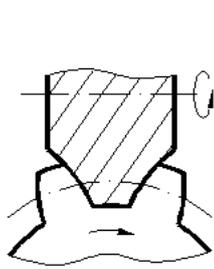


Зубообрабатывающие станки

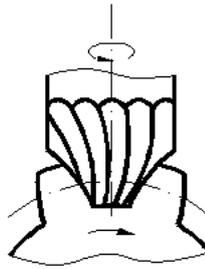
1. Кинематика станков для нарезания цилиндрических зубчатых колёс.

Существуют два основных метода нарезания зубьев зубчатых колёс: метод копирования и метод обкатки.

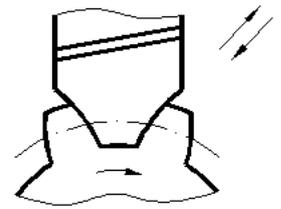
Метод копирования. При обработке этим методом впадина зубчатого колеса образуется режущим инструментом, профиль режущих кромок которого выполнен по форме впадины нарезаемого колеса. К данному методу относятся фрезерование зубьев модульными дисковыми и пальцевыми фрезами, строгание профильными резцами, обработка протяжками и профильными шлифовальными кругами. Следует отметить, что профиль зуба (кривизна эвольвенты) зубчатого колеса зависит от модуля, угла зацепления и числа зубьев, следовательно, теоретически для обработки каждого зубчатого колеса с определённым числом зубьев и модулем потребуется свой режущий инструмент. Поэтому, например, при обработке дисковыми модульными фрезами зубчатых колёс одного модуля, но с различным числом зубьев применяют наборы фрез из 8, 15 или 27 шт. Метод копирования при изготовлении зубчатых колёс имеет ограниченное применение.



Дисковая модульная фреза



Концевая (пальцевая) модульная фреза



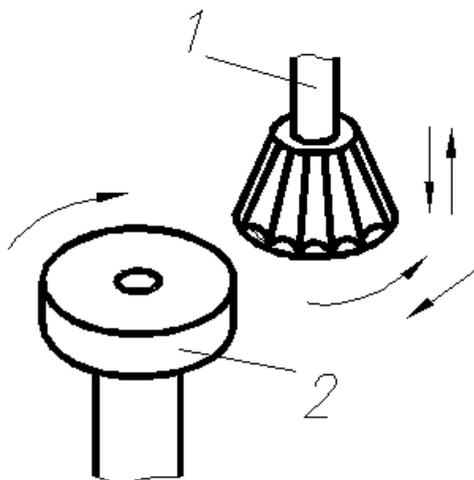
Фасонный резец

Метод обкатки. При обработке зубчатых колёс методом обкатки в процессе нарезания зубьев воспроизводится работа какой либо зубчатой пары (реечной, цилиндрической, червячной, конической). При этом одна из деталей зубчатой пары является инструментом, а другая – заготовкой. Формирование боковых поверхностей обрабатываемых зубьев происходит при последовательном изменении положений режущих кромок инструмента в процессе огибания (обкатки) инструмента и заготовки. Метод обкатки обеспечивает высокую производительность и точность нарезания зубьев,

возможность одним инструментом обрабатывать зубчатые колёса одного и того модуля с любым числом зубьев.

Обработка зубчатых колёс долбяками.

Долбяк 1 имеет форму цилиндрического колеса, зубья которого выполнены с углами резания. При нарезании воспроизводится работа пары



цилиндрических зубчатых колёс (долбяк 1 и заготовки 2). Во время обработки долбяк получает прямолинейное возвратно-поступательное главное движение и медленное вращение вокруг своей оси. В начале нарезания зубьев при согласованном вращении заготовки и долбяка (движение обкатки) происходит радиальное врезание долбяка (или заготовки) до полной глубины резания. Для получения полностью обработанных зубьев на всей окружности заготовка после окончания радиального врезания долбяка должна сделать полный оборот. Резание происходит только при прямом ходе долбяка, а при обратном холостом ходе шпиндель долбяка или стол несколько отводится образуя зазор между инструментом и заготовкой для устранения трения задних поверхностей долбяка впадине нарезаемого колеса. Долбяками можно производить нарезание цилиндрических колёс наружного зацепления внутреннего зацепления, зубчатых блоков, цилиндрических колёс с косыми зубьями.



Для нарезания цилиндрических колёс с косыми зубьями необходимы специальные долбяки. Угол наклона зубьев долбяка должен равняться углу наклона зубьев нарезаемого колеса. Для нарезания колёс наружного зацепления направление наклона зубьев долбяка должно быть противоположным, а для нарезания колёс внутреннего зацепления – одноименным. Дополнительный к основному вращению поворот долбяка при помощи специальных винтовых направляющих копиров.

8.1. Зубодолбежные станки

Производительность их (кроме работающих многорезцовой головкой) ниже, чем зубофрезерных, однако они незаменимы при нарезании колёс внутреннего зацепления, а так же колёс с буртами и блоков, в которых недостаточно места для выхода фрезы.

Зубодолбежные станки могут работать: 1. долбяком круглым; долбяком – рейкой; 3. многорезцовой головкой обрабатывающей в шестерне одновременно все впадины (рис. 30-31). В первых двух случаях образующая линии зуба получается методом обкатки, а в третьем случае – методом копирования полной образующей линии.

Зубодолбежный станок модели 514, рис. 33, предназначен для обработки шестерён с диаметром до 450 мм и модулем до 6 мм. Обработка зубчатых колёс производится долбяком по методу обкатки.

1. Главное движение (возвратно-поступательное движение долбяка) осуществляется от эл. двигателя Д через клиноременную передачу, два двойных подвижных блока шестерён, кривошипный диск K_p , зубчатую рейку, колесо-колесо, рейку. Расчётные перемещения

$$n_{об/мин эл.дв} \rightarrow n_{дв.ход./мин долбяка}$$

$$n_d \cdot \frac{100}{280} \cdot \frac{22}{88} = n \frac{дв.ход}{мин} \text{ долбяка}$$

Число двойных ходов долбяка в мин. определяют по формуле $n = \frac{1000 V_{cp}}{2l}$, где V_{cp} – выбранная средняя скорость резания, м/мин; $l = b + c$ – длина хода долбяка (b – ширина заготовки, c – выбег). Длину хода долбяка регулируют изменением радиуса вращения пальца кривошипа (K_p).

2) Движение круговой подачи – поворот долбяка на его двойной ход. В зубодолбежных станках под круговой подачей $S_{кр}$ понимают длину дуги поворота долбяка по делительной окружности за один его двойной ход. Следовательно, цепь подачи соединяют вращение долбяка и перемещение долбяка $1 \text{ дв.ход.долб} \cdot \pi D_d \rightarrow S_{кр} \text{ мм на периметре долб.}$ Т.к. одному двойному ходу долбяка соответствует один оборот кривошипного диска. По

УКБ подача начинается от кривошипного диска $1 \text{ дв.ход.долб} \rightarrow \frac{S_{кр}}{\pi D_d}$

$$D_d = m_s z_{долб}$$

$$1 \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{3}{23} \cdot \frac{28}{42} \cdot i_{S_{кр}} \cdot \frac{1}{100} = \frac{S_{кр}}{\pi m_s \cdot z_{долб}} \text{ где } m_s \text{ - модуль долбяка.}$$

Отсюда формула настройки:

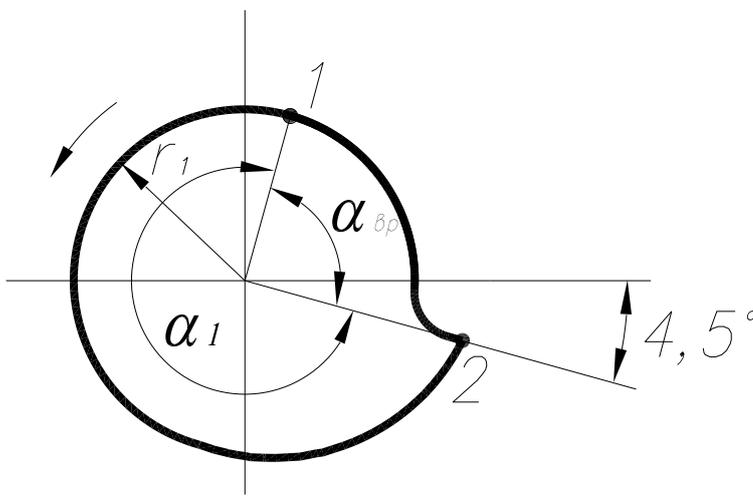
$$i_{S_{кр}} = \frac{366 \cdot S_{кр}}{m_s \cdot z_{долб}}$$

3) Движение радиальной подачи обеспечивает перемещение заготовки в радиальном направлении до полной глубины нарезания. В цепи подач врезания $1 \text{ дв.ход.долб} \rightarrow S_{вр} \text{ мм радиальной подачи}$ $P_{вр}$.

$$1 \cdot \frac{28}{28} \cdot i_{S_{вр}} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{1}{40} \cdot \frac{2}{40} \cdot H = S_{вр}$$

$$i_{S_{вр}} = \frac{1600 \cdot S_{вр}}{H} \text{ Здесь}$$

H – шаг подъёма архимедовой спирали кулачка $K_{вр}$. Врезание долбяка в заготовку на заданную высоту зуба осуществляется



плоским кулачком $K_{вр}$. На кулачке имеется участок врезания, профиль которого очерчен по спирали Архимеда (занимает угол $\alpha_{вр}=90^\circ$) и участки обкатки, очерченные по окружности, занимающие различные углы в зависимости от числа проходов. При нарезании зуба в один проход кулачок, поворачиваясь на угол $\alpha_{вр}$, действует на долбяк, перемещая его по направлению к заготовке (врезание). Когда ролик достигает точки 1 врезание прекращается. При дальнейшем вращении кулачка на угол α_1 происходит обкатка. За это время заготовка совершает 1 оборот. Когда ролик достигает точек 2 он попадает во впадину и заготовка отходит от долбяка.

4) Движение обкатки обеспечивает согласованное вращение долбяка и заготовки. Уравнение кинематического баланса (УКБ) и формула настройки.

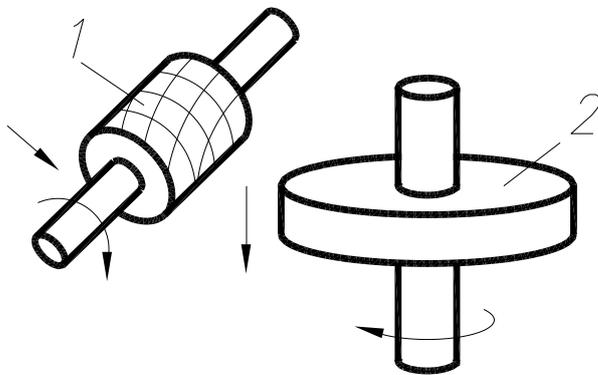
$$1 \text{ об.заг} \rightarrow \frac{z_{заг}}{z_{долб}} \text{ об / долб.}$$

$$1 \cdot \frac{240}{1} \cdot \frac{1}{i_{об}} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{1}{100} = \frac{z_{заг}}{z_{долб}} i_{об} = \frac{2,4 \cdot z_{долб}}{z_{заг}}$$

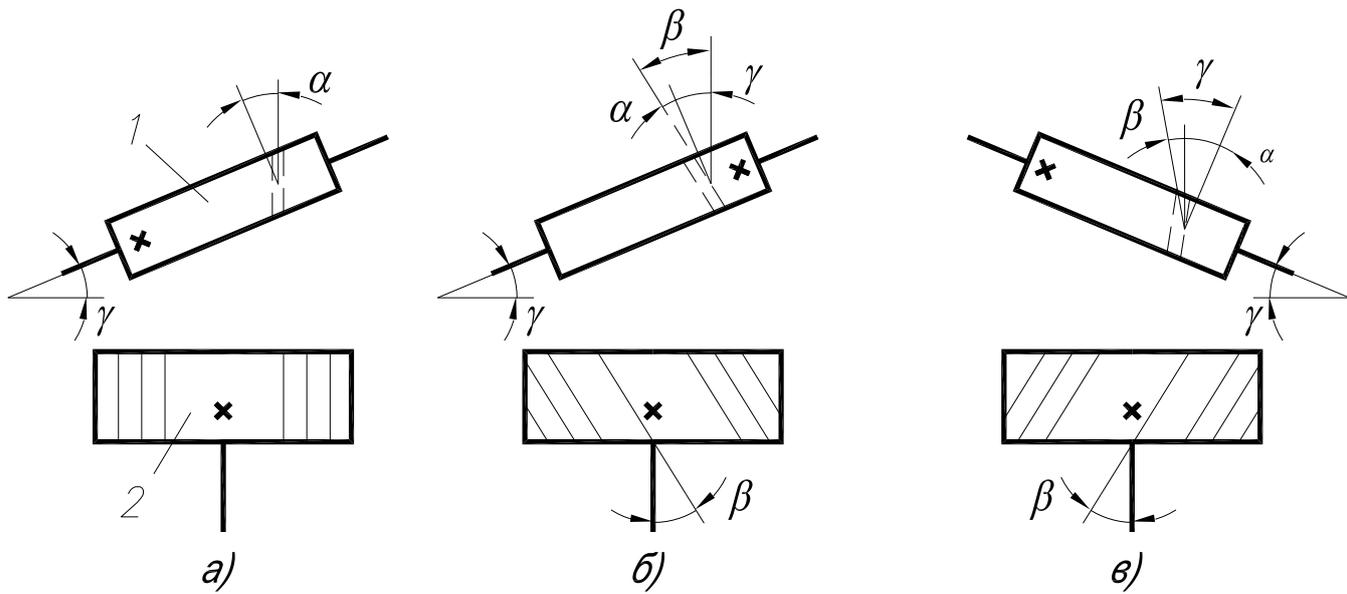
Здесь $i_{об}$ в знаменателе, потому, что порядок сменных шестерён a, b, c, d на схеме обозначен в обратном направлении и $\frac{d}{c} \cdot \frac{b}{a} = \frac{1}{i_{об}}$.

8.2. Обработка цилиндрических зубчатых колёс червячными фрезами

При обработке зубчатых колёс червячными фрезами воспроизводится движение червячной передачи. В этом случае червяк (фреза) является режущим инструментом, а колесо – заготовкой. Во время обработки червячная фреза 1 получает главное вращательное движение и движение вертикальной подачи, а заготовка 2 вращение, согласованное с вращением червячной фрезы (движение обкатки).



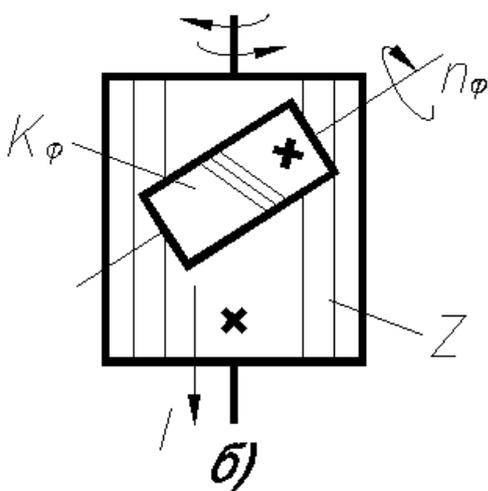
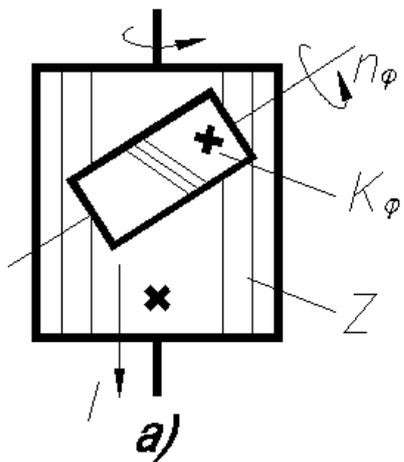
При фрезеровании цилиндрических зубчатых колёс с прямыми зубьями (рис. а) между осью червячной фрезы и торцевой плоскостью нарезаемого колеса устанавливают угол γ , равный углу α подъёма винтовой нарезки червячной фрезы. При фрезеровании цилиндрических колёс устанавливают следующим образом: 1) если углы наклона винтовых нарезок червячной фрезы α и нарезаемого колеса β одноимённые (оба колеса левые или оба правые), то угол установки фрезы равен $\gamma = \beta - \alpha$ (рис. б); 2) если углы наклона винтовых нарезок червячной фрезы α и нарезаемого колеса β разноимённые, то угол установки оси червячной фрезы γ равен $\gamma = \beta + \alpha$ (рис. в)



8.3. Нарезание цилиндрических колёс с прямыми и косыми зубьями

Рассмотрим принципиальные схемы нарезания цилиндрических колёс с прямыми и косыми зубьями червячными фрезами и проведём анализ движений, которые должны совершать инструмент и заготовка.

Схема (а): ось червячной фрезы устанавливают под углом $\gamma = \alpha$. Червячную фрезу устанавливают на полную глубину фрезерования. Во время обкатки червячная фреза получает главное вращательное движение (n_ϕ) и движение вертикальной подачи в направлении 1, параллельном оси заготовки, а заготовка – вращение, согласованное с вращением червячной фрезы (движение обкатки). Уравнения кинематического баланса в общем виде будут иметь вид:



$$n_{\phi \text{ об. фрезы}} \rightarrow n_\phi \frac{K_\phi}{z} \text{ об. заг}$$

$$l_{\text{мм фрезы}} \rightarrow 0 \text{ об. заг}$$

$$l_{\text{об фрезы}} \rightarrow \frac{K_\phi}{z} \text{ об. заг},$$

где K_ϕ - число заходов червячной фрезы; z - число зубьев нарезаемого колеса. Нарезание

цилиндрических зубчатых колёс с косыми зубьями может производиться тремя способами (рис. б, в, г), которые отличаются др. от друга направлением перемещения червячной фрезы. Во всех случаях ось червячной фрезы устанавливают под углом $\gamma = \beta \pm \alpha$, а червячную фрезу – на полную глубину фрезерования.

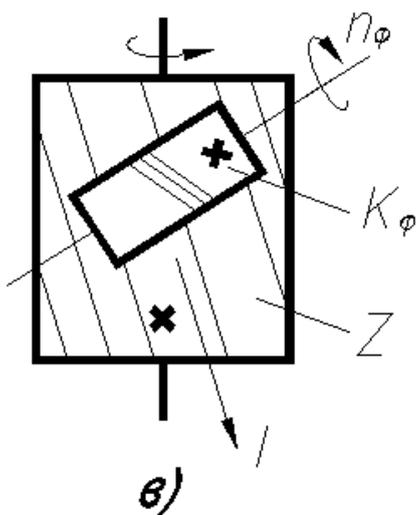
При нарезании цилиндрических зубчатых колёс с косыми зубьями по схеме (б) червячная фреза получает главное вращательное движение и движение вертикальной подачи в направлении 1, параллельном оси заготовки. В данном случае направление перемещения червячной фрезы не совпадает с направлением винтовой линии зубьев нарезаемого колеса, поэтому заготовка кроме движения обкатки должна получить дополнительный поворот, обеспечивающий совмещение направления зубьев нарезаемого колеса с зубьями червячной резы. Этот дополнительный поворот заготовка получает как при вращении винтов в винтовой паре, т.е. если фреза переместится на величину l , то дополнительный поворот заготовки должен составить величину l/T , где T – шаг винтовой нарезки нарезаемого колеса. УКБ имеет вид:

$$n_{\text{ф об. фрезы}} \rightarrow n_{\text{ф}} \frac{K_{\text{ф}}}{z} \text{ об.заг}$$

$$l_{\text{фрезы}} \rightarrow \frac{l}{T} \text{ об.заг}$$

$$l_{\text{об фрезы}} \rightarrow \frac{K_{\text{ф}}}{z} \pm \frac{l}{T} \text{ об.заг},$$

Таким образом, заготовка должна получить сумму двух движений (знак “+” при условии, когда винтовые нарезки нарезаемого колеса и червячной фрезы одноимённые).



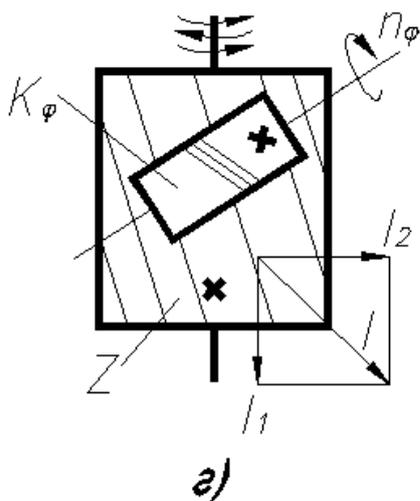
При нарезании цилиндрических колёс с косыми зубьями по схеме (в) червячная фреза, получая главное вращательное движение, перемещается в направлении 1, которое совпадает с направлением зубьев нарезаемого колеса. Такое перемещение червячной фрезы обеспечивает нарезание цилиндрических колёс с косыми зубьями при получении заготовкой только одного движения – вращения, как при работе червячной пары (движение обкатки). УКБ имеет вид:

$$n_{\text{ф об. фрезы}} \rightarrow n_{\text{ф}} \frac{K_{\text{ф}}}{z} \text{ об.заг}$$

$$l_{\text{мм фрезы}} \rightarrow 0_{\text{об.заг}}$$

$$l_{\text{об фрезы}} \rightarrow \frac{K_{\text{ф}}}{z} \text{ об.заг},$$

Следовательно, при нарезании цилиндрических колёс с косыми зубьями по данной схеме требуется простая настройка станка.



При нарезании цилиндрических колёс с косыми зубьями по схеме (г) червячная фреза получает главное вращательное движение и перемещение в направлении 1, не совпадающим с направлением оси заготовки и с винтовой нарезкой нарезаемого колеса. Однако это движение можно разложить на два: l_1 – параллельное оси заготовки и l_2 – перпендикулярное ей. Нарезаемое колесо в данном случае будет получать сумму трёх движений. Первое – как при работе червячной пары (движение обкатки), второе, как при работе винтовой пары и третье – как при работе реечной пары:

$$n_{\text{об.фрезы}} \rightarrow n_{\text{ф}} \frac{K_{\phi}}{z} \text{ об.заг}$$

$$l_{1 \text{ фрезы}} \rightarrow \frac{l_1}{T} \text{ об.заг}$$

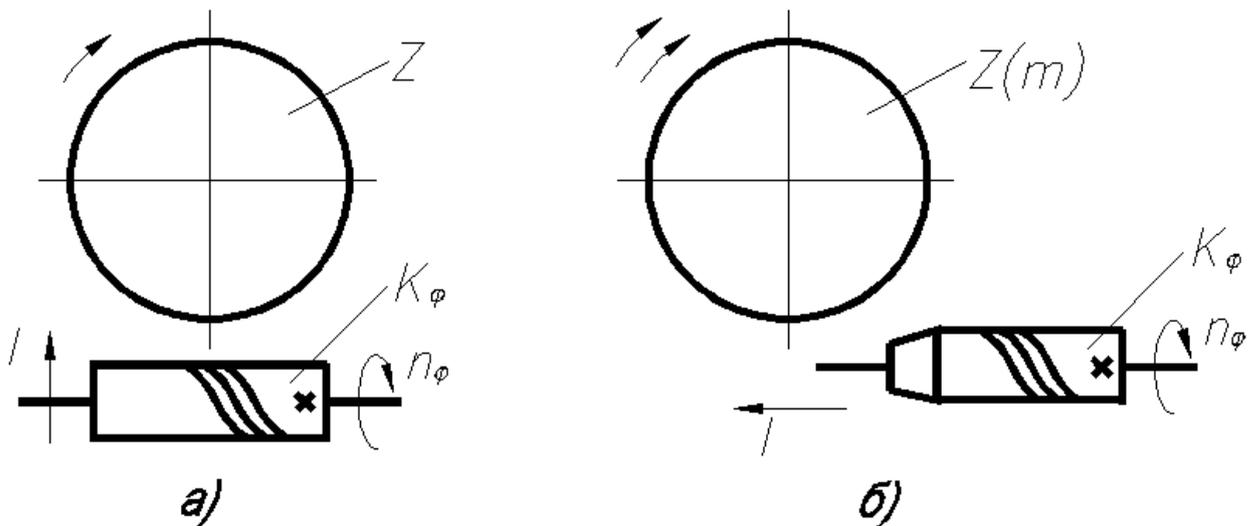
$$l_{2 \text{ фрезы}} \rightarrow \frac{l_2}{\pi m z} \text{ об.заг}$$

$$l_{\text{об.фрезы}} \rightarrow \frac{K_{\phi}}{z} \pm \frac{l_1}{T} \pm \frac{l_2}{\pi m z} \text{ об.заг},$$

В данном случае, требуется сложная дифференциальная настройка станка.

8.4. Нарезание червячных колёс червячными фрезами

Следует отметить, что с каждым червячным колесом может входить в зацепление только червяк одного определенного размера. Это говорит о том, что червячное колесо необходимо нарезать червячной фрезой, имеющей все основные параметры (модуль, диаметр делительной окружности, число заходов, угол винтовой нарезки) такие же, как у червяка, которой будет работать с данным нарезаемым колесом. Червячные колеса могут быть нарезаны двумя способами: радиальной подачей фрезы и осевой или тангенциальной подачей фрезы. В обоих случаях ось червячной фрезы устанавливают перпендикулярно оси заготовки и в средней плоскости нарезаемого червячного колеса.



При способе нарезания червячных колёс с радиальной подачей фрезы (рис. а) червячная фреза получает главное вращательное движение n_ϕ и перемещение в направлении l (радиальная подача), заготовка – вращение, согласованное с вращением червячной фрезы (движение обкатки). Процесс нарезания заканчивается после перемещения фрезы на полную глубину зубьев нарезаемого колеса. УКБ имеет вид:

$$n_{\phi \text{ об. фрезы}} \rightarrow n_\phi \frac{K_\phi}{z} \text{ об. заг}$$

$$l_{\text{мм фрезы}} \rightarrow 0_{\text{ об. заг}}$$

$$l_{\text{об фрезы}} \rightarrow \frac{K_\phi}{z} \text{ об. заг},$$

При способе нарезания червячных колёс с осевой или тангенциальной подачей (рис. б) фреза выполняется с заборным конусом и при настройке станка её устанавливают на полную глубину фрезерования. При обработке червячная фреза получает главное вращательное движение n_ϕ и движение осевой подачи в направлении l , заготовка при этом должна получить вращение, как при работе червячной пары (движение обкатки), и дополнительный поворот как при работе реечной пары при перемещении червячной фрезы на величину l . Таким образом мы имеем:

$$n_{\phi \text{ об. фрезы}} \rightarrow n_\phi \frac{K_\phi}{z} \text{ об. заг}$$

$$l_{\text{фрезы}} \rightarrow \frac{l}{\pi m z} \text{ об. заг}$$

$$l_{\text{об фрезы}} \rightarrow \frac{K_\phi}{z} \pm \frac{l}{\pi m z} \text{ об. заг},$$

8.5. Зубофрезерные станки

Они предназначены для нарезания цилиндрических колёс прямыми, косыми и шевронными (зубчатое колесо с косыми зубьями расположенными V-образно) зубьями наружного зацепления, а также червячных колёс с помощью специального суппорта на зубофрезерных станках можно нарезать колёса и внутреннего зацепления, но с единичным делением. Зубофрезерные полуавтоматы наиболее распространены среди зубообрабатывающего оборудования благодаря высокой производительности и достаточной точности.

Зуборезный станок мод. 5Е32 (рис. 36) является широкоуниверсальным и предназначен для нарезания цилиндрических колёс с диаметром 800 мм и модулем до 8 мм. Режущим инструментом является червячная фреза. Нарезание зубчатых колёс производится методом обкатки. Станок позволяет работать “попутным” и “встречным” способами зубофрезерования.

1. Главное движение (вращение червячной фрезы) осуществляется от эл. двиг. Д. В цепи привода фрезы: $n \text{ об/мин эл. дв.} \rightarrow n \text{ об/мин фрезы}$

$$1440 \cdot \frac{126}{240} \cdot \frac{32}{48} \cdot \frac{35}{35} \cdot i_v \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{18}{72} = n_{фр.}$$

2. Движение обкатки обеспечивает согласование вращения фрезы и заготовки. В цепи обкатки $1 \text{ об. фрезы} \rightarrow \frac{K_\phi}{z} \text{ об. заг}$ K_ϕ - число заходов червячной фрезы; z – число зубьев нарезаемого колеса.

$$\text{УКБ: } 1 \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{46}{46} \cdot 1 \cdot i_{об_1} \cdot i_{об_2} \cdot \frac{1}{96} = \frac{K_\phi}{z}$$

Сменные шестерни $i_{об_1}$ введены для расширения диапазона регулирования гитары сменных шестерён $i_{об_2}$.

$$\text{Причём при } z_{заг} < 160 \quad i_{об_1} = \frac{45}{45} = 1 \quad i_{об_2} = \frac{24 \cdot K_\phi}{z_{заг}}$$

$$\text{при } z_{заг} \geq 160 \quad i_{об_1} = \frac{30}{60} = \frac{1}{2} \quad i_{об_2} = \frac{48 \cdot K_\phi}{z_{заг}}$$

3. Движение подачи обеспечивает перемещение фрезы в вертикальном или горизонтальном направлении относительно заготовки. В цепи привода подач: $1 \text{ об. заг.} \rightarrow S_{верт} \text{ или } S_{гор} \text{ мм}$ соответствующей подачи.

Для вертикальной подачи, например, УКБ:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{2}{24} \cdot i_s \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{5}{30} \cdot 10 = S_{верт}$$

$$i_s = 0,3 \cdot S_{верт}$$

Двигатель Д₂включается периодически во время смены заготовки для осевого перемещения фрезы, что бы затупляемость режущих лезвий у неё была равномерной.

4. Дифференциальное движение. Используется при нарезании цилиндрических колёс с косыми зубьями – обеспечивает дополнительный поворот заготовки при перемещении фрезы в вертикальном направлении.

В цепи дифференциального движения:

n об / мин эл. дв. $\rightarrow n$ об / мин фрезы

$$n_{\text{ф об. фрезы}} \rightarrow n_{\text{ф}} \frac{K_{\text{ф}}}{z} \text{ об. заг}$$

1 об. заг. $\rightarrow S_{\text{верт}}$ мм верт. перемещение фрезы

± 1 об. заг. $\rightarrow T$ мм верт. перемещение фрезы

УКБ четвертого расчётного перемещения:

$$1 \cdot \frac{96}{1} \cdot i_{\text{об}_2} \cdot i_{\text{об}_1} \cdot \frac{1}{30} \cdot i_{\text{винт}} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{5}{30} \cdot 10 = T$$

T – шаг винтовой нарезки колеса.

$$T = \frac{\pi m_H z}{\sin \beta} \quad m_H - \text{модуль нормальный; } \beta - \text{угол наклона линии зуба}$$

нарезаемого колеса.

$$i_{\text{винт}} = \frac{7,95775 \sin \beta}{K \cdot m_H}$$

8.6. Анализ перемещений инструмента и заготовки при нарезании конических зубчатых колёс с прямыми зубьями

Существует два основных метода для изготовления конических зубчатых колёс: копирования и обкатки.

При методе копирования обработку ведут дисковыми или пальцевыми модульными фрезами, строганием по шаблону с помощью одного или двух резцов, протягиванием и др.

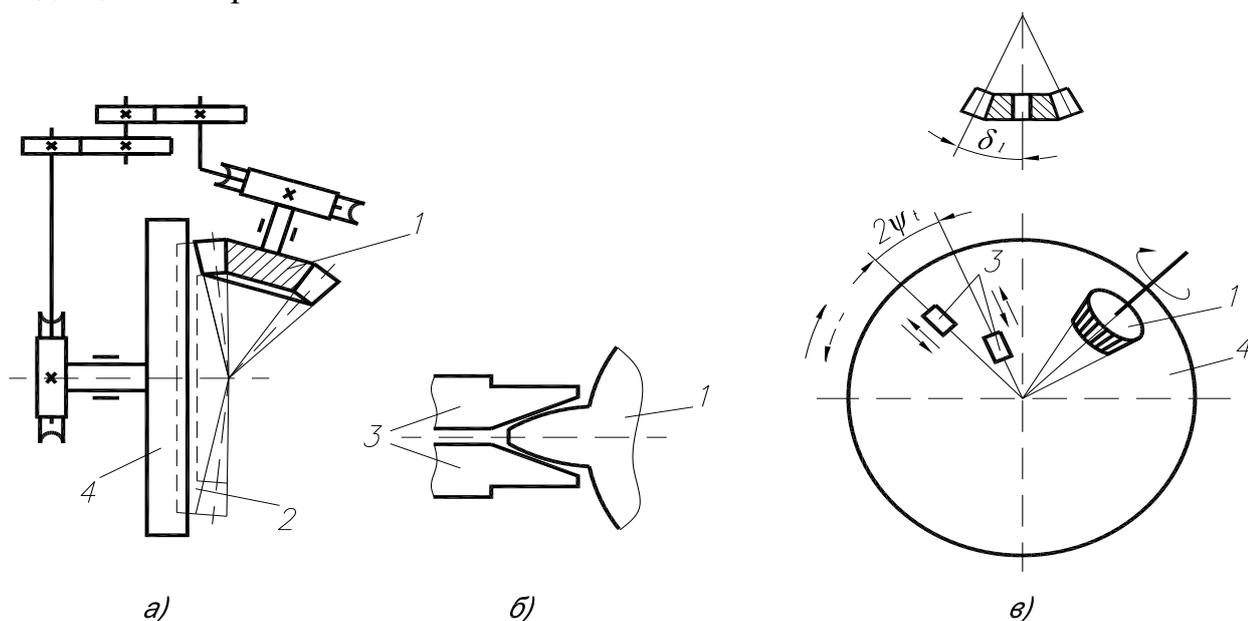
В основе всех применяемых способов обработки конических зубчатых колёс по методу обкатки лежит понятие о производящем колесе, по которому в процессе обработки обкатывается заготовка. На существующих станках производящее колесо является воображаемым, и зубья воспроизводятся в пространстве движущимися режущими кромками инструментов. В качестве инструментов применяют резцы дисковые фрезы, резцовые головки и др.

8.6.1. Обработка конических зубчатых колёс с прямыми зубьями двумя резцами, образующими впадину плоского производящего колеса

Если у одного из пары зацепляющихся конических колёс угол при вершине делительного конуса $2\delta_1$ приравнять 180° , получим зацепление второго колеса с плоским прямобочным профилем зубьев.

Это условие и было использовано в зубострогательных станках (рис. а), в которых заготовка 1 зацепляется с плоским производящим колесом 2. Однако на стыке плоское колесо 2 заменено двумя резцами 3 (рис. б),

образующими одну впадину. Поэтому плоское колесо 2 называется производящим воображаемым колесом.

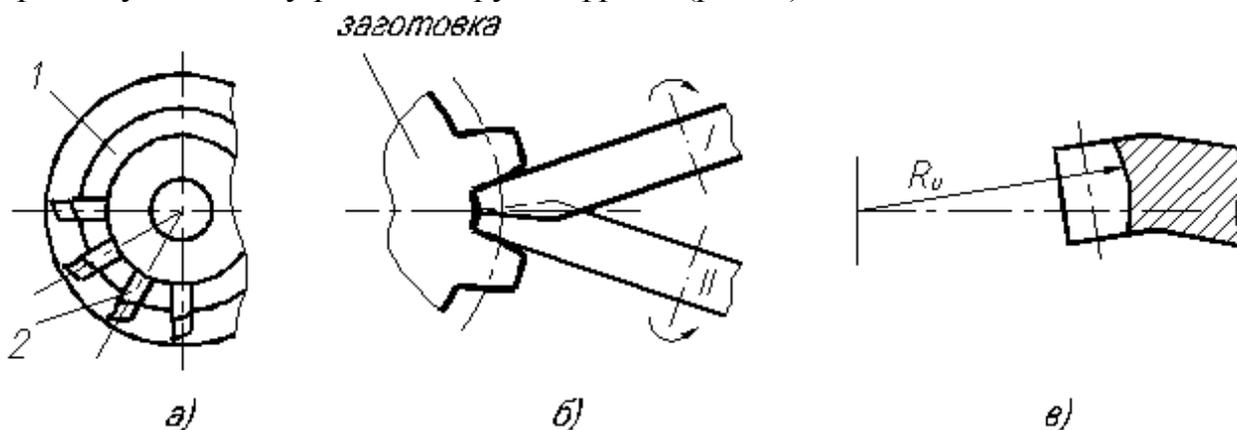


Во время обработки два резца, образующие впадину производящего колеса, получают главное прямолинейное возвратно-поступательное движение в направлении, параллельном образующей конуса впадин нарезаемого колеса 1, причём прямолинейные траектории вершин резцов 3 (рис. в) проходит через вершину начального конуса нарезаемого колеса. Для обеспечения этого условия суппорты с резцами, смонтированы на планшайбе люльки 4, устанавливают между собой под углом $2\psi_i$. Люлька 4 вместе с резцами 3 вращается, то в одну то в другую сторону, воспроизводя движение производящего колеса 2. Во время рабочего хода заготовка 1 получает вращение, согласованное со вращением производящего колеса 2 (движение обкатки). При этом образуется октоидальный профиль боковых поверхностей нарезаемых зубьев, практически мало отличающихся от эвольвентного. После окончания рабочего хода заготовку отводят от люльки, производят реверс и люлька получает быстрое вращение в обратном направлении. Во время холостого хода совершается делительный поворот заготовки. Далее заготовку подводят к люльке, и цикл обработки следующего зуба повторяется. Угол качания люльки выбирают таким, чтобы резцы полностью обкатали (обработали) нарезаемые зубья по всей высоте профиля.

8.6.2. Обработка прямозубых конических колёс дисковыми фрезами (метод обкатки)

Данный способ основан на том, что обработку производят двумя дисковыми фрезами 1 (рис. а), которые образуют зуб плоского производящего колеса. Фрезы имеют резцы 2. Во время обработки фрезы I и II получают главное вращательное движение. Люлька с вращающимися фрезами и заготовка получают согласованное вращение – движение обкатки.

После обработки одной впадины заготовку отводят от фрез, люлька получает ускоренное движение в обратном направлении, а заготовка получает делительный поворот для ввода фрез в следующую впадину нарезаемого колеса. При обработке обе фрезы получают вращение с одинаковой частотой, причём при вращении фрез резцы одной из них свободно проходят в промежутке между резцами другой фрезы (рис. б).



Нарезание рассмотренным способом осуществляется без подачи фрез вдоль зуба, поэтому дно нарезаемой впадины получает вогнутую поверхность с радиусом R_v (рис. в). Следует отметить, что рабочий профиль зубьев остаётся таким же, как при строгании, поэтому фрезерованные зубчатые колёса, взаимозаменяемы и могут сцепляться с зубчатыми колёсами, нарезанными на зубострогательных станках. Прочность и качество зацепления не ухудшаются.

Зубострогальный станок модели 526 (рис. 37)

Назначение – нарезает прямозубые конические колёса с диаметром до 600 мм, модулем до 8 мм и длиной образующей делительного конуса до 305 мм.

Станок работает методом обкатки. Обработку производят двумя резцами которые образуют исходный контур впадины производящего колеса. Станок работает с периодическим делением. Цикл обработки одного зуба включает в себя рабочий и холостой ход. При рабочем ходе заготовка и обкатная люлька вращаются согласованно в одну сторону, а стол с заготовкой подводят в рабочее положение. После окончания обкатки профиля зуба стол с заготовкой быстро отводят назад, а люлька на ускоренном ходу начинает вращаться в обратном направлении, причём заготовка продолжает вращаться в ту же сторону что и при рабочем ходе. К концу обратного (холостого) хода заготовка успевает повернуться на 1 зуб. Далее повторяется цикл обработки следующего зуба. Цикл обработки повторяют до тех пор, пока не произойдёт нарезание всех зубьев на заготовке.

1. Главное движение (возвратно-поступательное движение резцов) осуществляется от эл. двигателя Д

$$n \text{ об эл. дв.} \rightarrow n \text{ дв. ходов в мин резцов}$$

$$1450 \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot i_v \cdot \frac{19}{43} = n \text{ дв. ход. / мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2l}, \text{ где } V \text{ – скорость резания; } l \text{ – длина хода резцов, мм.}$$

2. Движение деления обеспечивает делительный поворот заготовки за цикл работы станка. В цепи деления 1 об. делит. диска $\rightarrow \frac{1}{z_{заг}}$ об. заг

$$1 \cdot 2 \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot i_{дел} \cdot \frac{36}{24} \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{z_{заг}}$$

$$i_{дел} = \frac{30}{z_{заг}}$$

3. Движение обкатки согласует вращение заготовки и люльки (плоского колеса).

В цепи обкатке 1 об. люльки $\rightarrow \frac{z_{нл}}{z_{заг}}$ об. заг

$$1 \cdot \frac{120}{1} \cdot \frac{25}{20} \cdot i_{об} \cdot 2 \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot i_{дел} \cdot \frac{36}{24} \cdot \frac{1}{120} = \frac{z_{нл}}{z_{заг}}$$

$$i_{об} = \frac{z_{нл}}{75}$$

4. Движение подачи За меру круговых подач принято время обработки одного зуба t_1 (в сек). Оно соответствует 1 обороту барабанного кулачка K_1 и приводится в справочниках по режимам резания. За t_1 сек. электродвигатель сделает $\frac{n_s \cdot t_1}{60}$ оборотов, поэтому:

$$\frac{n_s \cdot t_1}{60} \text{ об. эл. двиг.} \rightarrow 1 \text{ об. барабан. кулачка } K_1$$

$$\frac{1450 \cdot t_1}{60} \cdot \frac{15}{45} \cdot i_s \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{2}{34} = 1 \cdot i_s = \frac{6,33}{t_1}$$

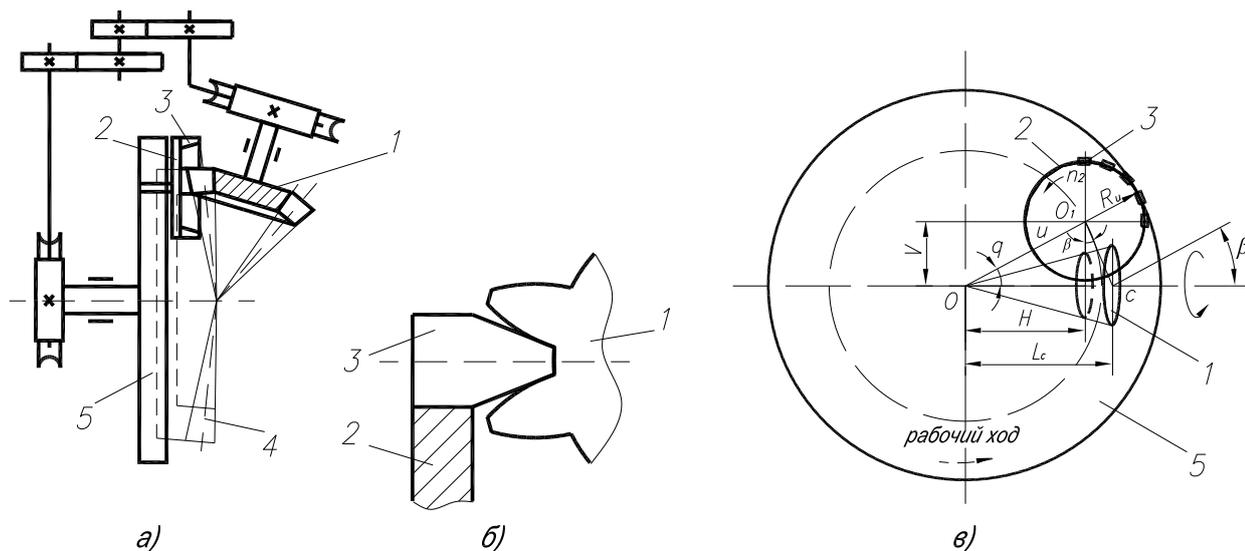
Кулачки K_1 и K_2 управляют реверсированием цепи обкатки, механизмом Р и включением делительного механизма муфтой М, а барабанный кулачок K_3 перед началом цикла обработки зуба подводит заготовку к резцам для чернового прохода на неполную высоту зуба, перед обкаткой в обратном направлении завершает подвод заготовки для чистового прохода, а в конце цикла отводит заготовку для выполнения движения деления.

В цепи угла поворота люльки $\frac{1}{2}$ об. кулачка $K_1 \rightarrow \frac{\theta^\circ}{360^\circ}$ об. люльки, где θ – угол поворота люльки, за который выполняется обработка одного зуба. Он определяется практически на станке или по номограммам.

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{34}{2} \cdot \frac{38}{38} \cdot i_\theta \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{20}{25} \cdot \frac{1}{120} = \frac{\theta^\circ}{360^\circ} \quad i_\theta = \frac{2\theta^\circ}{51}$$

8.6.3. Анализ перемещений инструмента и заготовки при нарезании конических зубчатых колёс с круговыми зубьями

При обработке конических колёс с круговыми зубьями воспроизводится движение обкатывания заготовки по воображаемому плосковершинному производящему колесу 4 (рис. а) с круговыми зубьями.



Инструментом служат зуборезные головки 2, снабженные резцами 3, расположенными по окружности на торце головки. Резцы 3 (рис. б) образуют зуб производящего колеса.

Резцовую головку 2 закрепляют на шпинделе, установленном в люльке 5. Во время обработки резцовая головка 2 получает главное вращательное движение вокруг своей оси O_1 и медленное вращение вместе с люлькой 5 вокруг оси O (рис. в) заготовка – вращение, согласованное с вращением люльки 5 (производящего колеса 4) – движение обкатки. Согласованное вращение обеспечивается цепью обкатки с гитарой настройки 6.

После совершения рабочего хода (обработка впадины колеса) заготовка отводится от резцовой головки, и люлька получает быстрое вращение в обратном направлении. Во время холостого хода совершается делительный поворот заготовки. Далее заготовку подводят к резцовой головке, и цикл обработки новой впадины повторяется.

В процессе обкатки происходит формирование зуба нарезаемого колеса 1 (рис. б). Линия зуба на плосковершинном производящем колесе получается в результате пересечения конической производящей поверхности, описываемой вращающимися режущими кромками резцов, с начальной плоскостью производящего колеса 4.

При обработке колес с круговыми зубьями необходимо осуществить следующие формообразующие движения:

- Главное движение (вращение резцовой головки вокруг точки O_1);
- Движение обкатки – согласованное движение люльки (производящего колеса) и заготовки;
- Движение деления – поворот заготовки на обработку следующего зуба.

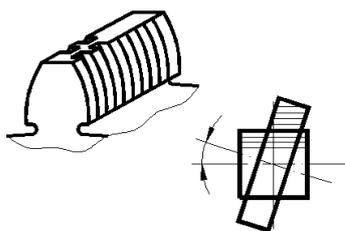
8.7. Чистовая обработка зубьев шестерен

Нарезанные на станке зубья колес в большинстве случаев подвергаются дальнейшей чистовой обработке, так как качество рабочих поверхностей зубьев или ошибки зацепления, получающиеся после зубонарезания, не всегда отвечают требованиям, предъявляемым зубчатым передачам. Для чистовой обработки зубьев применяют способы обкатки, шевингования, хонингования, притирки и шлифования. Обкатка и шевингование применимы только для обработки зубьев сырых шестерен, а зубохонингование, зубопритирка, зубошлифование, при которых резание выполняется абразивными зёрнами, пригодны для обработки и закаленных зубьев.

Обкатка – процесс уменьшения шероховатости поверхности зубьев путем уплотнения без снятия стружки. При обработке шестерня вводится в зацепление с одной или тремя эталонными шестернями с закаленным зубом. Одна из них является ведущей и через обкатываемую шестерню ведет и остальные. Вращение периодически автоматически реверсируется, а давление между зубьями создается гидравлически или грузом. Время на обкатку одного зуба затрачивается порядка 0,1...1 сек. Недостатки – неоднородное уплотнение боковой поверхности зубьев по высоте профиля и трудность улавливания момента окончания обкатки, после которого профиль начинает искажаться.

Шевингование основано на снятии (соскабливании) с боковых поверхностей зубьев стружки толщиной 0,005...0,1 мм режущими кромками шевера при его скольжении относительно профилей зубьев обрабатываемого колеса.

Шевер – это закаленное точное зубчатое колесо, у которого для образования режущих кромок поперек зубьев прорезаны канавки.



Чтобы создать скольжение профилей для снятия (соскабливания) мельчайшей стружки, ось шевера скрещивается с осью заготовки под углом $5...15^\circ$. У шевера угол винтовой линии на столько же градусов отличается от угла винтовой линии заготовки.

При зубохонинговании стальной шевер заменяется точной шестерней, прессованной из пластмассы, пропитанной порошком карбида кремния,

зернистости 40...80. Окружная скорость при хонинговании больше, чем, при шевинговании в 1,5...2 раза. Обработка всего колеса производится за 1 – 2 двойных хода стола, на что затрачивается 25...30 сек. Зубохонингование выполняется обычно после шевингования и термообработке. Припуск снимается до 0,01 мм. Высота микронеровностей при этом доводится до 0,25 мкм, снимаются мелкие забоины и заусенцы, что дает снижению шума в передаче на 3...4 децибела (Дб). Ошибки шага и профиль зуба зубохонингование не исправляет. Одним ходом, при нескольких его перешлифовках по вершинам зубьев можно обрабатывать 2...4 тыс. колес.

На зубопритирочных станках шестерня крепится на оправке в центрах, а точной чугуновой шестерне – притиру сообщается вращение и возврат на поступательное движение $P_{пр}$ вдоль оси притираемой шестерни.

Притирку производят со смесью масла с мелкозернистым абразивом, в распор или методом торможения. В первом случае притираются одновременно оба профиля зуба, а оси притира и шестерни постепенно сближаются. Во втором случае притирают сначала одну сторону профиля зуба, потом после реверсирования двигателя упором, другую. Вращение шестерни гидравлически тормозится тормозом для создания давления в месте контакта.

Оси шестерни и притира могут быть параллельными или скрещивающимися. Соответственно изменяются и полюсы контакта притира и заготовки.

Зубошлифование дает наибольшую точность обрабатываемого колеса, как по шагу, так и по профилю зуба и наилучшую чистоту поверхности зуба, по сравнению с другими способами чистовой обработки, но малопродуктивно и требует дорогих станков. Высокая точность зубошлифования обеспечивается независимостью формообразующей цепи обкатки от заготовки, но это и усложняет станок.

Образующая линия зуба получается либо методом копирования профиля фасонного дискового шлифовального круга, либо методом обкатки по производящей зубчатой рейке.

9. Агрегатные станки

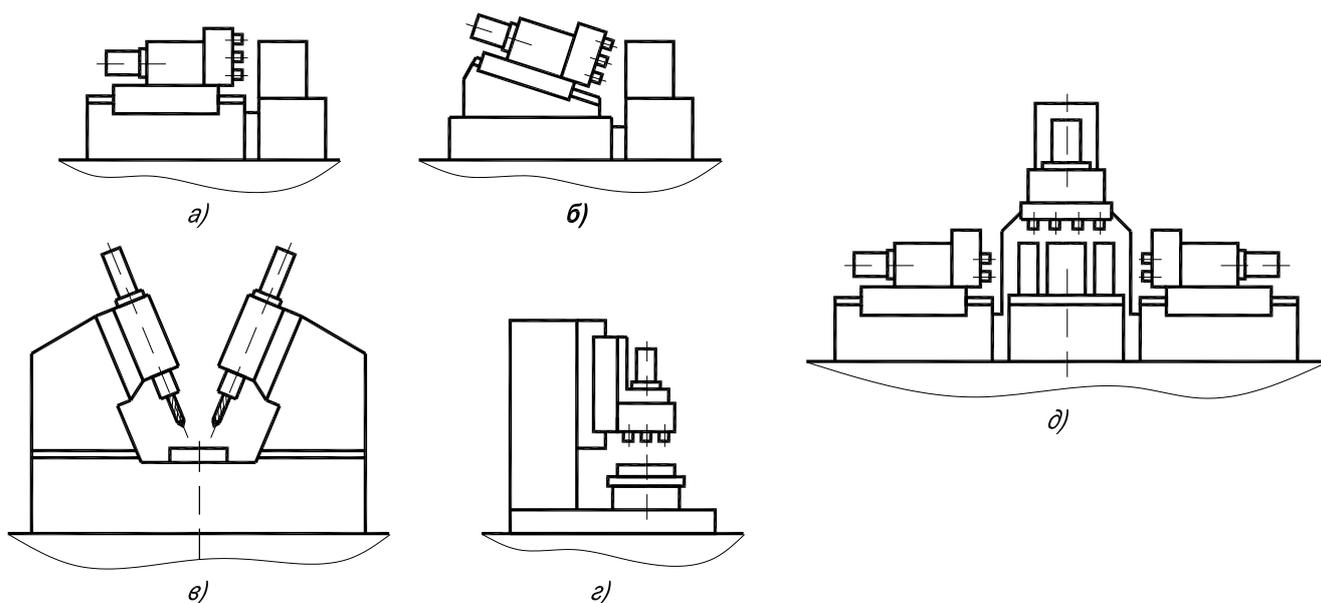
Агрегатными называются специальные станки, которые состоят из нормализованных деталей и узлов (агрегатов). Станки предназначены для обработки сложных и ответственных деталей в условиях крупносерийного и массового производства.

Агрегатные станки требуют меньше производственной площади, обеспечивают стабильную точность обработки, могут обслуживаться операторами невысокой квалификации, допускают многократное использование нормализованных деталей и узлов при настройке станка на

выпуск нового изделия. Однако эти станки менее гибки при переналадке по сравнению с универсальными станками, что является их недостатком.

Применение нормализованных узлов в конструкциях агрегатных станков сокращает сроки их проектирования, облегчает процесс производства, даёт возможность широко унифицировать детали и упрощать технологию их изготовления, а также позволяет создавать самые разнообразные компоновки агрегатных станков с минимальным числом оригинальных элементов.

Наибольшее распространение получили агрегатные станки сверлильно-расточной и некоторых других групп. Они позволяют производить сверление, зенкерование, развёртывание и растачивание отверстий, резьбонарезание и резьбонакатывание внутренних и наружных поверхностей, подрезание торцов, фрезерование и другие операции. Компоновка станков весьма разнообразна. Она зависит от формы, размеров и точности изготовления деталей, расположения на них обрабатываемых поверхностей и принятого технологического процесса.



Количество силовых агрегатов и инструментальных шпинделей, расположение осей шпинделей в пространстве зависит от назначения станка. В этом отношении различают станки однопозиционные (а, б, в) и многопозиционные (в, д); одношпиндельные и многошпиндельные; горизонтальные (а), вертикальные (г), наклонные (б) и смешанные (д); одностоечные (а, б, г) и многостоечные (в, д).

К нормализованным углам относятся:

1. Силовые головки

2. Столы: силовые, делительные, фиксации и зажима, транспортных узлов.

3. Несущие узлы: станины, основания, колонны, кронштейны, плиты, салазки.

4. Узлы электрооборудования, гидро-пневмооборудования, станочной оснастки и инструмента.

Нормализованы также отдельные детали и подузлы шпиндельных коробок, приспособлений, инструментальных насадок и других специальных узлов.

Каждый узел имеет несколько типоразмеров, которые составляют геометрические ряды с $\phi = 1,26; 1,41; 1,58$ или 2.

В зависимости от траектории транспортирования заготовок многопозиционные агрегатные станки бывают с круговой траекторией и прямолинейной траекторией. Круговое транспортирование (рис) наиболее распространено на делительном столе с вертикальной осью вращения, но применяют транспортирование и на поворотном барабане с горизонтальной осью вращения. В последнем случае увеличивается на единицу число сторон обработки, однако смена заготовки легче выполняется на горизонтальной плоскости стола.

Обычно агрегатные станки создаются для обработки деталей одного типоразмера, но в целях наибольшей их загрузки они могут выполняться для одновременной многопоточной обработки нескольких деталей с подобной обработкой (рис).

Переналаживаемость агрегатных станков усложняет, удорожает их, но открывает им дорогу в мелкосерийное производство.

Силовые головки изготавливают с помощью привода $N=0,1...30$ кВт, причём их мощности составляют геометрический ряд с $\phi = 2$. В мелких силовых головках с $N \leq 1,5$ кВт движение подачи сообщают пиноли. (рис. 45), а в более крупных – перемещается вся головка (рис. 46). По типу привода подачи головки делятся на: 1. механические (а) с дисковым кулачком; б) с барабанным кулачком; в) с ходовым винтом или реечной передачей); 2. гидравлические; 3. пневмогидравлические; 4. термодинамические для шлифовальных работ.

При выборе типа головки следует учитывать, что у гидравлических – величина подачи зависит от температуры масла, характеристика у них нежёсткая (непригодны для резьбонарезания). Кулачковые имеют ограниченную величину хода, а из-за больших контактных усилий на кулачках применяются только при $N \leq 2$ кВт. Пневмогидравлические – развивают тяговые усилия подачи только до 900 кгс, так как оно ограничено размером пневмоцилиндров. Головки с ходовыми винтами - имеют сложную систему автоматизации цикла.

У головки с механической подачей (рис. 49) продольная подача осуществляется цилиндрическим (барабанным) кулачком К с винтовым пазом, который вращается от эл. двигателя через червячную пару на оси кулачка. Ролик кулачка жёстко связан с салазками головки и при её

движении остаётся неподвижным. Положение ролика вместе с ползушкой, к которой он прицеплён, регулируются правым нижним на салазках винтом. Головка имеет предохранительную фрикционную муфту 5.

Столы применяются круглые с диаметром 160...3150 мм и прямоугольные с шириной 160...800 мм. Например, делительный круглый стол на рис. 47 поворачивается мальтийским механизмом ММ после вытягивания фиксатора Ф барабанным кулачком К и освобождения стола гидроцилиндром Гц.

На станинах и основаниях монтируются все остальные узлы агрегатных станков. В зависимости от траектории транспортирования станины могут быть круглыми с диаметром 400...2500мм или прямоугольными с шириной 400...1600 мм и длиной 500...2500 мм. Высота в обоих случаях 400, 500, или 800 мм.

При кольцевых станинах в середине их устанавливается центральная колонна, на гранях которой монтируются дополнительные силовые головки (VIII 38, стр. 49).

Колонны применяют вертикальные и наклонные. При арочном исполнении колонны в её арке монтируется дополнительная горизонтальная силовая головка (рис. 50). Наиболее целесообразно агрегатные узлы изготавливать централизованно, на специализированных заводах, а проектирование, сборку и перекомпоновку агрегатных станков выполнять на заводах их эксплуатирующих.

Цех, изготавливающий агрегатные станки, должен иметь запас различных нормализованных узлов.

10. Многооперационные станки

Многооперационные (многоцелевые) станки с числовым программным управлением предназначены для комплексной обработки деталей с автоматической сменой инструментов. Многооперационные станки (МС) в основном используют для обработки призматических и корпусных деталей, имеющих большое число гладких, ступенчатых и резьбовых отверстий различных диаметров и расположенных с разных сторон детали. Кроме того, возможна обработка плоскостей и сложных контуров.

Таким образом, на МС производят сверление, зенкерование, растачивание, развертывание, нарезание резьбы, подрезание торцев, фрезерование плоскостей и контуров.

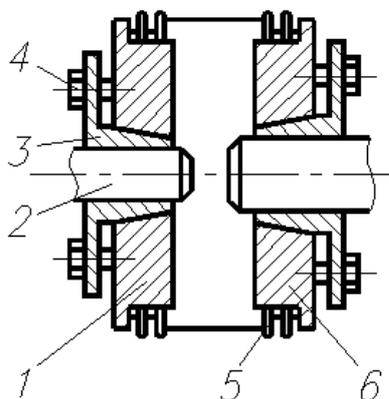
Отличительной особенностью этих станков является максимальная концентрация операция на одной позиции, т.е. замена одним МС нескольких станков, каждый из которых осуществлял бы свою операцию. Следовательно, назначение МС диктует необходимость иметь значительный запас инструментов, автоматическую их смену, устройство для периодического

деления, обеспечивающее обработку с нескольких сторон, и приспособление для автоматической смены заготовок.

Автоматическая обработка сложной корпусной детали в условиях мелкосерийного производства требует оснащения МС универсальной системой ЧПУ, обеспечивающей управление циклом, установку координат, контурную обработку, периодическую установку в исходное положение, изменение режимов резания, автоматическую смену инструментов, автоматический поворот заготовки, автоматическую смену заготовки.

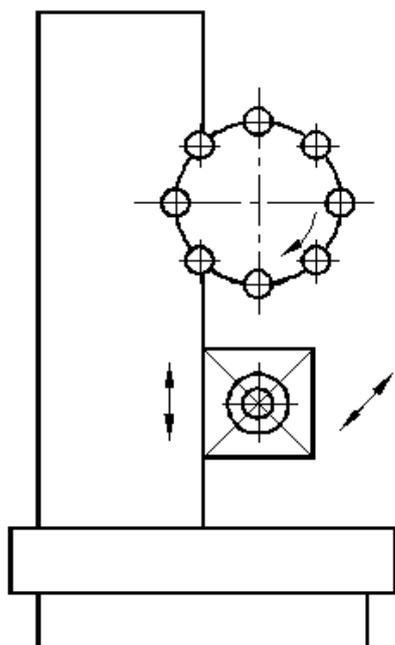
Отличия от станков общего назначения: 1) привод вращения шпинделя осуществляется электродвигателем постоянного тока с широким диапазоном регулирования частот вращения, связанных непосредственно или через ременную передачу с коробками скоростей, содержащими одну или две групповые передачи. Коробку скоростей применяют для увеличения диапазона регулирования частот вращения с постоянной мощностью. Автоматическое управление перемещением скользящих блоков в групповых передачах осуществляется электромеханизмами и гидравлическими устройствами;

2) Многооперационные станки, как правило, имеют приводы подач, выполненные в виде шариковых винтовых пар, связанных соединительными муфтами (сильфонными муфтами) с высокомоментными электродвигателями.



Между корпусом 1 муфты и валом 2 установлены тонкие конические втулки 3, затягиваемые в коническое отверстие корпуса винтами 4. При этом втулки радиально деформируются и плотно охватывают вал. Корпуса 1 и 6 соединены между собой стальным гофрированным кольцом 5 (сильфоном) допускающим некоторое смещение или перекос осей валов, но исключая их направленный поворот;

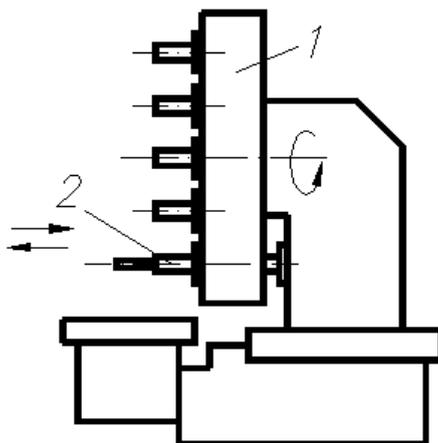
3) В качестве направляющих подвижных узлов МС, как правило, используют направляющие качения. Известно использование в станках этого типа гидростатических и аэростатических направляющих, а также полимерных материалов на основе фторопласта, обеспечивающих коэффициент трения покоя 0,002-0,003. Низкий коэффициент трения покоя всех видов направляющих диктует необходимость введения устройств - для зажима подвижных узлов многооперационных станков. Устройства для автоматической смены инструментов, применяются в МС, разнообразны по конструкции и могут быть укрупненно разделены на три группы: 1) устройства обеспечивающие смену инструмента путём поворота револьверной головки, в которой они установлены; 2) устройства для автоматической смены инструментов без автооператора; 3) устройства для смены инструментов с автооператором.



Устройство первой группы по конструкции мало отличаются от устройств, применяемых в токарно-револьверных станках. Единственным отличием является обеспечение выборочного поворота револьверной головки в любом направлении и установка её в любой позиции.

В устройствах второй группы предусмотрен перенос инструментов из магазина в шпиндель станка и обратно только за счёт движений сообщаемых магазину и шпинделю. Есть конструкции, в которых магазин размещён соосно со шпинделем и конструкции, в которых ось магазина 1 параллельна оси шпинделя 2. Недостатком устройств этой группы является большая потеря времени на перегрузку инструментов,

так как она связана с перемещениями узлов значительной массы. Кроме того, вместимость магазина относительно невелика (12-15 шт.).

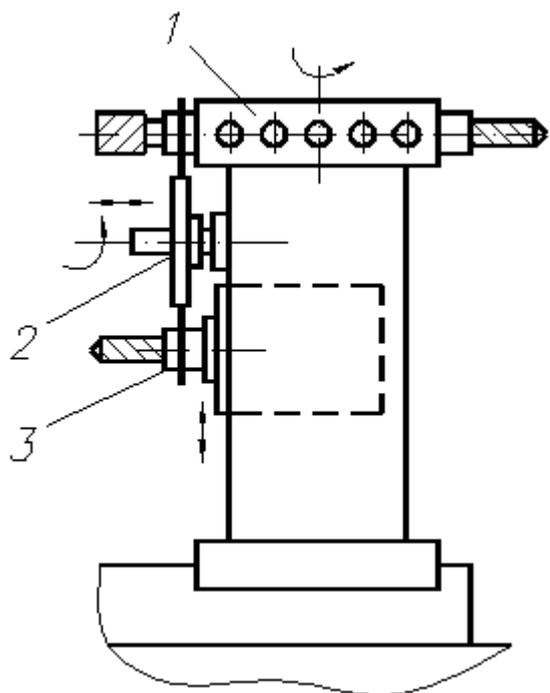


В устройствах третьей группы обязательно наличие одного или двух автооператоров. Автооператор (2) – приспособление малой массы, совершающее поворотное и осевое движения и перемещающее инструменты

из магазина 1 в шпиндель 3 станка и обратно.

Магазины этих устройств большой вместимости (до 100 инструментов) дискового и цепного типа располагают вне станка на отдельных стойках или на верхнем торце стойки станка.

МС с магазином большой емкости показан на рис. 58. Здесь державки с инструментами размещаются в звеньях цепи. Круговые магазины имеют большое



быстродействие, но ограниченную емкость, цепные наоборот.

Для сокращения времени смены инструмента, несовмещённого с другими движениями, в МС используют двухшпindelную поворотную головку (бабку) (рис. 57). В течение времени работы одного шпинделя, в другом происходит смена инструмента. Несовмещённое время смены инструмента при этом сокращается до 1...2 сек.

Для сокращения простоев станка, связанных со сменой обрабатываемых деталей и подготовкой к обработке новой партии, предусмотрены две загрузочно-разгрузочные позиции.

Наличие у станков поворотных столов позволяет во многих случаях осуществлять обработку сложных корпусных деталей со всех сторон, кроме базовой поверхности, по которой производится установка и закрепление. Высокая точность МС обеспечивает возможность выполнения как черновых, так и чистовых операций. Компоновки МС весьма разнообразны. Многие из них сохранили внешние черты и особенности компоновок универсальных станков, однако все узлы и механизмы существенно изменены.

МС для корпусных деталей можно разделить на две группы, характеризующиеся расположением оси шпинделя относительно рабочей поверхности стола: с перпендикулярным расположением шпинделя к зеркалу стола (вертикальным); с параллельным расположением шпинделя относительно зеркала стола (горизонтальным). Станки с горизонтальным расположением шпинделя чаще всего снабжают поворотным столом, который создаст условия для обработки детали с разных сторон.

Вертикальный шпиндель и горизонтальный стол станков обеспечивают доступ инструментов к одной стороне заготовки.

МС изготавливают обычно по классу П и для выполнения особо точных работ по классу В.

11. Автоматические линии

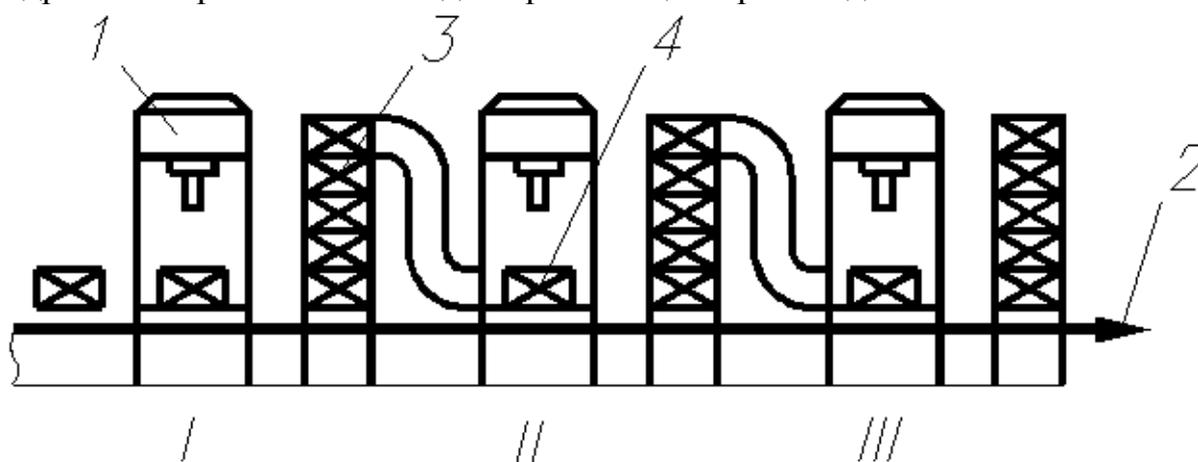
11.1. Основные понятия и определения

Автоматическая линия (АЛ) – представляет собой совокупность технологического оборудования, установленного в соответствии с технологическим процессом обработки, соединённого автоматическим транспортом и имеющего общую систему управления.

Функции человека при этом сводятся к контролю за работой оборудования и его поднастройкой, а так же загрузке заготовок в начале

цикла и выгрузки изделий в конце него. Причём последние операции всё чаще передаются промышленному роботу.

АЛ предназначены для изготовления деталей в условиях крупносерийного и массового производства и являются основным средством решения задач комплексной автоматизации. В связи с продолжающейся реконструкцией и строительством новых заводов с широким внедрением безлюдной технологии потребности в АЛ непрерывно возрастают. Экономическая эффективность использования АЛ достигается благодаря их высокой производительности, низкой себестоимости продукции, сокращению обслуживающего персонала на заданную программу выпуска, стабильному качеству изделий, ритмичности выпуска, созданию условий для внедрения современных методов организации производства.



АЛ (см рис) состоит из: технологического агрегата 1 – машины, выполняющей одну или несколько операций технологического процесса (кроме накопления и транспортирования деталей); транспортного агрегата 2 – машины, выполняющей межоперационные транспортные операции технологического процесса; накопителя заделов 3 – устройства для приёма, хранения и выдачи межоперационного задела заготовок и полуфабрикатов расположенного между двумя станками или отдельными участками АЛ и устройства управления.

АЛ могут быть операционными (для определённого вида обработки) или комплексными (совокупность АЛ обеспечивающих выполнение всех операций предусмотренных технологическим процессом обработки).

Автоматической цех производящая единица, в которой сосредоточены технологические потоки, состоящие из систем автоматических линий. Например, в автоматическом цехе на ГПЗ-1 работают 77 АЛ, имеющих в своем составе 860 единиц основного технологического оборудования, объединенных в 13 технологических потоков (систем АЛ комплексной обработки).

АЛ классифицируются по основным признакам, влияющим на их организацию и эксплуатацию. Их делят на жёсткие и гибкие, спутниковые и беспутниковые, сквозные и несквозные, ветвящиеся и неветвящиеся.

Жёсткая межоперационная связь характеризуется отсутствием межоперационных заделов. В такой АЛ заготовки загружаются,

обрабатываются, разгружаются и передвигаются от станка к станку одновременно или через кратные промежутки времени, и в случае остановки любого агрегата или устройства вся линия останавливается.

Гибкая межоперационная связь обеспечивается наличием межоперационных заделов, размещаемых накопителях или транспортной системе, что создаёт возможность обеспечить при выходе из строя любого станка работу остальных агрегатов до истощения межоперационных заделов.

Спутниковая АЛ – линия, в которой заготовки базируются, обрабатываются и транспортируются в приспособлении – спутнике. Транспортная система в этом случае должна обеспечивать возврат спутников в начало линии.

Когда в составе технологического потока одна или несколько операций реализуются на параллельно работающих станках, АЛ характеризуется ветвящимся транспортным потоком. Примером такого конструктивного решения служат линии для токарной обработки и шлифования внутренних поверхностей колец подшипников.

По степени совмещения обработки с транспортированием заготовки линии подразделяют на стационарные, роторные и цепные; по компоновке – на линейные, кольцевые, прямоугольные, зигзагообразные, Z-образные; по числу потоков – на однопоточные и многопоточные, с зависимыми и независимыми потоками, с поперечным, продольным и угловым расположением основного технологического оборудования. Большинство компоновок имеют незамкнутую структуру, обеспечивающую удобство доступ для обслуживания и ремонта оборудования.

По виду транспортных систем и способу передачи деталей с одной рабочей позиции на другую АЛ делят на линии со сквозным транспортированием через зону обработки (в основном используют для изготовления корпусных деталей на агрегатных станках), с фронтальным (боковым) транспортированием заготовки (при обработке коленчатых валов, крупных колец и фланцев), с верхним и нижним транспортными потоками (в линиях для изготовления шестерён, мелких и средних колец подшипников, фланцев валов).

По типу встроенного основного технологического оборудования различают АЛ из специальных и агрегатных станков, хотя иногда имеет место компоновка из станков разных типов.

В настоящее время изготавливают АЛ для крупносерийного и массового производства, предназначенные для одновременной или последовательной обработки нескольких наименований однотипных, заранее известных изделий (блоки цилиндров двигателей, корпусов редукторов, насосов и т.д.) как с автоматической, так и с ручной переналадкой. Подобные АЛ или системы АЛ называют автоматическими переналаживаемыми линиями (системами) групповой обработки; они предназначены для одновременной или последовательной обработки группы заранее заданных изделий, однотипных по размерам и технологической обработки.

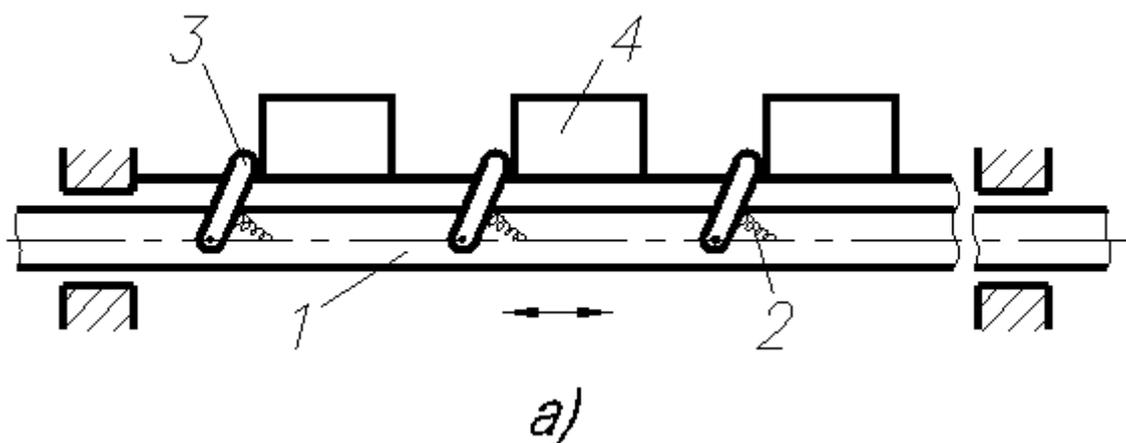
По виду обрабатываемых деталей различают линии для обработки корпусных деталей и линии для обработки деталей типа тел вращения.

11.2. Оборудование АЛ.

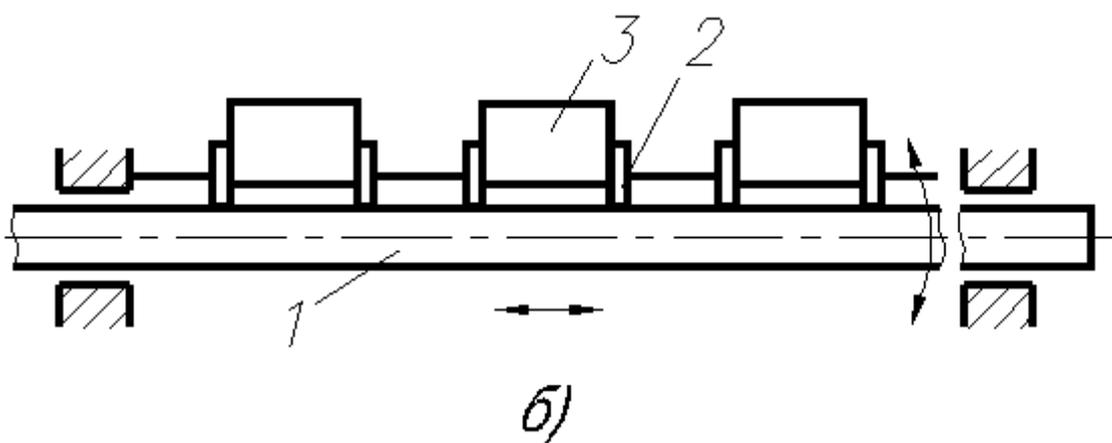
В состав АЛ, помимо станков, входят транспортная система и система управления. Транспортная система состоит их устройства для перемещения деталей, загрузочных, поворотных, ориентирующих устройств, приспособлений для установки и закрепления обрабатываемых деталей, устройств для отвода стружки и накопителей заделов.

Устройства для перемещения деталей

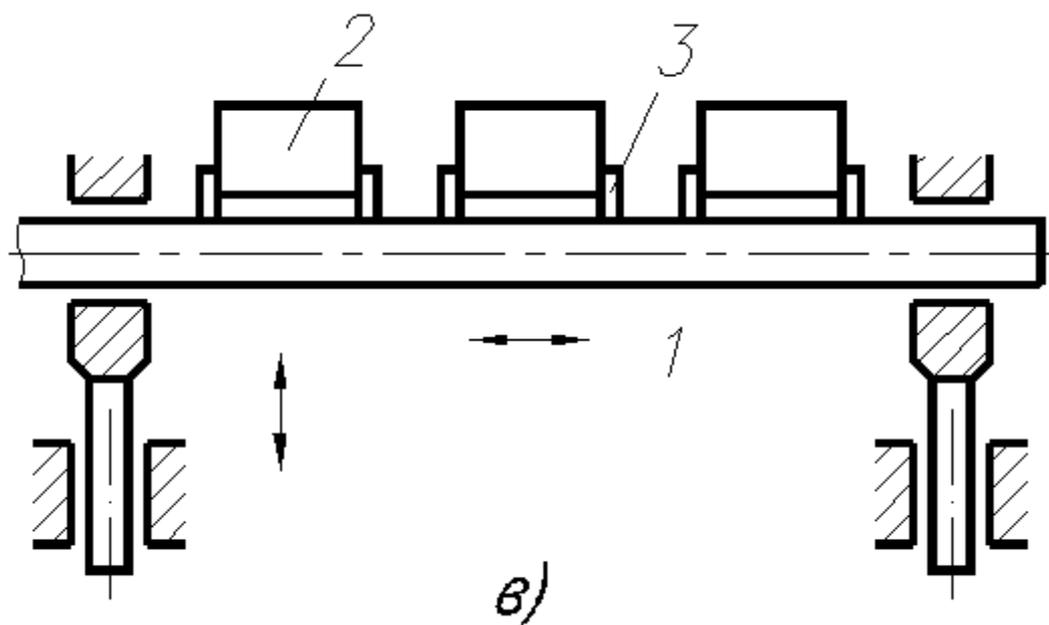
В АЛ для перемещения обрабатываемых заготовок с одной рабочей позиции на другую применяют различные транспортные средства: транспортеры, механические руки, лотки, трубы и т.п. Например, для перемещения корпусных деталей, а также для деталей, закрепленных в приспособлениях-спутниках, применяются шаговые транспортеры.



Шаговые транспортеры с собачками (рис. а) получили наибольшее распространение. При работе они совершают периодическое возвратно-поступательное движение. Конструкция такого транспортера представлена на рис. а. На штанге 1, проходящей через весь заблокированный участок АЛ, шарнирно закреплены собачки 3, которые под действием пружины 2 стремятся подняться над уровнем штанги. В момент возврата транспортера зафиксированные на позициях детали 4 утопляют собачки. Пройдя под деталями, собачки вновь поднимаются и готовы для захвата очередной детали при движении транспортера вперед. Преимущество транспортера с собачками – простота движения и соответствующее ей простота привода от гидро- или пневмоцилиндра.

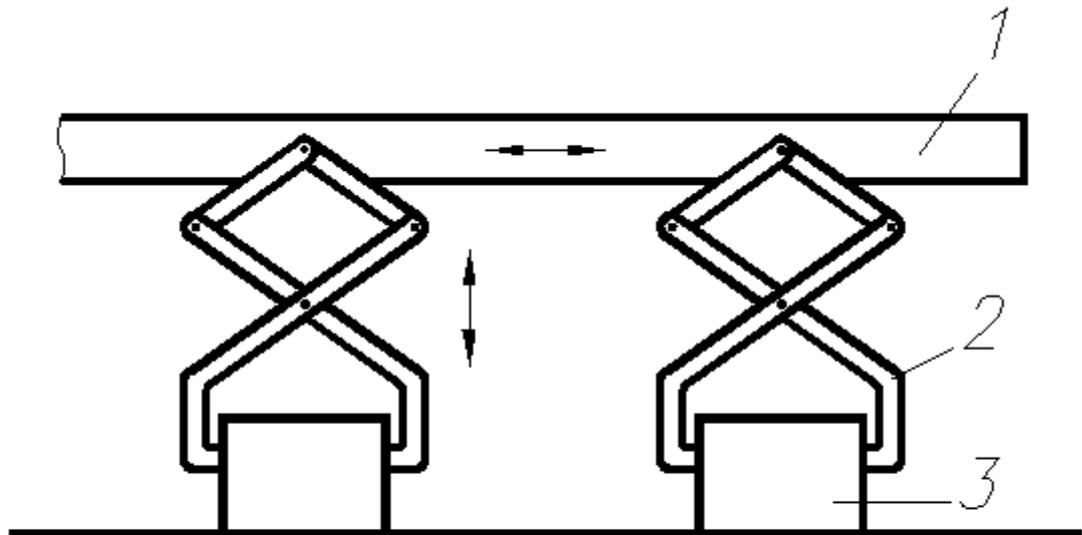


Шаговые штанговые транспортеры с флажками (рис. б) предназначены для перемещения по направляющей приспособлений-спутников с установленными на них заготовками 3. Перемещение осуществляется штангой 1 (круглого сечения) совершающей возвратно-поступательные движения, на которой секциями закреплены флажки 2. При движении штанги вперед, в том же направлении одновременно перемещаются заготовки 3 на одну позицию по всей линии. После этого штанга поворачивается и возвращается обратно. Поворот штанги и её осевое перемещение осуществляются двумя гидроцилиндрами.



Грейферные шаговые транспортёры (рис. в) применяются реже. У них штанга 1 совершает поочерёдно два возвратно-поступательных движения в перпендикулярных направлениях с чередованием фаз этих движений. Обрабатываемые заготовки 2 перемещаются жесткими (неповорачивающимися) флажками 3. Конструктивно такие транспортеры обычно сложны и применяются только в тех случаях, когда подход к захватываемым деталям может быть произведен лишь с определённой стороны, причем посадка транспортируемых деталей на позициях такова, что

для перемещения с позиции на позицию транспортер должен поднять деталь вверх.



г)

Рейнерные шаговые трансформаторы (рис. г) представляют собой усложненный вид грейферных. Детали 3 перемещаются не флажками, а закреплёнными на штанге 1 захватами 2, которые обычно расположены сверху. Эти транспортеры требуют сложных надстроек над линиями.

Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых деталей

Приспособления применяют двух видов: стационарные и приспособления-спутники. Стационарные приспособления предназначены только для выполнения определённой операции обработки детали на одном определённом станке. Эти приспособления выполняют следующие функции: предварительное ориентирование обрабатываемой детали, базирование, окончательное ориентирование и фиксирование её в этом положении, закрепление и раскрепление, направление режущих инструментов (сверл) при обработке.

Приспособления-спутники – служат для закрепления деталей сложной конфигурации, не имеющих удобных поверхностей для надёжного базирования при транспортировании и обработке.

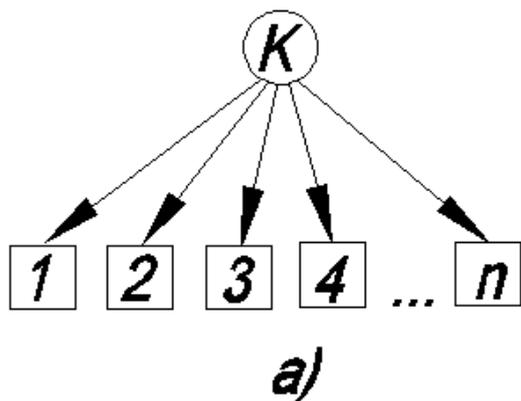
Накопительные устройства

Для уменьшения потерь рабочего времени, связанного с наладкой отдельных станков АЛ, её разделяют на отдельные участки, каждый из которых при остановке других может работать самостоятельно. Чтобы каждый участок линии мог работать независимо от других, перед началом каждого из участков создают межоперационные заделы деталей. Для приема, хранения и выдачи деталей из межоперационных заделов на линиях применяют специальные автоматические накопители. Накопительные устройства делятся на два вида: транзитные (проходные) и тупиковые. В

тупиковых схемах накопитель включается в работу только при остановке предыдущего участка линии.

11.3. Системы управления АЛ

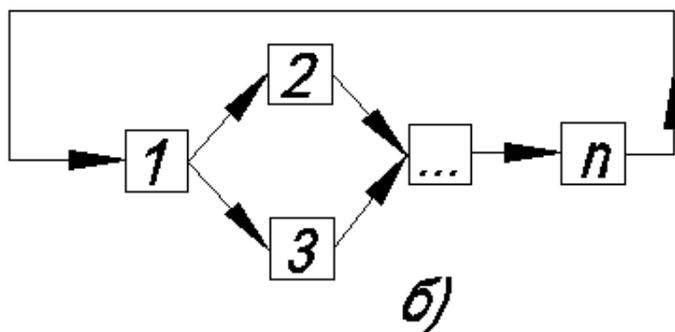
Существуют централизованные, децентрализованные и смешанные системы управления.



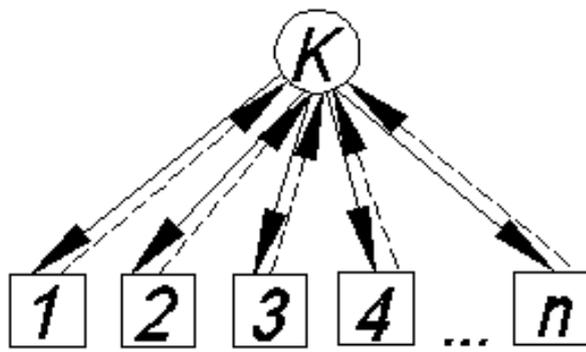
При централизованном управлении (рис. а) агрегатами программа задаётся центральным командным устройством К, которым может быть командоаппарат, распределительный вал, считывающее устройство с лентопротяжным механизмом и др. Преимуществом такой системы является возможность точного соблюдения порядка выполнения

технологических операций по времени, постоянство продолжительности рабочего цикла, упрощённая подсистема управления работой отдельных агрегатов и простота системы в целом. Недостатком системы централизованного управления является возможность совершения последующих операций без учёта выполнения предыдущих, что может привести к выпуску брака и аварийным поломкам. Системы централизованного управления применяют в основном в сравнительно простых АЛ с непродолжительным циклом.

В системах децентрализованного управления (рис. б) используют путевые переключатели и упоры. Команды передаются последовательно по мере обработки каждого элемента цикла. До тех пор пока предыдущие операции не закончатся, последующие не могут осуществляться. В этом состоит преимущество децентрализованной системы управления. Недостаток – отсутствие контроля выполнения предыдущей операции.



Системы смешанного управления (рис. в) объединяют в себе многие качества систем централизованного и децентрализованного управления. Циклом линии управляет командоаппарат К, однако при этом осуществляется контроль выполнения промежуточных операций. Вал командоаппарата имеет периодическое вращение с получаемыми сигналами.



v)