указанным векторам будет рассматриваться в координатах XYZ заготовка и лезвие реза.

Например: кинематический передний угол γ_k измеряется между плоскостью перпендикулярной скорости резания и передней поверхностью инструмента в направлении схода стружки. Кинематический задний угол будет определяться между плоскостью, в которой лежит вектор скорости резания и задней поверхностью инструмента.

ЛЕКЦИЯ № 6

В начальный момент времени при больших радиусах угол $\gamma_{\text{кин}}$ составляет небольшую часть угла α , но по мере приближения вершины реза к оси заготовки в некоторый момент времени может возникнуть равенство $\eta = \alpha$ и при этом $\alpha_{\text{кин}} = 0$ (смотри рисунок 6-1). При дальнейшем приближении дальнейшее резание становится невозможным и это приводит к смятию заготовки задней поверхностью реза. Кинематические углы инструмента определяются также как и статические (по тем же закономерностям).

В общем случае искажение заточенных углов реза от погрешности его установки и кинематических факторов складываются, и реальные углы при резании сложным образом зависят от этих параметров.

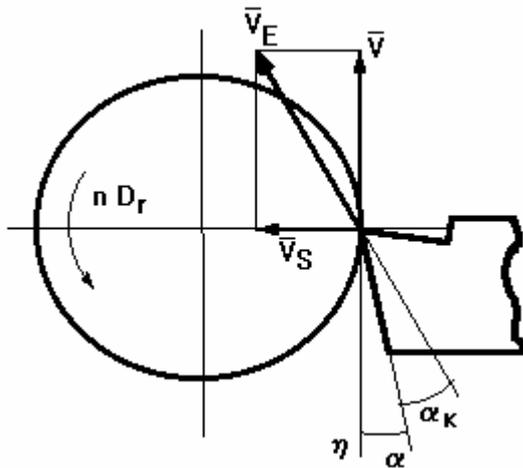


Рисунок 6-1

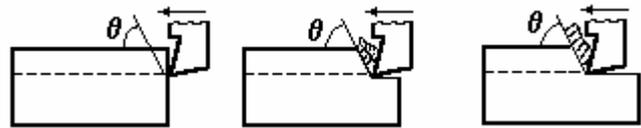


Рисунок 6-2

$$\bar{V}_z = \bar{V} + \bar{V}_S; \quad \eta = \arctan \frac{S_o}{2\pi \cdot r} = \arctan \frac{S_o}{V} = \arctan \frac{V_o}{V}.$$

Обязательным условием при этом является проверка соотношения, чтобы угол $\alpha > 0$ ($\alpha = 0$ — резание невозможно). Желательно, чтобы $\alpha > 0$ особенно при малых диаметрах и больших глубинах.

Физические основы процесса резания.

Рассмотрим подробно процесс стружкообразования. По мере внедрения инструмента в обрабатываемый материал возрастают напряжения, материал деформируется, причем впереди резца всегда распространяется фронт деформаций под углом скалывания $\theta = 20 \dots 35^\circ$ (смотри рисунок 6-2).

Тонкими и точными исследованиями можно установить границы пластической деформации. Угол θ практически не зависит от геометрии (параметров) режущего инструмента и зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Механизм образования стружки зависит от различных факторов, главный из которых скорость резания.

Образование различных типов стружки.

В 1870 году профессором Санкт-Петербургского Университета И.А.Тимом была разработана классификация типов стружки, которая образовывалась при обработке различных материалов. Эта классификация оказалась на столько удачной, что практически не претерпела изменений до настоящего времени.

Сливная стружка. Образуется при резании пластичных материалов (например, стали) при малой толщине среза, больших скоростях резания и при больших передних углах (смотри рисунок 6-3). Она представляет для производства ряд неудобств (в основном для транспортировки). Поэтому в ряде случаев в конструкции режущего инструмента специально предусматривают устройства для разделения стружки (стружкоделительные канавки и т.п.).

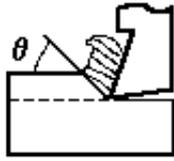


Рисунок 6-3

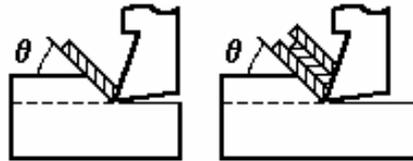


Рисунок 6-4

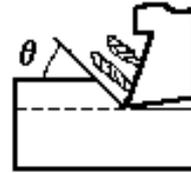


Рисунок 6-5

Стружка скалывания. Образуется при обработке сталей пониженной пластичности, при большой толщине срезаемого слоя, при небольших передних углах и при низких скоростях резания (смотри рисунок 6-4).

Стружка надлома (смотри рисунок 6-5) состоит из отдельных кусков не связанных друг с другом, и образуется при обработке хрупких материалов (чугуны и другие).

На рисунке 6-6 изображены зависимости силы резания от времени для разных видов образующейся стружки:

- ◆ Стружки скалывания — 1;
- ◆ Сливной стружки — 2;
- ◆ Стружки надлома — 3.

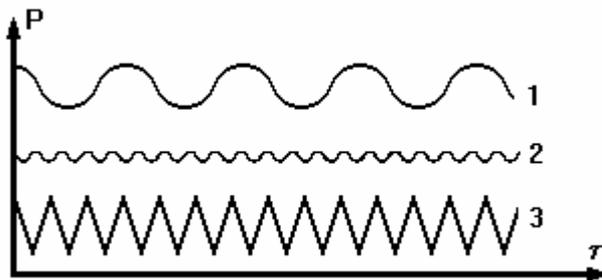


Рисунок 6-6

Усадка стружки.

Усадка стружки характеризуется степенью пластической деформации металла при резании. $a_{стр} > a$, $b_{стр} > b$, $l_{стр} > l$, $k_l = \frac{l}{l_{стр}} > 1$. Коэффициент усадки стружки всегда больше единицы $k_l > 1$.

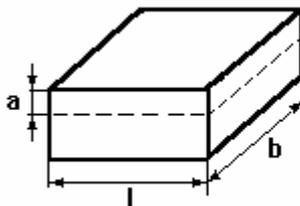


Рисунок 6-7

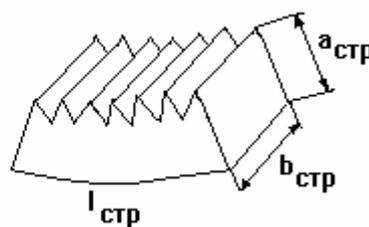


Рисунок 6-8

Рисунок 6-7 показывает заготовку с припуском. На рисунке 6-8 изображена стружка получившаяся при снятии этого припуска.

На рисунке 6-10 представлен график изменения коэффициента усадки стружки от скорости резания.

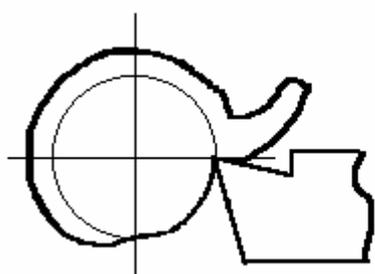


Рисунок 6-9

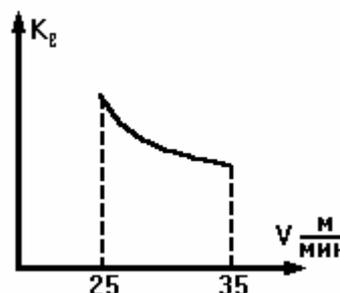
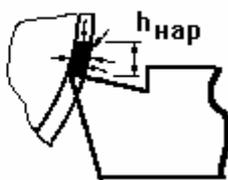


Рисунок 6-10

Процесс деформирования металла при резании происходит при воздействии высоких температур и контактных давлений (напряжений). При некоторых условиях обработки вблизи режущей кромки образуется достаточно устойчивая клинообразная зона застойного материала — **наrost**.

Наростообразование характерно для вязких материалов в случае обработки их с малыми скоростями и малыми подачами. Его величина характеризуется высотой. С ростом переднего угла наростообразование резко уменьшается. Твердость нароста в 2-4 раза выше твердости обрабатываемого материала, поэтому нарост участвует в резании. По мере увеличения высоты нароста динамическое равновесие нарушается и часть нароста уносится со стружкой, а другая остается на обрабатываемом материале.

На рисунке 6-11 изображена зависимость высоты нароста от скорости резания. На рисунке 6-12 зависимость высоты нароста от главного угла в плане φ . Наличие (отсутствие) нароста в зависимости от подачи и скорости резания изображено на рисунке 6-13.

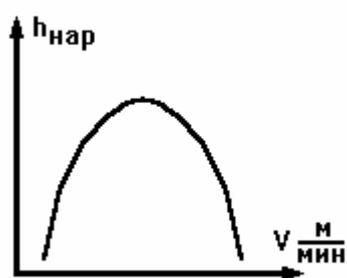


Рисунок 6-11



Рисунок 6-12

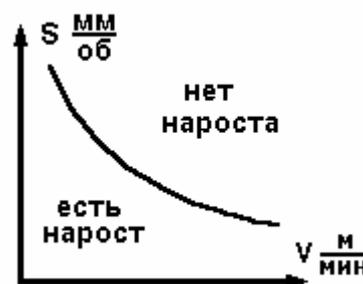


Рисунок 6-13

Положительные особенности нароста:

- ◆ Нарост берет на себя часть работы по срезанию металла;
- ◆ Защищает переднюю поверхность и режущую кромку от износа;
- ◆ Улучшает условия по отводу стружки, так как увеличивает передний угол;
- ◆ Снижает перепад температур на режущей кромке.

Отрицательные особенности нароста:

- ◆ Снижает точность обработки на величину Δ ;
- ◆ Снижает качество поверхности;
- ◆ Вероятностный характер процесса наростообразования не позволяет управлять этим процессом.

Вывод: нарост допустим и полезен при черновой обработке, и совершенно не желателен при чистовой обработке.

ЛЕКЦИЯ № 7

Силы, работа, мощность при резании.

Целенаправленное разрушение обрабатываемого материала, состоящее в снятии припуска при резании сопровождается затратами энергии при этом на передней и задней поверхностях режущего инструмента со стороны обрабатываемой заготовки и срезаемого слоя действует сложно распределенная нагрузка, которая условно может быть представлена сосредоточенной силой резания $P_{рез}$. Условно силу резания принято раскладывать на три составляющие P_x , P_y и P_z . Сила резания зависит от обрабатываемого и инструментального материалов, а также от геометрии инструментов и режимов резания. Для удобства силу резания раскладывают на три составляющие

$$P_{рез} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} :$$

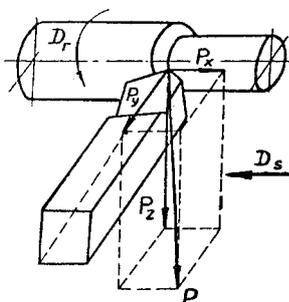


Рисунок 7-1

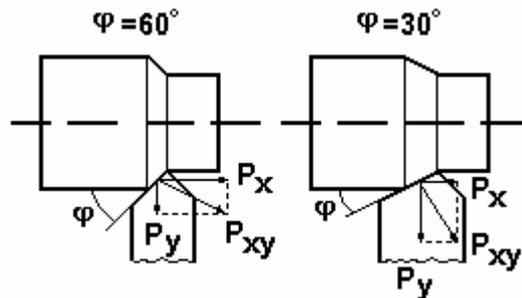


Рисунок 7-2

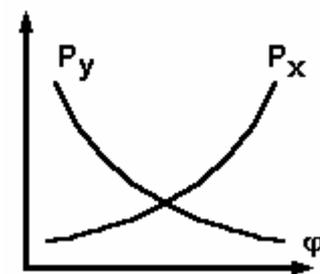


Рисунок 7-3

Рисунок 7-1 показывает распределение и направления составляющих силы резания P при типичном виде обработки.

P_z — главная составляющая силы резания (касательная или тангенциальная составляющая). Эта сила используется для расчета привода главного движения станка.

P_y — радиальная составляющая силы резания. По ней определяют необходимую жесткость станка. Она оказывает существенное влияние на точность обработки. P_y может вызывать искривление оси обрабатываемой детали (особенно для нежестких деталей).

P_x — осевая составляющая силы резания. Используется для расчета привода подачи станка.

Пример: прямой проходной резец с углом $\varphi = 45^\circ$. Для него: $\frac{P_x}{P_z} = \frac{1}{3}$; $\frac{P_y}{P_z} = \frac{1}{4}$. Все эти соотношения справедливы для нового заточенного инструмента. А для претерпевшего износ инструмента эти силы примерно равны: $P_x \approx P_y \approx P_z$.

Рисунки 7-2 и рисунок 7-3 иллюстрируют изменение составляющих сил резания P_y и P_x от главного угла в плане φ .

На режущей поверхности инструмента действует сложно распределенная нагрузка, которая колеблется в пределах 10...20 ГПа. Обычно при расчете составляющих сил резания силу прикладывают к середине длины активной режущей кромки. На соотношение $\frac{P_x}{P_y}$ большое влияние оказывает угол в плане φ .

При уменьшении угла φ от 45 до 20°, P_y возрастает более чем в два раза, что приводит к прогибу детали.

$P_z = c \cdot t^x \cdot S^y \cdot HB^z$, где c - постоянный коэффициент (из таблиц); t — глубина резания; S — подача; HB — твердость обрабатываемого материала; x, y, z — эмпирические коэффициенты, которые определяются по таблицам.

Силы резания можно измерить с помощью специальных приборов - динамометров. Динамометры по принципу действия различают: упруго-механические, гидравлические и электрические. Принцип их действия основан на преобразовании перемещений или деформаций упругих элементов с помощью датчиков.

Тепловой баланс при резании.

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$ — уравнение для теплового баланса при резании.

Q_1 — количество теплоты, выделившееся вследствие пластической деформации в зоне скалывания (смотри рисунок 7-4). При пластической деформации составляет 80% от всего тепла выделившегося в зоне резания.

Q_2 — количество теплоты, выделившееся в результате трения по передней поверхности инструмента 10-15% от общего тепла.

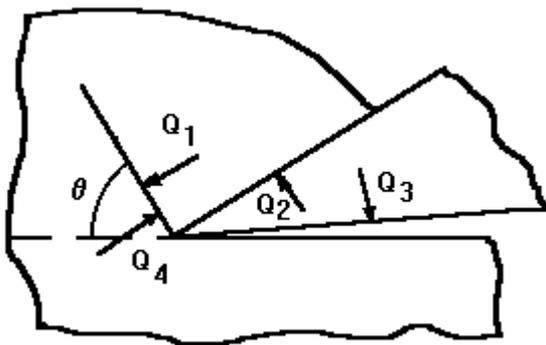


Рисунок 7-4

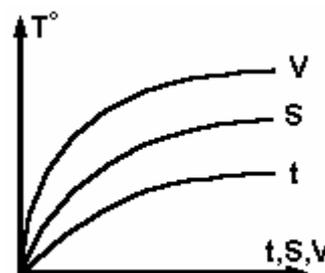


Рисунок 7-5

Q_3 — количество теплоты, выделившееся на задней поверхности режущего инструмента примерно 3%.

Q_4 — количество теплоты, которое образовалось перед плоскостью скалывания вследствие распространения фронта волны деформации и составляет 1-2% от общего количества тепла.

q_1 — количество теплоты, переходящее в стружку, примерно 75%.

q_2 — количество теплоты, переходящее в тело инструмента, примерно 3%.

q_3 — количество теплоты, поступающее в заготовку, примерно 6%.

q_4 — тепло, переходящее на главную режущую кромку инструмента. Оно составляет примерно 2%.

q_5 — количество теплоты, переходящее в окружающую среду.

Рисунок 7-5 показывает влияние параметров резания на температуру в зоне резания.

Износ режущего инструмента.

Удаляя срезаемый слой металла в виде стружки, инструмент сам подвергается воздействию этой стружки и обрабатываемой детали. Это воздействие проявляется в истирании и изнашивании рабочих поверхностей инструмента.

Сходящая стружка постепенно образует на передней поверхности инструмента выемку (лунку). А обрабатываемая деталь истирает заднюю поверхность инструмента и образует на ней площадку износа. Обрабатывая определенное количество деталей, инструмент теряет свою работоспособность, и затупляется. Потеря работоспособности режущего инструмента может быть обусловлена следующими причинами:

1). Собственно изнашиванием инструмента, то есть истиранием рабочих поверхностей в местах соприкосновения со стружкой и заготовкой;

2). Выкрашиванием режущих кромок, что характерно для хрупких инструментальных материалов. Нередко выкрошенные частицы имеют такой же микроскопический размер, что по виду схожи с истиранием.

3). Налипание обрабатываемого материала на заднюю поверхность режущего инструмента имеющего недостаточные задние углы (направляющие ленточки сверл, разверток, боковых поверхностей зубьев долбяков). При нормальных условиях эксплуатации режущий инструмент теряет свою работоспособность вследствие истирания режущих поверхностей. Такой вид износа наблюдается у всех видов режущего инструмента не зависимо от их вида и назначения.

Виды износа режущего клина представлены на рисунке 7-6. Износ по задней поверхности в виде площадки износа, которая характеризуется высотой износа h_3 (смотри рисунок 7-6 верхний правый). Износ по передней поверхности представлен на рисунке 7-6 внизу, в виде лунки имеющей параметры: b_n — длина лунки, a_n — ширина

лунки, h_d — глубина лунки. И на левом верхнем рисунке 7-6 представлен смешанный вид износа.

На рисунке 7-7 представлен износ спирального сверла, который может проявляться по задней поверхности h_3 , по уголку h_y , на поперечном лезвии h_n и по ленточке h_d , причем на ленточке могут образовываться как налипсы, так и проточкины.

Интенсивность износа различных элементов режущей части инструмента может быть различной в зависимости от условий резания. Износ по ленточке может выражаться в виде проточен или износа участка ленточки h_d , где вследствие износа исчезает обратная конусность или может даже возникнуть участок с прямой конусностью. При работе таких сверл возникают щелчки, а затем сверло заклинивает в отверстии.

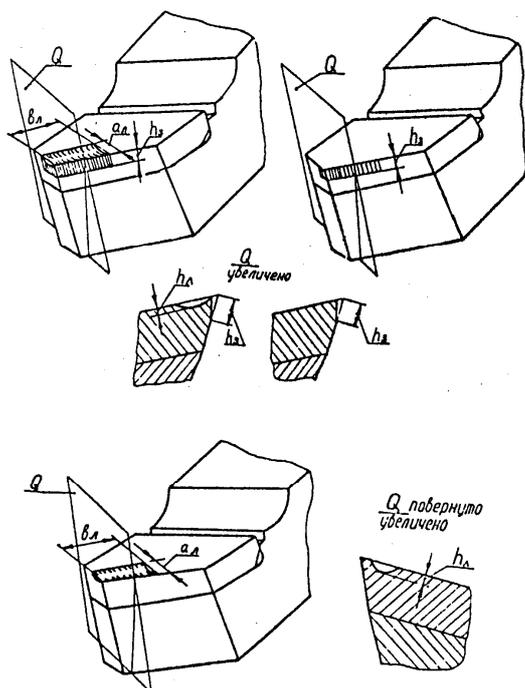


Рисунок 7-6

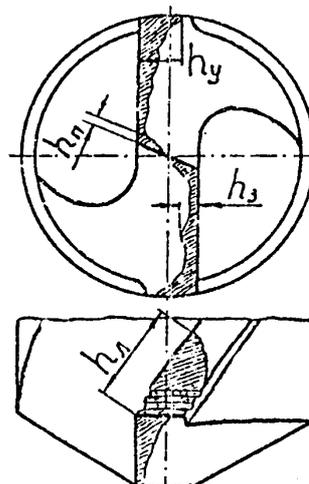


Рисунок 7-7

Величина износа непрерывно увеличивается по мере работы режущего инструмента.

На рисунке 7-8 показана зависимость величины износа от времени. Участок I — период приработки, далее следует период нормального износа (участок II) и затем интенсивность износа резко возрастает и наступает период катастрофического износа (участок III).

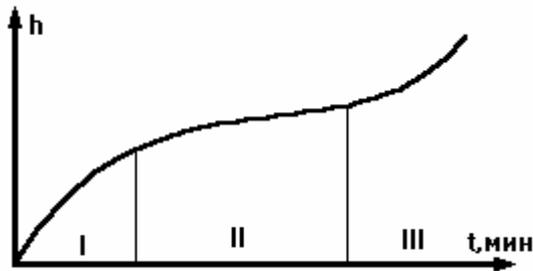


Рисунок 7-8

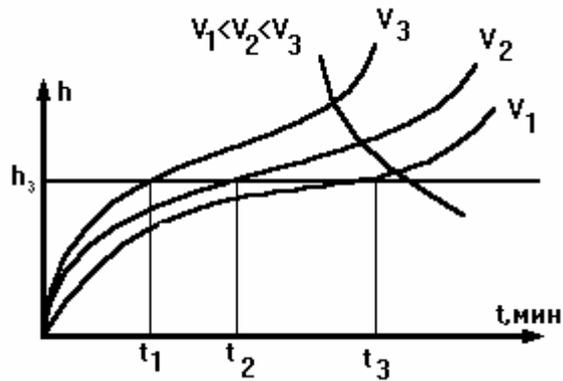


Рисунок 7-9

На рисунке 7-9 показаны зависимости величины износа от скорости резания и времени. На нем указана кривая равного износа, но на практике, как правило, применяют износ по времени.

Износ инструмента при его эксплуатации строго нормируется в виде определенных величин. Обоснование этих величин является сложной научно-технической задачей. А сама величина допускаемого износа в тех или иных конкретных условиях называется **критерием износа**. Как правило, назначать критерий равного износа неудобно, поэтому назначают критерий оптимального износа.

ЛЕКЦИЯ № 8

Нормы износа.

Одна тонна быстрорежущей стали, в зависимости от способа ее изготовления и марки, стоит от 4,5...7 тысяч долларов. Величина стачивания нормируется нормативами (ГОСТами, стандартами и т.д.). Накопление дефектов приводит к уменьшению качества обработанной поверхности и к уменьшению времени работы инструмента, $H = (h_3 + \Delta h) \cdot \sin \alpha$, где Δh — припуск на переточку (должен назначаться очень грамотно). На рисунке 8-1 представлен износ инструмента.

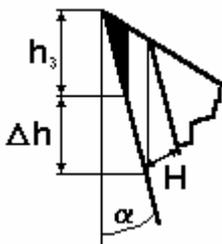


Рисунок 8-1

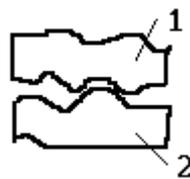


Рисунок 8-2

Гипотеза протекания износа.

Из-за исключительной сложности и взаимосвязи явлений, протекающих на контактных поверхностях режущего инструмента при резании, в условиях высоких

силовых и тепловых нагрузок, при активном влиянии внешней среды физическая природа изнашивания инструмента еще окончательно не изучена.

Однако установлено, что износ бывает следующих видов:

1). **Механическое изнашивание** режущего инструмента возникает при взаимодействии макро- и микро-неровностей контактирующих в процессе резания. На трущихся поверхностях микро-неровности взаимодействуют (трутся) в результате чего инструмент изнашивается (смотри рисунок 8-2).

2). Абразивное действие обработанного материала и стружки на инструментальный материал (**абразивный износ**). Он связан с удалением частиц инструментального материала под действием твердых карбидов включений и окислительных пленок обрабатываемого материала, которые царапают рабочие поверхности режущего инструмента.

3). Адгезионное воздействие материалов инструментальной и обрабатываемой деталей (**адгезионный износ**). Он связан с процессами схватывания (сваривания) отдельных участков материала под действием молекулярных сил. В результате чего на поверхности инструмента образуются кратеры износа. Этому виду износа способствуют высокие давления и температуры в зоне резания. Адгезионный износ возрастает при скоростях резания $V \approx 20 \frac{м}{мин}$ в областях наростообразования.

4). **Окислительный износ**. Химическое взаимодействие инструментального материала с активными компонентами внешней среды, то есть частицы режущего клина при взаимодействии с кислородом и другими активными компонентами окружающей среды окисляются, "выгорают".

5). Диффузионное растворение составляющих структуры инструментального материала в обрабатываемый материал называется **диффузионным износом**. С ростом температуры возрастает амплитуда колебаний атомов, контактирующих при резании материала, и как следствие, возрастает диффузионный износ.

Влияние режимных факторов на стойкость режущего инструмента.

Формула Тейлора $T = \frac{C_T}{V^m}$, где C_T — константа, m — показатель относительной

стойкости инструмента. Для основных видов инструмента $m \approx 0,12...0,2$ и определяется чисто эмпирическим путем.



Рисунок 8-3

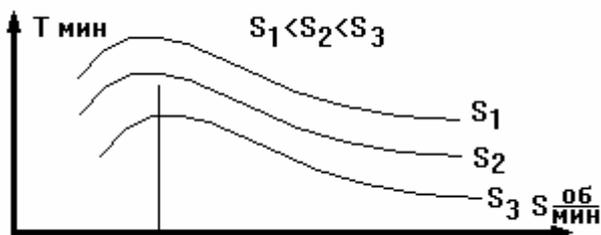


Рисунок 8-4

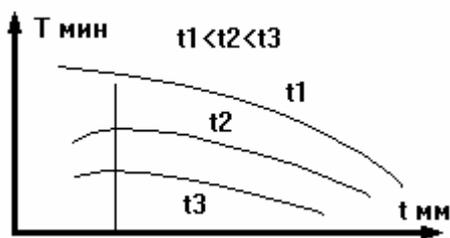


Рисунок 8-5

На рисунках представлены зависимости стойкости режущего инструмента от скорости резания (смотри рисунок 8-3), подачи (смотри рисунок 8-4) и глубины резания (смотри рисунок 8-5).

Стойкость инструмента — период времени работы режущего инструмента, в течение которого он может выполнять заданные ему функции (время от переточки до переточки инструмента).

Уточненная формула для стойкости режущего инструмента $T = \frac{C_T}{V^m \cdot f^{x_i} \cdot S^{y_i}} [k_1 \dots k_n]$.

Виды токарной обработки.

1). Обточка цилиндрических поверхностей.

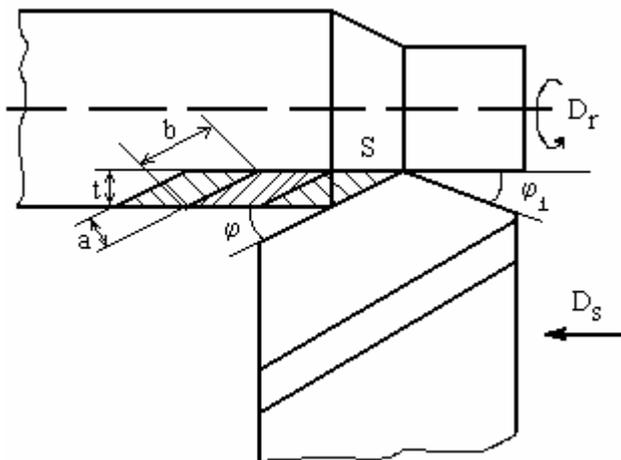


Рисунок 8-6

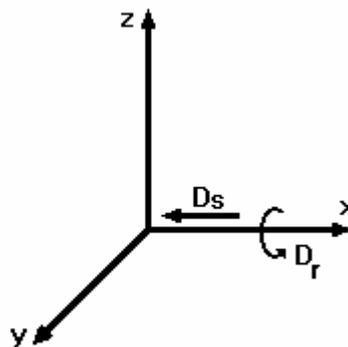


Рисунок 8-7

На рисунке 8-7 представлена кинематическая схема процесса обточки цилиндрических поверхностей. К рисунку 8-6:

$$\varphi < 90^\circ; t_o = \frac{L}{n \cdot S}; a < S; b > t; L = l + l_{ep} + l_n; l_{ep} = \frac{t}{\tan \varphi} + 2 \text{ мм}; l_n \approx 2 \text{ мм}.$$

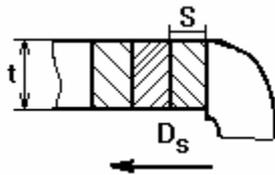


Рисунок 8-8

Второй вариант применяется при обработке не жестких деталей. Для него: $\varphi = 90^\circ$; $a = S$; $b = t$;

ЛЕКЦИЯ № 9

Виды токарной обработки (продолжение).

2). Расточка отверстий.

Особенности расточки — отсутствие обзора зоны резания и малая жесткость расточного резца. Консольно закрепленная державка находится в сложном напряженном состоянии, а именно P_z — скручивает и изгибает в радиальной плоскости, P_y — изгибает в горизонтальной плоскости, P_x — приводит к эксцентричному продольному смещению.

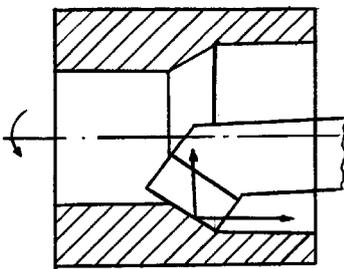


Рисунок 9-1

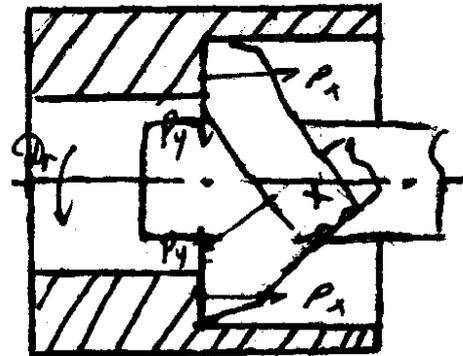
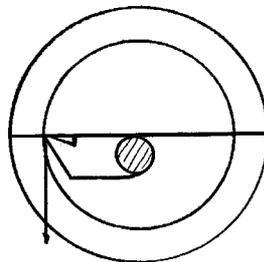


Рисунок 9-2

Нагрузка приводит к деформированию державки, что искажает размеры обработанной поверхности и приводит к вибрации. Используются расточные оправки, где компенсируются изгибающие усилия (смотри рисунок 9-2). Все геометрические параметры, условия образования стружки и режимы обработки для обточки и расточки идентичны.

3). Отрезка.

Особенности отрезки — тяжелые условия работы не жесткого отрезного резца. Для усиления отрезных резцов — различными методами усиливают его рабочую часть.

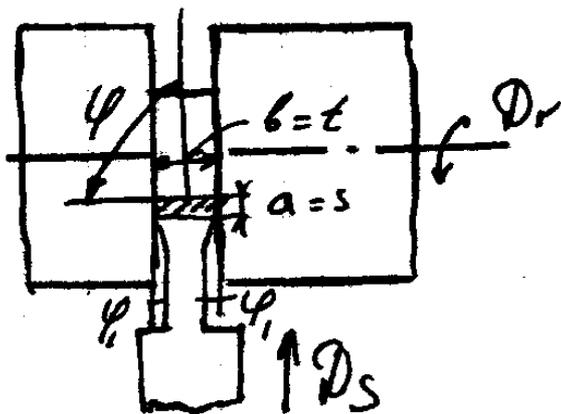


Рисунок 9-3

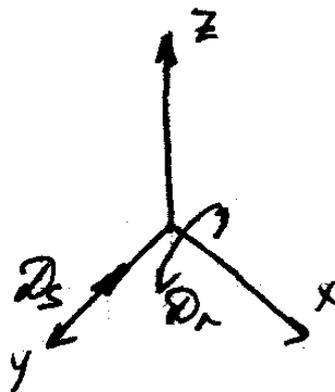


Рисунок 9-4

При отрезке стружка свивается в спираль и скапливается в канавке, поэтому иногда отрезной резец переворачивают, чтобы стружка выпала из паза.

4). Точение фасонных поверхностей.

Бывает два случая: случай станка с ЧПУ (смотри рисунок 9-5) или, что чаще на практике, фасонным резцом (смотри рисунок 9-7). На рисунке 9-5б изображена кинематическая схема выполнения данного процесса на станке с ЧПУ.

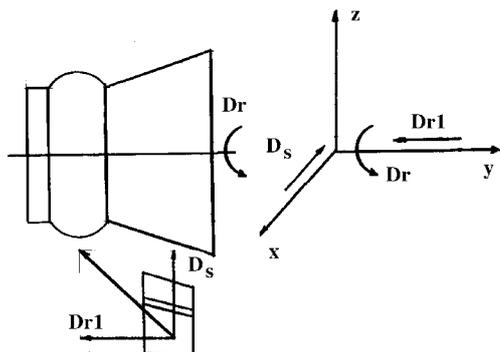


Рисунок 9-5



Рисунок 9-6

5). Обработка торцевых поверхностей.

Эта обработка аналогична рассмотренной выше обточке цилиндрических поверхностей.

6). Стругание и долбление.

При строгании и долблении на заготовках обрабатываются плоскости или линейчатые поверхности профильного сечения с прямолинейными образующими. Они основаны на простейших кинематических схемах резания (смотри рисунок 9-7 и рисунок 9-8) предусматривающих действие в процессе резания лишь одного главного движения - прямолинейно направленной скорости V .

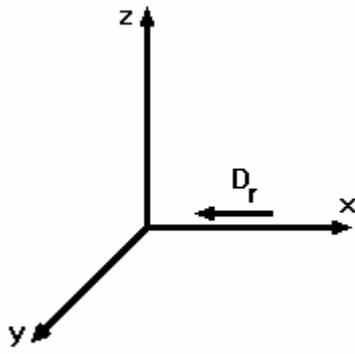


Рисунок 9-7

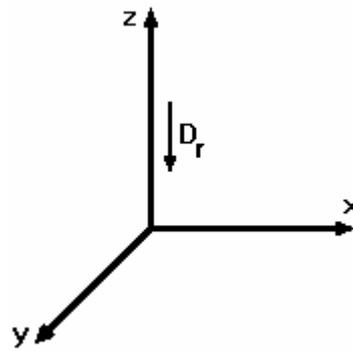


Рисунок 9-8

Строгальные станки осуществляют главное движение резания в горизонтальной плоскости (смотри рисунок 9-7). А долбежные станки — в вертикальной плоскости (смотри рисунок 9-8). Во время главного движения механизм подачи на этих станках не действует. Поэтому на принципиальных кинематических схемах вектор скорости подачи отсутствует.

Протяженность пути движения резца ограничивается настройкой станков. Совершив рабочий путь резания l_0 , резец или заготовка, пройдя в обратном направлении тоже расстояние возвращается в исходное положение. Полный цикл работы таких станков состоит из равных по длине рабочего и вспомогательного (холостого) хода, что дает основание вести счет пройденного пути или времени по двойному ходу. После каждого двойного хода механизм привода главного движения станка отключается, и включается механизм привода подачи $S \left[\frac{\text{мм}}{\text{дв.ход}} \right]$.

Последовательное чередование главного движения резания со скоростью V и вспомогательного движения с подачей S и составляет особенность строгания и долбления.

7). Обработка отверстий: сверление, зенкерование и развертывание.

Сверление обеспечивает сверление сплошных и глухих отверстий в сплошных материалах, а также обеспечивает увеличение уже существующих в диаметре. Сверлением можно обрабатывать отверстия диаметром $D=0.1...80$ мм, и глубиной $l=10D$.

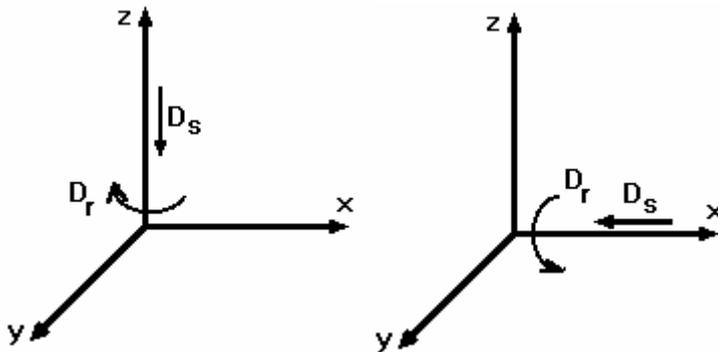


Рисунок 9-9

На рисунке 9-9 изображены кинематические схемы для этих процессов. Рисунок 9-9а — вертикально-сверлильного станка, рисунок 9-9б — горизонтально-сверлильного станка.

Точность обработки по 12 квалитету, шероховатость $R_z=20\dots80$ мкм. Сверление не обеспечивает прямолинейности оси отверстий. При обработке отверстия диаметром $D>25$ мм сверление делают в два прохода, сначала меньший, а затем больший диаметр.

Зенкерование применяют для увеличения точности обрабатываемых отверстий. Диаметр обрабатываемого отверстия определяется диаметром сверления. Глубина резания при зенкеровании: $t = \frac{D_3 - d}{2} = 1.2\dots2.5$ мм. Зенкер обеспечивает точность по 9 квалитету и шероховатость $R_a=5\dots2.5$ мкм.

Развертывание применяют для повышения точности и качества отверстий, диаметр и глубина предварительно просверленного отверстия определяют параметры резания при развертывании $t = \frac{D_p - d}{2} = 0.12\dots0.04$ мм. Точность по 7 квалитету, шероховатость $R_a=0.63\dots2.5$ мкм.

ЛЕКЦИЯ № 10

Сверление.

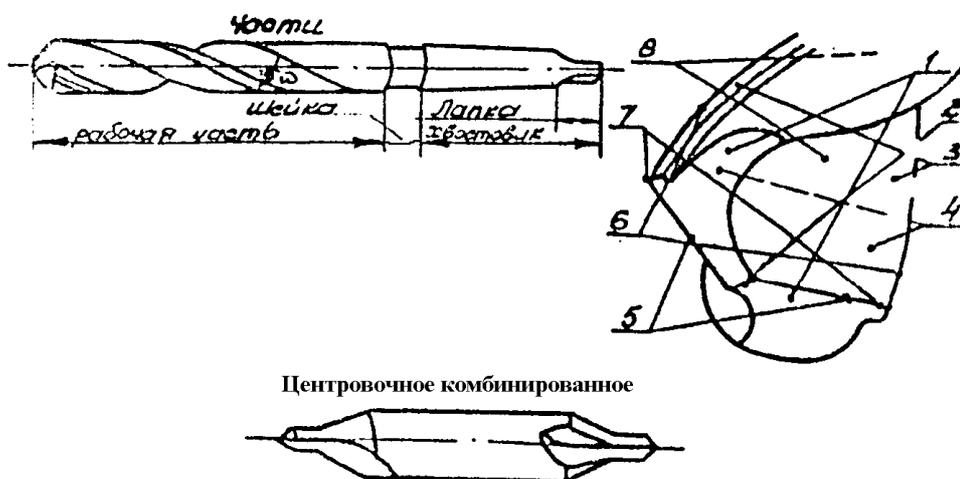


Рисунок 10-1

На рисунке 10-1 цифрами обозначены: 1 — главные задние поверхности сверла. 2 — поперечное лезвие. 3 — вспомогательные задние поверхности (**ленточки**). 4 — передние поверхности. 5 — главные лезвия. 6 — вспомогательные лезвия. 7 — вершины и 8 — канавки.

Задняя поверхность резца может быть выполнена в виде конуса, цилиндра, одной или двух поверхностей, либо быть винтовой.

Передние и задние углы сверла переменны по длине режущей кромки.

обычно специально заточке не подвергается. Поэтому передний угол на режущей части на режущей части определяется профилем и углом наклона стружечной канавки.

Геометрические параметры режущей части зенкера.

Часть зуба зенкера, где расположены главные и вспомогательные кромки называются режущей частью. Поскольку длина вспомогательной кромки составляет десятые доли миллиметра, условно режущая часть ограничена длиной режущего конуса, как это показано на схеме резания зенкером (смотри рисунок 10-4). Как и для других инструментов осевого типа, глубина резания $t = \frac{D_3 - d}{2}$ и подача на один зуб зенкера

$$S_z = \frac{S_o}{Z}, \text{ где } Z \text{ — число зубьев зенкера.}$$

Параметры сечения срезаемого слоя, толщина a и ширина b , зависящие от угла φ , определяются по формулам: $a = S_z \cdot \sin \varphi$; $b = \frac{t}{\sin \varphi}$.

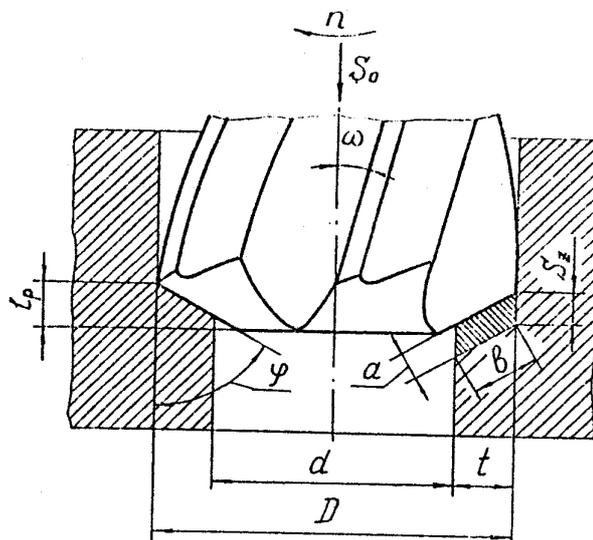


Рисунок 10-4

Длина режущей кромки выбирается в зависимости от глубины резания (смотри рисунок 10-4): $l_p = \frac{t + e}{\tan \varphi}$, где e — дополнительная величина, предусмотренная для направления зенкера при входе его в отверстие, равная $e = (0.5...1.0) \cdot t$.

Фрезерование.

Широко применяется в машиностроении и в приборостроении для обработки различных поверхностей, в том числе и для обработки винтовых поверхностей деталей и тел вращения. Одну четверть станочного парка составляют фрезерные станки. Метод фрезерования достаточно точный и один из самых производительных.

Фреза — это многолезвийный вращающийся инструмент, зубья которого последовательно вступают в контакт с обрабатываемой поверхностью в процессе резания. При относительно медленной подаче, которая осуществляется за счет движения обрабатываемой детали, закрепленной на станке. В зависимости от вида

обрабатываемой поверхности равномерное движение подачи может быть поступательным, вращательным или винтовым.

При чистовом фрезеровании получают шероховатость поверхности от $R_z=20$ до $R_A=2.5$. При получистовом $R_z=80-40$, а при черновом $R_z=160-80$. При черновом фрезеровании используют подачи на зуб $S_z = 0.15 - 0.5 \frac{мм}{зуб}$, а при чистовом —

$$S_z = 0.08 - 0.5 \frac{мм}{зуб}.$$

В отличие от ранее рассмотренных способов обработки при фрезеровании скорости подачи лежат в одной плоскости, и при этом траектория движения любой точки режущей кромки тоже лежит в этой плоскости. Каждый зуб фрезы можно рассматривать как резец с присущими ему конструктивными и геометрическими параметрами (передние и задние углы, режущие кромки и так далее).

Особенностью процесса фрезерования является то, что он протекает прерывисто в отличие от точения, сверления и других, при которых режущая кромка находится в контакте с заготовкой до окончания процесса резания.

В процессе фрезерования каждый режущий инструмент (зуб) находится в контакте с заготовкой в течение некоторого времени до следующего врезания. Врезание сопровождается ударами и приводит к неравномерности процесса фрезерования. Такой режим обработки сопровождается вибрациями, повышением изнашиваемости режущего инструмента (макро и микровыкрашивание) и другими нежелательными явлениями. При фрезеровании инструмент — фреза, вращаясь вокруг своей оси, образует тело вращения, режущие элементы которого формируют ту или иную поверхность.

Наиболее распространенным являются горизонтальное и вертикальное расположение оси фрезы на станке.

ЛЕКЦИЯ № 11

Виды фрез и обрабатываемых поверхностей.

Цилиндрические фрезы применяются для обработки плоских поверхностей и имеют зубья только на цилиндрической части (смотри рисунок 11-1а).

Торцевые фрезы предназначены для обработки более протяженных плоскостей и имеют зубья только на торцевой части (смотри рисунок 11-1б), а для широкого фрезерования применяются торцевые фрезы со вставными ножами (смотри рисунок 11-2).

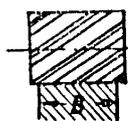


Рисунок 11-1

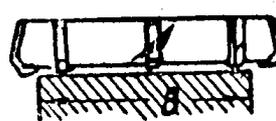
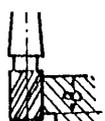


Рисунок 11-2

Концевые фрезы используют для обработки плоскостей, пазов и уступов и имеют зубья и на торцевой и на цилиндрической части (смотри рисунок 11-1в).

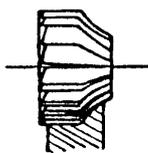


Рисунок 11-3

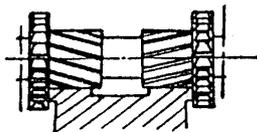


Рисунок 11-4

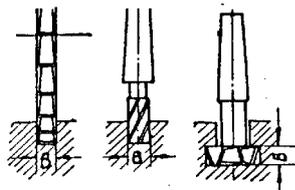


Рисунок 11-5

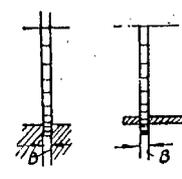


Рисунок 11-6

Для отрезки и обработки узких ($B < 6$ мм) пазов и канавок используют **прорезные** (смотри рисунок 11-6а) или **отрезные фрезы**, так называемые **пилы** (смотри рисунок 11-6б). А также **дисковые** фрезы (смотри рисунок 11-5а), **концевые** (смотри рисунок 11-5б) и **Т-образные** (смотри рисунок 11-5в).

Для обработки сложных фасонных поверхностей, в том числе и винтовых, используют **фасонные фрезы** (смотри рисунок 11-3). В целях повышения производительности можно использовать **комплект фрез** (смотри рисунок 11-4).

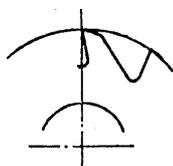


Рисунок 11-7

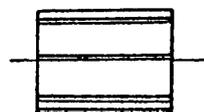
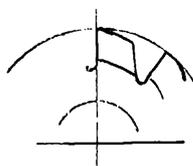
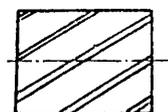


Рисунок 11-8



Также фрезы подразделяют:

- ◆ По конструкции зубьев на остроконечные (смотри рисунок 11-7а) и затылованные (смотри рисунок 11-7б).
- ◆ По форме зубьев на прямые и винтовые фрезы (смотри рисунок 11-8).
- ◆ По характеру крепления зуба на цельные и сборные (смотри рисунок 11-9).
- ◆ По способу крепления фрез: насадные и хвостовые (смотри рисунок 11-10).

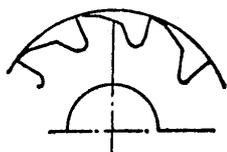


Рисунок 11-9

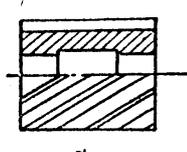
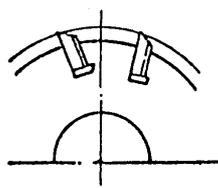
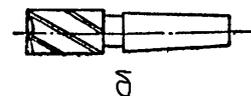


Рисунок 11-10



Скорость главного движения резания будет определяться $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \left[\frac{м}{мин} \right]$, где D — диаметр фрезы; n — частота вращения.

Подача при фрезеровании имеет следующие понятия:

- ◆ Подачу на оборот $S_o \left[\frac{мм}{об} \right]$;

- ♦ Минутную подачу $S_M \left[\frac{\text{мм}}{\text{мин}} \right]$;
- ♦ Подачу на зуб $S_Z \left[\frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \right]$.

Глубина резания определяется $t = \frac{D}{2} \cdot (1 - \cos \psi)$, причем $0 < t < D$, ψ — угол контакта фрезы и заготовки.

Геометрические параметры фрез.

Так как каждый зуб фрезы представляет собой резец, то все параметры геометрии режущей части фрез определяются также как и у резцов. **Ширина фрезерования** B определяется видом обработки (смотри рисунки 11-1 ... 11-6).

Вектор скорости резания и вектор подачи могут быть направлены в одну сторону, либо на встречу друг другу. Если вектор скорости и подачи направлены навстречу друг другу, то фрезерование называют **встречным**. В этом случае силы резания отрывают заготовку от станка, и зуб фрезы испытывает повышенное трение и износ в точке контакта. Если векторы скорости и подачи совпадают по направлению, **попутное фрезерование**, то силы резания прижимают деталь к станку. Сила резания как бы толкает деталь в направлении подачи, что может привести к поломке режущих зубьев.

Ширина фрезерования всегда измеряется вдоль оси вращения фрезы.

Протягивание.

По своей кинематике процесс сходен со строганием и долблением. Схема реализуется в двух вариантах (смотри рисунок 11-11). На рисунке 11-11а изображена принципиальная схема работы горизонтально-протяжного станка. Рисунок 11-11б — изображает схему вертикально-протяжного станка.

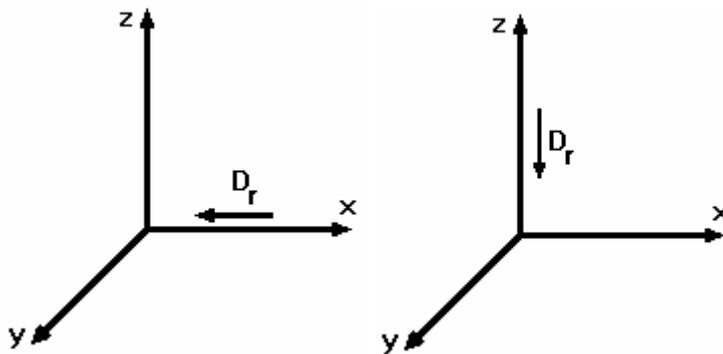


Рисунок 11-11

Протягивание весьма производительный процесс, так как инструмент обладает очень большим ресурсом. **Протяжка** — инструмент для обработки плоских и фасонных поверхностей. Фасонный контур в поперечном сечении может быть:

- ♦ Замкнутым или разомкнутым;
- ♦ Симметричным или не симметричным;

- ◆ Выпуклом или вогнутым.

Примеры контуров поверхностей обрабатываемых протяжками можно посмотреть на рисунке 11-12.

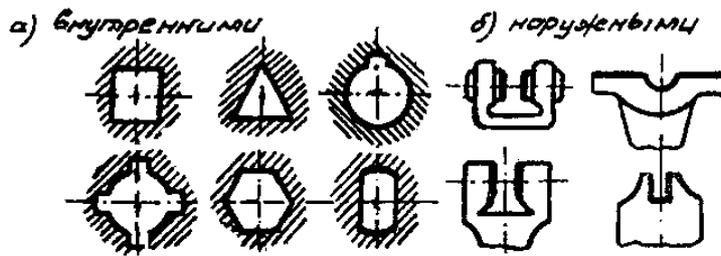


Рисунок 11-12

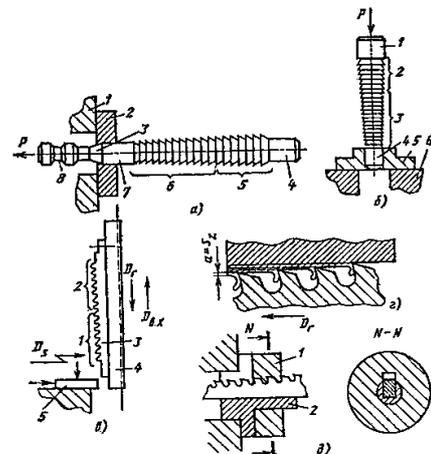


Рисунок 11-13

Если фасонный контур расположен на определенном расстоянии от заданной поверхности детали, то его обработку называют **координатным протягиванием**. Если необходимо получить только точные размеры самого контура, то такое протягивание называется **свободным**.

На рисунке 11-13 изображены схемы обработки:

- ◆ Рисунок а — на горизонтально-протяжном станке.
- ◆ Рисунок б — на прошивном станке.
- ◆ Рисунок в — на вертикально-протяжном станке.
- ◆ Рисунок г — срезание припуска при протягивании.
- ◆ Рисунок д — шпоночного паза.

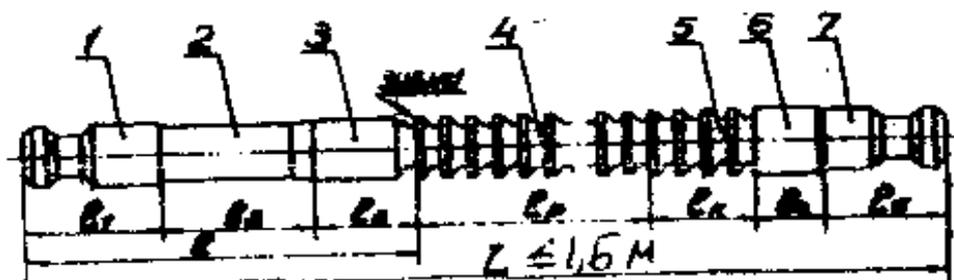


Рисунок 11-14

Протяжка — многозубый инструмент (смотри рисунок 11-14), которому придается только одно главное движение — **резания**, а движение подачи заложено в самом инструменте (в самой конструкции протяжки). Для того чтобы зубья могли снимать определенный слой материала, каждый последующий зуб имеет превышение над предыдущим, так называемый **подъем на зуб** S_z . Он может быть одинаковым для всех зубьев или изменяться при переходе от одной группы зубьев к другой.

На калибрующей части протяжки все зубья одинаковы. Они выполняют две функции:

- ◆ Придают окончательные размеры и форму обрабатываемому контуру;
- ◆ Являются резервами для переточек инструмента.

По мере износа протяжек первый калибрующий зуб становится последним режущим зубом.

Режимы протягивания.

Для протяжек скорость резания в основном $V = 10 \dots 15 \frac{м}{мин}$, а подачи $S_z = 0,002 - 0,1 \frac{мм}{зуб}$ для сталей, а для чугунов $S_z = 0,002 - 0,2 \frac{мм}{зуб}$.

Задний угол меняется от 2...4 градусов с целью сохранения диаметральных размеров зуба при переточке (смотри рисунок 11-15). Переточка осуществляется только по передней поверхности зуба. Для наружных и шпоночных протяжек, где есть возможность компенсации потери размера, зуба задние углы делают до 10 градусов.

Передний угол γ зависит от обрабатываемого материала и составляет:

- ◆ Для обработки чугуна $\gamma = 5 \dots 10^\circ$;
- ◆ Для обработки стали $\gamma = 12 \dots 15^\circ$;
- ◆ Для обработки латуни $\gamma = 20 \dots 25^\circ$.

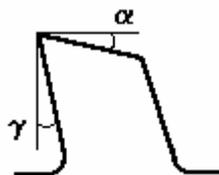


Рисунок 11-15

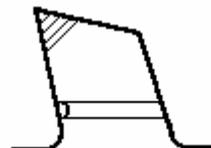


Рисунок 11-16

Для обеспечения условий выхода стружки, особенно при обработке замкнутых контуров, на протяжках выполняют стружкоделительные канавки.

Износ протяжек.

Износ протяжек идет в основном по двум механизмам (смотри рисунок 11-16):

- ◆ Истирание (износ) острия зубьев протяжек (режущих кромок);
- ◆ Проточки на зубьях из-за плохого стружкоотвода.

Протягивание обеспечивает получение 6...8 качества точности и шероховатость поверхности $R_z = 1.25 \dots 0.32$ мкм. В зависимости от формы протягиваемой поверхности протяжки могут быть:

- ◆ Круглыми;

- ◆ Гранными (треугольными, квадратными, прямоугольными и другими);
- ◆ Шлицевыми (прямобочными и с эвольвентным профилем);
- ◆ Фасонными;
- ◆ Шпоночными и другими.

Схемы резания при протягивании.

Под схемой резания понимается последовательность срезания припуска зубьями протяжки. При протягивании могут быть реализованы следующие схемы резания (смотри рисунок 11-17) профильная, генераторная и прогрессивная схемы резания.

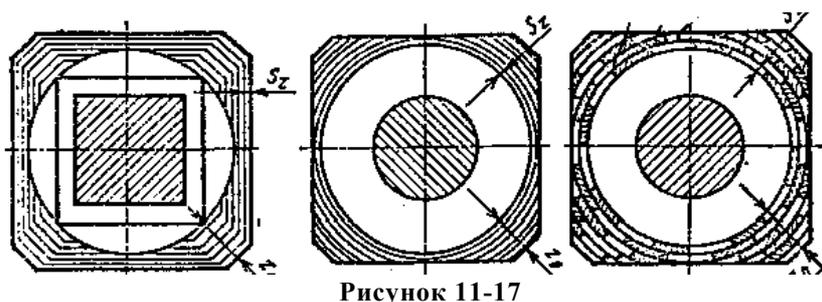


Рисунок 11-17

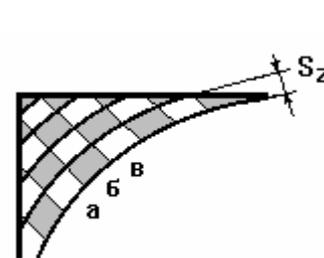


Рисунок 11-18

Профильная схема (смотри рисунок 11-17а).

Контур всех режущих зубьев эквивалентен окончательному профилю обработанной поверхности. Окончательную обработку выполняет последний режущий зуб. Длина главной режущей кромки этого зуба максимальна, а, следовательно, и силы резания максимальны. Поэтому данная схема не позволяет получить высокой точности обработки. Также недостаток — сложность изготовления и переточки инструмента.

Генераторная схема (смотри рисунок 11-17б).

В этой схеме окончательный контур формирует каждый режущий зуб своей вспомогательной режущей кромкой. Длина главной режущей кромки на последнем зубе минимальна, что улучшает условие работы калибрующих зубьев и повышает точность и качество обработанной поверхности. Такую протяжку проще изготовить и переточить.

Прогрессивная схема или **схема переменного резания** (смотри рисунок 11-17в и рисунок 11-18).

При этой схеме срезание припуска производится зубьями, имеющими укороченную длину режущих кромок. Например, припуск срезается не одним зубом, а двумя. Сначала участки (а) и (б) первым зубом, а затем участок (б) — вторым зубом и так далее (смотри рисунок 11-18). Это позволяет уменьшить длину режущих кромок первых зубьев, а затем равномерно распределить усилие протягивания. Но это ведет к увеличению количества зубьев и общей длины протяжки. В этом случае стойкость протяжек выше, чем в двух предыдущих случаях.

Длина рабочего хода протяжных станков не превышает 1,5 метров, поэтому общая длина протяжки должна быть менее 1,5 метров.

Основное технологическое время при протягивании $t_o = \frac{l_{px} \cdot k_{обр.х.}}{1000 \cdot V}$, где l_{px} — длина рабочего хода; $k_{обр.х.}$ — коэффициент ускорения обратного хода $k_{обр.х.} = 1, 2 \dots 1, 5$.

ЛЕКЦИЯ № 12

Резьбонарезание.

Резьба — сложная винтовая поверхность со строгими требованиями по точности и качеству обработки. **Резьбонарезание** — сложный технологический процесс.

Виды (классификация) резьб:

По назначению:

- ◆ Крепежные резьбы (служат для крепления);
- ◆ Ходовые резьбы (для перемещения).

По направлению захода:

- ◆ Правыми;
- ◆ Левыми.

По расположению на детали:

- ◆ Наружные;
- ◆ Внутренние.

По профилю резьбы:

- ◆ Трапецевидные;
- ◆ Прямоугольные;
- ◆ Круглые;
- ◆ Специальные.

По числу заходов:

- ◆ Однозаходные;
- ◆ Многозаходные.

В нашей стране применяются только метрические резьбы.

Резьба может быть образована методами резания и методами пластического деформирования.

К резьбонарезному инструменту относятся:

- ◆ Резьбовые резцы (смотри рисунок 12-1);
- ◆ Метчики (смотри рисунок 12-6 и рисунок 12-7);

- ◆ Плашки (смотри рисунок 12-3);
- ◆ Резьбонарезные головки;
- ◆ Фрезы (смотри рисунок 12-4);
- ◆ Резьбонарезные гребешки;
- ◆ Одно- или многониточные шлифовальные круги.

Все выше указанные инструменты выполняют нарезание резьбы по методу резания (со снятием стружки). По методу пластического деформирования работают накатные гребенки и ролики.

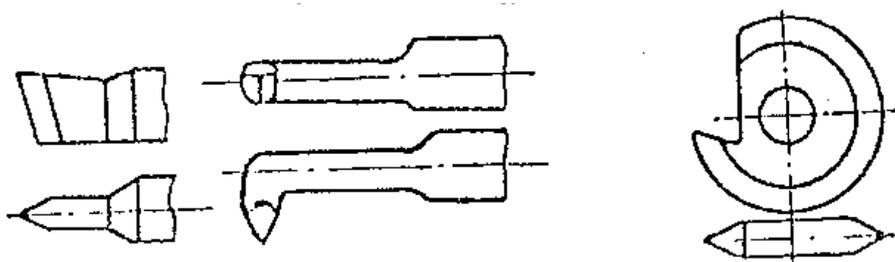


Рисунок 12-1

На рисунке 12-1 представлены резьбонарезные резцы:

- ◆ Слева односторонние стержневые резцы (рисунок 12-1а — для наружных резьб; рисунок 12-1б — для внутренних резьб);
- ◆ Справа односторонние дисковые резцы для наружных и внутренних резьб (смотри рисунок 12-1в).

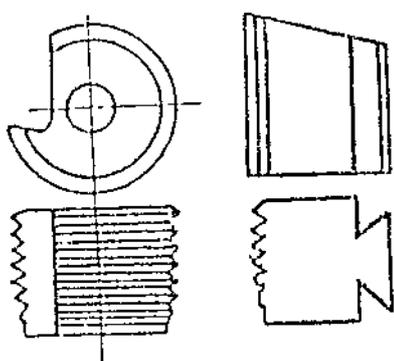


Рисунок 12-2

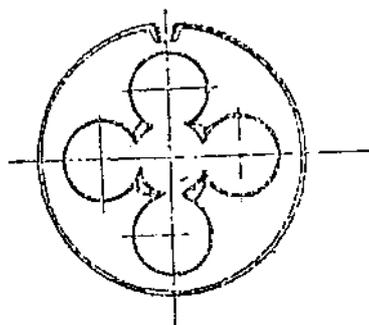


Рисунок 12-3

На рисунке 12-2 изображены гребенчатые резцы для наружной и внутренней резьбы:

- ◆ На рисунке 12-2а (слева) — круглые;
- ◆ На рисунке 12-2б (справа) — призматические;

На рисунке 12-3 представлена круглая плашка для наружных резьб.

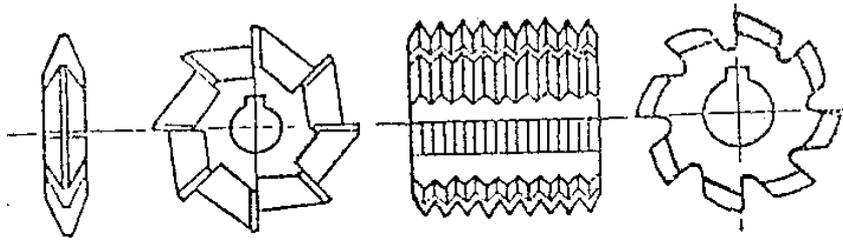


Рисунок 12-4

На рисунке 12-4 изображены резьбонарезные фрезы:

- ◆ Слева дисковые для наружных резьб;
- ◆ Справа гребенчатые фрезы для наружных и внутренних резьб.

Принципиальные кинематические схемы при резьбонарезании.

По схеме на рисунке 12-5 работают резьбовые резцы, плашки и резьбонарезные головки. D_u — это перемещение на один шаг резьбы за один оборот детали.

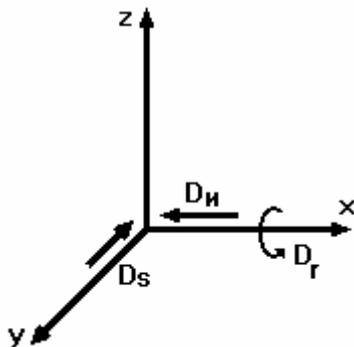


Рисунок 12-5

Особенность резьбонарезания состоит в том, что наряду со срезанием припуска режущий инструмент должен обеспечивать точность формы нарезаемого профиля.

Резьба характеризуется:

- ◆ Шагом резьбы t ;
- ◆ Наружным диаметром D ;
- ◆ Средним диаметром d_2 ;
- ◆ И внутренним диаметром d .

Все эти параметры строго нормируются стандартами.

Нарезание резьбы метчиком.

На рисунке 12-6 представлены параметры геометрии режущей части метчика. Метчики бывают слесарные ручные и машинные, а также бывают машинно-ручные. Метчик работает по генераторной схеме резания. Задние поверхности метчика затылованы, то есть, сформированы специальным образом на специальных затыловочных станках. Величина затылования определяются параметром k – коэффициентом падения затылка.

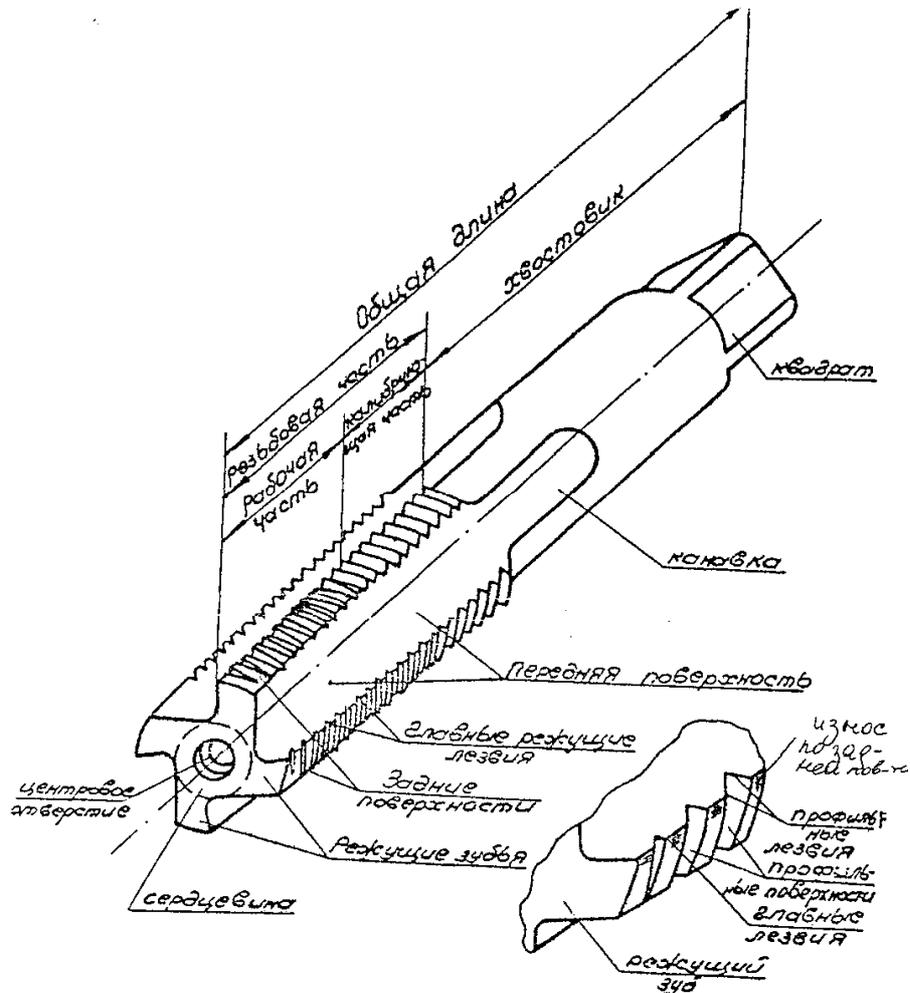


Рисунок 12-6

На рисунке 12-7 представлена увеличено резьбовая часть метчика. На нем учитываются резьбовая часть l , рабочая часть l_1 и калибрующая часть l_2 , а также основные геометрические параметры.

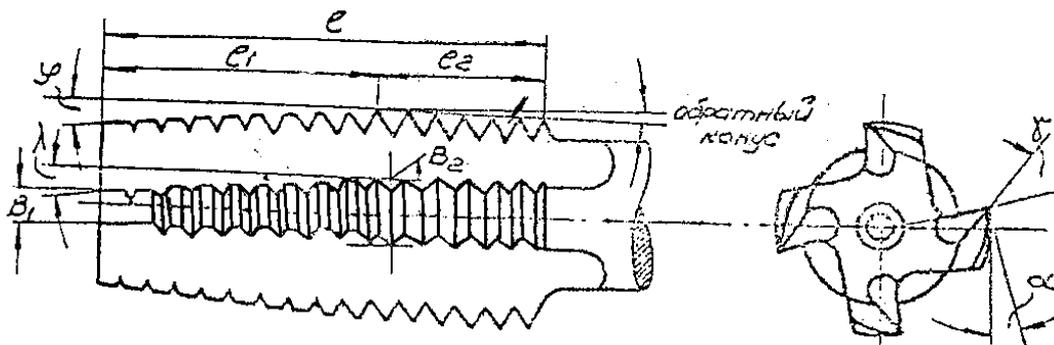


Рисунок 12-7

Наиболее распространенным способом затылования является затылование по спирали Архимеда. Задний угол определяется по формуле $\tan \alpha = \frac{k \cdot z}{\pi \cdot d}$, где z — число зубьев метчика, k — коэффициент падения затылка.

Метчики изнашиваются в основном по задней поверхности. Величина срезаемого слоя при резбонарезании определяется по формуле $a_z = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi$, где P — шаг резьбы; φ — главный угол в плане. $a_z \geq 0,02$ мм если стружка будет тоньше, то она будет сопоставима с r и будет не резание, а пластическое деформирование. На процесс резбонарезания очень сильно влияет угол φ .

$$k_1 \cdot M_{рез} \leq M_{разруш.} \quad M_{рез} = \frac{d^{1,25} \cdot P^{1,75} \cdot z^{0,2}}{(\tan \varphi)^{0,2}}$$

Где k_1 коэффициент, учитывающий износ метчика $k_1 = 2 \dots 2,5$. Если стоит равенство мы получим такой угол в плане, при котором произойдет разрушение метчика. Чем больше угол φ , тем ниже стойкость метчика.

Стружечные канавки метчиков могут иметь различную форму и определяются условиями резания. Стружечные канавки бывают (смотри рисунок 12-8):

- ◆ Образованные одним радиусом (рисунок 12-8 слева);
- ◆ Образованные двумя радиусами (рисунок 12-8 посередине);
- ◆ Прямоугольной формы (рисунок 12-8 справа).

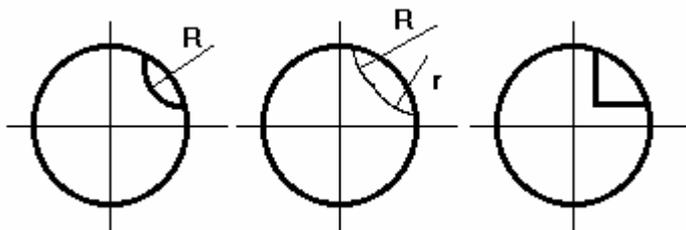


Рисунок 12-8

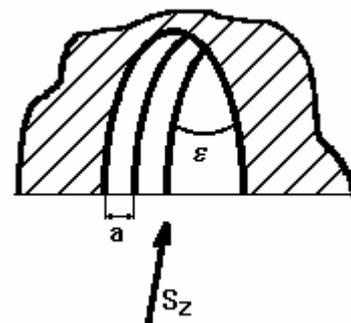


Рисунок 12-9

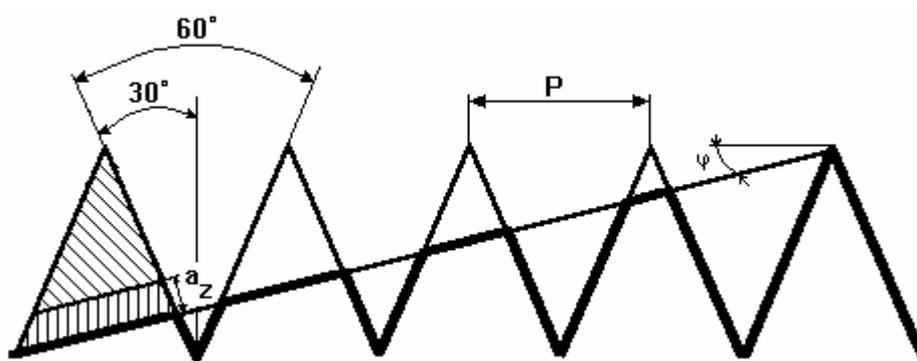


Рисунок 12-10

При правильно определенных размерах канавки заклинивания стружки не происходит. У резьбы нормируется и сам угол и половина угла (смотри рисунок 12-10).

Метчик работает по генераторной схеме резания, метод удаления припуска — групповой.

Число зубьев метчика:

- ◆ От 2...34 мм — 3-4 зуба;
- ◆ От 36...50 мм — 4-6 зубьев.

Метчики стандартизованы. На метчиках для сквозных отверстий $\varphi = 9...15^\circ$, а для глухих отверстий $\varphi < 30^\circ$.

Нарезание резьбы плашкой.

Круглые плашки предназначены для нарезания наружной резьбы и для калибровки уже нарезанной резьбы на детали. Все плашки стандартизованы. Нарезание резьбы плашками может осуществляться и машинным и ручным способами. Резьба нарезается за один проход с реверсированием, которое необходимо для снятия плашки с детали. Плашки изготавливают из материалов, которые имеют минимальные остаточные напряжения после термообработки. К этим материалам относятся: легированные стали ХВГ, 9ХС и другие. Плашки базируются по торцевой поверхности.

Типы резьбовых резцов.

1). Цельно-стержневые резцы из быстрорежущей стали, или с наклеенными пластинками твердого сплава или сверх твердого материала (СТМ).

2). Стержневые отогнутые. Имеют низкую размерную стойкость, то есть время в течение, которого инструмент может выполнить требуемое качество поверхности и размеров.

3). Призматические и круглые, одно и много ниточные резцы (фасонные резцы).

Геометрические параметры режущей части резьбового инструмента.

Резьбовой резец работает с подачей вдоль боковой стороны профиля резьбы. Размерная стойкость резьбовых резцов лежит от 20...60 минут. Передний угол γ изменяется от 0...25 градусов для черновых резцов, а для чистовых равен 0. Задний угол колеблется в пределах от 10...20 градусов.

Лекция № 13

Процессы и инструмент абразивной обработки.

Шлифованием называют метод обработки резанием, при котором припуск удаляется множеством абразивных зерен имеющих случайную форму и размеры. В основе механизма резания при шлифовании лежит метод царапанья. Зерна в целом объединены в особый инструмент называемый **шлифовальным кругом**. Взаимное распределение зерен в шлифовальном круге также носит случайный характер. Шлифование является окончательным видом обработки и в значительной степени определяет эксплуатационные характеристики деталей.

Шлифование позволяет получать точность размеров (поверхности) до 6 качества и шероховатость $R_a=0.08$ мкм.

Основные схемы шлифования.

Схема плоского шлифования приведена на рисунке 13-1. $V_{ш} = 30...40 \frac{м}{с}$; $S_{нон.} = 0.01...0.05 \frac{мм}{дв.ход}$. На рисунке 13-2 приведена схема круглого наружного шлифования.

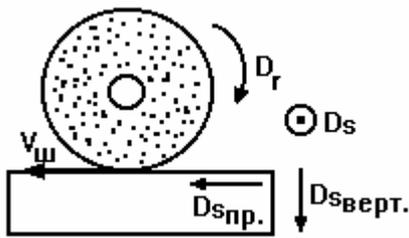


Рисунок 13-1

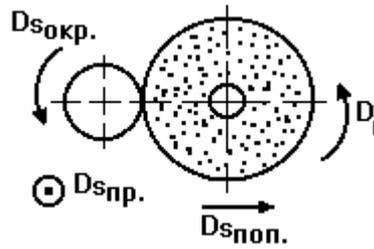


Рисунок 13-2

Схема круглого внутреннего шлифования представлена на рисунке 13-3. На рисунке 13-4 изображена схема торцевого шлифования.

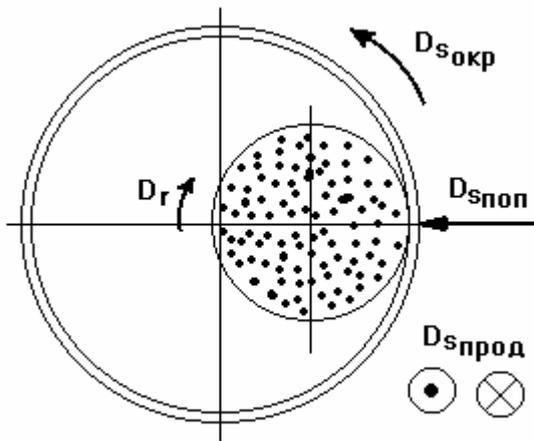


Рисунок 13-3

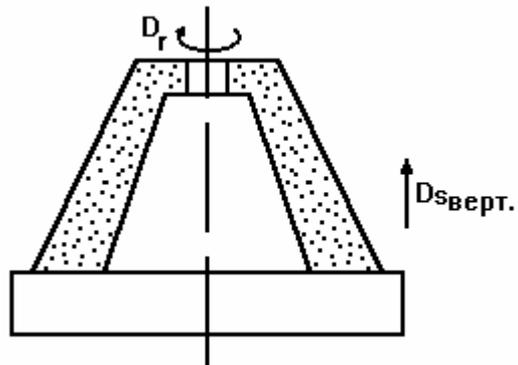


Рисунок 13-4

Рисунки 13-5 и 13-6 показывают принципиальные кинематические схемы шлифования. На рисунке 13-5 представлена схема для плоского шлифования. Рисунок 13-6 — для остальных рассмотренных выше видов шлифования.

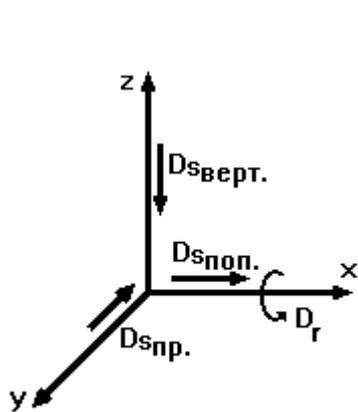


Рисунок 13-5

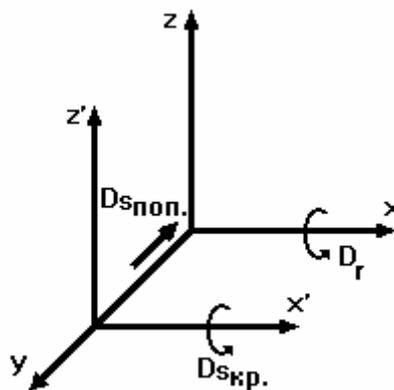


Рисунок 13-6

Структура шлифовальных кругов.

Шлифовальный круг состоит из абразивных зерен, обладающих высокой твердостью и теплостойкостью, связки (керамической, металлической, органической и других), а также пор, которые играют роль впадин для размещения стружки. С большим приближением шлифовальный круг можно рассматривать как фрезу с большим количеством зубьев. Поэтому параметры срезаемого слоя при шлифовании определяются также как и при фрезеровании.

Углы резания при шлифовании колеблются в очень широких пределах γ от -75 до 75 градусов, а α до 12 градусов. Соотношение объемов зерен и пор называют **структурой круга**. Выделяются следующие виды структур:

- ◆ Плотная структура применяется для тонкого отделочного шлифования.
- ◆ Средние структуры для получистового и чистового шлифования.
- ◆ Открытые структуры — для чернового и обдирочного шлифования. В открытых структурах стружка выбрасывается центробежными силами.
- ◆ Очень открытые структуры используются для обработки мягких материалов.

Зернистость абразивного материала.

Зернистость — одна из основных характеристик абразивного материала (абразивных зерен). После дробления зерен до требуемой величины (максимальный размер зерна менее 2 мм) их сортируют по размерам (просеивают через сито или обрабатывают центрифугированием — обработка на центрифуге). По ГОСТу различают следующие размеры абразивных зерен:

- ◆ Шлифозерно (от $2000 \dots 100$ микрон);
- ◆ Шлифопорошок (от $125 \dots 40$ микрон);
- ◆ Микропорошок (М63...М14 в микронах);
- ◆ Тонкий порошок (М10...М3 в микронах).

Зерну, которое задерживается на сите, присваивается номер зернистости соответствующий размеру ячейки сита в микронах. Например, зернам, прошедшим ячейку 250×250 микрон, но задержавшимся на сите 200×200 микрон присваивают номер 20. Совокупность зерен от $250 \dots 200$ микрон называется **основной фракцией**. В любом абразивном инструменте основная фракция составляет от $40 \dots 60\%$. Чем больше размер зерна (выше зернистость), тем больше прочность абразивного круга и хуже шероховатость обработанной поверхности. Наиболее часто используют круги с размером зерна от $400 \dots 160$ микрон.

Для алмазного и эльборного инструмента зернистость маркируется (обозначается) дробью. Например, $\frac{160}{125}$, где числитель — размер верхнего сита, а знаменатель — размер нижнего.

Зернистость следует увеличивать в следующих случаях:

- ◆ При увеличении припуска на обработку;

- ◆ При снижении требований к точности и шероховатости обрабатываемой поверхности;
- ◆ При уменьшении твердости и увеличении вязкости обрабатываемого материала;
- ◆ При замене керамической связки на органическую связку.

Форма шлифовальных кругов.

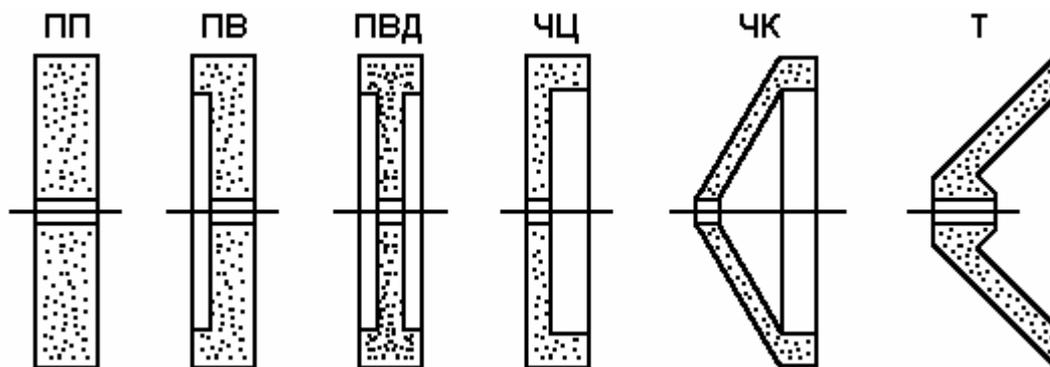


Рисунок 13-7

По форме шлифовальные круги подразделяют (смотри рисунок 13-7):

- ◆ Прямой плоский шлифовальный круг (ПП);
- ◆ Прямой с выточкой шлифовальный круг (ПВ);
- ◆ Прямой с двойной выточкой шлифовальный круг (ПВД);
- ◆ Чашечный цилиндрический шлифовальный круг (ЧЦ);
- ◆ Чашечный конический шлифовальный круг (ЧК);
- ◆ Торойчатый шлифовальный круг (Т).

Твердость абразивных инструментов.

Твердость абразивных инструментов характеризуется соотношением связки и абразивного инструмента, а также вырыванием зерен под действием внешних сил.

Абразивные инструменты по твердости делят на 8 степеней, начиная от весьма мягких (ВМ) до чрезвычайно твердых (ЧТ).

Некоторые примеры маркировки:

- ◆ СМ — средней мягкости,
- ◆ СТ — средней твердости,
- ◆ ВТ — высокой твердости и другие.

Чем выше твердость абразивного круга, тем медленнее он изнашивается. Износ режущих зерен состоит в округлении режущих кромок в процессе работы, что увеличивает трения, силы и температуру.

Если твердость круга выбрать слишком маленькой, то зерна быстро изнашиваются и круг не может реализовать свои режущие свойства. При правильно выбранной твердости круга, круг работает в режиме **самозатачивания** — возрастающие силы резания и трения на затупившихся зернах, вырывают их с поверхности круга, тем самым, открывая острые кромки других зерен.

Явление засаливания шлифовальных кругов.

Микростружка, срезанная отдельным зерном, может размещаться только в объеме поры. Если обрабатываемый материал является очень вязким, то поры на поверхности круга быстро заполнятся стружкой, то есть круг засаливается и теряет способность резать, поскольку обрабатываемый материал контактирует не с абразивным материалом, а с металлом в порах.

Правка кругов (восстановление режущих способностей) осуществляется с помощью алмазного карандаша или других инструментов с целью снятия изношенной и засаленной поверхности круга.

Износ абразивных кругов.

Износ кругов происходит вследствие образования на вершинах зерен площадок износа с углом $\alpha=0$. А также из-за вырывания зерен из связки под действием сил резания. Структура абразивных кругов характеризуется соотношением объемов между объемным содержанием зерен и связки, и обозначается номерами от 0...12.

Обозначения абразивных кругов.

На рисунке 13-8 показана схема обозначения абразивных кругов.

15A 40 C2 5 K5

Абразивный материал		Зернистость		Твердость			Структура	Связка		
Вид	Обозн.	Группа	Обозн.	Мягкие	Средние	Твердые		Вид	Обозн.	
Электрокорунд нормальный	16A	Шлифзерно	200	BM1	CM1	T1	1	Керами- ческая "К"	1	
	15A		160	BM2	CM2	T2	2		5	
	14A		125	M1	C1	BT1	3		6	
	13A		100	M2	C2	BT2	4		7	
	12A		80	M3	CT1	CT1	5		8	
Электрокорунд белый	25A		63	CT2	CT2		6		Бакели- товая "Б"	1
	24A		50	CT3	CT3		7			2
	23A		40				8			3
	22A		32				9	Вулкани- товая "В"	1	
Электрокорунд хромистый	34A		25				10		2	
	33A	20				11	3			
	32A	16				12				
Монокорунд титанистый	37A	Шлифпорошки	12				Магнези- альная "М"			
Монокорунд	45A		8					Силикатная "С"		
	44A		6						Глифта- лиевая "ГФ"	
	43A		5							
Карбид кремния черный	55С		4							
	54С		3							
Карбид кремния зеленый	53С		Микропорошки	M63						
	64С			M50						
	63С			M40						
				M28						
		M20								
Тонкие микропорошки		M14								
		M10								
		M7								
		M3								

Рисунок 13-8

ЛЕКЦИЯ № 14

Процессы и инструмент абразивной обработки (окончание).

Кроме шлифования к абразивной обработке относятся:

- ◆ Хонингование;
- ◆ Суперфиниширование;
- ◆ Доводка.

На рисунке 14-1 изображена принципиальная схема хонингования. **Хонингование** применяется для обработки внутренних цилиндрических поверхностей с высокими требованиями к качеству поверхности (припуск на хонингование составляет 0.1...0.01 мм).

Суперфиниширование — процесс сходный с хонингованием, но отличающийся более высокой частотой и амплитудой колебаний по сравнению с хонингованием. Применяются более мелкозернистые бруски, и достигается лучшее, по сравнению с хонингованием, качество поверхности.

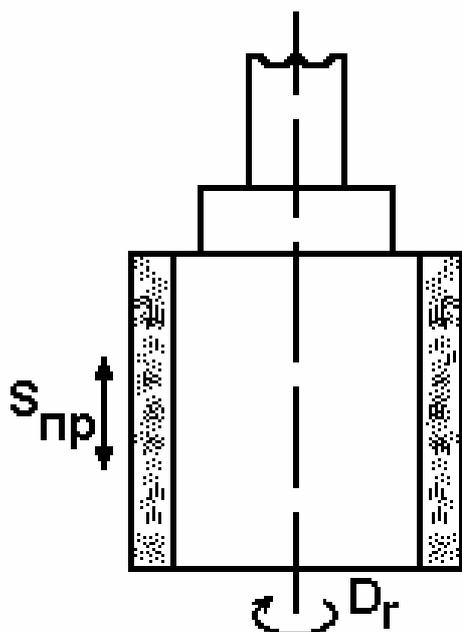


Рисунок 14-1



Рисунок 14-2

На рисунке 14-2 изображена принципиальная схема доводки. **Доводка** обеспечивает еще лучшее качество поверхности и большую точность по сравнению с предыдущими методами. Здесь используется сводные не связанные абразивы в виде паст и суспензий. Они попадают в зазор между обрабатываемой поверхностью и инструментом, который называется **притиром**. Физический смысл доводки — избирательное срезание вершин микро выступов. Припуск на обработку 10...20 мкм.

Особенности процесса абразивной обработки.

1. Резание с большими отрицательными передними углами.
2. Неравномерное распределение режущих кромок, как по высоте, так и по шагу между ними.
3. Массовое микро резание абразивными зёрнами.
4. Съем материала происходит в затруднительных условиях путем реализации двух процессов. Первый — царапанья, а второй — изнашивания при интенсивном трении.

Смазочно-охлаждающие технологические среды при обработке резанием.

Совершенствование методов обработки резанием и их интенсификация сопровождаются повышением скорости резания и увеличением объема снимаемой стружки в единицу времени. В этих условиях смазочно-охлаждающие технологические среды (СОТС) играют роль фактора, стабилизирующего процесс обработки, а с другой стороны снимают интенсивность тепловых нагрузок. И обеспечивают эвакуацию из зон резания продуктов износа режущего инструмента и стружку.

Применение смазочно-охлаждающих технологических сред позволяет увеличить стойкость режущего инструмента 1,5...5 раз (по сравнению с резанием “в сухую”) при

этом достигается повышение качества обработки и точности. Современные смазочно-охлаждающие технологические среды — сложные многокомпонентные системы, в которых огромное значение играет не только состав, но и качество компонентов входящих в них. Смазочно-охлаждающие технологические среды бывают:

- ◆ Жидкие (как наиболее распространенные);
- ◆ Твердые;
- ◆ Газообразные.

Наибольшее распространение получили следующие смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ):

1). **Масляные смазочно-охлаждающие жидкости** в состав которых входят:

- ◆ Минеральные масла, как база;
- ◆ Антиизносные (фосфатиды) присадки;
- ◆ Антизадирочные (серу и хлор) содержащие присадки;
- ◆ Ингибиторы коррозии (щелочноземельные соли некоторых металлов),
- ◆ Антиоксиданты, антипенные и антитуманые (полимеры) присадки.

Масла от общего объема 60...95%. Как правило, нафтелиновые или парафиновые масла.

2). **Водные эмульсии минеральных масел**. Их готовят на месте применения, (они бывают 1...10%) из эмульсолов в состав которых входят:

- ◆ Базовые масла (70...85%);
- ◆ Эмульгаторы (поверхностно активные вещества);
- ◆ Вещества связки (технические спирты), которые предназначены для связывания масел с эмульгаторами;
- ◆ Антипенные, антиизносные, антизадирные присадки;
- ◆ Бактерициды (для защиты от микробиологических поражений, которые являются причиной потери свойств СОЖ, а также причиной кожных заболеваний персонала).
- ◆ В СОЖ добавляют 0,05...0,15% формальдегида.

3). **Синтетические СОЖ**. Они бывают двух видов:

- ◆ Водные низкомолекулярные полимеры и поверхностно активные вещества. Концентрация 1...10%.
- ◆ Водные растворы ингибиторов коррозии (типа неорганических солей). Концентрацией 1...2%.

Они также готовят на месте из концентратов, аналогично эмульсиям. Обычно 50-70% концентратов, а остальное — вода.

Типовые марки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

В настоящее время существует очень много различных марок СОЖ. Рассмотрим только наиболее распространенные (известные) марки.

1). ОСМ-3 — мало вязкое масло с антиизносными и антизадириными присадками (в основном на основе хлора (Cl) и серы (S)).

2). Укринол-1 — эмульсон на основе минерального масла, эмульгаторов и ингибиторов коррозии.

3). Аквол-2 — он аналогичен Укренолу-1, но добавлены антиизносные и антикоррозийные присадки.

4). Сульфазрезол — осерненное (1,7%) минеральное масло.

5). С8265 (Англия), Боройл (Германия), Даско (США) — все это эмульсоны на основе минерального масла, эмульгаторов и ингибиторов коррозии.

В ряде случаев обработку целесообразно вести с применением твердых СОТС (смазочно-охлаждающих технологических сред). Таких как:

- ◆ Дисульфида молибдена (Mo) или вольфрама (W);
- ◆ Графитовой пасты с наполнителем.

Для обработки магниевых сплавов, как правило, применяются газовые технологические среды (среды инертных газов: неон (Ne) и другие). Кроме того на чистовых методах обработки дает положительный эффект применение охлажденного ионизированного воздуха.

Эффекты воздействия СОЖ.

1). **Смазочный эффект**, то есть препятствует непосредственному контакту обрабатываемого и инструментального материала, что в большинстве случаев улучшает условия резания. Но имеет место отрицательный эффект связанный с образованием смазочной пленки на контактирующих поверхностях.

2). **Диспергирующий эффект** — эффект академика Ребиндера. Он состоит в том, что если в зону обработки ввести сильно поверхностно активную среду, то достигается охрупчивание твердых тел и облегчение процесса его разрушения. В этом случае стружка идет не сливная, а имеет место диспергированный конгломерат частичек шириной 0,1 мм в микрообъемах применительно к лезвию инструмента имеет место процесс растяжения.

3). **Суммарный эффект**. Обеспечивается воздействием первых двух.

4). **Охлаждающий эффект** — эффект снижающий контактные температуры. Например, установившееся тепловое поле при точении в сухую устанавливается в режущем клине в течение 300...400 секунд, а при использовании СОЖ всего за 5...10 секунд.

5). **Моющий эффект** направлен на непрерывную эвакуацию из зоны обработки (резания) продуктов износа инструмента, мелкой стружки, а также карбидов выбитых из структуры материала инструмента. Он имеет первостепенное значение при выполнении

финишных операций, а также при других видах тонкой обработки, как абразивной, так и лезвийной.

ЛЕКЦИЯ № 15

Классификацию экономических эффектов можно представить в следующем виде (рис. 15-1). На основе ранее принятых признаков указанные в классификации группировки характеризуют объективно обусловленные границы экономии затрат, а также соответствующие им связи между формой и местом проявления экономии. Характер связей и место проявления экономии непосредственно определяются особенностями процесса создания и эксплуатации оснастки как машиностроительного изделия на предприятии. Стремление охватить максимально возможное количество связей чрезмерно осложнило бы математическое описание совокупной экономии, а также существенно ограничило бы возможность практического применения результатов измерения.

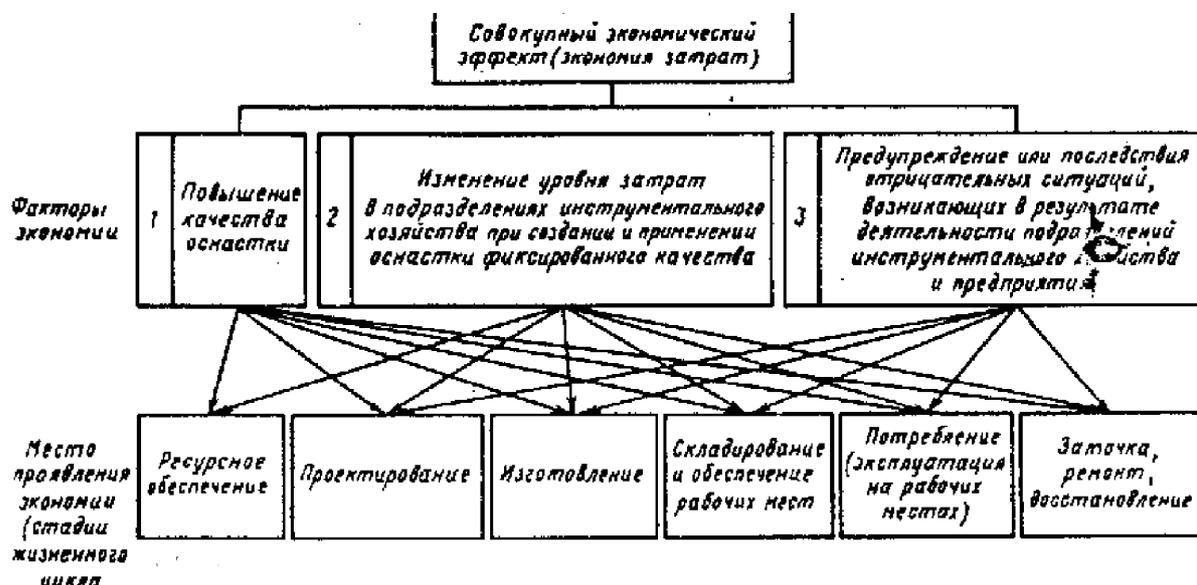


Рисунок 15-1

Указанной классификации соответствует следующая общая модель экономии затрат в ИО:

$$\Delta \mathcal{E}_0 = \Delta \mathcal{E}_{нкч} + \Delta \mathcal{E}_{фкч} + \Delta \mathcal{E}_{ос};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{нкч} = \Delta \mathcal{E}_{нкч}^{пост} + \Delta \mathcal{E}_{нкч}^{пр} + \Delta \mathcal{E}_{нкч}^{изг} + \Delta \mathcal{E}_{нкч}^{хр} + \Delta \mathcal{E}_{нкч}^э + \Delta \mathcal{E}_{нкч}^{рем};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{фкч} = \Delta \mathcal{E}_{фкч}^{пост} + \Delta \mathcal{E}_{фкч}^{пр} + \Delta \mathcal{E}_{фкч}^{изг} + \Delta \mathcal{E}_{фкч}^{хр} + \Delta \mathcal{E}_{фкч}^э + \Delta \mathcal{E}_{фкч}^{рем};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{ос} = \Delta \mathcal{E}_{ос}^{пр} + \Delta \mathcal{E}_{ос}^{изг} + \Delta \mathcal{E}_{ос}^{хр} + \Delta \mathcal{E}_{ос}^э + \Delta \mathcal{E}_{ос}^{рем};$$

Где $\Delta \mathcal{E}_0$ — совокупная экономия затрат в ИО, руб./год;

$\Delta \mathcal{E}_{нкч}$ — общая экономия затрат, обусловленная изменением качества оснастки, руб./год;

$\Delta \mathcal{E}_{фкч}$ — общая экономия, обусловленная изменением затрат, не связанных с изменениями качества оснастки, руб./год;

$\Delta \mathcal{E}_{ос}$ — общее изменение затрат, обусловленное предупреждением или последствиями отрицательных ситуаций, возникающих в результате функционирования инструментального хозяйства, руб./год;

$\Delta \mathcal{E}_{нкч}^{пост}$, $\Delta \mathcal{E}_{нкч}^{пр}$, $\Delta \mathcal{E}_{нкч}^{изг}$, $\Delta \mathcal{E}_{нкч}^{хр}$, $\Delta \mathcal{E}_{нкч}^{э}$, $\Delta \mathcal{E}_{нкч}^{рем}$ — это изменения затрат, обусловленные изменением качества оснастки, соответственно на стадиях ресурсного обеспечения, проектирования, изготовления, складирования, эксплуатации, ремонтно-восстановительных работ, руб./год;

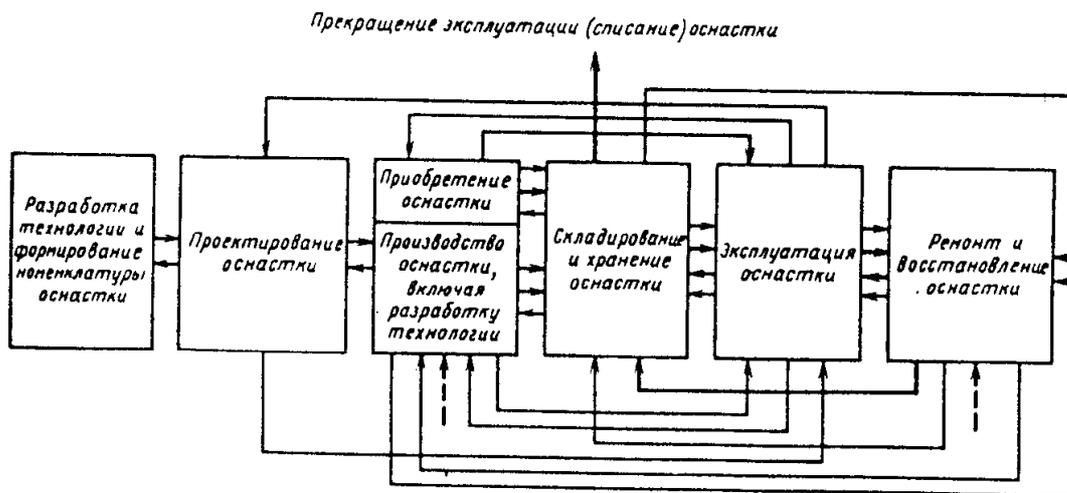


Рис. 15-1. Общая схема процесса инструментального обслуживания (в схему не включены потоки материалов и полуфабрикатов для ремонта оснастки): - - - → потоки материалов и полуфабрикатов для изготовления оснастки; → материальные потоки готовой оснастки; → информационные потоки

Рисунок 15-2

Основы
и режущий инструмент.

процесса

резания

(Курс лекций за 2 семестр)

Лектор: инженер, к.т.н. доцент
Зеленцова Наталия Федоровна

Оглавление:

Лекция № 1	14 февраля 2000 года.....	63
Этапы проектирования режущего инструмента.		63
Базовые поверхности.		64
Виды базовых поверхностей.		64
Плоскость.		65
Лекция № 2	21 февраля 2000 года.....	65
Базовые цилиндрические поверхности.		66
Внутренние базовые цилиндрические поверхности.		67
Лекция № 3	28 февраля 2000 года.....	67
Базовые конические поверхности.		67
Внутренние базовые конические поверхности.		68
Центровые отверстия.		69
Лекция № 4	6 марта 2000 года	69
Рифли.....		69
Резцы.		70
Основные типы резцов.....		70
Лекция № 5	13 марта 2000 года	72
Основные вида обработки резанием.		72
Лекция № 6	20 марта 2000 года	73
Конструирование элементов завивания и дробления стружки.		73
Инструмент с механическим креплением.....		73
Конструкции резцов с механическим креплением твердосплавной пластины. ...		74
Несколько примеров конструкций резцов с механическим креплением режущих пластин.....		75
Фасонные резцы.....		76
Классификация фасонных резцов.		76
Лекция № 7	27 марта 2000 года	77
Технические требования на фасонные резцы.		77
Инструмент для обработки отверстий.		77
ГОСТы на сверла.		77

Элементы спирального сверла.	78
Элементы режущей части сверла.	79
Лекция № 8 3 апреля 2000 года.....	80
Элементы режущей части сверла (продолжение).....	80
Методы улучшения геометрии рабочей части сверла.	81
Лекция № 9 10 апреля 2000 года.....	82
Сверла (продолжение).	82
Зенкеры.	84
Лекция № 10 17 апреля 2000 года.....	85
Расчет и конструирование разверток.	85
Конструктивные и геометрические параметры разверток.	86
Число и направление зубьев разверток.....	88
Лекция № 11 17 апреля 2000 года.....	88
Развертки (продолжение).	88
Геометрия режущей части развертки.....	89
Фрезы.	90
Классификация фрез.....	90
Конструкции и геометрические параметры фрез.	91
Расчет цилиндрических фрез.....	92
Форма зубьев острозаточенных фрез.....	92
Лекция № 12 6 мая 2000 года.....	92
Сборные конструкции фрез.....	92
Инструмент для образования резьбы.	92
Расчет и конструирование метчиков.....	93
Виды метчиков.....	93
Области применения метчиков.	94
Конструктивные элементы метчика, подлежащие расчету.....	95
Лекция № 13 15 мая 2000 года.....	96
Расчет и конструирование метчиков (продолжение).	96
Задние углы метчика.....	96
Нарезание резьбы плашками.	97

Лекции по основам процесса резания и режущему инструменту

Основные конструктивные элементы плашки подлежащие расчету.....	98
Лекция № 14 22 мая 2000 года.....	99
Нарезание резьбы плашками (продолжение).....	99
Резьбонарезные головки.....	99
Особенности проектирования многоинструментальных наладок.....	99

ЛЕКЦИЯ № 1

Этапы проектирования режущего инструмента.

1) Подготовительный этап.

- a) Определение исходных данных на проектирование:
 - вид технологических операций и требования к ним;
 - материал заготовки и его физико-механические характеристики;
 - станок (вид оборудования);
 - предыдущая операция;
 - технологические приспособления для установки заготовки;
 - Вывод: можно установить вид режущего инструмента.
- b) Определение и выбор конструктивных элементов:
 - определение инструментального материала;
 - подбор и состав нормативов;
 - Результат: предварительные данные о режущем инструменте.
- c) Определение исходных размеров инструмента:
 - расчет по эмпирическим зависимостям или по функциональным зависимостям параметров режущих кромок, прочность, размещение стружки, профиля и так далее.

2) Расчет режущего инструмента.

- a) Выбор объекта расчета:
 - геометрические параметры;
 - расчет на прочность;
 - точность;
 - ресурс режущего инструмента.
 - Результат: выбираем, как рассчитывать (по каким критериям) режущий инструмент.
 - b) Методы расчета:
 - методы графического проектирования (расчеты отсутствуют);
 - расчет по аналогу;
 - графический расчет;
 - аналитический расчет.
 - c) Выбор критериев оптимизации:
 - точность;
 - качество обработки;
 - максимальная стойкость режущего инструмента;
 - максимальная производительность обработки;
 - минимальная себестоимость обработки.
 - Замечание: выбор критерия оптимизации зависит от частного случая.
 - d) Методы оптимизации:
-

- по сравнению выбранных параметров с оптимальными параметрами у аналогичных изделий;
 - нахождение экстремума целевой функции (нахождение оптимальных параметров);
 - нахождение области дозволённых оптимальных условий;
 - метод постепенного приближения.
- e) Составление алгоритма и программы расчета.
- f) Выбор средства расчета
- письменное решение;
 - калькулятор;
 - ЭВМ и так далее.
- g) Непосредственное проведение расчета.
- 3) Выполнение рабочих чертежей режущего инструмента.**
- a) Эскизный чертеж.
- b) Внесение изменений (если необходимо).
- c) Рабочий чертеж режущего инструмента.
- 4) Изготовление режущего инструмента.**
- 5) Экспериментальное подтверждение работоспособности режущего инструмента.**

Базовые поверхности.

Назначение базовых поверхностей.

1. Установить инструмент на станке относительно обрабатываемой детали;
2. Установить инструмент при его изготовлении;
3. Установить инструмент при его переточках;
4. Установить инструмент для контроля и тому подобное.

Требования к базовым поверхностям.

1. Обеспечение точности расположения инструмента;
2. Обеспечение прочности и жесткости закрепления режущего инструмента;
3. Обеспечение взаимозаменяемости режущего инструмента;
4. Обеспечение максимального числа переточек;
5. Обеспечение настройки инструмента на размер (как на станке, так и вне его);
6. Обеспечение быстроты смены инструмента.

Виды базовых поверхностей.

1. Плоскость;
2. Сочетание плоскостей;
3. Наружная или внутренняя цилиндрическая поверхность;
4. Наружная или внутренняя коническая поверхность;
5. Рифли.

Плоскость.

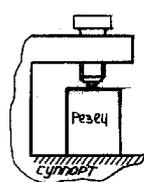


Рисунок 1-1

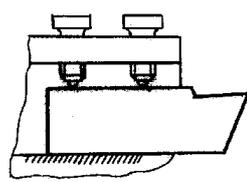
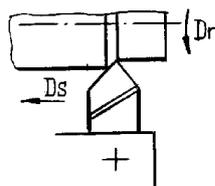


Рисунок 1-1



Базирование по двум плоскостям.

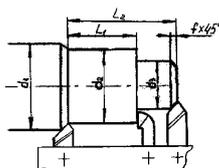


Рисунок 1-3

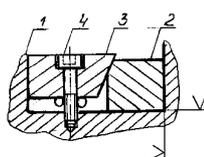


Рисунок 1-4

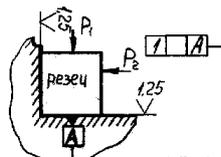


Рисунок 1-5

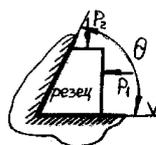


Рисунок 1-6

На рисунке 1-4 обозначено: 1 — корпус; 2 — резец; 3 — клин; 4 — болт. Разновидность базирования по двум плоскостям — клин. Угол $\theta=60...75^\circ$.

ЛЕКЦИЯ № 2

Ласточкин хвост (смотри рисунки 2-1 ... 2-5) используется как базовая поверхность на фасонных резцах, резьбовых резцах и гребенках, на автомат и полуавтоматах.

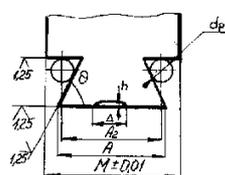


Рисунок 2-1

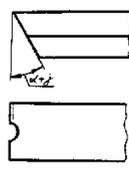


Рисунок 2-2

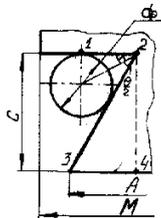


Рисунок 2-3

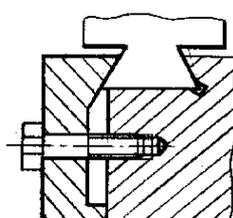


Рисунок 2-4

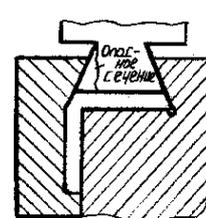


Рисунок 2-5

Особенность ласточкиного хвоста — строгий контроль точности изготовления по средствам роликов (диаметр роликов d_p). Диаметр ролика следует принимать соизмеримым с размером “с” и целыми числами: 8, 10, 12 ... (смотри Ануфриев том 1).

Виды крепления.

На рисунках 2-4 и 2-5 представлены два вида закрепления. Второй способ хуже, так как из-за напряжений возникает возможность поломки, образуется опасное сечение (смотри рисунок 2-5). Но зато второй способ технологичнее.

Базирование по 3 плоскостям.

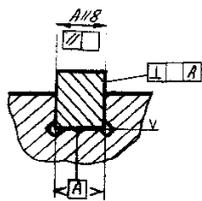


Рисунок 2-6

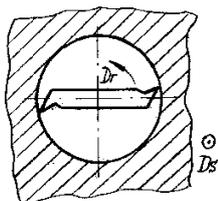
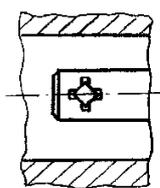


Рисунок 2-7



Смотри рисунок 2-6. В случае базирования по 3 плоскостям требуется точное изготовление паза и корпуса режущего инструмента.

Базирование по 4 плоскостям.

Смотри рисунок 2-7. Как и в предыдущем случае необходимо соблюдать требования по обеспечению параллельности и перпендикулярности базовых поверхностей.

Там где на рисунках не указана точность обработки, принять обработку: 0,63...1,25.

Базовые цилиндрические поверхности.

Используются для базирования инструмента, как правило, осевого типа (сверла, фрезы, развертки, метчики небольшого диаметра). На рисунке 2-8 представлено базирование сверла и торцевой фрезы, а на рисунке 2-9 — типы элементов для передачи крутящего момента.

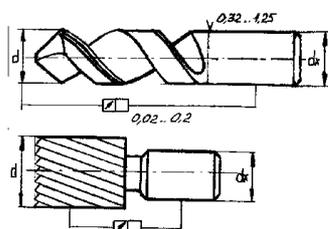


Рисунок 2-8

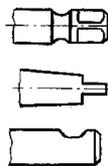


Рисунок 2-9

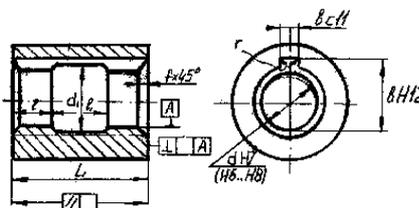


Рисунок 2-10

Квалитет:

- ◆ h8 — точное изготовление;
- ◆ h11 — обыкновенное изготовление.

Стандартные хвостовики: СТЭВ 151-75.

При передаче значительных крутящих моментов добавляются конструктивные элементы (смотри рисунок 2-9):

1. Квадрат (верхний рисунок);
2. Торцевая шпонка (средний рисунок);
3. Лыска (нижний рисунок).

Внутренние базовые цилиндрические поверхности.

Внутренние базовые цилиндрические поверхности (смотри рисунок 2-10) применяются при изготовлении фрез (червячно-модульные фрезы, червячно-шлицевые фрезы, фасонные фрезы, шеверы и т.д.), круглых фасонных резцов.

Расточка диаметром d_1 применяется при изготовлении инструмента длиной $L > 12$ мм и равна $0,2 \dots 0,5 L$. Применяется для улучшения центрирования инструмента на оправке. Если $L \leq 12$ мм, то $d_1 = d_0$. Точность размера d_0 выбирается в зависимости от точности изготовления инструмента:

H7 — обычный инструмент;

H6 — точный инструмент (зуборезные шеверы, долбяки, червячно-шлицевые фрезы, червячно-модульные фрезы).

ЛЕКЦИЯ № 3

Острые переходы на цилиндрических базовых поверхностях не допускаются (концентраторы напряжений при термообработке).

На размер d_0 — ГОСТ 9472-70, стандарт СТЭВ 149-75 и ряд чисел: 8, 10, 13, 16, 19, 22, 27, 32, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100.

Шпоночный паз делается в случае, если $L > 3$ мм. Если шпоночный паз отсутствует, то момент передается за счет трения по торцу.

Допуски на размер шпоночного паза отличаются от соответствующих допусков в деталях машин. Посадка более свободная для облегчения сборки-разборки.

Для больших наружных диаметров применяют торцевые шпонки.

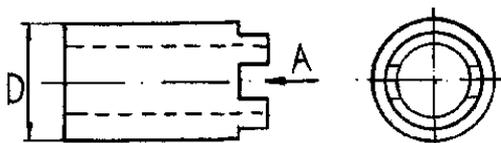


Рисунок 3-1

Перпендикулярности и параллельности торца предъявляются высокие требования ($0,05 \dots 0,1$ — обычный инструмент, до 5 мкм — точный инструмент), которые связаны с необходимостью, предотвратить биение инструмента. Если торцы непараллельные, то происходит изгиб оправки и биение зубьев.

Базовые конические поверхности.

Базовые конические поверхности бывают:

1. Наружные
2. Внутренние.

Область применения: осевой инструмент, переходные оправки, втулки.

Достоинства базовых конических поверхностей:

1. Хорошее центрирование инструмента;

2. Простота крепления инструмента;
3. Передача крутящего момента за счет сил трения.

Наружные базовые конические поверхности бывают:

1. Метрические конусы;
2. Конусы Морзе (конусность 1:19);
3. Укороченные конусы Морзе.

Стандарты на них: ГОСТ 2847-75 и СТЭВ 147-65.

Конусы (смотри рисунок 3-2) разделяют по номерам (от нуля до шести; чем выше номер, тем больше его размер) и степеням точности (АТ7, АТ8 ...; чем выше степень, тем ниже точность; АТ8 — наиболее часто используется).

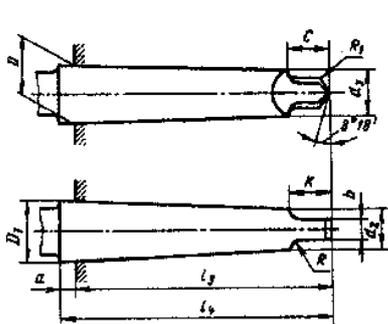


Рисунок 3-2

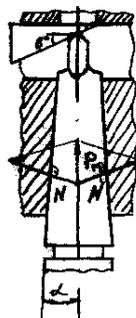


Рисунок 3-3

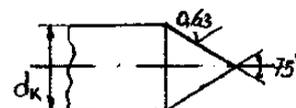


Рисунок 3-4

Расчет конуса на передачу крутящего момента.

Цель: подобрать параметры хвостовика для передачи требуемого крутящего момента, при условии, что момент трения больше момента резания: $M_{тр} > M_{рез}$.

Крепление силами трения осуществляется надежно, если процесс резания протекает стационарно. Если имеет место циклическая нагрузка и осевая сила направлена от шпинделя станка, то надежность крепления не обеспечивается и конус дополняют предохранительными элементами (смотри рисунок 3-3).

Например, при работе концевых фрез базовую поверхность инструмента прижимают к шпинделю за счет осевого винта.

Лапка крутящий момент не передает, а служит только для выбивания инструмента.

Разновидностью наружной конической поверхности является **наружный центр** для инструментов $d < 8$ мм (смотри рисунок 3-4).

Внутренние базовые конические поверхности.

Внутренние базовые конические поверхности (смотри рисунок 3-5) используются для насадного инструмента (например, зенкера и развертки) имеют те же преимущества, что и наружные базовые конические поверхности.

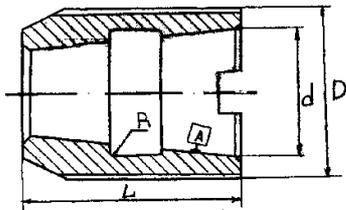


Рисунок 3-5

Поскольку конусность (1:30) большая, то условие момент трения больше момента резания не выполняется, и необходима торцевая шпонка.

Центровые отверстия.

Используются как технологическая база для крепления инструмента при его изготовлении, контроле и переточках.

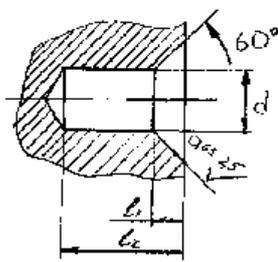


Рисунок 3-6

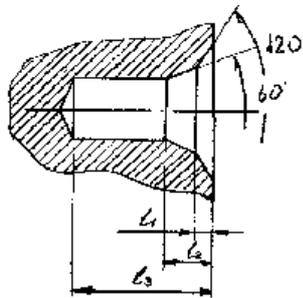


Рисунок 3-7

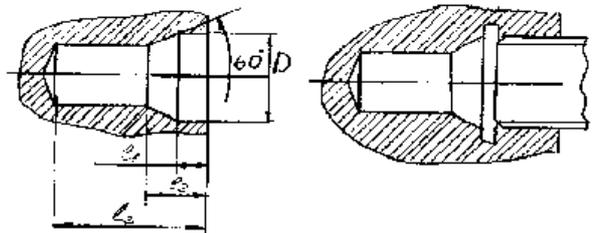


Рисунок 3-8

Тип А (смотри рисунок 3-6) используется для сверл, зенкеров, метчиков и других недорогих инструментов (влияние повреждения конусности не значительно).

Тип Б (смотри рисунок 3-7) центровое отверстие с предохранительным конусом, применим для дорогих инструментов.

Тип В (смотри рисунок 3-8) центровое отверстие с предохранительной пробкой, для особо дорогих инструментов (заливается масло, и заворачивается пробкой).

ЛЕКЦИЯ № 4

Рифли.

Рифли — служат для установки и крепления ножей в корпусе инструмента (резцы, фрезы, зенкеры). Для них установлен стандарт: ГОСТ 2568-71.

Шаг рифли: $P=0,75; 1,0; 1,25; 1,5$ мм.

Направление рифли:

- ◆ радиальное;
- ◆ осевое.

Рифли радиального типа изготавливаются методом долбления, канавка нужна для выхода долбежного резца.

Рифли осевого направления также изготавливаются долблением. Предпочтительное изготовление — рифли осевого направления, так как у них выше точность и технологичность.

Рифли обеспечивают очень хорошее зацепление, а также позволяют регулировать размер. Однако не позволяют проводить точную регулировку, поэтому после предварительной регулировки идет окончательная заточка, чтобы обеспечить требуемое биение лезвий инструмента.

Достоинства рифли:

1. Обеспечение надежного и жесткого (прочного) крепления;
2. Малые габариты крепления;
3. Обеспечение регулировки крепления;
4. Обеспечение взаимозаменяемости и многократности использования.

Недостатки рифли:

1. Возникновение напряжений при запресовании, что сказывается на эксплуатационных характеристиках инструмента;
2. Необходимость специальной технологической оснастки для их изготовления.

Резцы.

Резцы, как режущий инструмент, широко применяются при работе на токарных, строгальных, долбежных и револьверных станках, полуавтоматах, автоматах и других станках специального назначения.

Основные типы резцов.

Наименование резца согласно условно принятой классификации можно установить по следующим признакам:

- 1) По станку, на котором выполняется работа:
 - a) Токарные;
 - b) Долбежные;
 - c) Строгальные;
 - d) Затыловочные;
 - e) Автоматные.
- 2) По виду выполняемой работы:
 - a) Точение:
 - Проходные;
 - Упорные;
 - Подрезные;
 - Отрезные;
 - Прорезные;
 - Резьбовые;
 - Фасонные.
 - b) Растачивание:
 - Проходные — можно сделать отверстие;

- Подрезные резцы — можно сделать уступ.
- с) Строгание:
- Проходные;
 - Подрезные.
- d) Долбяки:
- Проходные двух сторонние;
 - Прорезные.
- 3) По направлению подачи:
- a) Правые (смотри рисунок 4-1);
 - b) Левые.
- 4) По конструкции рабочей части и ее положению относительно крепежной части:
- a) Прямой;
 - b) Отогнутый;
- 5) Изогнутый (положительные и отрицательные);
- a) Оттянутые (симметричные вправо и влево).
 - b) По форме главной режущей кромки:
 - c) Прямолинейные;
 - d) Криволинейные.
- 6) По форме передней поверхности:
- a) Плоская;
 - b) Плоская с фаской;
 - c) Криволинейная;
 - d) Криволинейная с фаской.
- 7) По способу изготовления:
- a) Цельный;
 - b) Составной:
 - c) Приваренный встык рабочей частью;
 - d) Режущей пластиной;
 - e) Сборный с механическим креплением режущей пластины.
- 8) По материалам режущей части:
- a) Быстрорежущая сталь;
 - b) Твердый сплав;
 - c) Минерало-керамика;
 - d) Эльбор
 - e) Алмаз.
- 9) По поперечному сечению крепежной части:
- a) Квадратные;
 - b) Прямоугольные;
 - c) Круглые.

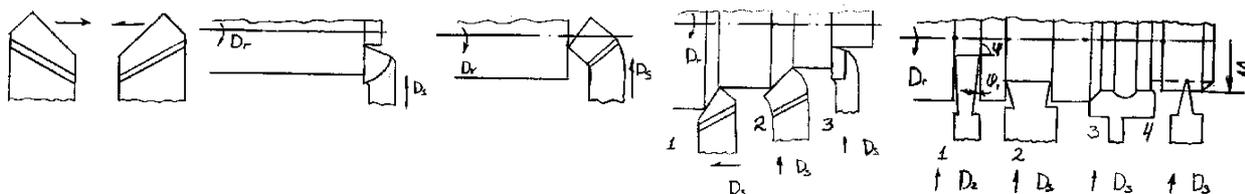


Рисунок 4-1

Рисунок 4-2

Рисунок 4-3

Рисунок 4-4

Рисунок 4-5

На рисунке 4-2 — подрезной резец (торец вогнутый). На рисунке 4-3 — подогнутый резец (торец выпуклый). На рисунке 4-4 обозначено: 1 — прямой проходной резец; 2 — отогнутый проходной резец; 3 — упорный проходной резец — позволяет повысить точность обработки. На рисунке 4-5 обозначено: 1 — отрезной резец; 2 — прорезной резец; 3 — фасонный резец; 4 — резьбовой резец.

ЛЕКЦИЯ № 5

Основные виды обработки резанием.

Рисунки этой лекции — смотри приложение 1 (в конце).

По заданной программе на станке с ЧПУ можно обработать фасонную деталь контурным резцом (используя криволинейную подачу).

Строгание. Осуществляется на специальных станках, строгальными проходными резцами (при строгании (смотри курс первого семестра) резец совершает 1 двойной ход, после чего происходит подача заготовки). Строгальный упорный резец применяется для обработки уступов.

Долбление. Также осуществляется на специальных станках, долбежными резцами, принцип работы в чем-то аналогичен строганию, но происходит как бы в вертикальной плоскости. Долблением получают пазы, в том числе и шпоночные пазы.

Чистовые резцы. Для чистовых резцов характерно наличие развитого переходного участка. Основная идея — уменьшить остаточный треугольник. Типы чистовых резцов: лопаточный резец и чистовой резец Полесова. Ширина переходного участка должна быть меньше подачи на оборот. Недостаток: такие резцы трудно установить на станке, так как необходимо обеспечить параллельность вспомогательной режущих кромок подаче. Применяется метод установки на просвет. Также применяется резец утиный нос со скругленной вспомогательной с главной режущей кромкой.

Державочные части резцов.

Характеризуются формой и размером поперечного сечения, материалом, твердостью. Бывают прямоугольного, квадратного и круглого сечения. $V \times H = 16 \times 10 \dots 63 \times 40$ мм; $a = 4 \dots 63$ мм; $d = 8 \dots 50$ мм. Материалы: Сталь 40, Сталь 50, 40X, 45X, 48, У10.

Соединение рабочей части с корпусом: 1 — цельный резец; 2 — рабочая часть цельная; 3 — припаянная (приваренная для БРС) пластина твердого сплава. 4 — с механическим креплением. Составные конструкции резцов делают с целью экономии инструментального материала.

Лекция № 6

Конструирование элементов завивания и дробления стружки.

При обработке вязких сталей и сплавов, при высоких скоростях резания образуется сливная стружка, что опасно для рабочего персонала и для рабочих органов станка. Поэтому резцы проектируются с учетом завивания и дробления стружки.

На переднюю поверхность резца могут накладываться стандартные стружколомы. Для завивания и дробления стружки может быть использовано дополнительное движение резца в направлении подачи с определенной частотой и амплитудой. Используется и предварительная пластическая деформация поверхности резания.

Инструмент с механическим креплением.

Преимущества инструмента с механическим креплением:

1. Повышение стойкости и надежности пластины, благодаря отсутствию пайки и переточек;
2. Стабильность геометрических параметров режущего инструмента при замене пластины;
3. Обеспечение постоянной шероховатости режущей кромки;
4. Сокращение расходов на эксплуатацию инструмента;
5. Исключение дорогостоящих повторных заточек;
6. Сокращение простоев в связи с заменой и подналадкой инструмента;
7. Использование более теплостойких инструментальных материалов дающих возможность повысить скорость резания;
8. Широкие возможности для применения износостойких покрытий;
9. Сокращение потерь твердых сплавов и легирующих элементов примерно в 6 раз.
10. Уменьшение номенклатуры инструмента в производстве.

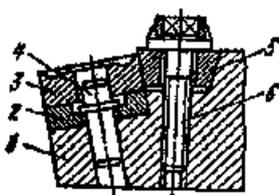
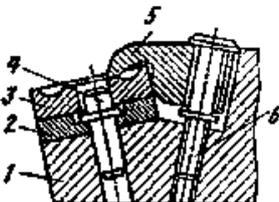
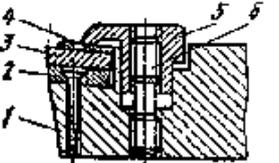
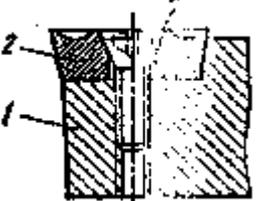
Недостатки инструмента с механическим креплением:

1. Увеличенные габаритные размеры вследствие необходимости размещения элементов крепления;
2. Установленные и не всегда оптимальные геометрические параметры пластины;
3. Сложность изготовления державки и элементов крепления.

Пластинам соответствуют ГОСТ 19043-80 и ГОСТ 19072-80.

Конструкции резцов с механическим креплением твердосплавной пластины.

Основные типы механического крепления МРП.

Обозначение по ИСО и тип крепления	Вариант конструктивного решения	Обозначения на схеме	Назначение
 <p>С</p>		<p>1 — корпус; 2 — опорная пластина; 3 — режущая пластина; 4 — стружколом; 5 — прихват; 6 — винт</p>	<p>Для крепления гладких пластин; для большинства операций наружного точения</p>
 <p>М</p>		<p>1 — корпус; 2 — опорная пластина; 3 — режущая пластина; 4 — штифт; 5 — прихват; 6 — винт</p>	<p>Для крепления МРП, имеющих центральное отверстие; для черновой и получистовой обработки</p>
 <p>Р</p>		<p>1 — корпус; 2 — опорная пластина; 3 — режущая пластина; 4 — штифт; 5 — клин; 6 — винт</p>	<p>В резцах для черновой, получистовой и чистовой обработки</p>
 <p>С</p>		<p>1 — корпус; 2 — режущая пластина; 3 — винт с конической головкой</p>	<p>Для операций внутренней и наружной обработки в труднодоступных местах</p>

Формы многогранных режущих пластин.

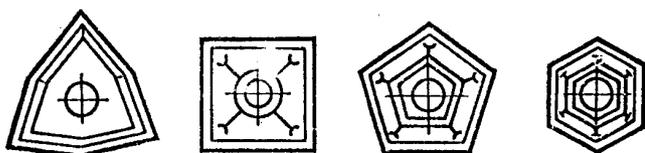


Рисунок 6-1

Существуют 3...6 гранные пластины, значения угловых параметров, для которых взаимосвязано и задаются соответствующим положением пластины в корпусе инструмента. Проблема расположения пластины — очень сложная проблема.

Несколько примеров конструкций резцов с механическим креплением режущих пластин.

1. Конструкция фирмы Sandvie — Швеция. Слева — штифт, справа — винт, при вращении винта, имеющего правую и левую нарезку (для быстроты замены (закрепления)), клиновидный зажим нажимает на боковую поверхность пластины и прижимает ее к базовому штифту, запрессованному в корпус резца. **Главный недостаток** — возможность раскрытия стыка при креплении. **Преимущество** — наличие опорной пластины.

2. Конструкция фирмы Sandvie — Швеция. Недостатки конструкции 1 устранены, но возникают сложности с базированием, что может привести к деформациям элементов крепления.

3. Крепление с помощью рычага. **Преимущество** — прижим и базирование по боковой поверхности пластины. **Главный минус** — сложность изготовления.

4. Конструкция — США. Крепление с помощью эксцентрика. **Преимущество** — простота. Базирование и закрепление по корпусу. **Главный минус** — крепление снизу неудобно, и нет опорной пластины (во всех случаях ниже, если опорной пластины нет, то это недостаток).

5. Конструкция — Великобритания. Крепление с помощью косо́й тяги. **Преимущество** — фиксация по боковой поверхности пластины. **Главный минус** — сложность изготовления и раскрепления тяги, невысокая надежность.

6. Конструкция — Россия. Крепление с помощью косо́й тяги и пружины. Конструкция аналогична 5 конструкции.

7. Крепление эксцентриковым штифтом, зажим пластины происходит при повороте эксцентрикового штифта против часовой стрелки. **Главный минус** — быстрый износ штифта на смятие, ненадежность конструкции, отсутствие вибрационной защиты.

8. Крепление с помощью конической тяги. При вращении винт нажимает на шарик, шарик на коническую тягу, происходит поворот конической тяги относительно пояса и происходит зажимание пластины. **Главный минус** — очень много стыков, подкладка не фиксирована.

9. Конструкция — Россия, МГТУ им Н.Э.Баумана, МТ2. Крепление качающимся штифтом. Штифт входит в прорез подпружинного элемента, разжим — нажатие на выступ подпружинного элемента.

10. Конструкция — Швеция. Устройство для крепления пластин без отверстия. Применяется накладной стружколом. **Главный минус** — возможность перекоса пластины, возможность перекоса крепежного винта.

11. Конструкция — Швеция. Возможность перекоса устраняется, так как вводится дополнительная точка контакта. **Преимущество** — штифт с пружиной удерживает систему в натяжении. **Главный минус** — базирование только по нижней плоскости.

12. Модификация конструкции 5. **Главный минус** — сложность изготовления, сложнее, чем в 3 конструкции.

Все конструкции запатентованны.

Фасонные резцы.

Широко используются в крупносерийном и массовом производстве для обработки сложнопрофильных тел вращения, на токарных автоматах, полуавтоматах и револьверных станках.

Обеспечивают:

1. Высокую производительность;
2. Высокую точность размеров и формы деталей;
3. Простоту эксплуатации;
4. Допускают переточку только по передней поверхности.

Недостаток — **фасонный резец** — сложный и дорогой инструмент.

Классификация фасонных резцов.

По виду обрабатываемых поверхностей:

1. наружные;
2. внутренние;
3. торцевые.

По расположению базы крепления резца:

1. база расположена параллельно оси (смотри рисунок 6-2);
2. с наклонным расположением.

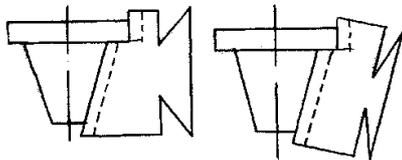


Рисунок 6-2

По направлению подачи резца:

1. радиальная;
2. тангенциальная;
3. осевая.

По виду задней поверхности резца:

1. круглые (тело вращения);
2. призматические (параллельный перенос).

По положению передней поверхности:

1. с базовой точкой;
2. с базовой линией.

По инструментальному материалу:

1. быстрорежущая сталь;
2. твердый сплав.

По конструкции:

1. цельный;

2. сборный;
3. с напаянной твердосплавной пластиной.

ЛЕКЦИЯ № 7

Технические требования на фасонные резцы.

Необходимо указать:

1. Материал режущей части и ГОСТ;
2. Твердость режущей части HRC;
3. Точность исполнения размеров профиля;
4. Шероховатость по профилю;
5. Маркировку резца и неуказанные предельные отклонения размеров.

Инструмент для обработки отверстий.

Наименование	Припуск, [мм]	Точность обработки	Шероховатость, Ra	Особенности
Сверло	0,1...80	H11...H13	10...20	Не обеспечивает прямолинейности оси
Зенкер	1...5	H9...H11	2,5...10	Обеспечивает прямолинейность оси
Развертка: черновая чистовая	0,2...0,25 0,05...1	H7...H9 H6	1,5...2,5 0,08...1	Криволинейности оси не выправляет

ГОСТы на сверла.

Основные виды спиральных сверл.

НАИМЕНОВАНИЕ ВИДА СВЕРЛА	№ ГОСТ	Диапазон диаметров d, мм
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия.	886-77	1.00-20.00
Сверла спиральные удлиненные с коническим хвостовиком.	2092-77	6.00-30.00
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком, Короткая серия.	4010-77	0.50-20.00
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия.	10902-77	0.25 - 20.00
Сверла спиральные с коническим хвостовиком.	10903-77	5.00-80.00
Сверла спиральные длинные с коническим хвостовиком	12121-77	6.00-30.00
Сверла спиральные с коротким цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия.	12122-77	1.00-9.50
Сверла спиральные малоразмерные с утолщенным цилиндрическим хвостовиком.	8034-77	0.100-1.500
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава.	22735-77	5.00-16.00
Сверла спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава.	22736-77	10.00-30.00
Сверла спиральные цельные твердосплавные укороченные.	17273-71	1.50-6.50
Сверла спиральные цельные твердосплавные. Короткая серия.	17274-71	1.00-12.00

Сверла спиральные цельные твердосплавные, средняя серия.	17275-71	3.00-12.00
Сверла спиральные цельные твердосплавные с коническим хвостовиком.	17276-71	6.00- 12.00

Примечание. Признак «цельные» относится к рабочей части сверла.

Элементы спирального сверла.

На рисунке обозначено:

1 — рабочая часть сверла. Имеет обратную конусность 0,03...0,12 мм/100 мм длины;

2 — шейка сверла — необходима для выхода шлифовального круга. Маркировка на ней: диаметр сверла, материал, длина, завод;

3 — конический хвостовик (конус Морзе) для центрирования сверла и передачи крутящего момента;

4 — лапка — для выбивания сверла, и предотвращения проворачивания при пуске.

5 — режущая часть;

6 — направляющая (калибрующая) часть. Если отверстие с диаметром d_0 сверлиться с допуском T_0 , то $d_c = d_0 + T_0 + P$, где P — разбивка отверстия.

$[L]$ — длина стружечной канавки: $[L] = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + i\Delta l$, где:

l_1 — величина выхода сверла из отверстия;

l_2 — длина отверстия (как правило, $(3...5)d$);

l_3 — длина кондукторной втулки ($< 1,5d$);

l_4 — размер для выхода стружки;

l_5 — размер для выхода фрезы;

i — число переточек;

Δl — норма стачивания за переточку (смотри рисунок 7-1).

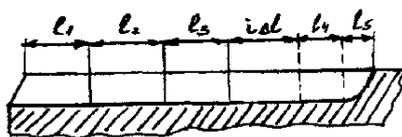


Рисунок 7-1

Длина рабочей части: $l_p = [L] + (3...13)$ мм. Положение сварного шва зависит от $d_{св}$ и метода получения стружечных канавок. При пластической деформации сварной шов делают за пределами канавки ($l_c = [L] + (2...3)$ мм), тоже для сверл изготовленных фрезой при $d_{св} < 18$ мм. Для $d_{св} > 18$ мм $l_c = [L] - 1,5d_{св}$.

Элементы режущей части сверла.

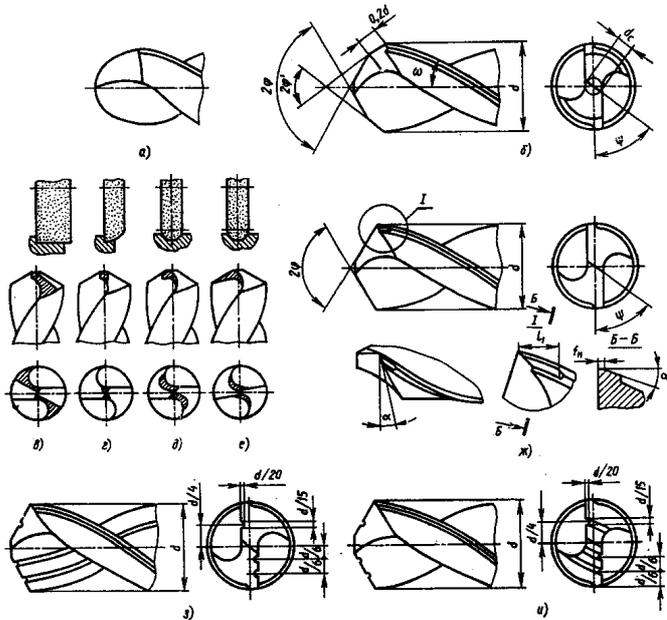
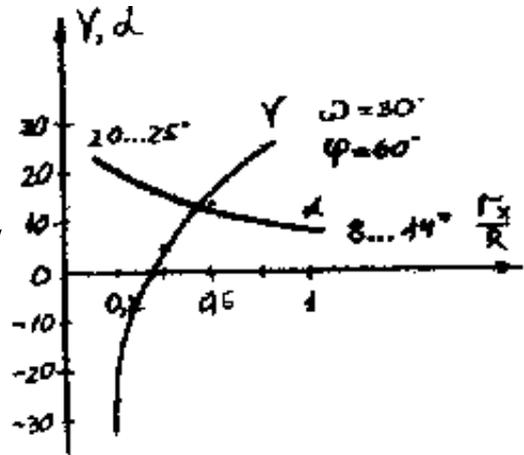


Рисунок 7-2

Рисунок 7-3



Сверло имеет два винтовых зуба. 1-2, 3-4 — главные режущие кромки сверла; 2-3 — поперечная кромка сверла; 1-5, 4-6 — вспомогательные кромки сверла.

главная задняя поверхность сверла;

передняя поверхность сверла — винтовая поверхность;

направляющая ленточка;

вспомогательная поверхность;

спинка зуба.

Диаметр сердцевины сверла зависит от его диаметра (смотри таблицу).

Диаметр сверла, d	Диаметр сердцевины
до 3 мм	(0,2...0,3) d
От 3 до 18 мм	(0,15...0,2) d
более 18 мм	(0,125...0,2) d

$hl=0,15...0,3$ мм; Если угол γ образуется автоматически и его значение определяется винтовой поверхностью канавки, то угол α формируется заточкой и его вынуждены делать переменным по длине режущей кромки. Угол наклона винтовой стружечной канавки ω влияет на прочность, жесткость сверла и отвод стружки. С увеличением угла ω , увеличивается угол γ , при этом облегчается процесс резания и улучшается отвод стружки, повышается жесткость сверла на кручение. Но с величиной $\omega > 35^\circ$ сила резания практически не уменьшается, но происходит ослабление режущего клина (смотри рисунок 7-3).

Значения углов ω и 2ϕ при резании некоторых материалов (смотри таблицу).

Материал	Угол 2ϕ	Угол ω
Сталь	116...120°	25...35°
Чугун, бронза, латунь	90...100°	10...16°
Вязкие материалы (алюминий, медь и т.п.)	130...140°	35...45°

Угол ϕ влияет на составляющую силы резания, длину режущей кромки, и элементы сечения стружки. При увеличении ϕ уменьшается крутящий момент, но увеличивается осевая сила и улучшается отвод стружки. При уменьшении угла ϕ сверло легко проникает в металл, но удлиняется режущая кромка, при этом улучшается отвод тепла и увеличивается прочность уголка.

На перемычку приходится до 60% осевой силы и до 15% крутящего момента. Задний угол на ленточке равен нулю.

ЛЕКЦИЯ № 8

Элементы режущей части сверла (продолжение).

Задний угол является величиной переменной и образуется на рабочей части сверла, на главной и поперечной режущих кромках.

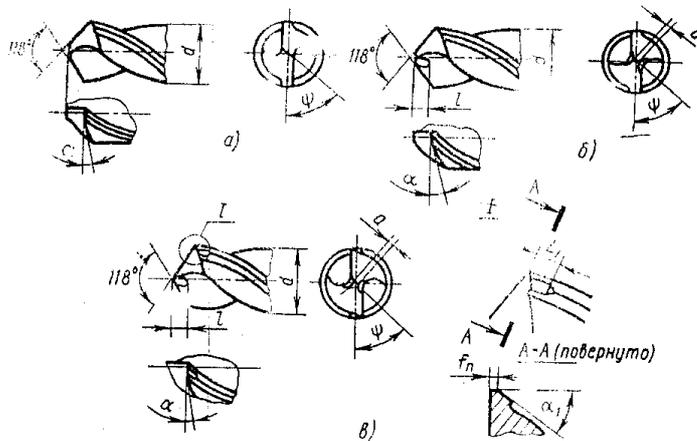
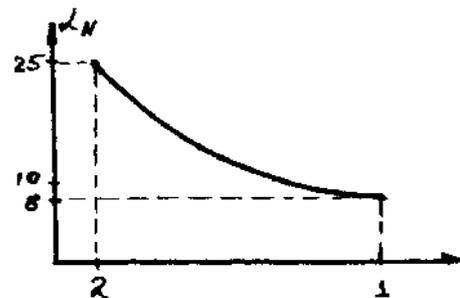


Рисунок 8-1

Рисунок 8-2



Задний угол образуется на режущей части сверла, на главной и поперечной режущих кромках. И находится между касательной к задней поверхности в данной точке режущей кромки и касательной к той же точке и траектории ее вращения вокруг оси сверла. Задние углы измеряют в плоскости $N-N$ — нормальной к режущей кромке α_N или в плоскости $O-O$ параллельной оси сверла.

Кинематический задний угол $\alpha_{кx}$ в некоторой точке главного режущего лезвия x определяется, как угол между винтовой траекторией результирующего движения резания и касательной проведенной в точке x к линии $x-x''$ пересечения задней поверхности сверла с цилиндром радиуса R_x .

Величина угла α имеет свои определенные значения для сверла.

Диаметр сверла, d мм	Минимальный задний угол, α_{\min}
1...15	14...11°
15...30	12...9°

В зависимости от вида сверления задний угол может достигать в сердцевине 25 градусов, а на периферии он равен 8...14°.

Задняя поверхность у сверла может выполняться в виде: плоскости, конуса, цилиндра или иметь форму винтовой поверхности.

Одноплоскостная заточка. Задняя поверхность сверла формируется в виде плоскости. Недостаток: поперечная режущая кромка прямолинейна и не обеспечивается центрирование сверла без кондукторной втулки.

Двухплоскостная заточка сверла, то есть задняя поверхность формируется в виде двух плоскостей: главной и дополнительной, линия пересечения которых проходит через ось сверла.

Коническая заточка сверла. Задняя поверхность сверла — конус. При заточке сверло поворачивается относительно оси конуса. σ — угол скрещивания оси конуса и оси сверла.

Цилиндрическая заточка сверла. Задняя поверхность сверла — цилиндр. Применяется очень редко.

Винтовая заточка сверла. Задняя поверхность образуется прямой совершающей вращательное движение вокруг оси сверла при одновременном перемещении вдоль оси.

Последние четыре вида заточки обеспечивают независимость значения заднего угла на периферии, а также угла при вершине и угла наклона главной режущей кромки. Наиболее перспективные — винтовая и двухплоскостная заточка, так как они легко поддаются автоматизации.

Методы улучшения геометрии рабочей части сверла.

Для снижения неравномерности нагружения на рабочей части сверла применяют сверла с криволинейной режущей кромкой. В виду сложности заточки криволинейную режущую кромку заменяют ломаной из двух участков.

С углом $2\varphi=120^\circ$ и дополнительной режущей кромкой на периферии с углом $2\varphi=70...75^\circ$.

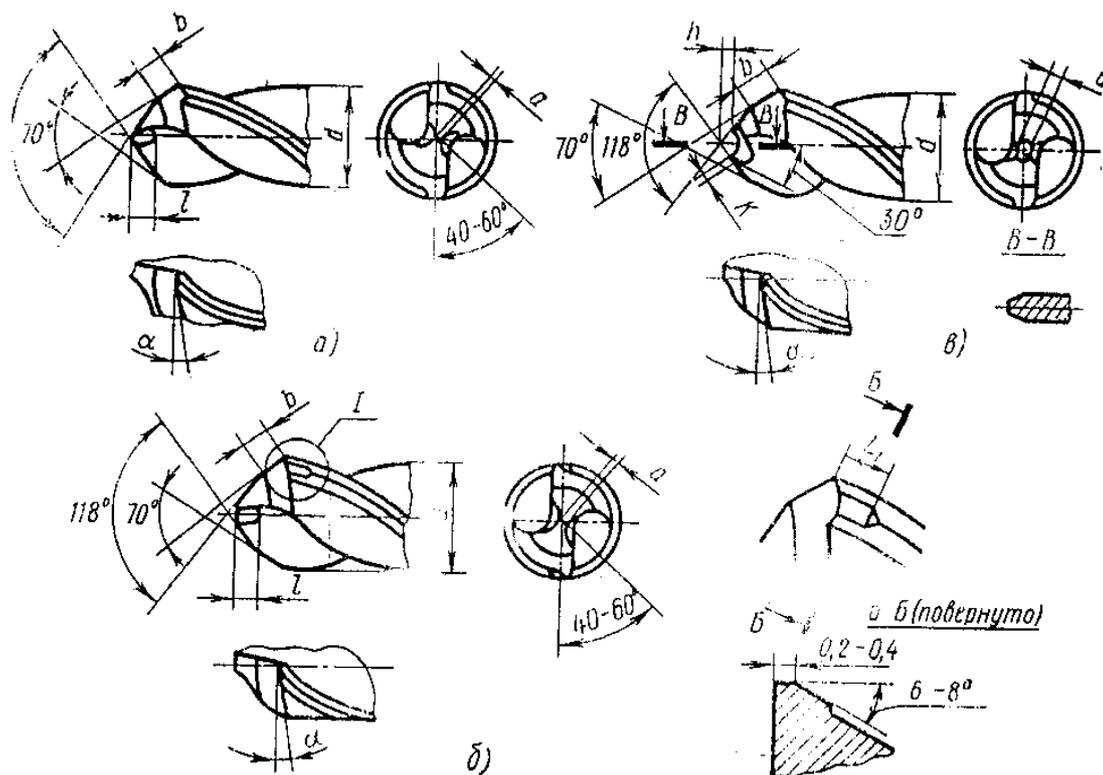


Рисунок 8-3

Условия резания на поперечной режущей кромке улучшаются ее подточкой, которая в ряде случаев совмещается с подточкой передней поверхности.

Для уменьшения трения при работе сверл кромку ленточки подтачивают, с сохранением фаски 0,1...0,3 мм.

Для облегчения отвода стружки, снижения тепловыделения и повышения стойкости сверла делают стружкоделительные канавки.

Подточку у сверл делают, если диаметр сверла $d_{св} > 12$ мм.

ЛЕКЦИЯ № 9

Сверла (продолжение).

Сверла из быстрорежущей стали диаметром $d=6...80$ мм по ГОСТ 2034-80Е и ГОСТ 10903-77 выполняют с коническим хвостовиком. Сверла с пластинами из твердого сплава ВК и сверла с внутренним подводом СОЖ по ГОСТ 6647-64 предназначены для сверления трудно обрабатываемых материалов. Такие сверла имеют в зубьях (перьях) прокатанные отверстия соединенные в хвостовике. Их закрепляют в специальных патронах обеспечивающих подвод СОЖ под давлением 12 МПа, непосредственно к режущим кромкам сверла.

Применяются **перовые сверла** представляющие собой заостренную пластину с весьма несовершенной формой режущей части. Эти сверла применяются для обработки отверстий малого диаметра $d=0,2...1$ мм, большого диаметра $d>80$ мм и при ремонте. Применяют составные перовые сверла в виде пластин закрепленных в державке.

Причины погрешности сверления:

1. Несимметричность расположения вершины сверла относительно оси сверла;
2. Неравенство углов φ_1 и φ_2 ;
3. Посторонние включения в обрабатываемый материал.

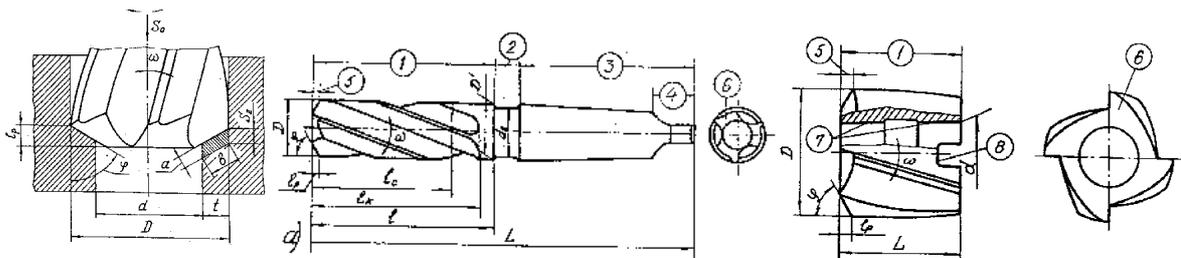
Зенкеры.

Классификация зенкеров.

- 1) По методу закрепления на шпинделе станка:
 - a) Хвостовые с коническим хвостовиком;
 - b) Насадные с коническим отверстием и торцевой шпонкой.
- 2) По инструментальному материалу режущей части:
 - a) Из углеродистой и легированной стали, — применяются очень редко;
 - b) Из быстрорежущей стали — наиболее распространенные;
 - c) Оснащенные твердым сплавом.
- 3) По конструкции:
 - a) Цельные;
 - b) Составные:
 - Сварные — быстрорежущая сталь;
 - С припаянными пластинами твердого сплава;
 - c) С вставными ножами из инструментального материала;
- 4) Комбинированный инструмент — сверло-зенкер-развертка.

Обозначения на рисунке:

1. Рабочая часть инструмента;
2. Шейка для выхода шлифовального круга — на ней наносится маркировка (номинальный диаметр, марка инструментального материала, класс точности зенкера, товарный знак завода изготовителя);
3. Конический хвостовик;
4. Лапка зенкера, служит для выбивания инструмента из шпинделя, и для передачи крутящего момента в начальный момент времени;
5. Режущая часть зенкера;
6. Задняя поверхность зенкера;
7. Коническая базовая поверхность;
8. Шпоночный паз для передачи крутящего момента.



На рисунке показаны элементы режущей части цельного зенкера, где обозначено:

1. Передняя поверхность (линейчатая или винтовая);

2. Главная задняя поверхность (коническая, цилиндрическая или винтовая);
3. Вспомогательная задняя поверхность (на ней образована обратная конусность для выхода сверла);
4. Спинка зуба;
5. Главная режущая кромка;
6. Активная длина вспомогательной режущей кромки.

Количество зубьев у зенкера представлено в таблице.

Тип зенкера	Количество зубьев, Z
Хвостовые	3
Насадные	4
Сборные конструкции	4...6

На рисунке выше изображен сборный насадной зенкер, где обозначено:

1. Корпус инструмента;
2. Вставной нож;
3. Главная режущая кромка;
4. Вспомогательная режущая кромка;
5. Крепежный элемент;
6. Передняя поверхность;
7. Вспомогательная задняя поверхность;
8. Главная задняя поверхность;

Значения угла ω для разных типов зенкеров.

Тип зенкера	Угол ω
Хвостовой зенкер	20°
Насадной зенкер из: Быстрорежущая сталь (БРС)	12...15°
Твердый сплав (ТС)	10...12°

Характер изменения углов α и γ у зенкеров, такой же, как и у сверла. Иногда требуется подточка ленточки. Для твердосплавного ножа: $\varphi_0=30^\circ$, $\varphi=60^\circ$.

Пособие: “Зенкеры и зенковки”. Малявский, Даниленко.

ЛЕКЦИЯ № 10

Расчет и конструирование разверток.

Развертки предназначены для предварительной и окончательной обработки отверстий с полями допусков по 6...11 качеству и параметром шероховатости 2,5...0,32 мкм.

Конструктивные и геометрические параметры разверток.

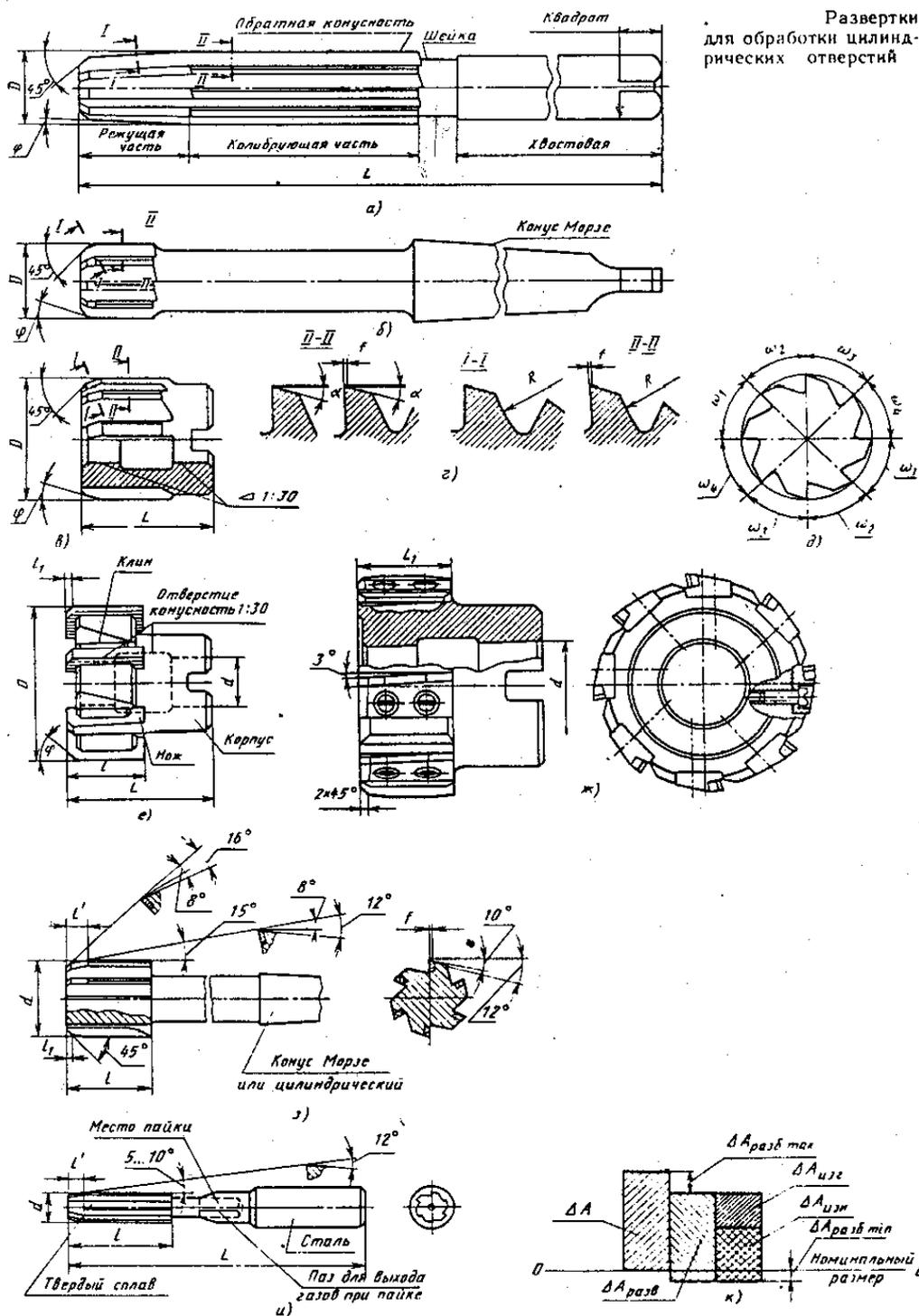
- 1) По применению:
 - a) машинные;
 - b) ручные.
- 2) По виду отверстия:
 - a) цилиндрические;
 - b) конические.
- 3) По виду выполняемой операции:
 - a) черновые;
 - b) полукислотные;
 - c) чистовые.
- 4) По методу крепления:
 - a) хвостовые;
 - b) насадные.
- 5) По инструментальному материалу:
 - a) легированные и углеродистые стали (только для ручных разверток);
 - b) из быстрорежущей стали (БРС) — машинные и ручные развертки;
 - c) твердосплавные развертки, — как правило, машинные.
- б) По конструкции:
 - a) цельные — используются очень редко;
 - b) составные неразъемные:
 - с приваренной быстрорежущей сталью (БРС);
 - с припаянной пластиной твердого сплава (ТС);
 - c) сборные со вставными ножами;
 - d) регулируемые.

Ручные развертки ГОСТ 7722-77 диаметром $d=3...40$ мм изготавливаются из БРС или легированной стали 9ХС, так как они работают при малых скоростях резания. Машинные развертки ГОСТ 1672-80 диаметром $d=3...50$ мм и ножи для сборных разверток ГОСТ 883-80 для диаметра $d=40...100$ мм изготавливают из БРС или оснащают пластинами твердого сплава ГОСТ 11175-80.

Обратная конусность применяется на развертках для устранения их заклинивания. Зубья разверток расположенные на режущей части затачивают наостро, без оставления ленточек. На калибрующей части по задней поверхности вдоль режущей кромки оставляют цилиндрическую ленточку шириной $0,5...0,3$ мм для лучшего направления в работе и сохранения диаметра развертки. Угол в плане на режущей части для ручных разверток находится в пределах $\varphi=1...2^\circ$, а для машинных $\varphi=5...45^\circ$.

Обрабатываемый материал	Угол φ
Чугуны	5°
Стали	15°

Для разверток с $\varphi \neq 45^\circ$ в начале режущей части, для обеспечения захода развертки в отверстие, делают направляющий конус, под углом $\varphi' = 45^\circ$ и длиной $1,5...3$ мм.



На рисунке е) и ж) изображены насадные регулируемые развертки со вставными ножами. На рисунке е) — прикрепление клином, на рисунке ж) — крепление винтами, на рисунке з) — с напаянными пластинами твердого сплава.

Диаметр развертки в начале режущей части делают меньше предварительно изготовленного отверстия на (0,3...0,4) от припуска под развертывание. Длина рабочей части разверток смотри в таблице:

Вид разверток	Длина рабочей части
------------------	---------------------

Ручные	(4...10) $d_{разв}$
Машинные	(2...0,75) $d_{разв}$

Калибрующую часть у разверток на длине (0,5...0,4) длины режущей части делают цилиндрической, далее для уменьшения разбивки делают обратную конусность:

Вид разверток	Конусность
Ручные	0,01...0,015 на 100 мм длины
Машинные	0,04...0,1 на 100 мм длины

Передний угол у разверток обычно принимают равным нулю. У черновых разверток и при обработке заготовок из вязких материалов $\gamma=5...10^\circ$. Задние углы разверток в пределах $\alpha=5...15^\circ$.

Обрабатываемый материал	Угол α
Стали	6...10°
Алюминиевые сплавы	10...15°

Ручные развертки имеют цилиндрический хвостовик, на конце которого имеется квадрат для крепления в воротке. Машинные развертки закрепляются также как и зенкеры (смотри выше).

Число и направление зубьев разверток.

Для улучшения качества обработки должно выполняться условие: $z_{разв.} > z_{зен.}$, $z_{разв.} = f(d)$, $z_{разв.} = 6...14$ зубьев, $z = 1,5\sqrt{d} + (2...4)$. Число зубьев должно быть целым. Форма зубьев развертки показана. Вогнутая форма спинки зуба увеличивает пространство для размещения стружки.

Неравномерность окружного шага зубьев ω . Эта неравномерность снижает шероховатость и гранность отверстия.

Для удобства измерения развертки изготавливают с четным числом зубьев. При неравномерном окружном шаге угла накрест лежащие углы делают равными, так чтобы режущие кромки противоположных зубьев находились в одной осевой плоскости. В тех случаях, когда развертки предназначены для обработки отверстий с продольными канавками или отверстий прерывающихся по длине развертки делают твердосплавными с винтовыми зубьями. Направление винтовых зубьев обратно направлению резания (для предупреждения само затягивания и заедания разверток).

ЛЕКЦИЯ № 11

Развертки (продолжение).

На рисунке е представлена регулируемая развертка со вставными ножами, а на рисунке -ж с винтами. Рифления делают под углом 5° к оси развертки, что обеспечивает

увеличение диаметра развертки при продвижении ножей к заднему торцу развертки. При недостаточности регулирования, ножи могут быть переставлены в следующие рифления корпуса, что увеличивает размер диаметра развертки. В случае ж) можно проложить прокладку под винт. Диаметр калибрующей части развертки, зависит от диаметра обрабатываемого отверстия. При определении диаметра развертки необходимо учитывать разбивку отверстия разверткой, допуск на ее изготовление и изнашивание. При обработке деталей с тонкими стенками, а также заготовок из мягких и пластичных материалов недостаточно острой разверткой разбивка может стать отрицательной, то есть произойдет усадка и при этом диаметр обработанного отверстия получится меньше диаметра развертки. Разбивка отверстия зависит от его диаметра, материала заготовки, режима резания, СОЖ, конструкции и геометрии, способа крепления инструмента, состояния станка и так далее. В большинстве случаев при развертывании получают положительную разбивку. ΔA — допуск на диаметр отверстия; $\Delta A_{изгот}$ — погрешность допуска на изготовления диаметра развертки; $\Delta A_{изн.}$ — величина связанная с износом.

После окончательного изнашивания диаметр перешлифованной развертки может быть меньше диаметра отверстия на величину минимальной разбивки $\Delta A_{разбивки\ min}$, так как из-за ее наличия будет обеспечиваться размер отверстия не выходящий за пределы допусков.

$$\Delta A_{разбивки\ max} = \Delta A_{изгот.} = \Delta A / 3.$$

Зависимость величины допуска связанной с износом от качества точности.

Квалитет точности	$\Delta A_{изн.}\ от\ \Delta A$
5-ый	$\Delta A_{изн.} \approx 0,6\ \Delta A$
7-ой	$\Delta A_{изн.} \approx 0,55\ \Delta A$
8-ой	$\Delta A_{изн.} \approx 0,45\ \Delta A$

Геометрия режущей части развертки.



Рисунок 11-6

На рисунке 11-6 обозначено:

1 — направляющая часть имеет длину 1...2 мм и всегда направлена под углом 45° к оси инструмента;

l_k — калибрующая часть, состоит из двух участков: $l_{кц}$ — цилиндрическая калибрующая и $l_{кк}$ — коническая калибрующая;

1-2 — главное режущее лезвие;

$l_p=(2,5...1,5)d_{разв}$. Калибрующая часть развертки формирует исполнительный размер отверстия. Она служит для измерения наружного диаметра, выполняет функции центрирующей и направляющей части инструмента, а также служит для переточек. С увеличением размера l_p точность снижается, у разверток делают 6...8 переточек, за одну переточку снимается припуск 0,6...1,2 мм. $l_{кк}$ — нужна для предотвращения риски при извлечении развертки из отверстия. По мере переточек устойчивость ухудшается, так как сокращается величина $l_{кц}$ и функцию центрирования частично берет на себя $l_{кк}$. Размер l выполняется не у всех разверток, а только в том случае, если развертка будет заходить внутрь отверстия.

Фрезы.

Классификация фрез.

По расположению зубьев относительно оси фрезы:

1. цилиндрические;
2. торцевые (в том числе и торцевые фрезерные головки);
3. угловые;
4. фасонные;
5. дисковые (прорезные и отрезные);
6. концевые;
7. шпоночные;
8. специальные.

По направлению зубьев:

1. прямозубые;
2. с винтовым зубом.

По конструкции фрезы:

1. цельные;
2. составные неразъемные;
3. сборные;
4. наборные (состоятся из нескольких стандартных или специальных фрез, объединенных в единую конструкцию).

По форме зуба:

1. острозаточенные;
2. затылованные.

По инструментальному материалу:

1. быстрорежущая сталь (БРС);
2. с пластинами твердого сплава (ТС);
3. с керамическими пластинами;
4. с пластинами из сверхтвердого материала.

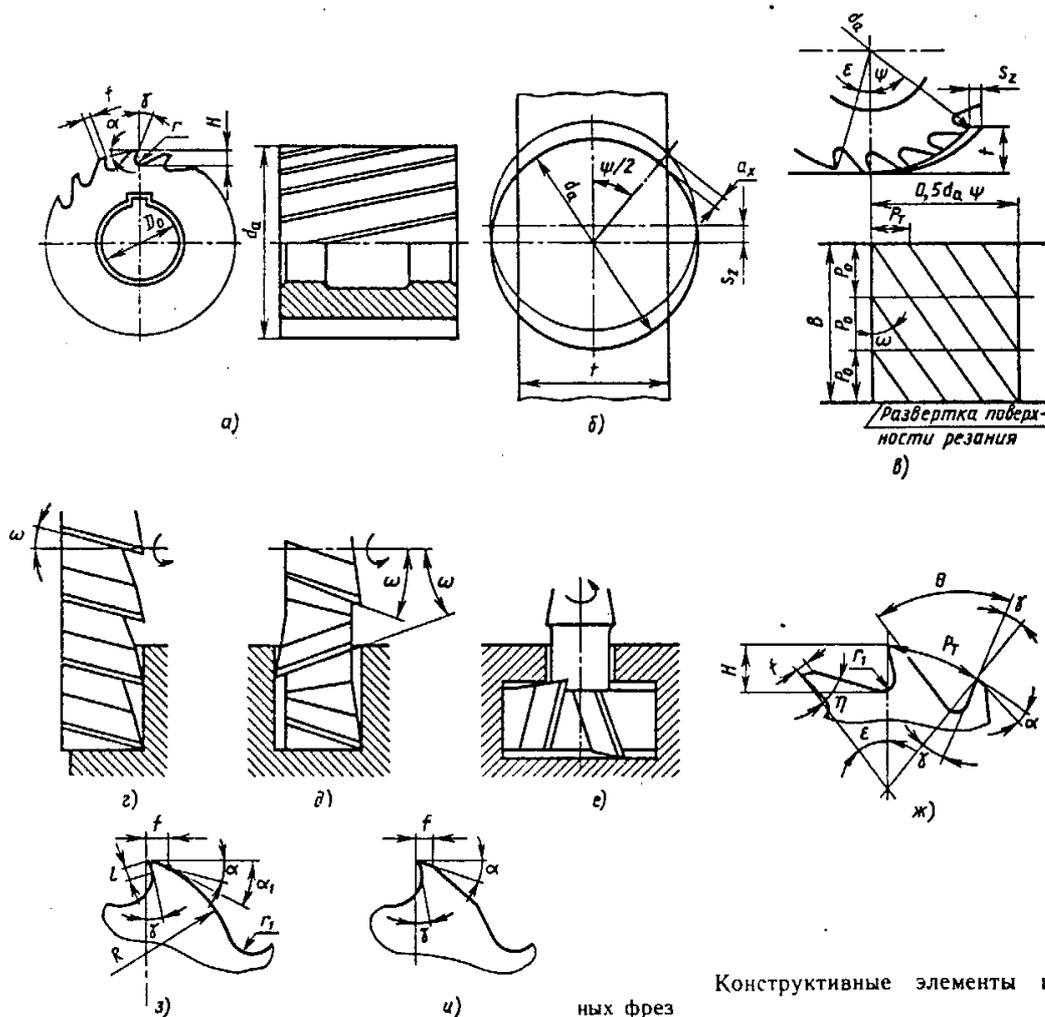
По способу крепления на станке:

1. концевые с коническим или цилиндрическим хвостовиком;
2. насадные с коническим или цилиндрическим отверстием под оправку.

Конструкции и геометрические параметры фрез.

Фрезы применяются для обработки плоскостей, фасонных и линейчатых поверхностей и могут производить черновую, получистовую и чистовую обработку. Конкретный вид обработки связан с конструкцией инструмента и режимами резания. При фрезеровании точность обработки определяется видом применяемого оборудования и точностью и качеством изготовления фрез.

Общими конструктивными элементами фрез являются следующие: габаритные и посадочные размеры, число зубьев и их форма.



На рисунке представлены конструктивные параметры элементы классических цельных цилиндрических фрез. Для цилиндрических фрез равномерность фрезерования достигается за счет угла ω , обеспечивающего постоянство сечения срезаемой стружки в каждый момент. На рисунке представлена дисковая двухсторонняя с односторонним направлением наклона зубьев. γ — положителен на боковых режущих кромках. Трехсторонняя фреза с разнонаправленными зубьями. Фреза с разнонаправленными зубьями для Т-образных пазов.

Представлены формы зубьев цельных фрез. Для фрез с мелким зубом применяется трапециидальная форма профиля, крупнозубые фрезы имеют, как правило, криволинейный профиль.

Расчет цилиндрических фрез.

Наружный диаметр фрезы стараются выбрать как можно меньше для уменьшения машинного времени для уменьшения времени врезания. Для чистовых фрез диаметр является функцией шероховатости поверхности. Рассчитанный диаметр фрезы определяют по ГОСТ до ближайшего целого.

Острозаточенные фрезы отличаются многообразием типов, к ним относятся цилиндрические, торцевые, дисковые, концевые, угловые, шпоночные, Т-образные и другие. Но, не смотря на их многообразие, методика расчета конструктивных параметров (D , d_0 , z) является практически одинаковой.

Форма зубьев острозаточенных фрез.

Одно-угловая форма зуба.

$$\theta=55...75^\circ; r=0,5...2,0 \text{ мм}; f=0,5...2,0 \text{ мм}; H=0,5...0,65 P; P = \frac{\pi D}{z}.$$

Используют для чистовых фрез с мелким зубом.

ЛЕКЦИЯ № 12

Двухугловая форма зуба.

Требования к стружечным канавкам.

1. Свободное размещение стружки во впадине.
2. Обеспечение требуемого количества переточек.

Как правило, задняя поверхность затылованных фрез формируется по спирали Архимеда, что обеспечивает постоянство профиля резьбы при переточках.

Сборные конструкции фрез.

Сборные конструкции фрез характеризуются режущей частью в виде многогранных не перетачиваемых пластин, и являются весьма перспективными, как с точки зрения эксплуатации, так и с точки зрения производительности и качества обработки.

Схемы крепления твердосплавных пластин можно представить в следующих видах:

1. Крепление прижимом;
2. Крепление винтом;
3. Крепление штифтом;
4. Крепление штифтом и прижимом.

Инструмент для образования резьбы.

Наружные и внутренние резьбы на деталях получают следующими основными способами:

1. Нарезание профиля резьбы режущим инструментом;

2. Выдавливание профиля резьбы выдавливающим инструментом;
3. Накатывание профиля резьбы накатным инструментом.

Обработка резьбы резанием осуществляется:

1. Резьбовыми резцами;
2. Гребенками;
3. Метчиками;
4. Резьбовыми плашками;
5. Резьбонарезными головками;
6. Резьбовыми фрезами;
7. Ниточными шлифовальными кругами.

Процесс резания характеризуется срезанием слоя металла по профилю впадины.

Процесс выдавливания характеризуется наличием больших сил трения, так как инструмент и деталь работают по принципу пар скольжения без зазора. По этому принципу работают бесстружечные метчики для внутренних резьб и выдавливающие плашки для наружных резьб.

Процесс накатывания резьбы осуществляется при силовом качении инструмента по поверхности заготовки. Отличается от выдавливания тем, что инструмент и деталь образуют пару качения, а не скольжения, что значительно уменьшает силы трения. К инструментам для накатывания относятся:

1. Резьбонакатные плоские и сегментные плашки;
2. Резьбонакатные ролики;
3. Резьбонакатные головки (аксиального, тангенциального и радиального типа).

При выдавливании и накатывании профиль резьбы образуется за счет пластической деформации металла.

Расчет и конструирование метчиков.

Формирование впадины резьбового профиля может происходить по генераторной, профильной или профильно-генераторной схеме. Основной является генераторная схема; другие схемы реализуются в работе специальных метчиков (плашечных, маточных и т.д.).

Рассматривается расчет в конструирование метчиков, предназначенных для нарезания однопроходным способом метрической резьбы согласно ГОСТ 9150-59 в различных материалах: сталях, чугунах, цветных сплавах. Рассматривается генераторная схема формирования профиля резьбы.

Виды метчиков.

Инструментальной промышленностью выпускаются метчики следующих видов:

1. Машинно-ручные метчики предназначаются для нарезания резьбы машинным или ручным способом, машинные метчики — для нарезания резьбы машинным способом. Машинно-ручные и машинные метчики изготавливаются: а) с прямыми стружечными канавками (рис. 12-1), б) с винтовыми стружечными канавками (рис. 12-1); в) с укороченными стружечными канавками (рис. 12-1).

2. Гаечные метчики предназначены для нарезания резьбы в гайках. Гаечные метчики изготавливаются: а) с прямым хвостовиком (рис. 12-2); б) с изогнутым хвостовиком (рис. 12-2).
3. Машинно-ручные и гаечные метчики с вырезанной ниткой в ГОСТах — метчики с шахматным расположением зубьев (рис. 12-2).

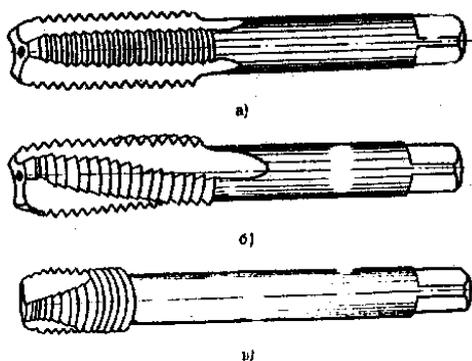


Рисунок 12-1

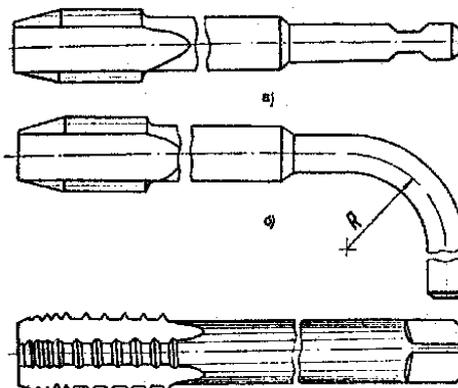


Рисунок 12-2

Области применения метчиков.

В машиностроении наиболее широко используются метчики с прямыми стружечными канавками. Они применяются при нарезании резьбы в конструкционных материалах, нержавеющей стали и сплавах. Метчики с прямыми канавками технологичнее, что определяет их более низкую себестоимость по сравнению с другими видами.

Метчики с винтовыми канавками применяются при нарезании резьбы в отверстиях с прерывистой поверхностью (с окнами, прорезями), а также для облегчения вывода стружки из отверстия.

Метчики состоят из следующих основных частей:

1. Режущей части, которая формирует резьбовой профиль;
2. Направляющей части, которая служит для центрирования, направления и самоподачи метчика и является запасом для переточек;
3. Хвостовой части, которая служит для крепления метчика в патроне, и передачи крутящего момента.

Все рассмотренные виды метчиков имеют ряд общих элементов, основными из которых являются:

1. Зуб метчика (“перо”);
2. Передняя поверхность, представляющая собой плоскость, плавно сопрягающаяся с дном стружечной канавки;
3. Главная задняя поверхность, — ограниченная семейством кривых, как правило, затыловочных по спирали Архимеда;
4. Режущие профили — часть резьбовой нитки, заточенные под углом и затылованные. Располагаются на режущей части метчика;
5. Вспомогательная задняя поверхность — представляет собой винтовую поверхность резьбовой нитки;

6. Главные режущие лезвия метчика наклонены к оси метчика;
7. Вспомогательное лезвие — образованы пересечением резьбовой поверхности винтовой нитки и передней поверхности. Они формируют резьбовой профиль и частично участвуют в резании, в пределах толщины срезаемого слоя на режущих профилях.

Конструктивные элементы метчика, подлежащие расчету.

Обозначение	Наименование параметра
L	Длина метчика
l_c	Длина до сварного шва
l_1 или φ	Длина и угол режущей части метчика
l_2	Длина направляющей части
d_t	Диаметр режущей части на переднем торце метчика
α или k	Задний угол или величина затылования по задней поверхности
α_1 или k_1	Вспомогательный задний угол или величина затылования по профилю
γ	Передний угол
λ	Угол подточки
ω	Угол винтовой канавки
z	Число зубьев метчика

Величина срезаемого слоя: $a_z = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi$, где $a_z \leq 0,02$ мм, P — шаг резьбы. Если $a_z \geq 0,02$ мм, то стружка будет толстой и будет сопоставима с радиусом скругления режущей кромки, а тогда резания не будет, а будет пластическая деформация. Угол φ оказывает решающее влияние на стойкость метчика:

$$\varphi \uparrow \rightarrow a_z \uparrow \rightarrow Q \text{ (сила)} \uparrow \rightarrow \theta \uparrow \rightarrow T \downarrow.$$

$$M_{кр} \geq kM_p, \text{ где } M_p = C \cdot \frac{d^{1,25} \cdot P^{1,75} \cdot z^{0,2}}{(\tan \varphi)^{0,2}}; \text{ C — коэффициент учитывающий вид}$$

обрабатываемого материала и определяемый по справочникам. По мере износа метчика момент резбонарезания возрастает и при достижении нормативного критерия затупления возрастает до 3 раз. Допустимым является, то значение φ , при котором выполняется соотношение: $M_{кр} \geq kM_p$. $M_{кр}$ — крутящий момент разрушения метчика; k — коэффициент запаса прочности метчика ($k=2 \dots 2,5$); M_p — момент резбонарезания при затуплении до нормативной величины. Значение критических моментов разрушения метчиков с размерами М6...М30 определяются по формуле: $M_{кр} = C_1 d_c^3$, где C_1 — коэффициент, учитывающий число стружечных канавок.

Количество стружечных канавок	2	3	4
Коэффициент C_1	0,075	0,079	0,085

ЛЕКЦИЯ № 13**Расчет и конструирование метчиков (продолжение).**

Направляющая часть: окончательное формирование резьбового профиля заканчивается после прихода первых направляющих зубьев. Последующие зубья участвуют в калибровании резьбы и служат для центрирования и направления, для обеспечения подачи метчика, а также резервом для переточек. Длина направляющей части метчика: $l_2 = l_{2min} + i\Delta l_2$, где i — число переточек; Δl_2 — величина стачивания за одну переточку. Длина резьбовой части метчика: $l = l_1 + l_2$.

Стружечные канавки метчиков.

К ним предъявляются стандартные требования:

1. Обеспечение лучшего образования и отвода стружки; обеспечение оптимального значения переднего угла γ в пределах глубины профиля нарезаемой резьбы.
2. Обеспечение достаточного пространства для свободного размещения стружки.
3. Сохранение достаточной прочности рабочей части метчика (диаметр сердцевины d_c).
4. Сохранение метчиком достаточного центрирования и направления (ширина зуба b).
5. Профиль стружечной канавки должен быть очерчен плавной линией во избежание трещин при термообработке.

Передняя поверхность и передний угол γ образуются стружечной канавкой метчика. Для плавного схода стружки по передней поверхности на ней не должно быть уступов и резких переходов и шероховатость $R_a = 0,4 \dots 0,32$ мкм.

Обрабатываемый материал	Угол γ
Чугуны, бронзы, нержавеющей, жаропрочные стали, хрупкие латуни, титановые сплавы	0...5°
Чугун отожженный, стали средней твердости, латуни	8...10°
Мягкие и вязкие стали, вязкие латуни, медь	12...15°
Легкие сплавы	16...25°

Задние углы метчика.

Задний угол на метчике получается при радиальном затыловании по наружному диаметру. Затылование метчиков производится, как правило, по архимедовой спирали. Величина угла α зависит от обрабатываемого материала, вида отверстия, а также от вида метчика.

Тип метчика	Угол α
Машинно-ручные: для сквозных отверстий	10...12°

для глухих отверстий	5...8°
Гаечные метчики	8...12°

Боковые стороны режущего и направляющего профилей метчика выполняют функции ходового винта, то есть обеспечивают осевое продвижение на величину шага за один оборот, и центрирование инструмента. Пересекаясь с передней поверхностью, они образуют вспомогательные лезвия на режущих и направляющих профилях. Существуют три способа образования боковых сторон режущих кромок.

Затылование по профилю отсутствует. Боковые поверхности режущего и направляющего профилей полностью соприкасаются с нарезанной резьбовой впадиной. Такой контакт между инструментом и изделием приводит к большим усилиям трения на боковых сторонах и к большему моменту резания. При таком виде обработки получается **самая точная резьба**.

Затылование проводится “наостро” на величину k_1 , что приводит к возникновению вспомогательных задних углов α_1 . Между боковыми сторонами режущего и направляющего профилей и нарезаемым резьбовым профилем существует зазор. В этом случае снижается опасность заклинивания, момент резбонарезания и устойчивость (или опасность заклинивания). Однако необходимо обеспечить оптимальное значение угла α_1 , чтобы метчик не терял точность и устойчивость центрирования.

Затылование по части зуба. Технологически хорош, но сложен в изготовлении.

Обратная конусность метчиков.

Для уменьшения трения между метчиком и нарезаемой резьбой метчики изготавливают с обратной конусностью, которая находится в пределах 0,05...0,1 на 100 мм длины.

Все параметры конструкции и геометрии режущей части метчика рассчитанные по рассмотренным зависимостям должны сравниваться с ГОСТами.

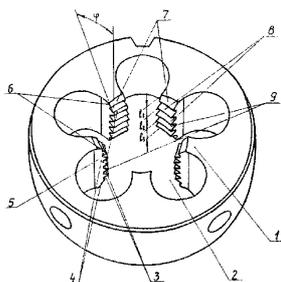
На габаритные размеры метчиков ГОСТ 1604-71 и ГОСТ 3479-71.

Нарезание резьбы плашками.

Круглые плашки предназначены для нарезания наружной резьбы, а также для калибрования резьбы, предварительно нарезанной другими методами на деталях изготовленных из стали, цветных сплавов, пластмассы и так далее.

Резбонарезание плашками осуществляется ручным или машинным способами в основном на токарных станках, многошпиндельных токарных автоматах и полуавтоматах, револьверных станках и автоматах и другом оборудовании. Резьба нарезается за один проход с реверсированием, которое необходимо для свинчивания плашки с детали. Скорость резбонарезания 2-4 м/мин — процесс мало производительный.

Основные конструктивные элементы и лезвия круглых плашек (смотри рисунок):



1. Зуб плашки (“перо”);
2. Стружечное отверстие;
3. Вспомогательное лезвие;
4. Режущие профили — часть резьбовой нитки ограниченная стружечными отверстиями;
5. Передняя поверхность (цилиндрическая или плоская, плавно сопрягающаяся с поверхностью стружечного отверстия);
6. Главное режущее лезвие. Наклонено к оси плашки под углом φ ;
7. Главная задняя поверхность — ограниченная семейством затыловочных кривых (в основном — спиралью Архимеда);
8. Вспомогательная задняя поверхность — представляет собой винтовую поверхность резьбовой нитки;
9. Направляющие профили — часть резьбовой нитки, ограниченная стружечными отверстиями.

Основные конструктивные элементы плашки подлежащие расчету.

Обозначение элемента	Наименование элемента
D_n	Наружный диаметр плашки
l_1 и φ	Длина и угол режущей части
l_2	Направляющая часть плашки
H	Толщина плашки
d_c	Диаметр стружечных отверстий
d_n	Диаметр, определяющий положение стружечных отверстий;
z	Число зубьев плашки (или число стружечных отверстий)
γ	Передний угол в плоскости, перпендикулярной оси плашки
m	Ширина зуба плашки
L или K	Задний угол или величина затылования по задней поверхности
d_0, b_1, g, C_1	Элементы крепления и регулирования размеров плашки (d_0 — диаметр зацентровки, b_1 — ширина прорези, g — толщина перемычки, C_1 — смещение центровых отверстий)

Длина рабочей части: $l=2l_1+ l_2$, где $l_2=(4...5)P$. $H=l=2l_1+ l_2$.

ГОСТ на плашки: ГОСТ 6228-80.

Плашки закрепляют или в воротке при ручной работе, или в патроне для чего выполнены 3-4 конических углубления.

Лекция № 14

Нарезание резьбы плашками (продолжение).

Стружечные канавки плашек являются важным конструктивным элементом. Их конструкция, размеры и количество определяют очень важные конструктивные элементы плашек: передний угол γ , ширину зуба m и так далее. Все плашки подчиняется технологическим требованиям по ГОСТ 9740-71.

В виду того, что прошлифовать резьбовой профиль плашки после термообработки невозможно, их изготавливают из легированных сталей ХГСВ и 9ХС. Эти стали имеют более низкую температуру закалки, чем быстрорежущие стали (БРС). Поэтому не происходит оплавление резьбовых профилей и режущих лезвий. Коробление этих сталей меньше, чем у других инструментальных сталей.

В обоснованных случаях допускается изготовление плашек из БРС, но при этом необходимо осуществить доводку специальными притирами.

Резьбонарезные головки.

Резьбонарезные головки представляют собой сложный механизм, в корпусе которого установлен комплект гребенок имеющих режущие и направляющие элементы. В конце процесса резьбонарезания резьбонарезные головки автоматически раздвигаются и не касаясь детали, возвращаются в изначальное положение. Резьбонарезные головки применяют (кроме отдельных специальных случаев) для однопроходного нарезания наружной резьбы на сверлильных агрегатах, револьверных, болтонарезных станках и автоматах. Их главное преимущество — высокая производительность из-за повышенных скоростей и отсутствия реверсирования.

Особенности проектирования многоинструментальных наладок.

Все инструментальные наладки жестко привязаны к технологии одной детали (строго определенной). Проектированием наладок занимается либо инженер-станочник, либо инженер-инструментальщик или оба.

При обработке деталей, в этом случае, идет большая концентрация операций и энергетически узлы очень напряжены. В пределах одной операции с одной установкой делают несколько технологических переходов. Следует различать наладки, где используется только резцы, либо наладки, где используются резцы и осевой инструмент (в частности: резцы-сверла, резцы-зенкеры и так далее).

Требования к многоинструментальным наладкам.

1. Наладки должны удовлетворять технологическим требованиям установки, а именно обеспечение требуемую точность и шероховатость.
2. Надежность крепления инструмента. Надежность и долговечность инструмента определяет высокий коэффициент использования станка.

3. Точность позиционирования. Относительно линии центров и относительно взаимного расположения.
4. Удобство и точность регулировки на размер, как на рабочей позиции, так и вне станка.
5. Удобство и быстрота монтажа всей наладки на станке.
6. Удобство обслуживания (минимальное количество инструментов для обслуживания, и он должен быть легко доступен и досягаем — виден).
7. Безопасность обслуживания — отсутствие острых кромок и углов.
8. Максимальная загрузка станка на каждой позиции.

Этапы проектирования многоинструментальных наладок.

Надо иметь готовую операционную технологию (где обоснованно оборудование технологом-резальщиком).

Надо иметь все паспортные данные станка: высота центров, присоединительные размеры, габариты рабочего пространства, все движения.

Надо иметь необходимую документацию по всем комплектующим элементам и чертежи специального инструмента, а также необходимо выяснить, можно ли вносить изменения в конструкцию инструмента (применительно к присоединительным размерам и габаритам).

Надо провести следующие расчеты:

Прочностные (расчет всех креплений, затяжек);

Метрологические настроечные размеры, размерные цепи, точность регулировки, как в станках, так и в приспособлении.

Расчет всех присоединительных и регулировочных размеров.

Пример (смотри рисунок 14-1).

Задана деталь типа полуось ступица. Технологически назначен станок типа 1К282 — типа восьмишпиндельный токарный полуавтомат с вертикальными осями вращения, последовательного действия. Станок имеет 6-8 позиций, из них 1 или 2 — загрузочные позиции. На каждой позиции выполняется один переход и переход на следующую позицию в соответствии с технологией. Цикл может быть последовательно либо параллельно направленный. Если загруженность станка небольшая, то можно сделать загрузку 1 и 2 позиции, и две детали будут идти параллельно либо навстречу друг другу.

Все заготовки вращаются, в одну и ту же сторону, против часовой стрелки, с одинаковой частотой вращения. Станок спроектирован так, что на каждой позиции можно осуществлять подачу вдоль оси (продольная подача), поперек оси (радиальная подача) или под углом за счет специальных механизмов. Все инструменты в одной наладке работают с одинаковой подачей. Суппорт ходит по вертикальным направляющим.

А-А — сечение державки.

В поковке сделан сплошной паз, в который закладывается инструмент называемый фрезер, а затем шлифуется. Расчет вылета ведется от конечной позиции. Деталь 8

(смотри рисунок 14-1) зажимает резец внутри коромысла. Вершина резца должна быть на высоте центров.

Б-Б — в отверстие детали вставлен комбинированный элемент. Винт 19 — дистанционный винт, от него рассчитывается все размеры вдоль оси. Настройка делается вне станка. Винт 14 служит для крепления инструмента.

Резец 4 крепится также, как и в сечении А-А — весит на суппорте и базируется на креплении ласточкин хвост.

Проектирование многоинструментальных наладок для горизонтально-шпиндельных автоматов осуществляется по таким же принципам, однако различие состоит только в загрузке-разгрузке заготовок.

