

ОПД 06 Процессы формообразования и инструменты

Тема: Фрезерование (виды и способы, оборудование, инструменты).
Протягивание. Резьбообразование.

Задание для студентов

1. Ознакомиться с теоретическим материалом (не переписывать!)
2. *Дополнительную информацию по данной теме можно получить по ссылкам:*

Фрезерование листового металла	https://www.youtube.com/watch?v=7IJvmI2RMkM
Фрезеровка металла на горизонтальном фрезерном станке	https://www.youtube.com/watch?v=u_OmSwh7mfQ
Приемы фрезерования сложных деталей	https://www.youtube.com/watch?v=la2jVHpcQio
Приемы фрезерования сложных деталей	https://www.youtube.com/watch?v=CBh8fUeCINg&t=7s
Протяжная обработка	https://www.youtube.com/watch?v=DUYSgljWiYY&feature=emb_logo
Что такое ПРОТЯЖКА? Качество поверхности после протягивания	https://www.youtube.com/watch?v=OLWwF7qWZ3k
Схемы резания при протягивании Достоинство и недостатки Подъем на зуб протяжки	https://www.youtube.com/watch?v=9kxt8IqWuc4
Протяжки и прошивки	https://www.youtube.com/watch?v=A65DxWjUDg8

3. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
4. Предоставить **ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна.*

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

ЛЕКЦИЯ

План

1. Фрезерование
 - 1.1 Процесс фрезерования. Способы фрезерования
 - 1.2. Типы фрез и их назначение.
 - 1.3. Конструкция и геометрия режущей части фрез
 - 1.4. Режим резания при фрезеровании
 - 1.5. Обработка поверхностей заготовок на горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках
2. Протягивание
 - 2.1. Характеристика метода протягивания
 - 2.2. Режимы резания при протягивании
 - 2.3. Инструмент для протягивания
 - 2.4. Обработка поверхностей заготовок на протяжных станках
 - 2.5. Технологические требования к конструкциям деталей машин, обрабатываемых на протяжных станках
3. Резьбообразование
 - 3.1. Резьбы и их конструктивные элементы
 - 3.2. Нарезание наружных резьб
 - 3.3. Нарезание внутренних резьб
 - 3.4. Нарезание резьб резцами и резьбовыми гребенками
 - 3.5. Нарезание резьб фрезерованием, шлифованием
 - 3.6. Нарезание резьб резьбонарезными головками
 - 3.7. Накатывание резьб

1. Фрезерование

1.1. Процесс фрезерования. Способы фрезерования

Фрезерование является одним из высокопроизводительных и распространенных методов обработки поверхностей заготовок многолезвийным режущим инструментом — фрезой.

Технологический метод формообразования поверхностей фрезерованием характеризуется главным вращательным движением инструмента и обычно поступательным движением подачи. Подачей может быть и вращательное движение заготовки вокруг оси вращающегося стола или барабана (карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки).

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля. Особенностью процесса фрезерования является прерывистость резания каждым зубом фрезы. Зуб фрезы находится в контакте с заготовкой и выполняет работу резания только на некоторой части оборота, а затем продолжает движение, не касаясь заготовки, до следующего врезания. Врезание зуба фрезы в заготовку сопровождается ударами, что приводит к неравномерности процесса резания, вибрациям и повышенному износу зубьев, а также отрицательно сказывается на точности и шероховатости обработанной поверхности.

На рис.1 показаны схемы фрезерования плоскости цилиндрической (а) и торцевой (б) фрезами.

При цилиндрическом фрезеровании плоскостей работу выполняют зубья, расположенные на цилиндрической поверхности фрезы. При торцевом фрезеровании плоскостей в работе участвуют зубья, расположенные на цилиндрической и торцевой поверхностях фрезы.

Цилиндрическое и торцевое фрезерование в зависимости от направления вращения фрезы и направления подачи заготовки можно осуществлять двумя способами:

1) встречным фрезерованием (против подачи), когда направление вращения фрезы и перемещение заготовки не совпадают (рис.1, е);

2) попутным фрезерованием (по подаче), когда направление вращения фрезы совпадает с направлением перемещения заготовки (рис.1, з).

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб возрастает от нуля до максимума, при этом сила, действующая на заготовку, стремится оторвать ее от стола, что приводит к вибрациям и увеличению шероховатости обработанной поверхности. Преимуществом встречного фрезерования является работа зубьев фрезы «из-под корки», т. е. фреза подходит к твердому поверхностному слою снизу и отрывает стружку при подходе к точке В. Недостатком является наличие начального скольжения зуба по наклепанной поверхности, образованной предыдущим зубом, что вызывает повышенный износ фрезы.

При попутном фрезеровании зуб фрезы сразу начинает срезать слой максимальной толщины и подвергается максимальной нагрузке.

Это исключает начальное проскальзывание зуба, уменьшает износ фрезы и шероховатость обработанной поверхности. Сила, действующая на заготовку, прижимает ее к столу станка, что уменьшает вибрации.

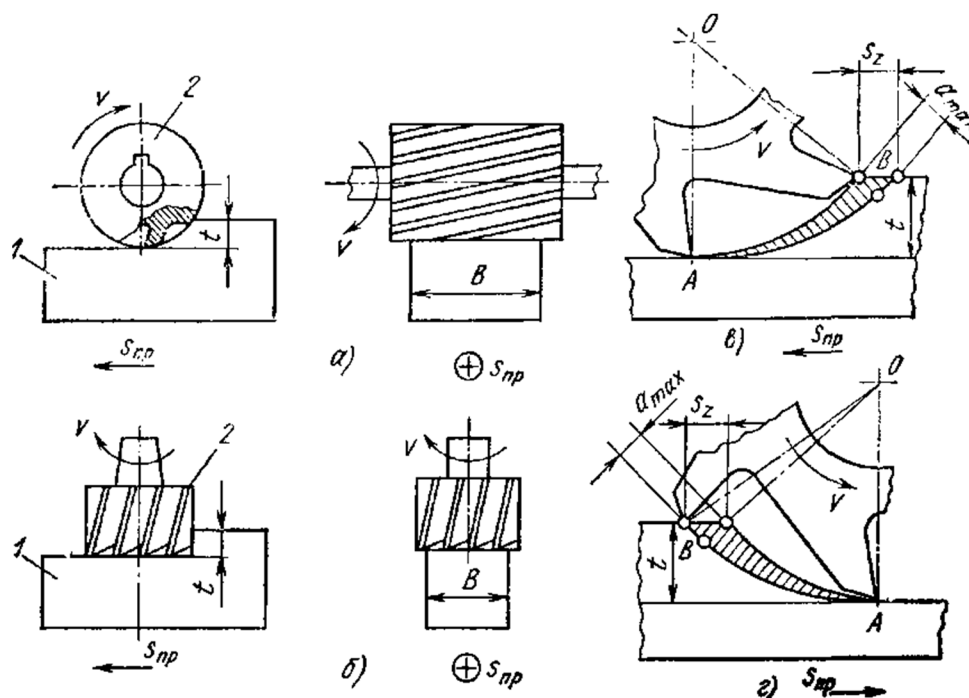


Рисунок 1 - Схемы фрезерования цилиндрической (а) и торцевой (б) фрезами, встречного (в) и попутного (г) фрезерования:

1 — заготовка; 2 — фреза

1.2. Типы фрез и их назначение

В зависимости от назначения и вида обрабатываемых поверхностей различают следующие типы фрез: цилиндрические (рисунок 2, а), торцевые (рисунок 2, б), дисковые (рисунок 2, в), концевые (рисунок 2, з), угловые (рисунок 2, д), шпоночные (рисунок 2, е), фасонные (рисунок 2, ж).

Фрезы изготовляют цельными (рисунок 2, б, д) или сборными с папайными и вставными ножами (рисунок 2, з). Режущие лезвия могут быть прямыми (рисунок 2, д) или винтовыми (рисунок 2, а). Фрезы имеют остrokонечную (рисунок 2, и) или затылованную (рисунок 2, к) форму зуба. У фрез с остrokонечными зубьями передняя и задняя поверхности плоские. У фрез с затылованными зубьями передняя поверхность плоская, а задняя выполнена по спирали Архимеда; при переточке по передней поверхности профиль зуба фрезы сохраняется.

Цельные фрезы изготовляют из инструментальных сталей, корпуса напайных фрез — из конструкционных сталей; на рабочие части зубьев фрез припаивают пластинки из быстрорежущих сталей и твердых сплавов. У сборных фрез зубья (ножи) выполняют из быстрорежущих сталей или оснащают пластинками из твердых сплавов и закрепляют в корпусе фрезы различными механическими способами.

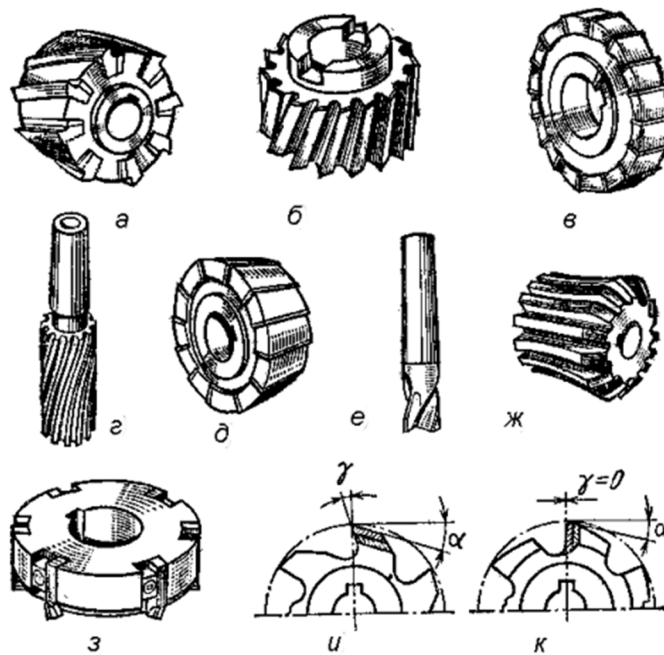


Рисунок 2 -Типы фрез

1.3.Конструкция и геометрия режущей части фрез

Цилиндрическая фреза с винтовыми зубьями. состоит из корпуса 1 и режущих зубьев 2. зуб имеет следующие элементы: переднюю поверхность 3, заднюю поверхность 6, спинку зуба 7, ленточку 5 и режущее лезвие 4

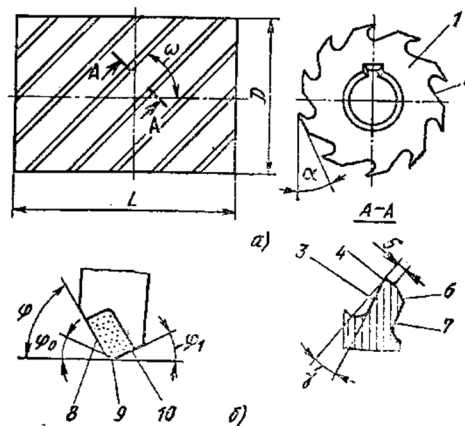


Рисунок 3 - Геометрия фрезы

У цилиндрических фрез различают углы: передний угол γ , измеряемый в плоскости $A-A$, перпендикулярной к режущему лезвию; главный задний угол α , измеряемый в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы; угол наклона зубьев ω . Передний угол γ облегчает образование и сход стружки. Главный задний угол α обеспечивает благоприятные условия перемещения задней поверхности зуба относительно поверхности резания и уменьшает трение на этих поверхностях. Угол наклона зубьев ω обеспечивает более спокойные условия резания по сравнению с прямым зубом и придает направление сходящей стружке.

У зуба торцевой фрезы (рисунок 3, б) режущее лезвие имеет более сложную форму. Оно состоит из главного режущего лезвия 8, переходного лезвия 9 и вспомогательного лезвия 10. Зуб торцевой фрезы имеет главный угол в плане α , измеряемый между проекцией главного режущего лезвия на осевую плоскость и направлением подачи. Вспомогательный угол в плане ϕ_1 составляет 5—10°. Чем меньше этот угол, тем ниже шероховатость обработанной поверхности. Угол в плане на переходном режущем лезвии $\phi_0 = \phi/2$

Наличие переходного режущего лезвия повышает прочность зуба. Рекомендуемые значения углов приводятся в справочных материалах.

1.4.Режим резания при фрезеровании

К режиму резания при фрезеровании относят скорость резания v , подачу s , глубину резания t , ширину фрезерования B .

Скорость резания, т.е. окружная скорость вращения фрезы (в м/мин),

$$V = \pi Dn/1000,$$

где D — диаметр фрезы, мм; n — частота вращения фрезы, об/мин.

Подача — величина перемещения обрабатываемой заготовки относительно вращающейся фрезы. Различают три размерности подачи: подачу на один зуб фрезы S_z в мм/зуб — величину перемещения заготовки относительно фрезы за время ее углового поворота на один зуб; подачу на один оборот фрезы S_0 — величину перемещения заготовки относительно фрезы за один со оборот; минутную подачу S_m — величину перемещения заготовки в минуту.

Эти подачи связаны между собой следующими зависимостями:

$$S_m = S_0 n = S_z z n, \quad \text{где } z \text{ — число зубьев фрезы.}$$

Глубина резания t (в мм) показана на рисунке 4. Ширина фрезерования B (в мм) — величина обрабатываемой поверхности, измеренная в направлении, параллельном оси фрезы при цилиндрическом фрезеровании и перпендикулярном к направлению подачи при торцевом фрезеровании.

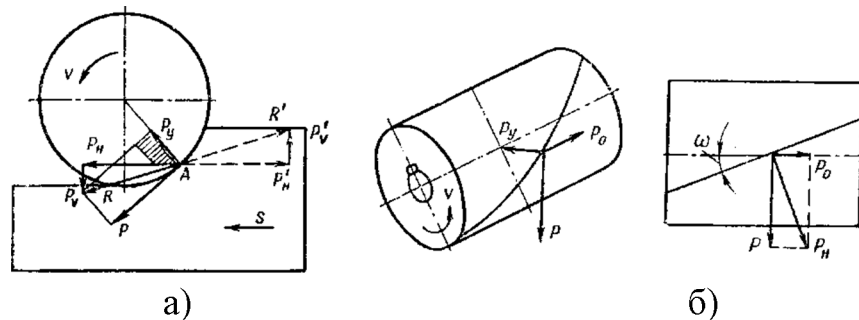


Рисунок 4 - Силы резания при работе цилиндрической фрезой

Силы резания. Фреза должна преодолеть суммарные силы резания, которые складываются из сил, действующих на зубья, находящиеся в

контакте с заготовкой. При фрезеровании цилиндрической фрезой с прямыми зубьями равнодействующую сил резания R , приложенную к фрезе в некоторой точке A , можно разложить на окружную составляющую силу P , касательную к траектории движения точки режущего лезвия, и радиальную составляющую силу P_y , направленную по радиусу (рисунок 4, *а*). Силу P можно также разложить на горизонтальную составляющую силу P_n и вертикальную составляющую силу P_v .

В зависимости от способа фрезерования направление и величина сил изменяются. При фрезеровании цилиндрической фрезой с винтовыми зубьями в осевом направлении действует осевая сила P_o (рисунок 85, *б*). Чем больше угол наклона винтовых канавок ω , тем больше будет сила P_o .

Окружная сила P производит основную работу резания. Радиальная сила $P_y = (0,6—0,8) P$ действует на подшипники шпинделя и изгибает оправку, на которой крепят фрезу. Горизонтальная составляющая сила P_n действует на механизм подачи станка и элементы крепления заготовки.

Осевая сила $P_o = (0,35—0,55) P$ действует на подшипники шпинделя станка и механизм поперечной подачи стола; вертикальная составляющая сила P_v — на механизм вертикальной подачи стола. При встречном фрезеровании сила P_y прижимает фрезу к заготовке, а сила реакции P_y , действующая на заготовку и направленная вверх, стремится оторвать заготовку от стола. При попутном фрезеровании, наоборот, сила P_v отжимает фрезу от заготовки, а сила реакции P_v , действующая на заготовку и направленная вниз, прижимает ее к столу.

1.. Обработка поверхностей заготовок на горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках

Горизонтально-фрезерные станки.

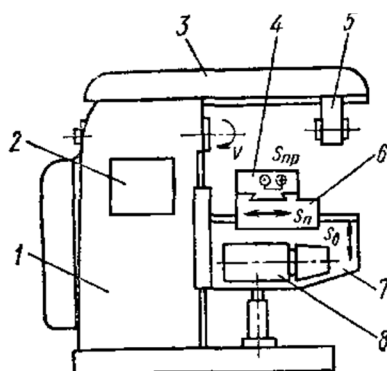


Рисунок 5 - Общий вид горизонтально-фрезерного станка

На рисунке 5 приведен общий вид горизонтально-фрезерного станка. В станине 1 размещена коробка скоростей 2. По вертикальным направляющим

станины перемещается консоль 7. Заготовка, устанавливаемая на столе 4 в тисках или приспособлении, получает подачу в трех направлениях: продольном (перемещение стола по направляющим салазок 6), поперечном (перемещение салазок по направляющим консоли) и вертикальном (перемещение консоли по направляющим станины). Главным движением является вращение шпинделя. Коробка подач 8 размещена внутри консоли. В верхней части станины расположен хобот 3. По его направляющим перемещается подвеска 5 с подшипником для поддержания второго конца длинной оправки с фрезой.

Горизонтально-фрезерные станки, имеющие поворотную плиту, которая позволяет поворачивать рабочий стол в горизонтальной плоскости и устанавливать его на требуемый угол, называются универсальными.

Вертикально-фрезерные станки (рисунок 6). Эти станки имеют много общих унифицированных деталей и узлов с горизонтально-фрезерными станками. В станине 1 размещена коробка скоростей 2. Шпиндельная головка 3 смонтирована в верхней части станины и может поворачиваться в вертикальной плоскости. При этом ось шпинделя 4 можно поворачивать под углом к плоскости рабочего стола 5. Главным движением является вращение шпинделя. Стол, на котором закрепляют заготовку, имеет продольное перемещение по направляющим салазок 6. Салазки имеют поперечное перемещение по направляющим консоли 7, которая перемещается по вертикальным направляющим станины. Таким образом, заготовка, установленная на столе 5, может получать подачу в трех направлениях. В консоли смонтирована коробка подач 8.

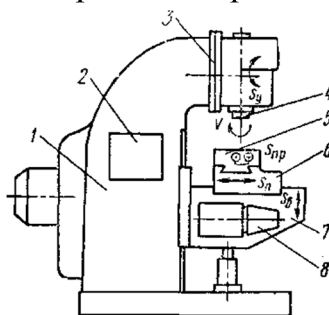


Рисунок 6 – Общий вид вертикально-фрезерного станка

На рисунке 7 показаны схемы фрезерования поверхностей на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. Движения, участвующие в формообразовании поверхностей в процессе резания, на схемах указаны стрелками.

Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках цилиндрическими фрезами (рис.7, а) и на вертикально-фрезерных

станках — торцовыми фрезами (рис.7,б). Цилиндрическими фрезами целесообразно обрабатывать горизонтальные плоскости шириной до 120 мм, при этом длина фрезы должна быть немного больше ширины обрабатываемой заготовки. В большинстве случаев плоскости удобнее обрабатывать торцовыми фрезами вследствие большей жесткости их крепления в шпинделе и более плавной работы, так как число одновременно работающих зубьев торцовой фрезы больше числа зубьев цилиндрической фрезы.

Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис.7, в) и торцовыми фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках — концевыми фрезами (рис.7, г).

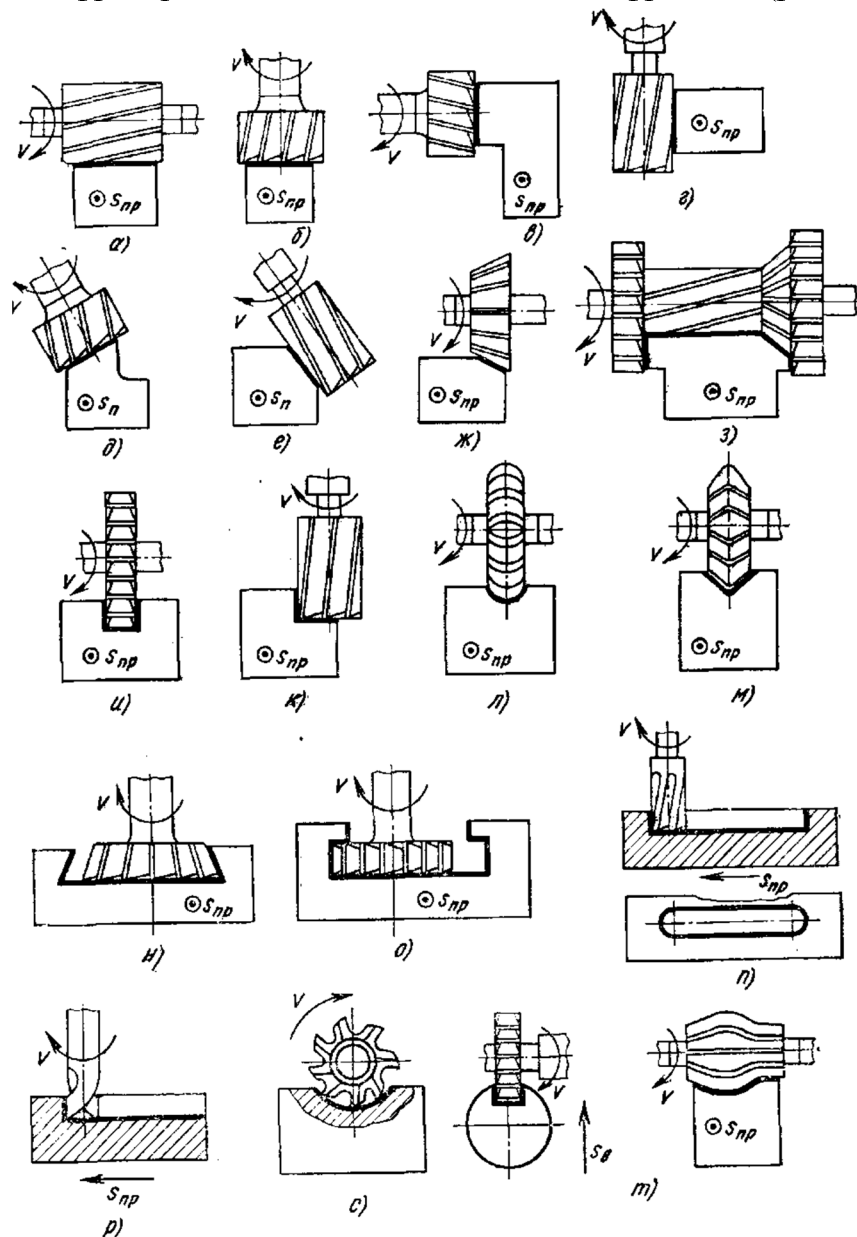


Рисунок 7 - Схемы обработки поверхностей заготовок на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках

Наклонные плоскости и скосы фрезеруют торцовыми (рис.7, *д*) и концевыми (рис.7, *е*) фрезами на вертикально-фрезерных станках, у которых фрезерная головка со шпинделем поворачивается в вертикальной плоскости. Скосы фрезеруют на горизонтально-фрезерном станке одноугловой фрезой (рис.7, *ж*). Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис.7, *а*) на горизонтально-фрезерных станках. Точность взаиморасположения обработанных поверхностей зависит от жесткости крепления фрез по длине оправки. С этой целью применяют дополнительные опоры (подвески), избегают использования несоразмерных по диаметру фрез (рекомендуемое отношение диаметров фрез не более 1,5).

Уступы и прямоугольные пазы фрезеруют дисковыми (рис. 7, *и*) и концевыми (рис.7, *в*) фрезами.

Уступы и пазы целесообразнее фрезеровать дисковыми фрезами, так как они имеют большее число зубьев и допускают работу с большими скоростями резания.

Фасонные пазы фрезеруют фасонной дисковой фрезой (рис.88, *л*), угловые пазы — одноугловой и двухугловой (рис.7, *м*) фрезами на горизонтально-фрезерных станках.

Паз типа «ласточкин хвост» фрезеруют на вертикально-фрезерном станке за два прохода: прямоугольный паз — концевой фрезой, затем скосы паза — концевой одноугловой фрезой (рис.7, *н*). Т-образные пазы (рис. 7, *о*), которые широко применяют в машиностроении как станочные пазы, например на столах фрезерных станков, фрезеруют обычно за два прохода: вначале паз прямоугольного профиля концевой, реже дисковой фрезой, затем нижнюю часть паза — фрезой для Т-образных пазов.

Закрытые шпоночные пазы фрезеруют концевыми фрезами (рис.7, *п*), а открытые — концевыми или шпоночными (рис. 7, *р*) фрезами на вертикально-фрезерных станках. Точность получения шпоночного паза является важным условием при фрезеровании, так как от нее зависит характер посадки на шпонку сопрягаемых с валом деталей. Фрезерование шпоночной фрезой обеспечивает получение более точного паза; при переточке по торцовым зубьям диаметр шпоночной фрезы практически не изменяется.

Пазы под сегментные шпонки фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках дисковыми фрезами (рис.7, *с*).

Заготовке сообщают вертикальную подачу.

Фасонные поверхности незамкнутого контура с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей фрезеруют на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках фасонными фрезами соответствующего профиля (рис.7, *т*)

2.Протягивание

2.1.Характеристика метода протягивания

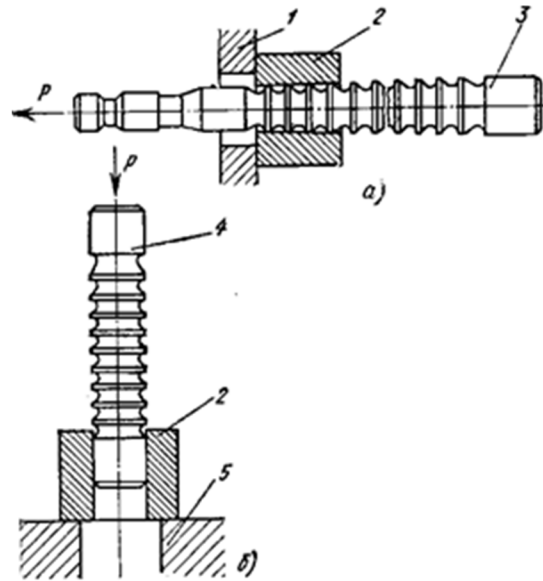


Рисунок 8 - Схемы протягивания (а) и прошивания отверстий (б)

Протягивание—высокопроизводительный метод обработки внутренних и наружных поверхностей, обеспечивающий высокую точность формы и размеров обрабатываемой поверхности. Протягивают многолезвийным режущим инструментом — протяжкой при ее поступательном движении относительно неподвижной заготовки (главное движение).

Принцип протягивания заключается в том, что размер каждого последующего зуба протяжки больше предыдущего, при этом каждый зуб срезает с обрабатываемой поверхности заготовки стружку небольшой толщины, вследствие чего обработанная поверхность имеет малую шероховатость. На рисунке 89 приведены схемы протягивания и прошивания отверстий. При протягивании заготовка 2 торцевой частью опирается на кронштейн станка 1. Силой P протяжка 3 протягивается через обрабатываемое отверстие заготовки. При прошивании заготовка 2 опирается на стол прессы 5. Сила P , приложенная к торцу прошивки 4, проталкивает ее через обрабатываемое отверстие заготовки. В отличие от протяжки, которая работает на растяжение прошивка работает на сжатие. Длина прошивки во избежание продольного изгиба не превышает 15 ее диаметров.

2.2.Режимы резания при протягивании

Скорость резания. При протягивании скоростью резания V является скорость поступательного движения протяжки относительно заготовки. Скорость резания лимитируется условиями получения обработанной

поверхности высокого качества и ограничивается технологическими возможностями протяжных ставков. Обычно $V = 8—15$ м/мин.

Подача. Движение подачи при протягивании как самостоятельное движение инструмента или заготовки отсутствует. За величину подачи S_z , определяющую толщину срезаемого слоя отдельным зубом протяжки, принимают подъем на зуб, т. е. разность размеров по высоте двух соседних зубьев протяжки; S_z является одновременно и глубиной резания. Подача в основном зависит от обрабатываемого материала, конструкции протяжки и жесткости заготовки и составляет $0,01—0,2$ мм/зуб. Оптимальные величины режима резания выбирают по справочным данным.

2.3. Инструмент для протягивания

По характеру обрабатываемых поверхностей *протяжки* делят на две основные группы: внутренние и наружные.

По форме различают круглые, шлицевые, шпоночные, многогранные и плоские протяжки. По конструкции зубьев протяжки бывают режущими (зубья имеют острые режущие лезвия) и уплотняющими (округленные, работающие по методу пластического деформирования поверхности без снятия стружки). Различают также сборные протяжки со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава.

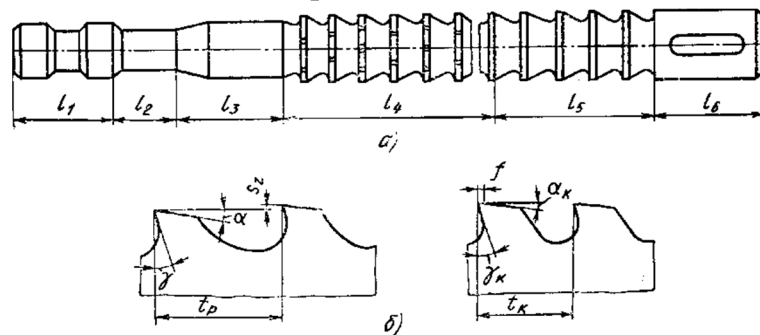


Рисунок 9 - Элементы и геометрия зуба круглой протяжки

Элементы круглой протяжки. Замковая часть (хвостовик) l_1 служит для закрепления протяжки в патроне тянущего устройства станка; шейка l_2 — для соединения замковой части с передней направляющей частью; передняя направляющая часть l_3 вместе с направляющим конусом — для центрирования обрабатываемой заготовки в начале резания.

Режущая часть l_4 состоит из режущих зубьев, высота которых последовательно увеличивается на толщину срезаемого слоя, и предназначена для срезания припуска. Калибрующая часть l_5 состоит из калибрующих зубьев, форма и размеры которых соответствуют форме и размерам последнего режущего зуба, и предназначена для придания поверхности окончательных размеров, точности и шероховатости.

Задняя направляющая часть 1_6 служит для направления и поддержания протяжки от провисания в момент выхода последних зубьев калибрующей части из отверстия. Для облегчения образования стружки на режущих зубьях выполняют стружколомные канавки в шахматном порядке.

Геометрия зуба протяжки. Геометрия зубьев режущей и калибрующей частей показана на рисунке 9,б. Передние и задние углы протяжки измеряют в плоскости, перпендикулярной к главному режущему лезвию. Передний угол γ ($5-20^\circ$) выбирают в зависимости от свойств материала, задний угол α ($1-4^\circ$) - в зависимости от класса точности обработки.

Калибрующие зубья имеют на задней поверхности фаску (ленточку) шириной $f = 0,2-0,3$ мм, у которой задний угол $\alpha_k = 0^\circ$. Фаска необходима для того, чтобы после переточки по передней поверхности зуба размеры протяжки не изменялись.

Шаг режущих зубьев t_p протяжки определяют в зависимости от длины L протягиваемой поверхности, при этом исходят из того, чтобы в резании участвовало одновременно не менее трех зубьев

2.4 Обработка поверхностей заготовок на протяжных станках

Основными характеристиками станка являются тяговое усилие и длина хода протяжки. Протяжные станки имеют гидравлический привод. В зависимости от вида обрабатываемых поверхностей их делят на станки для внутреннего и наружного протягивания; по направлению главного движения—на горизонтальные и вертикальные.

Вертикально-протяжной станок. Этот станок для наружного протягивания (рисунок 10) состоит из основания 1 , станины 5 , насосной станции 4 , каретки 3 , стола 2 . Заготовку устанавливают в приспособлении на столе станка. Протяжку закрепляют в каретке и от гидропривода сообщают ей вертикальное поступательное перемещение — главное движение. Протяжка, опускаясь (рабочий ход U_p), обрабатывает заготовку.

Горизонтально-протяжной станок. Этот станок для внутреннего протягивания (рисунок 11) состоит из станины 1 , насосной станции 2 , гидроцилиндра 3 , каретки 4 , опорного кронштейна 5 и корыта 6 . Протяжку хвостовой частью вставляют в предварительно обработанное отверстие заготовки и закрепляют в патроне каретки 4 . Каретка с протяжкой получает поступательное движение от штока поршня гидроцилиндра — главное движение V_p . Заготовка при протягивании опирается торцом на опорную поверхность кронштейна 5 . Поступательное движение протяжке сообщают до тех пор, пока она не выйдет из отверстия заготовки. После окончания протягивания заготовка падает в корыто 6 , протяжка извлекается из каретки

4, последняя возвращается в исходное положение (холостой ход V_x) и цикл обработки повторяется.

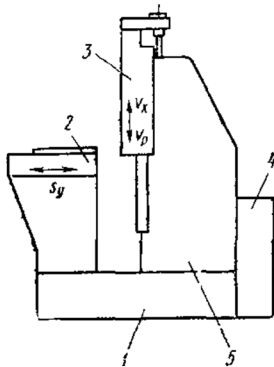


Рисунок 9 - Общий вид вертикально-протяжного станка

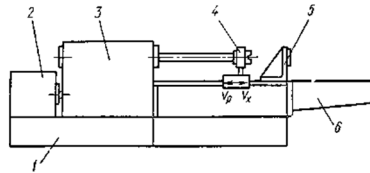


Рисунок 10 - Общий вид горизонтально-протяжного станка

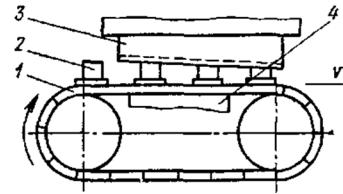


Рисунок 11 - Схема обработки заготовок на протяжном станке непрерывной обработки

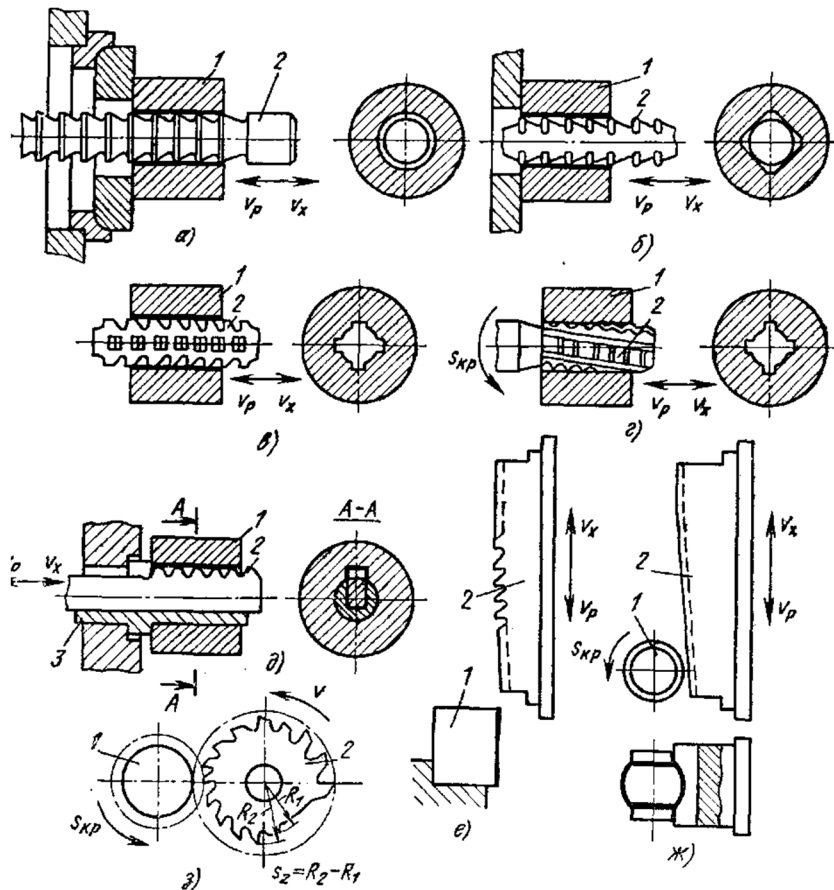


Рисунок 12 - Схемы обработки поверхностей заготовок на протяжных станках:

1 — заготовка; 2 — протяжка; 3 — направляющая втулка

Протяжные станки непрерывной обработки (рисунок 11) Эти станки являются станками высокой производительности. На них обрабатывают заготовки непрерывно. Заготовки 2 устанавливают в приспособлениях замкнутой цепи 1 и сообщают им главное поступательное движение со скоростью V относительно неподвижной протяжки 3. Жесткие направляющие

4 обеспечивают параллельное перемещение цепи. Размеры протягиваемых отверстий составляют 5—250 мм. Применяют также протягивание отверстий, при литье и штамповке, без предварительной обработки. Длина отверстий не превышает трех диаметров.

Если торец отверстия в заготовке не обработан, то для ее установки применяют приспособления со сферической опорной поверхностью (рисунок 12, а). Заготовка в этом случае может центрироваться по оси протяжки.

Треугольные, квадратные и др. отверстия протягивают многогранными протяжками. Исходной поверхностью для протягивания является круглое отверстие (рисунок 12, б).

Шлицевые отверстия протягивают многошлицевыми протяжками, формирующими одновременно весь профиль отверстия.

На рис. 12, в приведена схема протягивания прямых шлицев. Винтовые шлицы протягивают протяжкой, режущие зубья которой расположены по винтовой линии (рис. 12, г).

Шпоночные и другие пазы протягивают протяжками, форма зубьев которых в поперечном сечении соответствует профилю протягиваемого паза. Шпоночные пазы протягивают плоской шпоночной протяжкой (рис. 12, д) с применением направляющей втулки 3.

Плоские и более сложные наружные поверхности протягивают плоскими протяжками прямого и фасонного профиля. На рис. 12, е приведена схема протягивания вертикальной плоскости.

На специальных протяжных станках можно обрабатывать наружные поверхности заготовок формы тел вращения плоскими (рис. 12, ж) и дисковыми (рис. 12, з) протяжками. В обоих случаях заготовке сообщают круговую подачу. Плоская протяжка имеет главное движение.

2.5. Технологические требования к конструкциям деталей машин, обрабатываемых на протяжных станках

Обрабатывать протягиванием можно лишь отверстия с достаточно толстыми стенками равномерной толщины.

При протягивании отверстий в тонкостенных втулках с буртиками. возникают значительное радиальное давление и неравномерная деформация по длине обрабатываемой поверхности, приводящие к искажению формы отверстия.

Торец протягиваемой заготовки должен быть перпендикулярен оси отверстия со стороны входа и выхода протяжки. Протягивание отверстия в заготовке с наклонным торцом вызывает неравномерную нагрузку на зубья

протяжки и ее перекося.

Не рекомендуется протягивать отверстия с фасонным сечением: следует максимально упрощать их форму и делать симметричными. Симметричное отверстие более технологично для протягивания. Для обработки несимметричного отверстия требуется протяжка сложной конфигурации.

Наиболее технологично квадратное (или восьмигранное) фасонное отверстие с неполной поверхностью боковых сторон.

При конструировании многовенцовых колес, а также колес с буртиками расстояние между венцами необходимо увязывать с диаметром фрезы, обеспечивая ей при нарезании колеса свободный выход.

При конструировании зубчатых колес следует также учитывать, что при нарезании блочных колес на зубофрезерных станках расстояние между зубчатыми венцами пришлось бы значительно увеличить для выхода фрезы. При нарезании зубчатых колес на зубодолбежном станке расстояние для

3. Резьбообразование

3.1. Резьбы и их конструктивные элементы

Винтовая поверхность резьбы образуется вращательным и поступательным движениями формообразующего элемента относительно оси заготовки или заготовки относительно формообразующего элемента.

В зависимости от назначения резьбы она имеет различные *формы профиля*: **треугольную, трапецидальную, прямоугольную, круглую и несимметричную — упорную.**

Резьбы могут быть однозаходные и многозаходные, а также левые и правые. Если винтовую поверхность (рисунок 13,а) развернуть на плоскость, то она превратится в гипотенузу прямоугольного треугольника *ABC*. Катет *AC* будет равен длине окружности, а катет *BC* — шагу винтовой линии *P*.

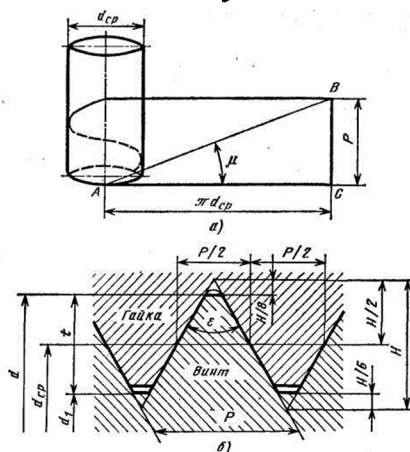


Рисунок 13 – Конструктивные элементы резьбы

Шагом резьбы называют расстояние между одноименными точками двух соседних витков. Угол подъема винтовой линии — угол между плоскостью, перпендикулярной оси винтовой поверхности, и касательной к направлению витка. Резьба винта (рисунок 13,б) характеризуется наружным диаметром d , внутренним диаметром d_i , средним диаметром d_{cp} , шагом резьбы P , углом профиля резьбы ε и высотой профиля t . Крепежные резьбы основных видов подразделяют на метрические и дюймовые.

Метрические резьбы имеют угол профиля $\varepsilon = 60^\circ$, вершины выступов срезаны, а дно впадин закруглено. Метрические резьбы делят на резьбы с крупным и мелким шагом. Наибольший шаг (6 мм) у метрических резьб. *Дюймовые резьбы* имеют треугольный профиль с углом $\varepsilon = 55^\circ$, а диаметр их измеряется в долях дюйма ($1' = 25,4$ мм). Шаг резьбы характеризуется числом ниток на один дюйм. (по справочнику).

3.2. Нарезание наружных резьб

Для нарезания наружных резьб с шагом до 2 мм используют плашки.

Плашка по своим конструктивным особенностям похожа на гайку, изготовленную из инструментальной стали и имеющую такую же резьбу, как и нарезаемая. В плашке просверлено три-восемь стружечных отверстий, пересекающих резьбовое отверстие (рисунок 14). Плашки по обеим сторонам имеют фаски, создающие на гребенках режущие части — заборные конуса. Внутренняя цилиндрическая часть плашки (пять-шесть витков) образует калибрующую часть.

На длине заборного конуса плашка затылуется, при этом образуется задний угол α . На калибрующей части $\alpha=0$. Передний угол плашки образуется стружечными отверстиями и зависит от их диаметра. Передний угол γ на заборном конусе на высоте резьбы не должен превышать 10—15°. Нарезание резьбы плашками производится с помощью специального держателя.

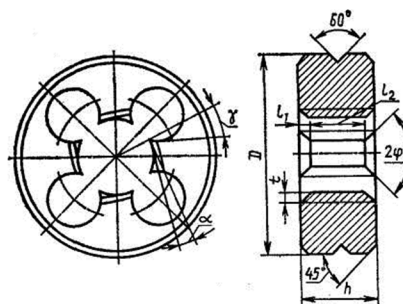


Рисунок 14 – Конструктивные элементы круглой плашки

3.3. Нарезание внутренних резьб

Внутренние резьбы диаметром до 20 мм нарезают метчиками (рис. 15).

Метчик представляет собой винт того же диаметра, шага и угла профиля резьбы, что и нарезаемая резьба. Режущие элементы у метчиков формируются нарезанием продольных канавок с образованием резьбовых гребешков на пересечении канавок с витками резьбы. Метчики имеют широкую номенклатуру: ручные, гаечные, машинные, станочные, плащечные и т. д.

Для нарезания резьб в листовых заготовках, а также отверстиях с неравномерным выходом используют бесканавочные метчики. Конструктивной особенностью этих метчиков является наличие коротких канавок на длине $L = l_1 + (3 \dots 5)P$, где l_1 — длина заборной части. Канавки расположены под углом $\omega = 10 \dots 15^\circ$. Число канавок — две-три.

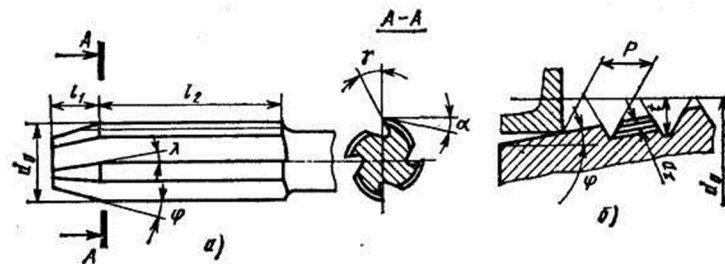


Рисунок 15—Конструктивные элементы гаечного метчика и схема резания метчиком

Для нарезания резьб в глухих отверстиях длина заборного конуса мала: $l_1 \approx 2P$, для стандартных гаечных метчиков $l_1 \approx 12P$. Для лучшего отвода стружки при нарезании глухих отверстий применяют метчики с винтовыми канавками, направление которых то же, что направление резьбы. Угол подъема канавки $\omega = 10 \dots 45^\circ$.

3.4. Нарезание резьб резцами и резьбовыми гребенками

Резьбы с малыми допускаемыми отклонениями от соосности с другими поверхностями и высокой точностью шага нарезают резьбовыми резцами на токарном станке. При этом методе подача всегда численно равна шагу нарезаемой резьбы: $S = P$.

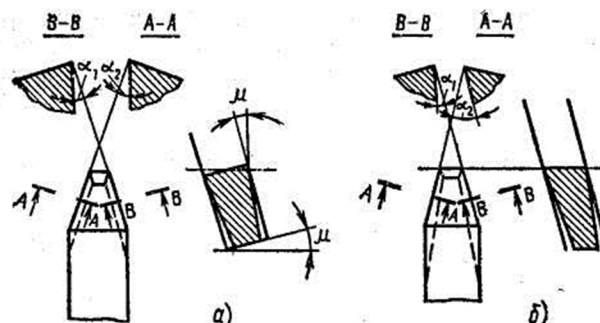


Рисунок 16 – Установка резьбового резца при нарезании трапецидальной резьбы

Резцы подразделяют на внутренние и наружные. Профиль режущей части резца соответствует профилю нарезаемой резьбы. В процессе нарезания резьбы

возможна некоторая «разбивка» профиля, поэтому угол профиля резцов занижают: для быстрорежущих сталей на 10—20% для твердосплавных на 20—30'. При черновой обработке передний угол у резьбовых резцов $\gamma = 5 \dots 10^\circ$, а при чистовой обработке $\gamma = 0^\circ$. Задние углы на боковых лезвиях равны $\alpha_1 = \alpha_2 = 6^\circ$. При такой заточке образуется задний угол под вершиной резца $\alpha = 12 \dots 15^\circ$

Нарезание резьбы на токарном станке характеризуется скоростью резания v , продольной подачей, численно равной шагу P , поперечной подачей $S_{\text{поп}}$, схемой срезания припуска из впадины резьбовой канавки (рисунок 17).

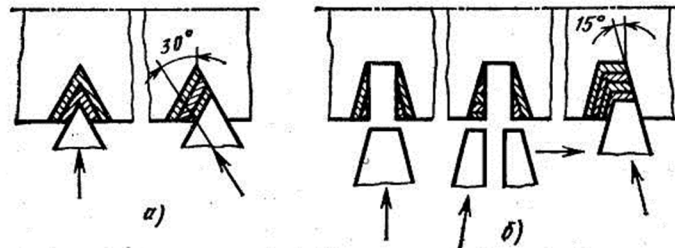


Рисунок 17 – Схема удаления материала при обработке резьб

Для удобства наладки и упрощения повторных заточек широко применяют призматические с механическим креплением и круглые резьбовые резцы (рис.17).

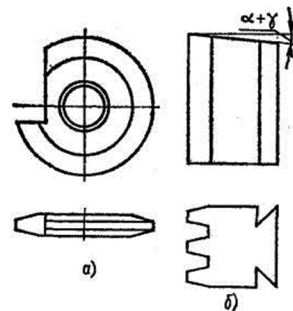


Рисунок 17 – Резьбовые инструменты:

а – круглый резец, б – резьбовая призматическая гребенка

На токарных станках нарезают одно- и многозаходные резьбы различных шагов, крепежные резьбы (метрические, дюймовые), крепежно-уплотняющие резьбы (трубные, конические), резьбы, передающие движение (прямоугольные, трапецеидальные, упорные, круглые). Для нарезания сквозных внутренних и наружных резьб часто применяют гребенки — режущий инструмент по профилю и схеме резания, напоминающий перо метчика. Гребенками нарезают резьбу на полную высоту профиля за один рабочий ход (рис. 17, б).

В случае нарезания многозаходных резьб обработку производят последовательно — каждый заход нарезается после поворота заготовки на $1/k$ окружности относительно неподвижного резца, где k — число заходов. Многозаходные резьбы могут обрабатываться одновременно несколькими резцами с подачей, численно равной kP .

3.5. Нарезание резьб фрезерованием, шлифованием

Фрезерование резьб осуществляется на специальных резьбофрезерных станках дисковыми резьбовыми фрезами и многониточными фрезами. Движение резания D_r совершает фреза, режущие зубья которой в нормальном сечении имеют профиль сечения канавки резьбы. Заготовка или фреза совершают движение круговой подачи $D_{скр}$ и поступательной подачи $D_{спр}$ (на один шаг за один оборот заготовки).

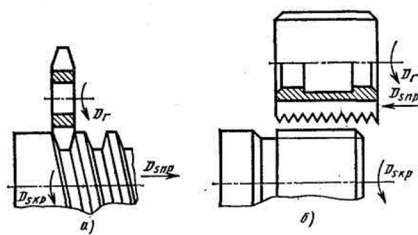


Рисунок 18 – Схемы фрезерования наружной резьбы фрезой:
А – дисковой, б - многониточной

Резьбофрезерованием нарезают наружные и внутренние резьбы. Схема обработки наружной резьбы дисковой фрезой показана на рис. 18, а, а многониточной (гребенчатой) фрезой — на рис. 18, б.

Много общего с резьбофрезерованием имеет вихревое нарезание резьбы. Сущность метода заключается в том, что заготовка вращается с небольшой частотой вращения (3—40 мин⁻¹). Резьбовой резец или резцы (от одного до четырех), установленный в резьбовой головке, вращаются с частотой вращения 1000—3000 мин⁻¹. Резьбовая головка получает также движение подачи и за один оборот заготовки перемещается на расстояние, численно равное шагу резьбы P . Конструктивно резьбовые головки могут быть с внутренним и наружным расположением резцов. Схема нарезания резьбы вихревым методом показана на рисунке 19. Этот метод обеспечивает малую шероховатость нарезанных резьб и осуществляется на резьбо-шлифовальных станках.

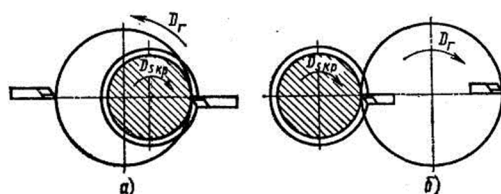


Рисунок 19 – Схемы нарезания резьбы вихревым методом

Обработка резьб на этих станках производится однопунктными или многопунктными шлифовальными кругами (рисунок 20). Резьбошлифованием обрабатывают как внутренние, так и наружные однозаходные и многозаходные резьбы. В массовом производстве применяют бесцентровое шлифование резьб, шлифовальный круг — многопунктный.

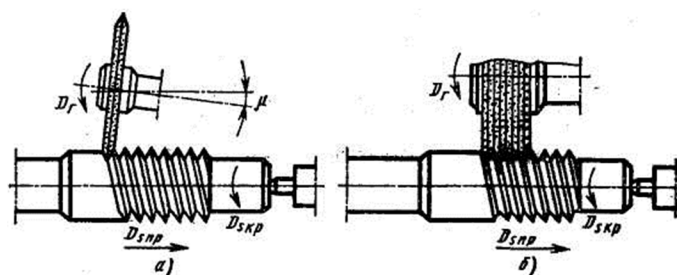


Рисунок 20 – Схемы нарезания резьб на резьбошлифовальном станком кругом

3.6. Нарезание резьб резьбонарезными головками

Резьбонарезные головки применяют для нарезания наружных и внутренних резьб на токарных, сверлильных, агрегатных, револьверных станках и автоматах. В корпусе резьбонарезной головки монтируют гребенки (призматические или круглые).

Гребенки можно регулировать по среднему диаметру резьбы, их легко также заменить, что делает резьбонарезные головки универсальным инструментом. Гребенки резьбонарезных головок имеют заборный конус под углом φ , равным 15, 20, 30 или 45°.

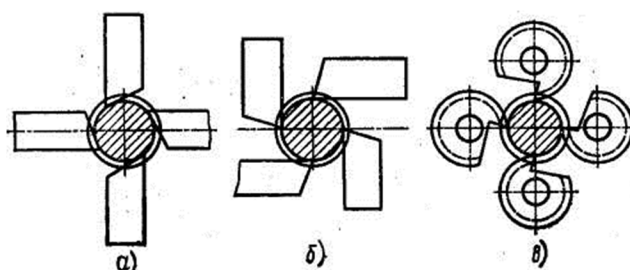


Рисунок 21 – Схемы обработки резьб головкой

В зависимости от расположения и конструкции плашек существуют самооткрывающиеся головки трех типов: с плоскими радиальными, с плоскими тангенциальными плашками и круглыми гребенками (рисунок 21).

3.7. Накатывание резьб

Накатывание резьбы — один из наиболее производительных и экономичных способов в условиях массового и серийного производства. Накатыванием, т. е. пластическим деформированием, получают как внутренние, так и наружные резьбы. Преимуществом накатывания являются экономичность, большая производительность, высокие эксплуатационные свойства накатанных резьб. Накатывание резьб производится плоскими накатными плашками и резьбовыми роликами (рисунок 22, а, б). *Плоскими плашками* резьбы накатывают с тангенциальным движением подачи инструмента на накатываемую заготовку, роликами — с радиальным движением подачи на заготовку. Накатывание резьб

плашками производят на специальных станках или на поперечно-строгальных станках.

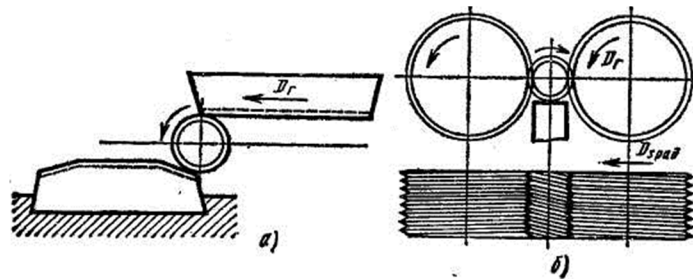


Рисунок 22 – Схема накатывания резьб

Заготовка прокатывается между подвижной и неподвижной плашками и за рабочий ход на нее наносится профиль требуемой резьбы в соответствии с профилем плашек. Неподвижная плашка (рисунок 22, а) имеет заборную часть (выполняющую работу формообразования резьбы), калибрующую часть и участок, облегчающий освобождение накатанной детали (сбрасывающий). Неподвижная плашка обычно короче подвижной. Наибольший диаметр накатываемых резьб 25 мм, а наименьший 1 мм. Длина накатываемых резьб - до 80 мм.

Накатывание резьбы роликами. При накатывании резьб роликами используют различные варианты движений заготовки или роликов. Накатывание может производиться одним роликом (для резьб диаметром до 15 мм) резьб из цветных металлов и незакаленной стали. Накатывание производится на токарных, револьверных станках и автоматах свободно вращающимся роликом под действием радиальной силы. Накатывание резьб может производиться также двумя или тремя роликами, оси которых параллельны оси вращающейся заготовки. Диаметр накатываемой резьбы в этом случае не превышает 120 мм.

При накатывании резьб двумя или тремя роликами (рис. 22,б) одинакового или разных диаметров они принудительно вращаются в одном направлении, а заготовка, поданная вручную или автоматически, захватывается ими и вращается вокруг своей оси, одновременно перемещаясь между роликами. Относительно продольной оси ролики смещены на $1/2$ шага при накатке двумя роликами и на $1/3$ шага при накатке резьбы тремя роликами. Радиальное движение подачи $D_{срад}$ осуществляется одним из роликов. Радиальная подача на оборот заготовки равна $0,04...0,3$ мм/об в зависимости от обрабатываемого материала и шага накатываемой резьбы. Скорость накатывания $0,2...2$ м/с и также зависит от обрабатываемого материала (цветные металлы, стали, жаропрочные материалы).

Производится также накатывание внутренних резьб одним, двумя или тремя накатными роликами со свободным и принудительным осевым движением подачи. Обработку крупных, резьб и резьб больших диаметров накатными роликами ведут по предварительно обработанным (механически) виткам резьбы.

Внутренние резьбы в заготовках из легких сплавов можно также получить

внутренним накатыванием. Инструмент — *накатник*, напоминающий по форме метчик, но без стружечных канавок. Этим методом формообразования резьбы получают высокую степень точности и малую шероховатость поверхности $Rz=0,32 \dots 0,4$ мкм

Накатывание резьб выполняют с подачей СОТС с высокими смазывающими свойствами (сульфофрезол и т. п.). Накатанная резьба обладает высокими эксплуатационными свойствами и применяется на силовых шпильках двигателя и других ответственных соединениях механизмов и машин.

Контрольные вопросы:

- 3 Какие поверхности можно получить фрезерованием?
- 4 В чем особенности попутного и встречного фрезерования?
- 5 Какие виды фрез Вы знаете?
- 6 Какие режущие инструменты используются для обработки пазов?
- 7 Какие геометрические параметры имеет зуб фрезы?
- 8 Какое минимальное число зубьев может иметь фреза?
- 9 Какими фрезами (торцовыми или цилиндрическими) в большинстве случаев удобнее обрабатывать плоскости?
- 10 Какие виды размерностей подачи используют при фрезеровании? Как они взаимосвязаны?
- 11 В чем отличие технологической схемы протяжки и прошивки?
- 12 Почему режим резания при протягивании характеризуется лишь двумя параметрами?
- 13 Что представляет собой протяжка?
- 14 В чем особенности прогрессивной и генераторной схем протягивания?
- 15 Какую геометрическую форму могут иметь отверстия, обрабатываемые протягиванием?
- 16 Какие формы профиля имеет резьба в зависимости от назначения?
- 17 Какими способами можно получить наружную резьбу?
- 18 Какие инструменты используются при нарезании внутренней резьбы?
- 19 В чем заключается процесс накатывания резьбы?
- 20 Какой способ получения резьбовой поверхности можно использовать при работе на токарно-винторезном станке?