

Белорусский национальный технический университет

Приборостроительный факультет

Кафедра «Конструирования и производства приборов»

Луговой В.П.

Конспект лекций по дисциплине

**Проектирование оборудования
ювелирного производства**

для студентов 4 курса специальности 1 -52 02 01
«Технология и оборудование ювелирного производства»

Минск 2013

Рецензент:

Барий С.Г. – заведующий лабораторией института порошковой металлургия с опытным производством, канд.техн.наук.

Корниевич М.А. – доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», канд.техн.наук.

Луговой В.П.

Конспект лекций по дисциплине «Проектирование оборудования для ювелирного производства». - Мн.: БНТУ, 2013. – 140 с.

Конспект лекций предназначен для студентов специальности 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства». Конспект лекций содержит изложение основных принципов проектирования технологического оборудования для ювелирного производства.

Конспект лекций состоит из двух частей. В первой части изложены основы проектирования приводов станков: механических, электрических, гидравлических и пневматических, а также описание методов испытания, порядок эксплуатации и обоснование модернизации станков.

Во второй части дано описание основных видов технологического оборудования для механической обработки заготовок и обработки давлением.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел. (017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37
E-mail: mtf@bntu.by
<http://www.bntu.by/>
Регистрационный № БНТУ/ПСФ80-4.2013

© Луговой В.П. 2013
© БНТУ, 2013

Оглавление

Введение.....	5
Часть I. Конструирование приводов станков	6
1.1. Механические приводы	6
1.1.1. Виды движений на станках	6
1.1.2. Классификация и обозначение станков	8
1.1.3. Техничко-экономические показатели станков.....	9
1.1.4. Компоновка станков	13
1.1.5. Расчет и выбор технических характеристик станков.....	15
1.1.6. Механизмы приводов вращения.....	18
1.1.7. Кинематический расчет приводов коробок скоростей	20
1.1.8. Графоаналитический метод расчета коробок скоростей	22
1.1.9. Разновидности приводов главного движения	24
1.1.10. Компоновка приводов коробок скоростей	28
1.1.11. Механизмы коробок скоростей	28
1.1.12. Шпиндельные узлы с опорами качения.....	32
1.1.13. Приводы подач и тяговые устройства	39
1.1.14. Несущие системы станка.....	43
1.1.15. Направляющие станков	48
1.2. Электропривод станков.....	54
1.2.1. Классификация электрических приводов станков	54
1.2.2. Электродвигатели как источники движения в приводах.....	56
1.2.3. Типовые электрические схемы станков.....	61
1.3. Гидравлический привод станков.....	65
1.3.1. Классификация гидроприводов	65
1.3.2. Рабочие жидкости и их свойства.....	65
1.3.3. Элементы гидропривода.....	67
1.3.4. Регулирование скорости движения гидродвигателей	77
1.3.5. Гидравлические приводы автоматического регулирования.....	81
1.4. Пневмопривод станков.....	83
1.4.1. Назначение пневмоприводов.....	83
1.4.2. Устройство пневмоприводов	84
1.5. Эксплуатация станков.....	88
1.5.1. Транспортирование и установка станков	88
1.5.2. Паспортизация станков	90
1.5.3 Модернизация станков	91
1.5.4. Испытание станков	93
Часть II. Обзор конструкций станков.....	95

2.1. Станки для обработки резанием	95
2.1.1. Станки токарной группы	95
2.1.2. Сверлильные станки	95
3.1.3. Фрезерные станки	96
2.2. Станки-автоматы.....	96
2.2.1. Системы управления станков-автоматов.....	96
2.2.2. Токарные станки-автоматы	98
2.2.3. Станки с ЧПУ	100
2.2.4. Конструкции и приводы станков с ЧПУ	102
2.2.5. Роторные станки.....	106
2.2.6. Агрегатные станки	107
2.3. Станки для оптического производства	108
2.4. Галтовочные станки	110
2.5. Оборудование для обработки шариков и кабошонов.....	115
Для обработки кабошонов эллиптической формы требуется дополнительное относительное движение инструмента или заготовки для образования формы овала.	116
2.6. Оборудование для пластической деформации.....	117
2.7. Оборудование для производства цепочек	121
Литература	130

Введение

Ювелирное производство относится к одному из самых распространенных в мире. Зародившись в древнейшие времена как ручное ремесло, развиваясь и совершенствуясь, оно достигло масштабов индустриального производства, в котором сочетаются и элементы искусства, и дизайна, и новых технологий. Ювелирная отрасль к настоящему времени сформировалась как комплекс разнохарактерных производств изделий из драгоценных и недрагоценных материалов: драгоценные и недрагоценные металлы и сплавы, драгоценные и поделочные ювелирные камни, различные материалы декоративно-прикладного искусства.

Современное ювелирное производство включает в себя широкий спектр разнообразных технологических процессов. Технология ювелирного производства требует знаний в области технологии производства и обработки материалов. В ней сосредоточены и различные способы литья, обработки металлов давлением, резанием лезвийными и абразивными инструментами, методы покрытия неметаллическими и металлическими материалами, химические и электрохимические методы обработки, прогрессивные электрофизические методы обработки материалов, различные методы соединения металлов пайкой и сваркой, декоративные методы художественного оформления изделий.

Конспект лекций структурно состоит из двух частей. В первой части приведены основные принципы проектирования приводов и компоновки станков. Во второй части дан обзор станков, используемых в ювелирном производстве для обработки материалов резанием и пластическим деформированием. Станки и приспособления для огранки камней при изучении данного курса не рассматриваются, ввиду того, что данные вопросы излагаются при изучении курса «Технология и оборудование для обработки камней».

Следует отметить, что для полного изучения второй части курса необходимо использование кинематических схем станков, которые приведены в учебной литературе, указанной в списке литературы.

Часть I. Конструирование приводов станков

1.1. Механические приводы

1.1.1. Виды движений на станках

Формообразование изделия осуществляется в результате согласованного движения заготовки и инструмента. Эти движения подразделяются на (рис.1.1):

- формообразующие;
- установочные;
- делительные.

Остальные движения на станках являются вспомогательными и движениями управления.

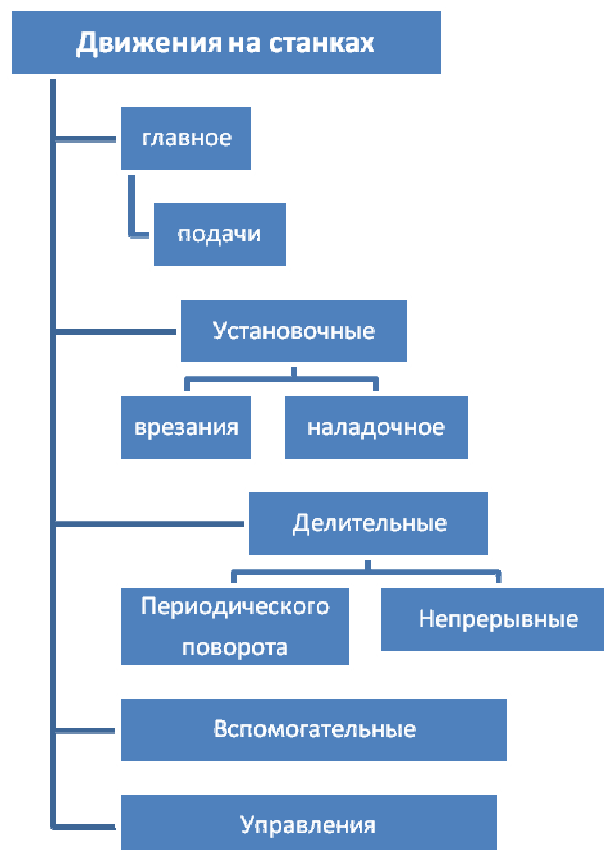


Рис.1.1. Виды движений на станках

Формообразующие движения делятся на:

- главное движение - это движение, осуществляемое на станке с наибольшей скоростью и которое обеспечивает снятие припуска;
- движение подачи - обеспечивает относительное перемещение инструмента и заготовки.

Формообразующие движения (главное и движения подачи) в свою очередь могут быть:

- поступательными;
- вращательными;
- качательными.

Установочные движения предназначены для того, чтобы привести заготовку и инструмент в положение, которое обеспечивает получение заданного размера. Установочным движением может быть:

- движение врезания, если при этом происходит резание,
- наладочное, если резание не происходит.

Делительное движение предназначено прерывистого или периодического для поворота заготовки или инструмента на заданный угол.

Вспомогательные движения предназначены для:

- транспортирования, установки и закрепления заготовки;
- подвода и отвода инструмента;
- смены инструмента и прочих движений, которые не сопровождаются формообразованием поверхности.

Движения управления предназначены для:

- включения и выключения приводов движения;
- настройки и наладки станка;
- управления механизмов и т.д.

Все поверхности, образующиеся при обработке материалов резанием, являются результатом сложения перемещений двух линий: направляющей и образующей. Так, например, плоская поверхность (рис.1.2) образуется в результате перемещения прямой образующей линии по прямой направляющей. Цилиндрическая поверхность образуется при вращении прямой образующей линии вдоль круговой направляющей линии. В то же время те же поверхности можно получить, поменяв направляющую на образующую линию. Конусная поверхность образуется в результате вращении прямой линии, закрепленной одним концом в одной точке, вокруг направляющей окружности. Сфера образуется вращением одной окружности вдоль второй окружности того же диаметра.

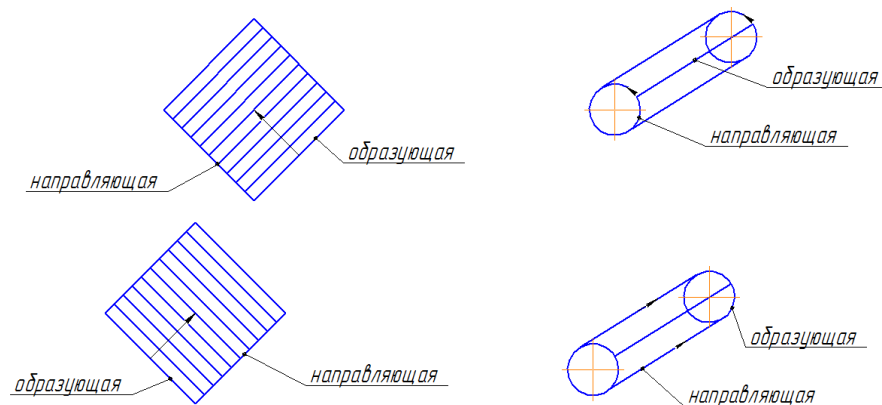


Рис.1.2. Образование поверхностей при резании

При обработке материалов на станках применяют четыре метода образования поверхностей (рис.1.3):

- копирования (а),
- обкатки (б),
- следа (в),

- касания (г).

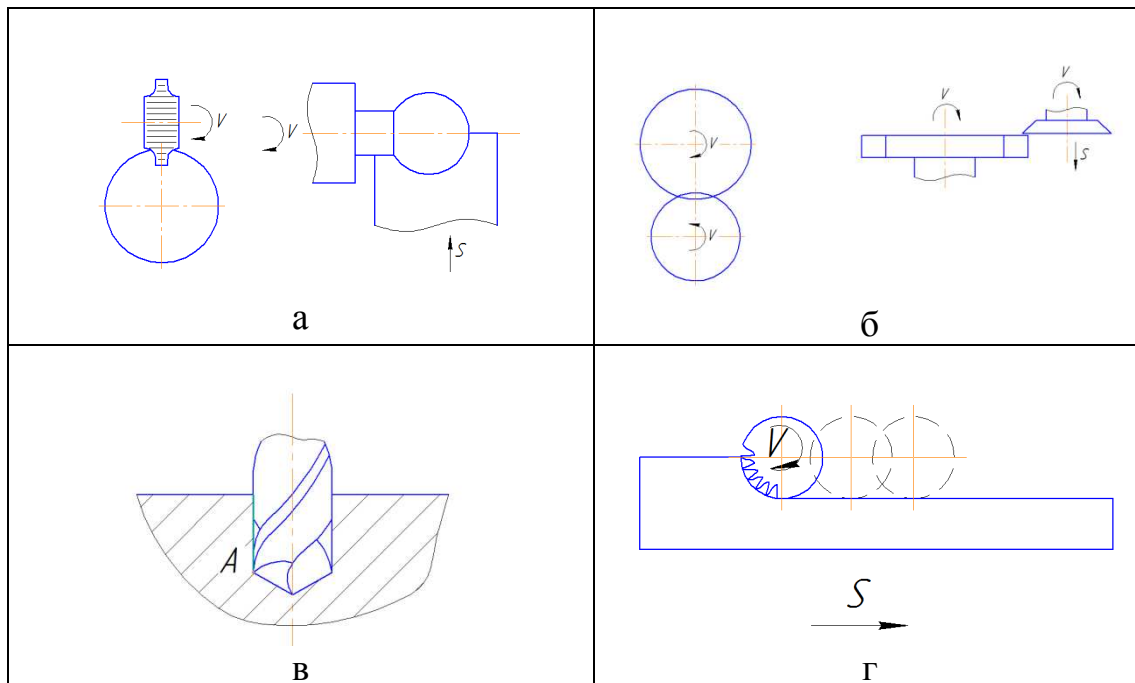


Рис.1.3. Методы обработки поверхностей

При методе копирования режущая кромка инструмента по форме совпадает с производящей линией. Метод копирования используется, например, на токарных станках, на зубо- и резьбообрабатывающих станках. Метод обкатки используется при изготовлении зубчатых колес долбяком, червячной фрезой, гребенкой. При методе следа образующая линия получается как след от движения точки-вершины режущего инструмента (например, при сверлении и точении). Метод касания позволяет получить линию или поверхность как результат множества точек касания режущей кромки инструмента на поверхности заготовки, например, при фрезеровании.

1.1.2. Классификация и обозначение станков

В основе классификации универсальных станков лежит признак технического предназначения. Универсальные станки классифицируются по типам, группам, и их техническим признакам. Различают 9 групп станков, каждый из которых делится на 9 типов. В каждой группе станки различаются по техническим признакам. В соответствие с данной классификацией универсальные станки обозначаются следующим образом, например 16К20П означает: 1 – токарный; 6 – токарно-винторезный; К – модернизация; 20 – высота центров (H=200мм); П – модификация – класс точности.

Различают следующие группы универсальных станков:

- 1- токарные,
- 2- сверлильные и расточные,
- 3- шлифовальные и доводочные,
- 4- комбинированные (с использованием электрофизических и электрохимических методов обработки),
- 5- зубо- и резьбообрабатывающие,
- 6- фрезерные,
- 7- строгальные, долбежные и протяжные,
- 8- разрезные,
- 9- разные (правильные, балансировочные и пр.).

Станки классифицируют также по ряду других признаков:

- по весу на: легкие – до 500 кг, средние – до 1 т, тяжелые - более 1 т.
- по специализации на: универсальные, специализированные и специальные;
- по классу точности на: нормальной точности –Н, повышенной – П, высокой – В, особо высокой точности – А и сверхточные (суперстанки) – С;
- по степени автоматизации на станки с ручным управлением, станки полуавтоматы и автоматы.

Специальные и специализированные станки имеют иное обозначение, связанное с видом выполняемых работ или по наименованию завода-изготовителя. В обозначение входят две буквы и цифры, характеризующие порядковый номер станка. Например, обозначение станка ВШД-1 обозначает: Витебский шародоводочный станок, порядковый номер модели – 1. Другой пример: станок модели СД-120 означает станок доводочный с максимальным диаметром инструмента 120 мм.

Станки для обработки камня можно делить по видам обработки на станки для разрезки и отрезки заготовок; предварительной, чистовой и финишной обработки.

1.1.3. Техничко-экономические показатели станков

К технико-экономическим показателям (ТЭП) станков относятся:

- производительность;
- точность;
- надежность (долговечность);
- универсальность;
- экономическая эффективность.

Производительность – это способность обрабатывать определенное количество деталей в единицу времени. Она связана с технологическим процессом. Производительность стана оценивают по следующим показателям:

- производительность резания.

Она зависит от вида обработки. В качестве примера в таблице 1.1 представлены сравнительные показатели производительности станков при различных методах обработки.

Таблица 1.1. Производительность станков в зависимости от метода обработки

Вид обработки	Производительность резания U , $\text{см}^3/\text{мин}$	Удельная мощность, $\text{кВт}/\text{см}^3$
Точение	1500	0,06
Шлифование	800	0,6
Электроискровой	15	1
Электрохимический	15	10
Ультразвуковой	1	25
Лазерный	0,01	4000

- производительность формообразования. Зависит от условий обработки и характеризуется площадью поверхности, обрабатываемой в единицу времени:

$$Q_{\Phi} = \sum_1^k \frac{V_p n_0}{L_i} * \frac{t_p}{T}$$

где V_p – скорость относительного перемещения режущего инструмента по образующей линии; n_0 – число обрабатываемых деталей; L_i – путь рабочего движения; t_p – время резания; T – продолжительность цикла;

- штучная производительность

$$Q = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_{всп}}$$

Производительность станков можно повысить за счет:

- увеличения скорости резани, подачи;
- уменьшения времени обработки;
- совмещения различных операций во времени;
- сокращения времени на вспомогательные операции;
- уменьшения доли не цикловых потерь.

Точность станков влияет на точность обработки станков. По показателю точности станки разделяются на следующие виды точности:

- Нормальной (Н);
- Повышенной (П);
- Высокой (В);
- Особой (А);
- Особо высокой (Суперстанки) (С).

Точность станков зависит от погрешностей, возникающих на этом станке при обработке заготовок. Эти погрешности разделяют на:

- геометрические, на которые влияет точность изготовления и сборки станка;
- кинематические, которые возникают при взаимном относительном движении заготовки и инструмента;

- упругие, возникающие от действия сил резания и сил тяжести. Влияние упругих деформаций можно количественно оценить показателем жесткости

$$j = \frac{\Delta P}{\Delta y} \cdot \frac{H}{\text{мм}}$$

- температурные, причиной возникновения которых является процессы резания и нагрев станка из-за трения деталей в узлах

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t, \text{ мм}$$

- динамические, возникающие в переходных процессах станка при пуске, торможении, реверсировании, врезании инструмента, а так же из-за относительных колебаний инструмента или детали.

Для оценки этой погрешности используют понятие виброустойчивость – свойство станка противостоять возникновению колебаний. Виброустойчивость характеризуется амплитудно-частотными (АЧХ) и амплитудно-фазочастотными характеристиками (АФЧХ).

Различают внешние и внутренние источники вибрации. Внешние вибрации, действующие со стороны других станков, устраняются с помощью виброопор. Источниками внутренних колебаний являются двигатель, дисбаланс валов, дисбаланс инструмента или заготовки и т.д.

Все колебания можно разделить на:

- вынужденные;
- собственные;
- параметрические.

Источниками вынужденных колебаний являются электродвигатель привода станков и силы резания. Каждая деталь станка имеет собственные колебания, которые зависят от формы и размеров этих деталей. Параметрические колебания вызваны геометрическими параметрами деталей (наличием шпоночных пазов валах и т.п.).

Надежность – это свойство станков бесперебойно выпускать продукцию в течение определенного срока службы в заданном количестве. Долговечность – свойство сохранять работоспособность в течении длительного срока.

Надежность оценивается отказами. Отказом называется нарушение работоспособности. Отказы станков возникают вследствие действия случайных или закономерных факторов. Отказы машин возникают с определенной закономерностью, которая представлена на рисунке 1.4.

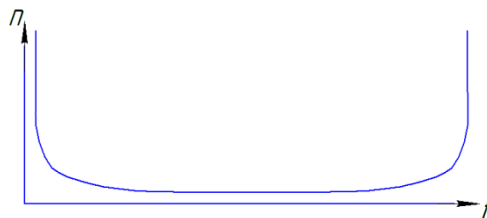


Рис.1.4.Зависимость возникновения отказов от срока службы машины

Количественно надежность станков оценивается вероятностью отказа $Q(t)$ и безотказной работы $P(t)$:

$$Q(t) \frac{N_{от}}{N_o} = \frac{N_o - N_{н}}{N_o} < 1$$

$$P(t) = 1 - Q(t) = \frac{N_{н}}{N_o}$$

где $N_{н}$ – исправное число элементов; N_o – общее число элементов;

При последовательном соединении элементов вероятность безотказной работы можно рассчитать по формуле:

$$P(t) = \prod_i^k P_i$$

Универсальность станков определяется технической возможностью использования станка при изменении условий производства. Универсальность характеризуется диапазоном обрабатываемых деталей и переналаживаемостью. По показателю универсальности станки делятся на следующие виды:

- общего назначения;
- специализированные;
- специальные.

Экономическая эффективность станков характеризуется приведенными затратами:

$$П = С + K_{н} * \Phi$$

где $С$ – себестоимость обработки на станке (руб); $K_{н}$ – нормативный коэффициент капитальных вложений (для обрабатывающих станков 0,15-0,2); Φ – капитальные вложения (руб). К капитальным вложениям относят стоимость станка и инструментов.

При разработке нового оборудования экономическую целесообразность станков можно рассчитать по формуле

$$\Xi = (C_1 + K_{н} * \Phi_1) - (C_2 + K_{н} * \Phi_2).$$

Сравнение вариантов производится по формуле

$$(C_2 + K_{н} * \Phi_2) < (C_1 + K_{н} * \Phi_1),$$

откуда следует, что

$$\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{C_1 - C_2} < \frac{1}{K_{н}}.$$

Унификация – подразумевает использование одинаковых деталей и узлов в разных станках. Она позволяет снизить затраты на изготовление и повысить надежность станков. Унификация эффективна для однотипных станков. Унифицированными могут быть станины, столы, коробки скоростей и так далее.

Агрегатирование заключается в том, что станки собирают из стандартных узлов, которые можно комбинировать и получать станки с различным комплектом. Принцип агрегатирования лежит в основе создания агрегатных станков. Отдельные унифицированные узлы, базовые детали, элементы электропривода и пр., позволяют комбинировать компоновку и даже станочных систем и получать различные комбинации станков.

1.1.4. Компоновка станков

Под компоновкой станка понимается способ организации станка и размещения его отдельных частей в единую структуру. Главным критерием выбора оптимальной компоновки станка является наличие или набор необходимого исполнительных движений для формообразования деталей, при ее обработке.

В основе выбора компоновки станка лежит:

- расположение инструмента и заготовки;
- положение неподвижного узла;
- последовательность расположения подвижных узлов;
- формообразование поверхности осуществляемой совокупностью определенного числа вращательных движений и прямолинейных движений.

Главным исходным условием для компоновки станка является выбор того или иного вида комбинаций движений формообразования и кинематическая схема. Кроме того, на компоновку оказывают влияние установочные движения. Компоновка станка влияет на степень универсальности и степень автоматизации. Универсальность станка повышается за счет расширения его технических возможностей, применение более широкого перечня инструментов и приспособлений, дополнительных узлов. Степень автоматизации повышается в результате автоматической смены инструмента или заточки инструмента, транспортировки детали, механизации основного и вспомогательного движения.

Компоновка станка влияет на жесткость системы, а следовательно, и на точность обработки. В качестве примера на рисунке 1.5 показаны два возможных варианта компоновок вертикально-фрезерного станка.

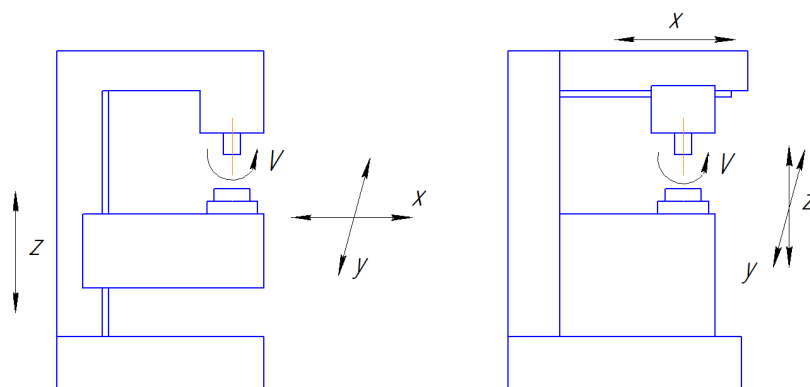


Рис.1.5. Варианты компоновки станков

Выбранная схема компоновки влияет на схему нагрузки несущей системы от действия сил резания и масс узлов. Это в свою очередь влияет на упругие деформации и на точность обработки.

Компоновка станка является многовариантной задачей. Совокупность возможных базовых компоновок определяется движениями инструмента и

детали при ее обработке. При этом минимальное число подвижных узлов станка должно соответствовать числу заданных элементов движения. При составлении компоновок направление координатные оси станка принято направлять следующим образом (рис.1.6): ось z – вдоль оси шпинделя; ось x – всегда направлена горизонтально; ось y – исходя из направления других двух осей.

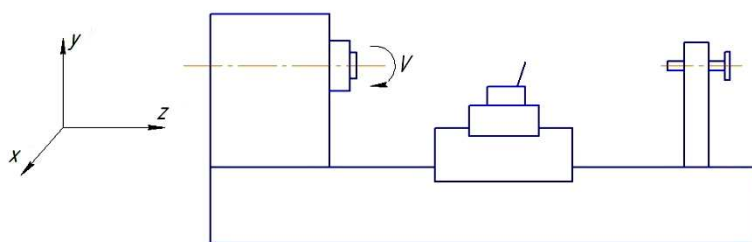


Рис.1.6. Направления осей станка

Варианты компоновок записывают с помощью формул, в которых буквами в последовательности обозначают координаты движений узлов станка перемещаясь от заготовки к инструменту. Для проведения структурного анализа компоновок станка используют специальные обозначения: O – неподвижный узел (станина); X, Y, Z – подвижные узлы станка, двигаются по прямолинейным координатам; x, y, z – дополнительные движения по этим же осям; A, B, C – обозначают вращательное движение, соответственно вокруг осей x, y, z ; a, b, c – дополнительное вращение вокруг этих же осей. При наличии дополнительных узлов используют другие буквы. Пример обозначения компоновок: $uxzoc, uxozc, cozxbw$ и т.д.

Рассмотрим варианты для станка с тремя координатами движений. Общее число вариантов для данного случая - $xyzO = 4! = 24$. Они сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. Варианты компоновок станка

$zyxo$	$zхоу$	$zoxу$	$ozху$
$zхуо$	$zyox$	$zoуx$	$ozyx$
$xzyo$	$xzoy$	$xoyz$	$охzy$
$yzxo$	$yzox$	$yozx$	$oyzx$
$хyzo$	$хyoz$	$хoyz$	$oxyz$
$yxzo$	$yxoz$	$yoxz$	$oyxz$

В этой компоновке можно получить и другие варианты компоновки для других случаев с меньшим числом движений.

1.1.5. Расчет и выбор технических характеристик станков

Силовой расчет приводов станков начинают с определения мощности привода, которая расходуется на преодоление сил сопротивления при резании, сил трения и дополнительных затрат на выполнение движений на станке

$$N_{зд} = N_{п} + N_{хх} + N_{доп}$$

$N_{п}$ – мощность, потребляемая на резание; $N_{хх}$ – мощность холостого хода; $N_{доп}$ – дополнительная мощность.

Мощность $N_{п}$ можно рассчитать по формуле

$$N_{п} = \frac{P_z * V}{102 * 60} \text{ (кВт)}$$
$$N_{п} = \frac{V_c * Q}{102 * 60 * 10^3} \text{ (кВт)}$$

При обработке лезвийным инструментом $N_{п}$ рассчитывают для условий черновой обработки.

Мощность холостого хода зависит от скорости движения. На рисунке 1.7 показана зависимость мощности холостого хода от скорости вращения шпинделя для различных типов станков.

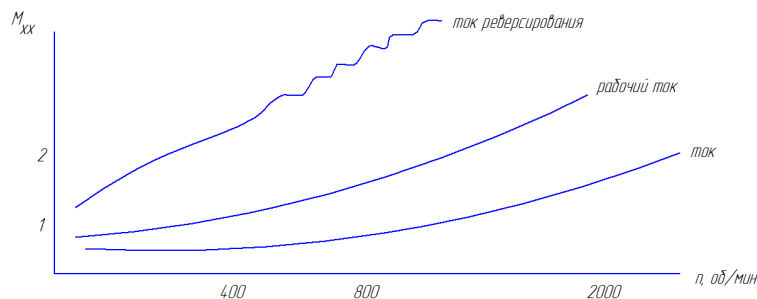


Рис.1.7. Зависимость мощности холостого хода от частоты вращения шпинделя

При выполнении расчетов мощность холостого хода можно принять равной

$$N_{хх} = (10 - 15)\% * N_{п}$$

Дополнительные потери мощности зависят от соответствующего увеличения нагрузок на передачи и опоры. Их можно учесть через косвенный показатель – к.п.д. привода. Поэтому в общем виде эффективная мощность, необходимая для выбора электродвигателя может быть рассчитана по формуле

$$N_{э} = \frac{N_{п}}{\eta} + N_{хх}$$

Для выполнения силовых расчетов и выбора нагрузок учитывают:

- силы резания;

- силы сопротивления;
- силы, создаваемые массами.

Расчет потребляемой мощности на резание производят по силам резания, которые зависят от вида выполняемых операций на станке. При резании лезвийным инструментом они зависят от обрабатываемого материала, параметров процесса резания и других факторов. При расчете токарных станков расчет можно выполнить по следующим формулам:

$$P_z = KB(a + 0,4c)$$

$$P_N = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = KB(0,4a + c)$$

где P_x, P_y, P_z – составляющие силы резания; K – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал ($K=120-180$ кГс/мм² – для инструментальных сталей, $90-110$ кГс/мм² – для чугуна); B – ширина режущего лезвия инструмента; a – глубина срезаемого слоя; c – среднее значение ширины площадки износа по задней поверхности.

Силы резания при шлифовании можно рассчитать по формуле:

$$P_z = C_{Pz} * V_d^{0,7} * S_{пр}^{0,7} * t^{0,6} \text{ (Н)}$$

где C_{Pz} – коэффициент, характеризующий материал.

Эффективная мощность резания при шлифовании равна

$$N_{шл} = C_N * V_d^{0,5} * S_{пр}^{0,85} * t^{0,5} \text{ (кВт)}$$

К силам сопротивления относят силы трения при перемещении рабочего органа $f_{mp} = f \cdot N$.

Силы, создаваемые массами, возникают при действии веса подвижной массы G , которая по направлению совпадают с силами, действующими вертикально вниз в зоне резания. Влияние этих сил можно уменьшить или устранить различными способами. Например, использование противовеса при обработке шариков может устранить влияние веса верхней части станка (рис.1.8).

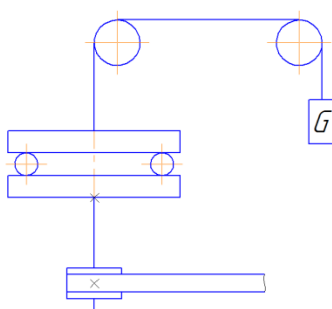


Рис.1.8. Использование противовеса в конструкции шарообрабатывающего станка

Силы сопротивления возникают в точках трения: в направляющих, опорах и т.д. Наиболее распространенным видом трения в механизмах является смешанное трение с коэффициентом трения $f=0,05 \div 0,2$. Численное значение коэффициента трения зависит от состояния покоя или скорости движения подвижного узла. Из рисунка 1.9 видно, что

наибольшее влияние на величину коэффициента трения оказывают первые 60 мин покоя, а также начальная скорость в пределах до 60 м/мин.

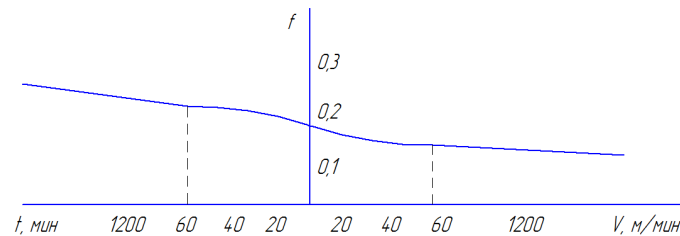


Рис.1.9. Зависимость величины коэффициента трения от времени покоя и скорости движения

В точках сопряжения при жидкостном трении коэффициент трения определяют по формуле:

$$f_{ж} = \frac{C}{h} \cdot \frac{\mu V}{P}$$

где C – коэффициент, зависящий от геометрических параметров поверхностей; h – толщина слоя смазки; μ – вязкость жидкости; V – скорость относительного скольжения; P – давление на площадке контакта.

Трение качения, возникающее в подшипниках и направляющих качения равно

$$T = T_0 + P \frac{f_k}{r}$$

где T_0 – начальная сила трения (при движении. $T_0=1$ Н, при покое $T_0=5$ Н); P – нагрузка; f_{ake} – коэффициент трения качения для стальных направляющих - 0,001 см; r – радиус шарика или ролика подшипника.

Силы, возникающие от масс узлов, и их центры тяжести определяются расчетным способом.

Кроме перечисленных сил в станке возникают динамические силы, возникающие в переходных процессах пуск и торможения, от действия сил в подшипниках, при ударах при действии вынужденных колебаний и т.д. Оценка динамических сил производится по коэффициенту динамичности

$$K_d = \frac{\delta_d}{\delta_{ст}}$$

При колебании колебательной системы, состоящей из одной массы, при действии вынужденных колебаний $P = P_0 \cos \omega t$, динамический коэффициент можно рассчитать по формуле

$$K_d = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega h}{k}\right)^2}}$$

где ω – частота вынужденных колебаний; ω_0 – частота собственных колебаний, равная $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$; k – жесткость; m – масса детали или узла; h – коэффициент затухания. При действии мгновенной динамической силы можно принять $K_d^{\max} \approx 2$.

При рассмотрении многомассовых колебательных систем задача сводится к математическому решению дифференциального уравнения второго порядка, учитывающего силы упругости, демпфирования, инерции.

1.1.6. Механизмы приводов вращения

Кинематические цепи образуются из последовательно расположенных механизмов вращения, которые предназначены для передачи и усиления крутящего момента на валах, изменения частот вращения. Для этой цели в конструкциях коробок скоростей применяют следующие виды передач:

- ременные;
- цепные;
- зубчатые;
- фрикционные.

Ременные передачи осуществляют, как правило, плоскими или клиновыми ремнями. Для передачи вращения на большие межосевые расстояния и перекрещивающихся валов применяют также ремни круглого сечения. Ременные передачи обеспечивают гибкую связь, защиту от вибрации, одинаковое направление вращения шкивов. Передаточное число передач $i=1-6$. Плоские ремни применяют при работе на больших частотах вращения. Для изменения передаточного отношения производят либо смену шкивов, либо используют комплекты шкивов, которые позволяют изменить скорость вращения выходного вала изменением положения ремня (передачи с перекидным ремнем). Однако ременные передачи не могут быть использованы при больших крутящих моментах из-за возможности проскальзывания ремней.

Цепные передачи являются также передачами с гибкой связью. Для этой цели применяют втулочно-роликовые или зубчатые цепи. Достоинство передачи заключается в возможности передачи больших тяговых усилий и передачи на большие межосевые расстояния. Направление ведущей и ведомой звездочки – одинаковое. Они дают небольшое передаточное число $i=1-4$.

Зубчатые передачи являются передачами жесткой связи. Они могут быть прямозубыми, косозубыми, коническими, винтовыми, внутреннего зацепления, реечные. Передаточные числа в пределах $i=1-6$. В некоторых случаях могут иметь большее значение до $i=20-25$. Направление вращения зубчатых колес – противоположное. Для обеспечения одинакового направления вращения колес между ними устанавливают промежуточное или «паразитное» колесо.

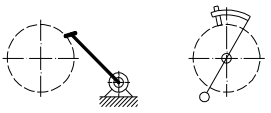
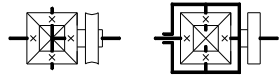
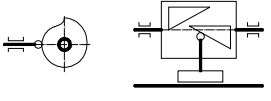
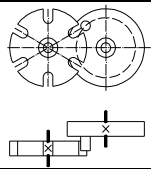
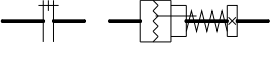
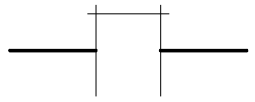
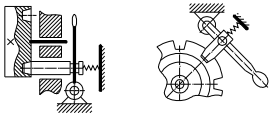
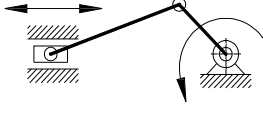
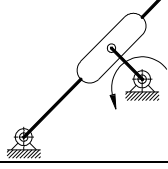
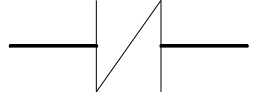
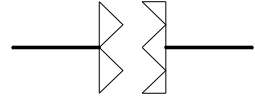
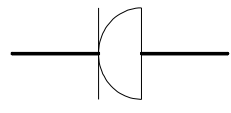
Червячные передачи жесткой связью позволяют получить изменение скорости в 10-80 раз, а в цепях делительного движения в 400-500. Направление вращения червячного колеса зависит от направления винтовой линии ведущего червяка и их взаимного расположения. Передаточное число рассчитывают как отношение числа зубьев колеса к числу заходов червяка. Зубчато-реечные передачи жесткой связью

применяют для преобразования вращательного движения - в поступательное.

Фрикционные передачи жесткой связью осуществляют цилиндрическими, коническими дисками или через промежуточное звено. Передаточное число $i=1-4$. Направление вращения различное и зависит от наличия промежуточного звена.

Таблица 1.3 - Условные обозначения элементов кинематических схем

Наименование детали или механизма	Условное изображение	Наименование детали или механизма	Условное изображение	
Электродвигатель		Вал гладкий		
Наименование детали или механизма	Условное изображение	Наименование детали или механизма	Условное изображение	
Ременная передача		Шпиндель станка		
Цепная передача		Опоры валов: а – скользящие б – шариковые в – радиально-упорные г - упорные д – роликовые е – роликовые конические		
Зубчатая передача				
Червячная передача				
Ходовой винт		Коническая передача		
Реечная передача		Передвижной зубчатый блок		
Механизм с передвижной шпонкой		Сменные шестерни		

Храповой механизм		Конический дифференциал	
Кулачковые механизмы		Механизм мальтийского креста	
Предохранительная муфта		Втулочная муфта	
Наименование детали или механизма	Условное изображение	Наименование детали или механизма	Условное изображение
Фиксирующие устройства		Кривошипный механизм	
Кулисный механизм		Муфта упругая	
Муфта кулачковая		Муфта шарнирная	

1.1.7. Кинематический расчет приводов коробок скоростей

Для выбора технических характеристик станков предварительно анализируется область применения станка и операции, выполняемые на станке при обработке деталей. Для универсальных станков задача сводится к рассмотрению многовариантной задачи, в которой устанавливают последовательность обработки, число переходов, вид и число режущих инструментов, режимы резания.

При выборе диапазона скоростей используют статистические данные по применяемым станкам, в реальных условиях эксплуатации определяют вероятность распределения частот вращения, в результате чего устанавливают наибольшую и наименьшую частоты вращения шпинделя. Минимальная и максимальная частота вращения шпинделя устанавливается по предельным режимам резания. Например, минимальная скорость для металлорежущих станков резания принимается из сравнения наименьших скоростей резания при нарезании резьбы,

развертывании или черновой обработки труднообрабатываемых материалов, а максимальная скорость устанавливается из сравнения скоростей резания при чистовой обработке и сверлении отверстия малого диаметра. При выборе технических характеристик станков шлифовальной группы необходимо учитывать изменение размера шлифовального круга при его износе, а также возможность использования шлифовальных кругов из различных абразивных материалов.

Для полученных значений минимальной n_{min} и максимальной n_{max} частот вращения определяют диапазон скоростей:

$$R = \frac{n_{max}}{n_{min}}$$

Для станков долбежной группы диапазон чисел двойных ходов определяется по предельным скоростям и длинам ходов столов.

$$n_{max} = \frac{1}{L_{min} / (V_{max} \cdot V_{xmax})} = \frac{V_{max}}{L_{min}} \cdot \frac{1}{1 + \alpha}$$

$$n_{min} = \frac{V_{min}}{L_{max}} \cdot \frac{1}{1 + \alpha}$$

где $\alpha = \frac{V_{max}}{V_{xmax}}$.

При расчете приводов подач диапазон регулирования подач также определяют из условия выполняемых на станке технологических процессов

$$R_s = \frac{S_{max}}{S_{min}}$$

Ряды частот вращения. При ступенчатом регулировании скорости вращения в заданном диапазоне скоростей станка шпинделя необходимо установить интервалы изменения частот вращения и их численные значения.

В заданном диапазоне скоростей можно получить ряд значений скоростей $n_1 = n_{min}, n_2, n_3, \dots, n_{max}$, в котором каждая последующая частота вращения получается умножением ее значения на некоторую величину φ , которая называется *геометрическим знаменателем ряда*. Тогда

$$n_2 = \varphi \cdot n_1$$

$$n_3 = \varphi \cdot n_2$$

$$n_{max} = \varphi \cdot n_{z-1}$$

Отношение наибольшей частоты вращения к минимальной называют диапазоном регулирования скоростей R

$$R = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{n_1 \cdot \varphi^{z-1}}{n_1} = \varphi^{z-1}$$

откуда

$$R = \varphi^{z-1}$$

или

$$z = \frac{\lg R}{\lg \varphi} + 1$$

Таким образом, окончательно получаем $\varphi = z^{-\sqrt[3]{R}}$.

В станкостроении величину геометрического показателя ряда φ имеет стандартные значения: $\varphi=1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58$ и $2,0$. Значения $\varphi=1,06$ и $1,12$ принимают при проектировании станков-автоматов, $\varphi=1,26$ и $1,41$ – при проектировании универсальных станков; $\varphi=1,58$ для специальных станков, а $\varphi=2,0$ имеет вспомогательное значение и при расчетах не используется.

Схемы коробок скоростей станков представляют собой двухваловые множительные структуры, соединенные в кинематическую цепь. Структура групповой передачи a, b, c является множительной ввиду того, что общее число скоростей z определяется как произведение числа передач P_a, P_b, P_c, \dots , каждой из этих групп, т.е.

$$z = P_a \cdot P_b \cdot P_c = \prod_{i=1}^n P_i$$

Например, для случая $z = 4 = 2 \cdot 2$, следует, что $P_a=2, P_b=2$.

Последовательность распределения передач может быть любой, и она определяется конструкцией привода. Например, для случая $z=6$ возможны варианты $z = 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$. Общее число различных вариантов конструкции привода с учетом возможных переустановок передач определяется по формуле $k=m!$

1.1.8. Графоаналитический метод расчета коробок скоростей

Данный метод расчета предназначен для анализа возможных вариантов кинематических цепей привода и сводится к построению структурных сеток и графиков частот вращения. Рассмотрение вариантов структурных сеток позволяет выбрать наиболее оптимальный привод с минимальными размерами. При построении структурной сетки вертикальными прямыми линиями изображают валы, а горизонтальными – число передач (рис.1.10).

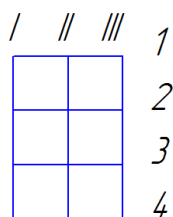


Рис.1.10. Структурная сетка

Передачи в структурной сетке изображаются линиями-лучами. Они характеризуют передаточное отношение. Расстояние между двумя смежными лучами, исходящими из одной точки, называются *характеристикой*. Характеристика принимается произведению числа передач в предыдущих группах, т.е. $z = P_{a_{x1}} \cdot P_{b_{x2}} \cdot P_{c_{x3}}$

Из всех этих передач одна группа принимается в качестве *основной*. Она образует ряд частот со знаменателем ϕ . Остальные группы будут называться *переборными*. В основной группе характеристика равна 1. Структурная сетка должна иметь симметричный вид. Построим структурную сетку для $z=4=2_2 \cdot 2_2$ (рис.1.11).

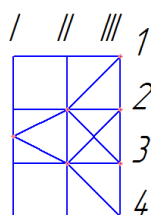


Рис.1.11. Пример построения структурной сетки

Рассмотрим другой пример $z=6=3_3 \cdot 2_1$ для случая, когда основой группой будет вторая передача (рис.1.12).

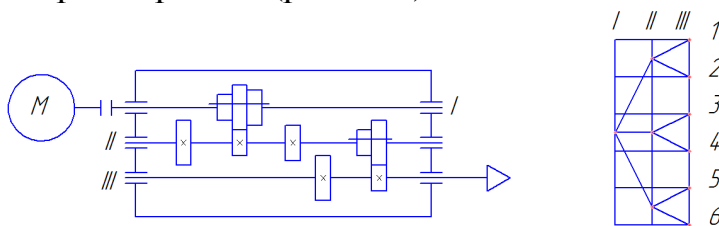


Рис.1.12. Кинематическая схема и структурная сетка для $z=12$

В множительной структуре $z=12$ можно принять несколько вариантов структурных сеток. Если первая передача является основной, получим $z = P_{a_{\kappa 1}} \cdot P_{b_{\kappa 2}} \cdot P_{c_{\kappa 3}} = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$. Такая структурная сетка будет иметь вид, представленный на рисунке 1.13.



Анализ структурных сетки позволяет исключить непригодные варианты и построить график частот вращения для выбранного варианта.

График частот вращения является несимметричным. Количество горизонтальных линий в графике соответствует числу частот вращения шпинделя по геометрическому ряду φ от минимального до максимального (или до значения частоты вращения электродвигателя).

График частот вращения предназначен для расчета передаточных отношений каждой из передач привода и определения числа зубьев или диаметра шкивов. Рассмотрим пример построения графика частот вращения для случая $z=12$, $n_{min} = n_1 = 100 \text{ об/мин}$ и $n_{эд} = 1500 \text{ об/мин}$ (рис.1.14). По справочным таблицам определяем частоты вращения в ряду с $\varphi=1,26$: $n_2 = 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250$ и 1600 об/мин .

Проверку построения графика следует производить, придерживаясь правила, при котором передаточное отношение не должно превышать значений $1/4 < i < 2$.

По построенному графику частот вращения определяют передаточные отношения делением значений начала и конца луча, соответствующих значениям частот вращения вала данной передачи, т.е.:

$$i_1 = \frac{400}{1500}, i_2 = \frac{500}{1500}, i_3 = \frac{630}{150}, i_4 = \frac{100}{400}, i_5 = \frac{200}{400}.$$

Число зубьев зубчатых колес для группы передач выполняют, начиная расчет с передачи в группе с минимальным передаточным отношением. Для данной передачи число зубьев наименьшего колеса принимают $z=20$. Тогда число зубьев парного колеса равно

$$z_2 = \frac{z_1}{i_1}.$$

Для остальных передач группы число зубьев зубчатых колес определяем из условия

$$z_1 + z_2 = const.$$

Расчет колес z_3, z_4, z_5, z_6 производя, используя справочные таблицы, по заданным значениям передаточных отношений каждой из передачи i и суммы зубьев для данной группы передач $\sum z$.

1.1.9. Разновидности приводов главного движения

Приводы со сменными зубчатыми колесами или шкивами ременных передач.

Сменные зубчатые колеса используются преимущественно в специальных и специализированных станках, когда переключение скорости шпинделя производится редко. Число пар сменных колес принимается 2-3. Сменные колеса принимаются в качестве основной группы и потому лучи этой группы расходятся на один интервал. Для уменьшения числа применяемых зубчатых пар шестерню и колесо меняют местами, поэтому на графике частот вращения лучи расходятся симметрично. Рассмотрим пример привода со структурной формулой $z=3_1 \cdot 3_3$. На рисунке 1.15 показана кинематическая схема и структурная сетка со сменными колесами между валами II и III.

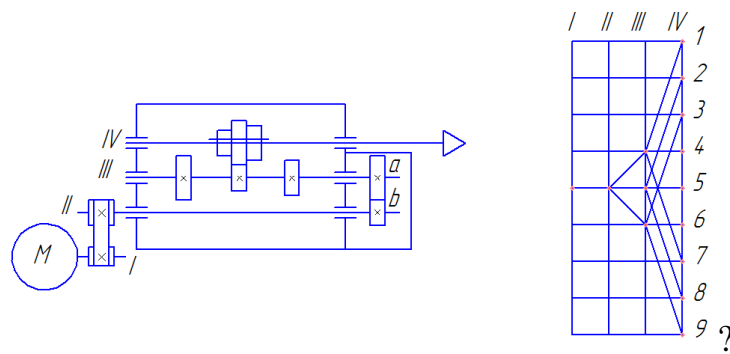


Рис. 1.15. Кинематическая схема и структурная схема привода со сменными зубчатыми колесами

Приводы с частичным перекрытием ступеней.

Данные приводы применяются тогда, когда диапазон регулирования больше расчетного или n_{\min} и n_{\max} превышают допускаемое значение. Структурные сетки при этом корректируют смещением лучей, обеспечивая частичное перекрытие ступеней частоты вращения. В этом случае характеристика этой группы уменьшается и рассчитывается по формуле

$$z_n = x_n(P_b - 1)$$

где x_n – число перекрытий, P_b – число передач в группе. Фактическое число ступеней в приводе будет равно:

$$\check{Z} = z - z_n = z - x_n(P_b - 1).$$

Рассмотрим пример для случая: $z = 3_1 \cdot 2_3 \cdot 2_6$. Пусть $x_n = 2$, тогда $\check{Z} = 12 - 2(2 - 1) = 10$. На рисунке 1.16 дана структурная схема. Здесь $P_a = 3$, $P_b = 2$, $P_c = 2$ и соответственно $x_1 = 1$, $x_2 = 3$, $x_3 = 4$.

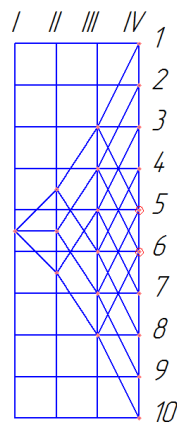


Рис.1.16. Структурная сетка множительной структуры с перекрытием

Приводы сложной структуры.

Такие схемы позволяют передавать высокие частоты вращения с малыми потерями на трение в передачах с помощью коротких кинематических цепей.

Приводы сложной структуры имеют основную и дополнительную структуру (рис.1.17). Основная структура позволяет передать на шпиндель верхний диапазон скоростей напрямую, а дополнительная структура – передать через переборную группу. Число передач рассчитывается по формуле

$$z = z_0 + z_0 \cdot z' = z_0 (1 + z'),$$

где z_0 – число передач в основной структуре, z' – число передач в дополнительной структуре.

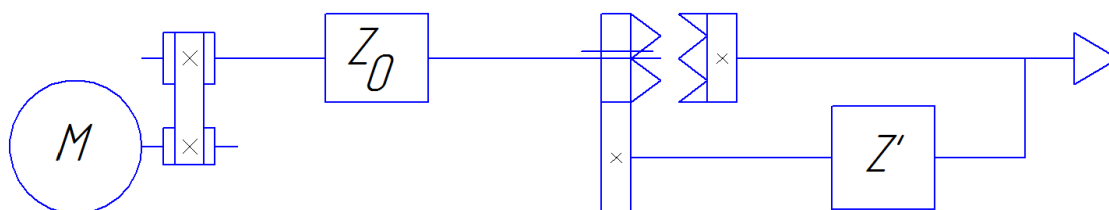


Рис.1.17. Кинематическая связь в приводе со сложной структурой

Например, структура $z = 6(1 + 3) = 24$ позволяет уменьшить габариты привода и получить шесть скоростей в основной структуре и 18 в дополнительной.

Рассмотрим пример $z = 12 = 6 \cdot (1 + 1 \cdot 1) = 12$. Установим характеристики групп $z = 3_1 \cdot 2_3 (1 + 1 \cdot 1)_6$. Составим структурную и кинематическую схему (рис.1.18).

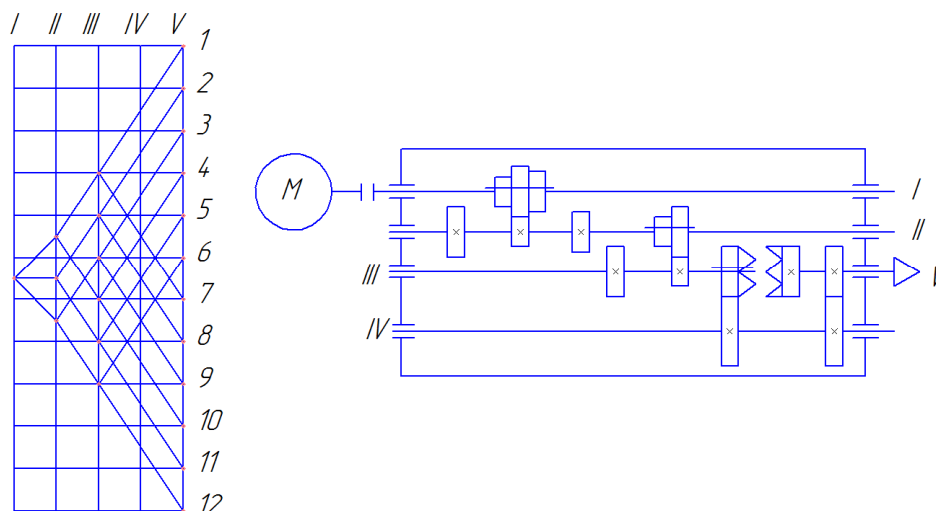


Рис.1.18. Структурная и кинематическая схема спривода

Приводы с двухскоростными электродвигателями (ЭД).

Данные приводы позволяют уменьшить число передач, а, следовательно, габариты и массу привода. В структурных сетках электродвигатель условно принимают в виде двух групп передач. Число скоростей привода равно

$$z = z_э \cdot z_{кc},$$

где $z_э$ – число скоростей электродвигателя, $z_{кc}$ – число скоростей привода коробки скоростей. Если $z_э=2$, то $z = 2 \cdot z_{кc}$.

Характеристику условной группы, образованной скоростями электродвигателя определяют с учетом того, что диапазон регулирования частот равен 2, т.е. $\varphi^{x_3} = 2$, откуда характеристика электродвигателя равна

$$x_3 = \frac{Lg2}{Lg\varphi}$$

Отсюда следует, что при изменении φ изменится и z_3 . В частности для стандартных значений φ получим

$$\varphi = 1,06 \rightarrow x_3 = 12$$

$$\varphi = 1,12 \rightarrow x_3 = 6$$

$$\varphi = 1,21 \rightarrow x_3 = 3$$

$$\varphi = 1,42 \rightarrow x_3 = 2$$

$$\varphi = 2 \rightarrow x_3 = 1$$

Рассмотрим пример $z = 12 = 2_3 \cdot 3_1 \cdot 2_6$. Структурная и кинематическая схема привода приведена на рис. 1.19.

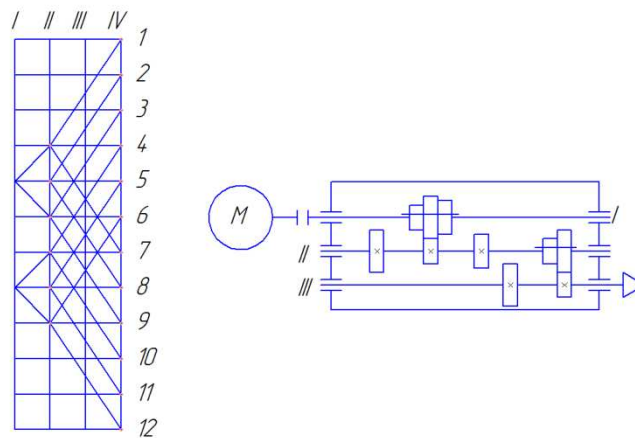


Рис.1.19. Структурная и кинематическая схемы привода с многоскоростным электродвигателем

При выполнении графоаналитического анализа следует учитывать ряд следующих рекомендаций:

1. для уменьшения массы и размеров зубчатых колес и валов характеристики групп целесообразно увеличивать от первого вала к последующему

$$x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_n;$$

2. основная группа должна обеспечивать наибольшее число передач, т.е.

$$P_a = z_{max} \text{ и } P_a > P_b, P_c, \dots;$$

3. при большом числе скоростей z для повышения КПД следует переходить к сложным структурам;
4. передаточное отношение в графике частот принимают: $i = \varphi^{kz}$, где k – число интервалов;
5. при построении графиков частот вращения передаточные отношения должны возрастать от первого вала к последнему;
6. для каждой группы передач желательно соблюдать условие:

$$i_{min} \cdot i_{max} = 1;$$

7. число зубьев в зубчатых колесах передач определяется по таблице, исходя из принятой суммы зубьев ведущего и ведомого колес каждой группы передач, т.е. $\Sigma z = \text{const}$

$$\begin{cases} \Sigma z = z_1 + z_2 \\ \Sigma z = z_3 + z_4 \\ \Sigma z = z_5 + z_6 \end{cases}$$

1.1.10. Компоновка приводов коробок скоростей

По компоновке приводы коробок скоростей могут быть нераздельными и раздельными (рис.1.20).

Нераздельный привод размещают в общем корпусе и выполняют в виде объединенной коробки скоростей и шпиндельного узла. Преимуществом такой схемы является компактность, недостатком – худшие динамические характеристики из-за колебаний, которые передаются на шпиндель и недостаточная теплостойкость, так как шпиндель воспринимает тепловую нагрузку.

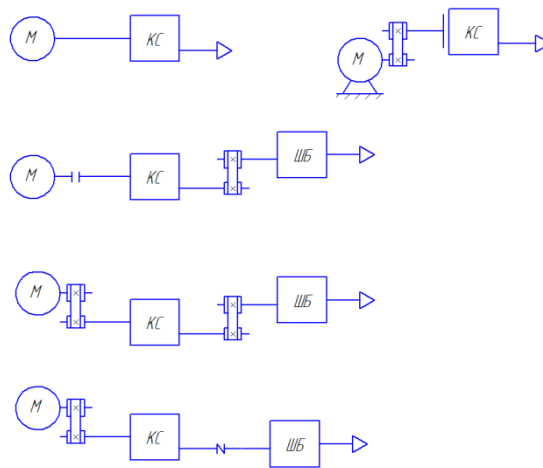


Рис.1.20. Разновидности приводов коробок скоростей

Раздельный привод может состоять из раздельной коробки скоростей и шпиндельной бабки, которые кинематически связаны между собой ременной передачей. Шпиндельная бабка может иметь переборную группу. Такая компоновка позволяет снизить нагрев шпинделя и уровень вибрации, так как колебания гасятся ременной передачей.

1.1.11. Механизмы коробок скоростей

Механизмы для ступенчатого изменения скорости.

Одна из основных задач коробок скоростей - изменение скорости выходного вала с помощью механических передач. Для этого в приводах станков нашли применение следующие механизмы.

1. Передачи со сменными или ступенчатыми шкивами. При этом стремятся к сохранению межосевого расстояния передачи, для того чтобы сохранить неизменной длину ремня, т.е. $d_1 + d_2 = d_3 + d_4 = d_5 + d_6$.

2. Передачи со сменными зубчатыми колесами, которые применяют для настройки кинематической цепи для обработки партии деталей. Необходимое условие зацепления: $Z_a + Z_b = \text{const}$ и $m_a = m_b$.

3. Механизмы с передвижными блоками зубчатых колес. Применяют для поочередного переключения скорости на универсальных станках. Условие зацепления: $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = \dots$

Осевое расстояние передачи составляет $B > 4b$, где b – ширина зубчатого колеса.

4. Механизмы с включением зубчатых колес муфтами. Включение передачи производится фрикционной или электромагнитной муфтой.

5. Механизмы с переборным устройством – применяют для передачи вращения через переборную группу или непосредственно. Дополнительный вал с передачами называется переборным.

6. Механизм с накидной шестерней (механизм Нортон) содержит блок из плотно прилегающих друг к другу зубчатых колес, в котором число зубьев у колес различно. Изменением положения накидной шестерни на блоке достигается изменение передаточного числа.

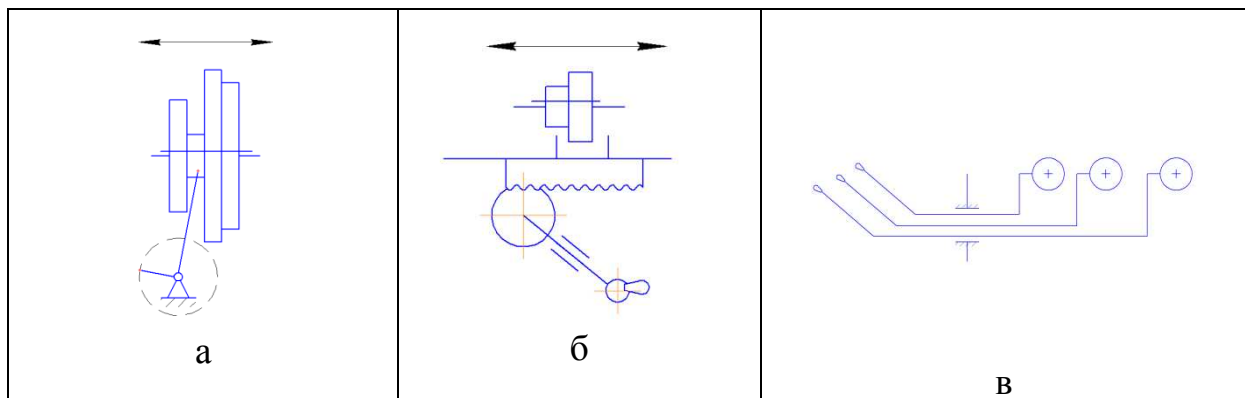
7. Механизм с вытяжной шпонкой для колес, находящихся в постоянном зацеплении. Вытяжная шпонка в продольном направлении вала обеспечивает передачу вращения через одну из пар зубчатых колес.

Механизмы переключения коробок скоростей.

Для переключения механических передач в коробке скоростей применяют различные механизмы. К ним относятся следующие механизмы (рис.1.21):

- а - механизм индивидуального переключения одной рукояткой (а);
- б - механизм переключения через зубчато-рычажную передачу (б);
- в - рычажная передача (в);
- г - механизм переключения от кулачкового барабана (г);
- д - механизм группового переключения рукояткой (д);
- е - механизм селективного управления (е).

Рычаги переключения устанавливаются в корпусе коробки скоростей. Переключение подвижных зубчатых колес производится с помощью сухарей (рис.1.21ж). Рычаги переключения закрепляют на осях, которые устанавливают в корпусе привода (рис.1.21з).



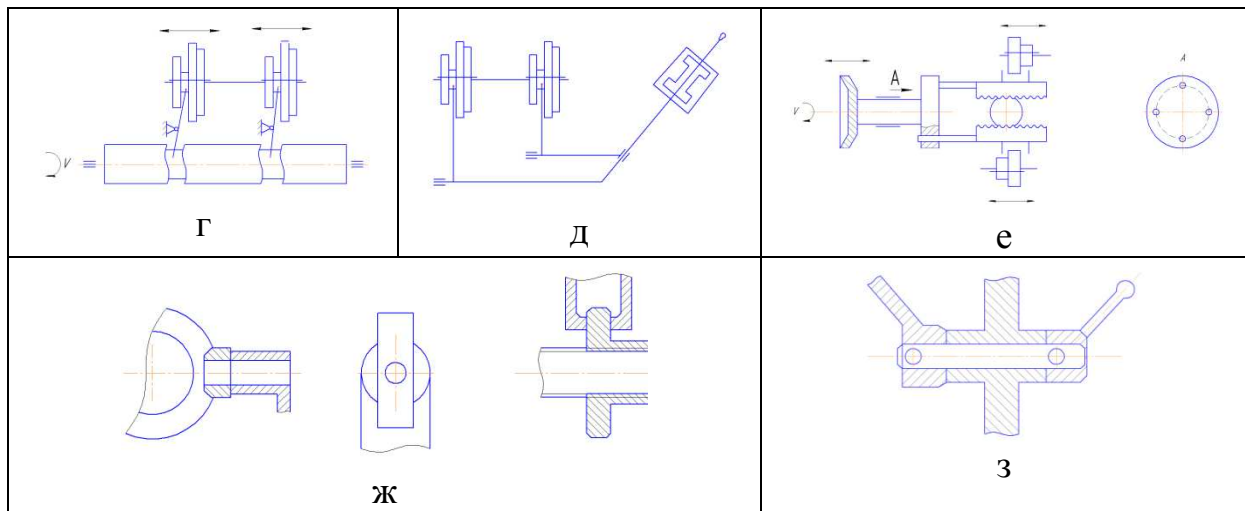


Рис. 1.21. Механизмы переключения скоростей

Блокировочные устройства.

Эти устройства предназначены для предохранения механизмов от поломок и одновременного включения несовместимых движений, нарушений заданной последовательности включения органов управления и т.д. По принципу действия они могут быть механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими. Механические блокировочные устройства исключают одновременное включение зубчатых колес, расположенных на параллельных и ли перпендикулярных валах.

Муфты.

Муфты предназначены для соединения валов и передачи крутящего момента. Муфты подразделяются на следующие виды (рис.1.22).

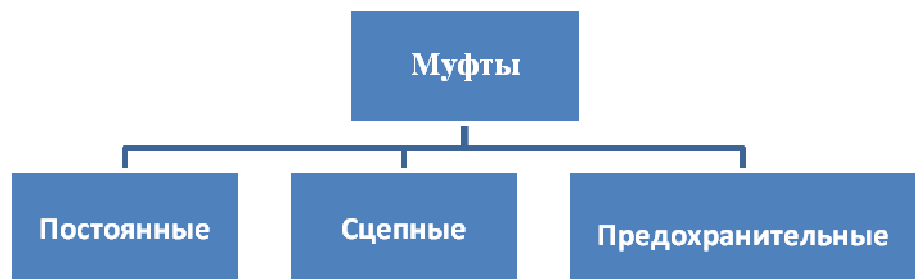


Рис.1.22. Классификация муфт

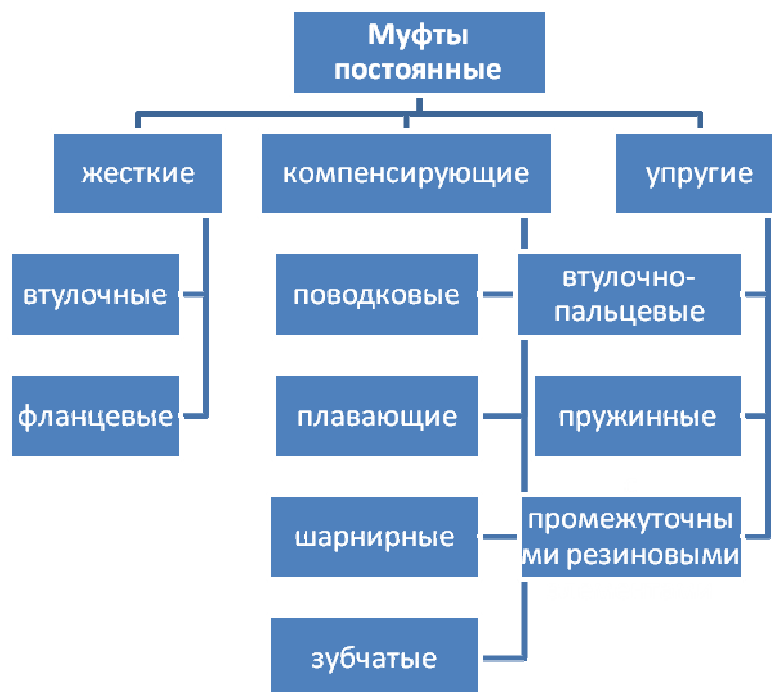


Рис.1.23. Классификация постоянных муфт

Постоянные муфты соединяют валы на весь период работы (рис.1.23).

Сцепные муфты позволяют соединять и разъединять валы. К данной группе относятся: зубчатые, подвижные, кулачковые, фрикционные муфты.

Предохранительные муфты отключают вращение ведомого вала при увеличении крутящего момента. К ним относятся: срезные, кулачковые, шариковые, фрикционные муфты.

Фиксирующие устройства.

Предназначены для точной установки и ориентации рабочего органа или узла в определенном положении. Фиксаторы могут быть с жесткой принудительной и упругой фиксацией. Упругая фиксация обеспечивается подпружиненным пустотелым пальцем или шариком.

Жесткий фиксатор состоит из фиксатора с пружиной. Для фиксации требуется оттянуть фиксатор, сжав пружину, передвинуть стол и зафиксировать, отпустив кнопку.

Отсчетные устройства.

Отсчетные устройства предназначены для визуального определения величины перемещения рабочего органа с помощью системы штрихов и цифр, нанесенных на шкале. Они делятся на три группы:

- непосредственного отсчета;
- кинематически связанные с рабочим органом;
- кинематически связанные с приводом установочных перемещений.

Смазочные устройства.

По принципу действия они делятся на:

- циркуляционные,
- проточные,
- струйные,
- разбрызгиванием,

- окунанием,
- капельным способом,
- аэрозольные.

1.1.12. Шпиндельные узлы с опорами качения

Шпиндельные узлы предназначены для передачи вращения заготовке или инструменту. Вместе с опорами качения и приводными элементами шпиндель образует шпиндельный узел. В конструкции шпиндельного узла различают:

- передний конец;
- межопорный участок.

Шпиндельный узел воспринимает повышенные нагрузки, возникающие от сил резания, центробежных сил от неуравновешенности масс.

Шпиндели должны удовлетворять следующим требованиям:

- точность вращения, которая характеризуется радиальным и осевым биением переднего конца. Для универсальных станков ГОСТом установлены допустимые биения шпинделей. Для специальных станков она составляет 1/3 допуска на лимитирующий размер обрабатываемой детали;
- жесткость узла под действием нагрузок. Допустимые нормы для переднего конца шпинделя составляет: $j_{\min} = 200$ Н/мкм, $j = 400$ Н/мкм;
- допустимый угол поворота в передней опоре составляет 0,0001-0,00015 рад. Для обеспечения этих требований необходимо чтобы соблюдалось условие

$$d \geq \sqrt[3]{(0,05 - 0,1)L^3};$$

- допустимые температурные деформации шпиндельного узла определяются по допустимому нагреву наружного кольца подшипника, для Н - 70°C, П – 50-55°C, В – 40-45°C, А – 35-40°C, С – 28-30°C;
- виброустойчивость, демпфирующие свойства опор и амплитудно-частотных характеристик, которые влияют на шероховатость обрабатываемой поверхности;
- шумовые допустимые нормы;
- долговечность шпиндельных узлов.

Материалы и конструкции шпинделей.

Наиболее распространенным материалом шпинделя нормальной точности являются конструкционные стали марок 45, 50, 40Х с закалкой ТВЧ до 48-60 HRC. Для шпинделей сложной формы, когда закалка ТВЧ невозможна, применяют объемную закалку до 56-60 HRC из стали 50Х и 40ХГР. Для особых случаев прецизионных станков применяют стали 20Х, 18ХГТ, 12ХНЗА с цементацией и последующей закалкой до 56-60 HRC.

Конструкция шпинделей зависит от способов крепления деталей и инструмента на переднем конце, вида привода и месторасположения привода, а также от типа опор.

Конструкция передних концов шпинделя определяется назначением станка.

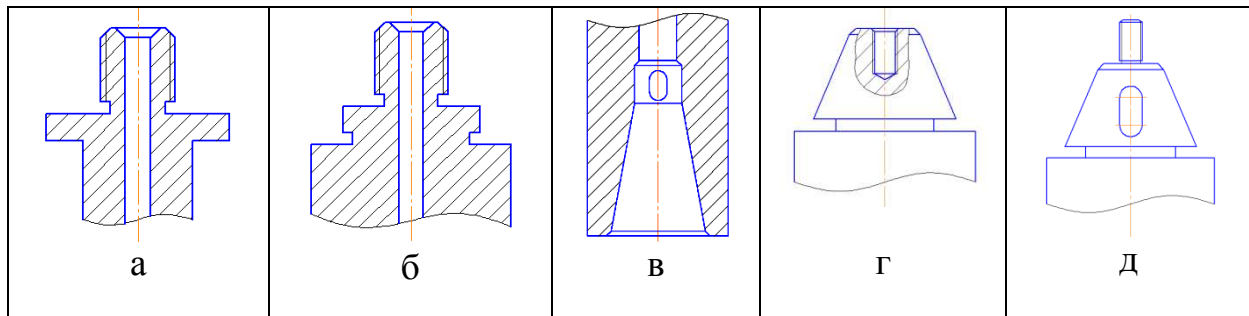


Рис.1.24. Конструкции концов шпинделей

Как правило, концы шпинделей имеют стандартные размеры и следующие разновидности форм (рис.1.24):

- с резьбой (а);
- с резьбой и центрирующей цилиндрической шейкой (б);
- с внутренним коническим отверстием (в);
- с коническим хвостовиком (г);
- с наружным коническим хвостовиком и резьбой (д).

Конические концы шпинделей обеспечивают хорошее центрирование и жесткость сопряжения с инструментом. При ручной смене инструмента конусность составляет 7:24, а для шлифовальных станков применяют конусность 1:3. Размеры конусов для различных диаметров шпинделей приведены в справочной литературе.

Опоры качения шпинделей.

Подшипники качения обладают рядом достоинств (долговечность, грузоподъемность, быстроходность и др.). Несущая способность подшипников характеризуется динамической и статической грузоподъемностью. Динамическая грузоподъемность – такая постоянная нагрузка, которую идентичный подшипник может воспринимать 1 млн. оборотов. Статическая грузоподъемность – такая статическая нагрузка, в результате действия которой возникает остаточная деформация тел качения и колец, равная $0,0001d$. Быстроходность подшипника характеризуется предельной частотой вращения и оценивается показателем быстроходности. Она определяется по формуле

$$d_m = \frac{d+D}{2},$$

где d и D - внутренний и наружный диаметр подшипника.

Для шпиндельных узлов применяют следующие виды подшипников:

- двухрядные роликовые подшипники с короткими роликами;
- однорядные роликовые конические с широким наружным кольцом;
- двухрядные роликовые конические с буртом на наружном кольце;

- радиально-упорные шариковые высокоскоростные;
- упорно-радиальные сдвоенные шариковые с углом контакта 60° ;
- упорные шариковые;
- роликовые подшипники с управляемым натягом.

Точность подшипников зависит от точности станка. Рекомендуется использовать следующую зависимость между точностью станка и подшипника: для станков с точностью Н – 5 класс подшипников, для станков класса П – 4 класс, а для всех остальных - 2 класс.

Выбор посадки подшипника на шпинделе влияет на точность станка. Так, внутренние и наружные кольца радиально-упорных подшипников имеют посадки с натягом.

При установке подшипников предусматривают предварительный натяг, который необходим для устранения зазоров, повышения жесткости и точности. Для радиальных шариковых подшипников он достигается смещением наружного кольца относительно внутреннего втулками различной длины между наружным и внутренним кольцами (рис.1.25а). Для конических подшипников предварительный натяг осуществляется смещением одного кольца относительно другого (рис.1.25б).

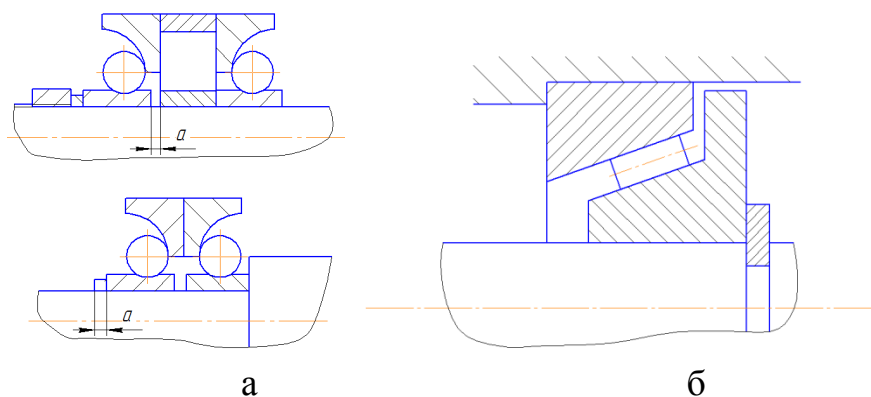


Рис.1.25. Сопобы достижения натяга подшипников

К шпиндельным узлам предъявляют повышенные требования, поэтому компоновка шпинделей с опорами качения отличается от традиционных схем компоновок промежуточных валов приводов станков. Передние опоры шпиндельных узлов воспринимают повышенные радиальные осевые нагрузки, в связи с чем, их оснащают двумя подшипниками, а задние - могут быть однорядными или двухрядными в зависимости от условий работы. С этой целью в передние опоры устанавливают радиально-упорные шариковые или роликовые подшипники, или сочетают радиальные и упорные подшипники (рис.1.26).

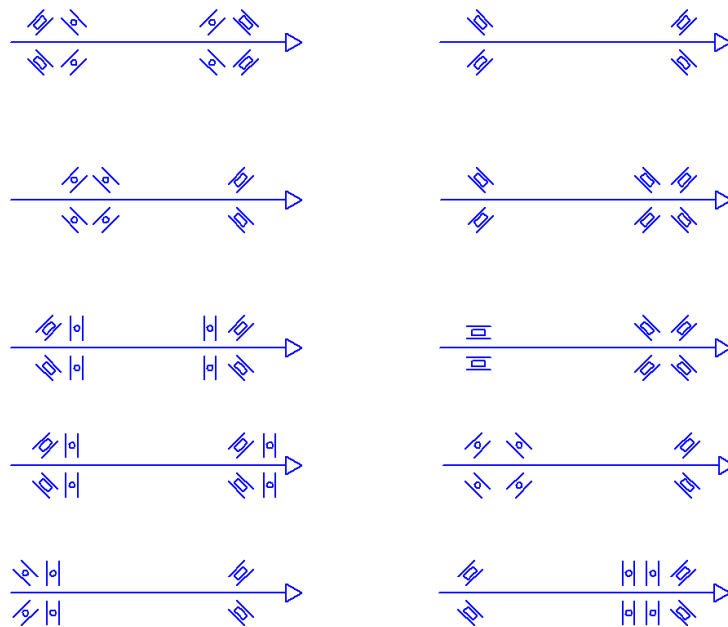


Рис. 1.26. Типовые компоновки шпиндельных узлов

Уплотнения шпиндельных узлов.

Уплотнения станков обеспечивают надежность и долговечность, защищают подшипники от попадания загрязнений, СОЖ; препятствуют вытеканию смазки из опор. Тип уплотнения зависит от положения шпинделя в опоре, окружной скорости и степени загрязнения у опоры.

Применяют следующие виды уплотнений:

- пылеотбойные;
- для предохранения от СОЖ;
- для обеспечения внутренней герметичности;
- для обеспечения внешней герметичности;
- дренажные отверстия для отвода утечек.

Уплотнения могут быть контактными и бесконтактными. Контактные уплотнения (рис.1.27) с армированной резиной и пружиной применяют при малых скоростях до $8 \div 10$ м/с. Они целесообразны при отсутствии пыли и хорошем смазывании подшипников.

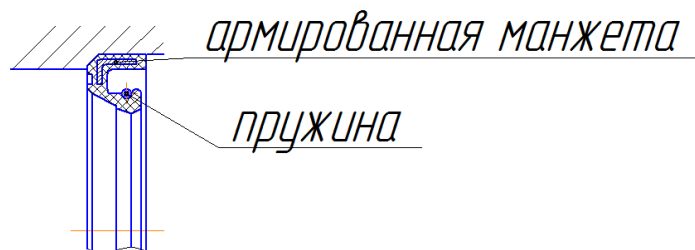


Рис.1.27. Контактные уплотнения с армированной резиной

Бесконтактные уплотнения делятся на: статические и динамические. Статические уплотнения пригодны для опор с пластичной смазкой (рис.1.28а,б).

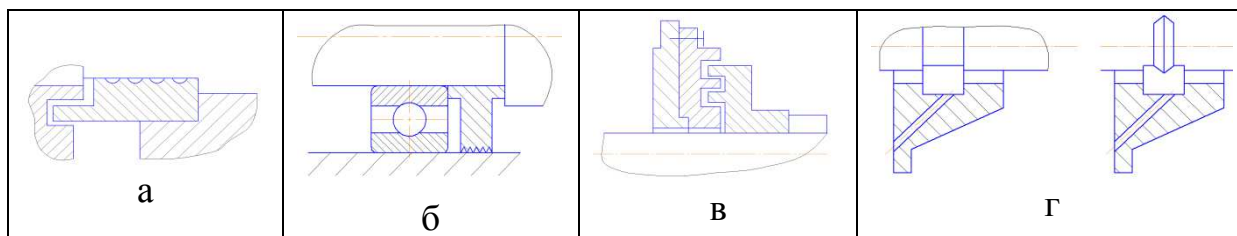


Рис.1.28. Виды бесконтактных уплотнений

Динамические зигзагообразные лабиринтные уплотнения (рис.1.28в) могут применяться как для пластичных, так и для жидких смазок. Их эффективность возрастает с увлечением скорости вращения шпинделя.

Дренажные уплотнения (рис.1.28г) обеспечивают слив смазки через наклонные канавки под опорами.

Смазка подшипников шпиндельных узлов.

Марка смазки подшипниковых опор зависит от скорости вращения шпинделя, температуры шпиндельного узла и особенности конструкции. В зависимости от способности отводить теплоту от опор системы смазки делятся на два типа:

- системы обильного смазывания - с отводом теплоты;
- системы с минимальным смазыванием без отвода теплоты.

К первому типу относятся системы циркуляционной смазки, впрыскиванием, поливом опор струей масла, капельной смазки, масляным туманом и т.д. При циркуляционной смазке масло принудительно подается в опору, из которой стекает. При этом масло подается к малому диаметру дорожек качения. Для вертикальных шпинделей масло подводят к верхнему подшипнику. Минимальный расход масла определяется по зависимости

$$Q = 0,66d_{ш}^2 * n^{0,5} * i * \vartheta^{-1} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 ,$$

где $d_{ш}$ – средний диаметр шпинделя, n – частота вращения, i – число рядов тел качения, ϑ – вязкость масла, K_i – коэффициенты, учитывающие тип подшипника, условия нагружения, выхода масла, рабочую температуру подшипника.

Для роликовых подшипников расход смазки определяют по формуле:

$$Q = (5-10) d_{ш}.$$

Если $d_{ш} < 50$ мм, то расход смазки можно принять в пределах $Q = 5-1500$ см³/мин.

Смазывание впрыскиванием производится через 3-4 отверстия в кольце подшипника или через каналы под давлением 0,4 МПа. Капельная смазка используется при небольшом расходе смазки. Смазка масляным туманом образуется с помощью маслораспределителя.

Ко второму типу относится смазывание пластичными смазками, которое применяется в случаях, когда:

- шпиндельные узлы имеют вертикальное или наклонное положение;
- не требуется специальное охлаждение опор;
- зубчатые передачи в шпиндельных узлах отсутствуют.

Минимальное количество смазки строго регламентировано.

Шпиндельные узлы с опорами жидкостного трения.

Ограниченная скорость вращения подшипников качения не позволяет использовать их в ряде случаев в шпиндельных опорах станков, работающих при высоких скоростях резания. В этих случаях прибегают к замене подшипников качения на подшипники жидкостного трения. К опорам жидкостного трения относятся гидростатические, гидродинамические и аэростатические подшипники.

По конструкции *гидростатический подшипник* может быть радиальным или упорным. В гидростатических опорах шпинделей смазочный слой создается принудительно, нагнетанием рабочей жидкости в карманы подшипника, из которого она затем стекает в бак. Гидростатические опоры состоят из втулки с карманами для подачи рабочей жидкости и вала. Число карманов принимается симметричным для того, чтобы создать равномерное распределение давления рабочей жидкости по периметру втулки (рис.1.29). Питание подшипника жидкостью осуществляется принудительно от насоса через дроссели, установленные перед втулкой. Дроссели на линии нагнетания предназначены для регулирования расхода жидкости и давления. Дроссели могут быть щелевыми и винтовыми.

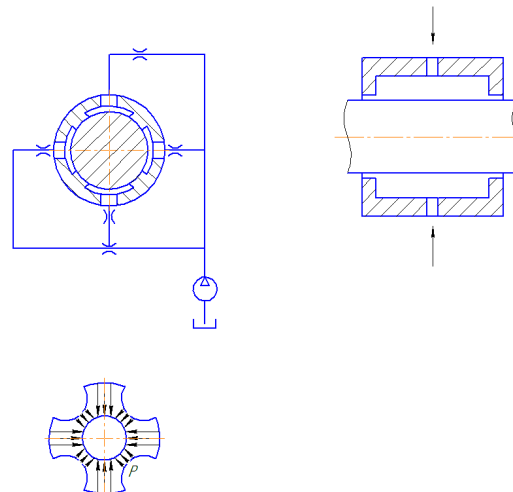


Рис.1.29. Схема гидростатического подшипника

Изменение внешней нагрузки на подшипник приводит к изменению величины зазора между втулкой и валом. Для регулирования равномерного расхода жидкости во всех карманах и сохранения зазоров между втулкой и валом применяют различные регуляторы расхода жидкости, которые устанавливают перед каждым карманом (рис.1.30). При изменении давления в кармане пружина регулятора сжимается, увеличивая проходное сечение и расход жидкости, поступающий в данный карман. В результате зазор в подшипнике восстанавливается.

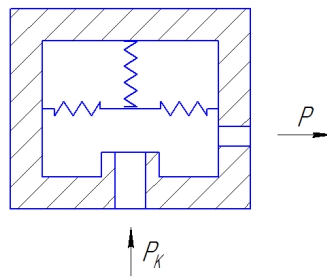


Рис.1.30. Схема регулятора давления

Гидростатические опоры применяются в высокоскоростных шпинделях шлифовальных и прочих станков. Они обладают большой жесткостью, демпфированием и виброустойчивостью. Масло для гидростатических подшипников выбирают по вязкости. Давление масла в гидросистеме составляет 2-2,5 МПа. Конструкции гидростатических подшипников характеризуются размерами: диаметр и длина. Диаметр выбирается исходя из жесткости. Диаметральный зазор в подшипнике зависит от диаметра вала d :

$$\Delta = (0,0006-0,00065) \cdot d.$$

Глубина карманов рассчитывается по формуле $h \geq \Delta$.

Число карманов принимаю, как правило - 4.

Расчет гидростатических опор производится на нагрузочную способность и жесткость.

Гидродинамические опоры являются опорами жидкостного трения. Они могут быть радиальными и упорными. Они состоят из 3-4-х сегментов (башмаков), расположенных по периметру шпинделя (вала) (рис.1.31).

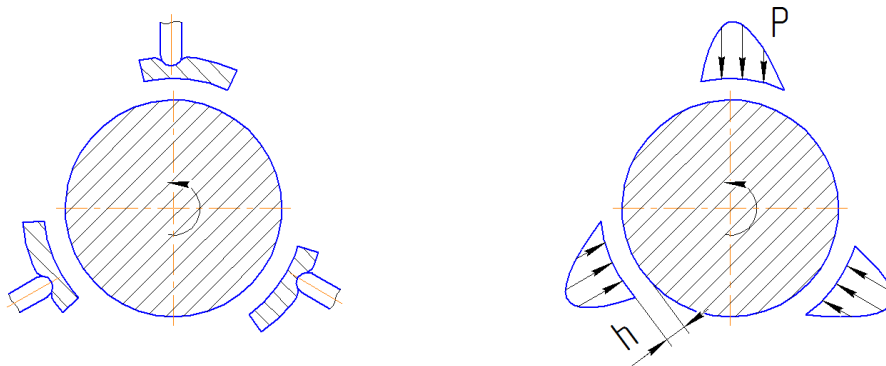


Рис.1.31. Схема гидродинамического подшипника

При вращении вала происходит затягивание масла в клин, заполнение смазкой и образование масляного зазора. Каждый из башмаков имеет несимметричную точку опоры, обеспечивая тем самым, образование гидродинамического эффекта в клиновом пространстве между рабочими поверхностями башмаков и вала. Угол клинового пространства устанавливается в зависимости от действия нагрузки. Зазор в клине сужается в направлении вращения шпинделя и образует гидродинамическое давление, которое уравнивает внешнюю нагрузку и удерживает шпиндель во взвешенном положении. Чем выше скорость вращения вала - тем сильнее гидродинамическое давление. По этой

причине гидродинамические подшипники используют станков с высокой скоростью вращения шпинделя.

Достоинствами таких подшипников являются:

- высокая точность;
- долговечность.

Недостатками являются:

- сложная конструкция системы питания;
- зависимость величины зазора от скорости вращения шпинделя.

Гидродинамические подшипники изготавливают из износостойких материалов из-за возможности возникновения режима смешанного трения во время пуска и торможения. Башмаки выполняются биметаллическими (бронза - сталь). Конструктивные размеры опоры выбирают в зависимости от диаметра подшипника. Расчеты производят на нагрузочную способность, жесткость и потери на трение.

Аэростатические подшипники. Рабочей средой подшипников является воздух, который подается под давлением 3-4 МПа. Их применяют для прецизионных станков с малыми нагрузками и большими скоростями вращения шпинделя. Аэростатические подшипники отличаются от гидростатических - малой вязкостью рабочей среды - воздуха. Зазор между подшипником и валом определяют в зависимости от диаметра вала:

$$\Delta = (0,0002-0,0004) \cdot d.$$

Расчет подшипников производят на грузоподъемность и жесткость.

1.1.13. Приводы подач и тяговые устройства

Приводы подач предназначены для передач движения на рабочие органы станка, для осуществления линейной или круговой подачи. Кинематические цепи приводов подач могут начинаться либо от отдельного источника движения, либо от промежуточного вала (шпинделя), т.е. кинематически связаны с приводом главного движения.

В приводах подач необходимо получить повышенные значения точности передаточного отношения, для чего используются разнообразные механизмы, к числу которых относятся:

- с передвижным зубчатым колесом или блоками;
- со сменными зубчатыми колесами;
- механизм с вытяжной шпонкой (рис.1.32а);
- конус с накидной шестерней (рис.1.32б);
- с включением зубчатых колес муфтами.

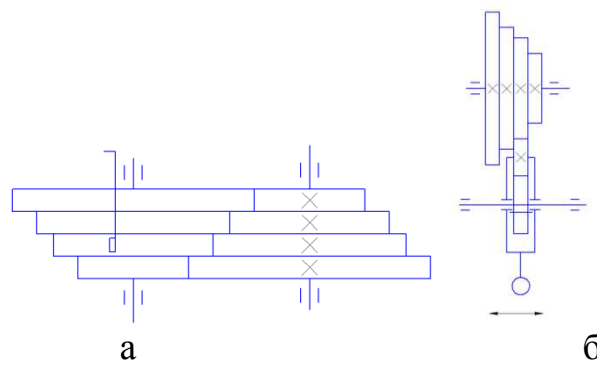


Рис.1.32. Механизмы переключения скоростей

Ременные и фрикционные передаточные механизмы в коробках подач не применяются, так как из-за больших тяговых усилий возможно проскальзывание.

Коробки подач классифицируются по ряду признаков.

По компоновке коробки подач могут быть отдельными или встроенными. Встроенные коробки подач объединены в одном корпусе с коробкой скоростей.

По функциональному назначению коробки подач могут быть предназначены для обеспечения:

- заданной скорости подачи во время отработки;
- точной кинематической связи между коробкой скоростей и коробкой подач (рабочим органом);
- периодической подачи или движения подачи во время холостого хода или врезания.

По принципу регулирования скорости подачи приводы могут быть:

- со ступенчатым регулированием;
- с бесступенчатым регулированием.

Замыкающим звеном кинематической цепи привода подач являются:

- передача винт-гайка;
- реечные передачи;
- кулачковые механизмы;
- механизмы для осуществления периодического движения;
- кулисные механизмы;
- кривошипно-шатунные механизмы.

Передача винт-гайка может быть с вращающимся винтом или гайкой. Такая передача обладает большим передаточным отношением, не изменяет фазы зацепления, а также допускает реверсирование и плавность хода. Недостатком является низкий к.п.д.

Зубчато-реечные передачи дают требуемую скорость подачи, но точность перемещения и позиционирования - невысокие. Могут быть с прямозубым и косозубым зацеплением. Дает большое тяговое усилие, высокий к.п.д. Недостатком является неравномерность хода и отсутствие самоторможения.

Кулачковые механизмы могут обеспечивать движение по наперед заданному закону движения, который определяется профилем кулачка.

Кулачки могут быть барабанными и дисковыми. Кулачковые механизмы могут обеспечить заданный закон движения, реверсирование движения без изменения направления движения кулачка; управление циклом движения по времени.

К механизмам для осуществления периодических движений относятся:

- храповые механизмы,
- мальтийский крест.

Храповой механизм применяют для осуществления периодических движений рабочего органа в течение коротких промежутков времени. Они могут быть с наружным или внутренним зацеплением. Состоят из храпового колеса на валу и собачки, получающей качательное движение.

Мальтийский механизм применяют для получения периодического поворота на заданный угол. Конструкция состоит из кривошипа 1 с цевкой 2 на конце и диска – мальтийского креста, имеющего радиальные пазы. Кривошип вращается непрерывно. Угол поворота диска

$$2\alpha = 2\pi/z, \text{ где } z - \text{ число пазов.}$$

$$\text{Угол поворота кривошипа } 2\beta = \pi - 2\alpha = \pi(z - 2) / z.$$

Частота вращения кривошипа $n = \beta/\pi T = (z-2)/2zT$. Обычно принимают $z = 4-6$.

Тяговые устройства.

Тяговые устройства приводов подач предназначены для перемещения рабочего органа вдоль направляющих. Тяговые устройства должны обеспечить:

- поддержание заданного закона изменения скорости или заданного пути;
- быстрое действие;
- высокую чувствительность (возможность перемещения на малый путь);
- жесткость.

Тяговые устройства делятся на следующие виды:

- механические;
- гидравлические;
- пневматически;
- электромагнитные.

Механические тяговые устройства преобразуют вращательное движение в прямолинейное движение узла станка. К тяговым устройствам относятся передача «винт-гайка», реечная передача, кулисный механизм.

Передача винт-гайка имеют смешанное трение. Материал винта должен иметь высокую твердость и прочность. Для его изготовления применяют азотируемые стали марок 40ХФА, 18ХГТ, с глубиной насыщения до 0,5 мм, с последующей закалкой и отжигом до 54-56 HRC. Для неупрочняемых винтов применяют высокоуглеродистые стали (У10А) или среднеуглеродистые стали. Гайки изготавливают из оловоносных бронз марок БрОФ 10-05, БрОЦС 5-5-5. Для хорошо защищенных гаек можно применять полимеры. Применяют прямоугольный и трапециевидный профиль резьбы. Прямоугольный профиль резьбы обладает наименьшим трением, однако сложен в изготовлении, поэтому большее применение

нашел трапецевидный профиль с углом 30°. Для устранения зазоров в соединении гайку чаще всего изготавливают из двух втулок, одну из которых затем смещают в осевом направлении.

Существуют различные схемы установки ходовых винтов на опорах (рис.1.33). Расположение подпятников влияет на жесткость. Короткие винты имеют опору с одной стороны.

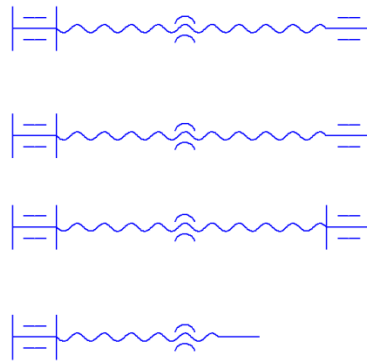


Рис.1.33. Схемы закрепления винтов на опорах

Расчет винтов производят на прочность, жесткость и продольную устойчивость.

Проверочный расчет на прочность сводится к определению допускаемой осевой силы P . на сжатие

$$P = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot H \cdot \frac{L_z}{t}}$$

где d - диаметр вала, мм; Q – тяговая сила, H – высота резьбы, L_z – длина резьбы гайки, t – шаг резьбы.

Проектный расчет производят по формуле

$$d = 0,8 \sqrt{\frac{Q}{\lambda \cdot P}} \quad \text{и} \quad \lambda = \frac{L}{d}.$$

Формула для расчета на жесткость имеет вид

$$j_B = 160 \frac{d^2}{L_B},$$

где L_B – длина вала.

Проверочный расчет на устойчивость выполняют по формуле Эйлера

$$Q_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\nu \cdot L_B)^2}$$

где I – момент инерции поперечного сечения, ν – коэффициент, учитывающий способ закрепления конца вала; (νL_B) – приведенная длина.

КПД винтовой пары рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)},$$

где λ – угол подъема винтовой линии, ρ – угол трения.

Передача винт-гайка качения обеспечивает малое трение, высокая точность перемещений, жесткость и отсутствие зазоров. Применяют в станках с ЧПУ. В конструкции гаек предусматривают каналы возврата, через которые циркулируют шарики. Зазоры в паре устраняются в результате изготовления гайки из двух половин и осевого смещения.

Резьба по профилю выполняется полукруглой или в форме стрелчатой арки (плакат).

Для канала возврата используют трубки, отверстия в корпусе и каналы во вкладыше.

Материал ходовых винтов должен иметь износостойкость и прочность. Их изготавливают из сталей марок:

- 30ХЗВА с азотированием и закалкой,
- ХВГ – с объемной закалкой,
- ШХ15, 18ХГТ, 12ХН№А - цементируемые.

Расчет передач винт-гайка производят на статическую прочность, жесткость и долговечность.

Кинематический расчет привода.

Исходными данными для расчета приводов подач являются:

- предельные подачи S_{\min} и S_{\max} ,
- Z - число ступеней подач,
- тип станка, а также структура привода подач, характер движения подачи (прерывистое или непрерывное), вид тягового устройства, необходимая точность настройки.

Диапазон регулирования подач и геометрический знаменатель ряда

$$R = \frac{S_{\max}}{S_{\min}} \quad \text{и} \quad \varphi = \sqrt[z-1]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}.$$

При расчетах принимают значение $S_1 = S_{\min}$, а далее остальные – перемножением на φ , т.е. $S_2 = S_1 \cdot \varphi$, $S_3 = S_2 \cdot \varphi$ и т.д. Для полученных значений подач рассчитывают частоту вращения реечного колеса $n_1 = \frac{S_1}{\pi m z_p}$,

$$n_2 = \frac{S_2}{\pi m z_p}, \dots, \text{ а для ходового винта } n_1 = \frac{S_1}{t}, n_2 = \frac{S_2}{t}, \dots$$

Определяют общее передаточное отношение привода по формуле

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_{\min}}{n_{\text{эд}}} \quad \text{или} \quad i_{\text{общ}} = \frac{n_{\min}}{1 \text{ об.шп.}}$$

В приводах с бесступенчатым регулированием станков с ЧПУ применяют следящие шаговые электромеханические приводы. Следящие приводы включают регулируемый ЭД. В следящих системах с обратной связью используют тахогенератор и измерительный преобразователь.

1.1.14. Несущие системы станка

Несущей системой станка называется совокупность деталей и узлов станка, которые обеспечивают правильное взаимное расположение инструмента и деталей, при действии сил и температурных деформаций. Несущая система состоит из набора базовых деталей, к числу которых относят:

- станины;
- столы;
- суппорты;
- коробки;

- ползуны;
- траверсы и пр.

Станина является наиболее массивной частью станка, на которой монтируют все рабочие органы. Столы и салазки являются подвижными деталями для перемещения деталей при обработке или шпиндельных бабок инструмента. Стойки, траверсы, кюветки – базовые детали, меньшие по размеру и массе.

По форме их можно разделить на три группы:

- детали типа коробок, с габаритными размерами одного порядка по трем координатам;
- детали типа брусьев, у которых один размер превышает два других;
- детали типа пластин, у которых один размер меньше других двух;

К базовым деталям предъявляют следующие требования:

- жесткость системы;
- виброустойчивость;
- относительно малые деформации в процессе работы станка.

Станины по компоновке делятся на две группы, обеспечивающие перемещение рабочих органов:

- в линейном направлении;
- вращением или качанием.

Материалы и формы несущих конструкций.

В качестве материалов для изготовления базовых деталей могут применяться:

- чугун;
- сталь;
- полимербетон;
- пластмасс;
- алюминий.

Наиболее распространенным материалом для станин являются серые чугуны марок СЧ15, СЧ20, СЧ30, СЧ35. Иногда применяются чугуны, легированные присадками никеля, хрома, ванадия. Станины получают литьем в песчано-глиняных формах. Модели изготавливают из дерева с учетом усадки материала. Отливки из чугуна подвергают искусственному и естественному старению. Искусственное старение производится нагревом в печах и последующим медленным охлаждением. Естественное старение просто, но требует длительного времени. Вибрационное старение применяется для деталей малой жесткости встряхиванием на стендах в течение 3-6 часов.

Сталь используется для изготовления деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства для станков, работающих с виброударными нагрузками, для станков, которые должны иметь малый вес, а также иметь повышенную прочность. Используемые стали позволяют снизить вес на 30-50%. Применяют стали марок Ст 3, Ст 4 толщиной до 8-12 мм, уменьшение толщины до 3-6 мм сопровождается введением дополнительных ребер жесткости и перегородок, так как тонкие стенки являются источниками изгибающих колебаний. Изготавливают детали из

листовой стали предварительной разметкой и резкой отдельных элементов, а также из сортового проката. Базовые детали соединяют струбцинами и сваркой. Для снятия внутренних напряжений применяют старение.

Полимербетонные станины получают заливкой смеси из щебня и эпоксидных смол в подготовленную форму. Преимуществом таких станин по сравнению с металлическими станинами является:

- коррозионная стойкость;
- виброустойчивость;
- электробезопасность.

К недостаткам следует отнести пониженная прочность конструкции. Направляющие к ним выполняют накладными из стали.

Пластмассовые станины применяют при изготовлении станков небольших размеров. В качестве материалов применяют текстолит и другие виды пластмасс.

Алюминий применяют при изготовлении станков, работающих при малых скоростях и небольших нагрузках. Их недостатками являются малая жесткость и невысокая виброустойчивость.

Конструкции и формы базовых деталей.

Конструктивно формы базовые детали имеют пустотелые, и большинстве замкнутые профили. Как правило, они имеют прямоугольный профиль, который обладает высокой изгибной жесткостью. В них предусматривают окна и вырезы, либо по соображениям экономии материалов, либо по конструктивной необходимости.

Ориентация направляющих в конструкции станины может иметь различные варианты, как это показано на рис. 1.34.

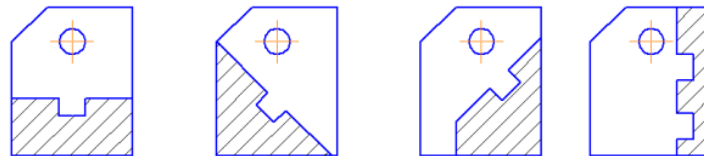


Рис.1.34. Положение направляющих в станине

Толщина стенки базовых деталей выбирается из условий обеспечения жесткости. Для чугунных литых станин толщину стенки можно принять из расчета:

$$\delta = 10 \sqrt{\frac{2B+L+H}{3}},$$

где В, L, Н – соответственно ширина, длина и высота станины.

Следует иметь в виду, что увеличение толщины стенок с целью повышения жесткости приводит к увеличению массы станка, а различные окна сильно снижают жесткость замкнутого профиля. По этой причине усиление жесткости достигается введением дополнительных ребер и перемычек (рис.1.35). С внутренней стороны стенок литых и сварных конструкций предусматривают перекрещивающуюся сетку ребер.

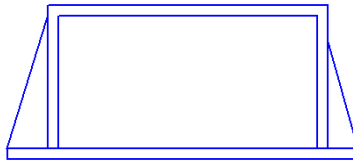


Рис.1.35. Примеры использования ребер жесткости

Жесткость базовой детали определяют для каждой системы расчетом. Так, например, деформацию станины токарного станка (рис.1.39) можно рассчитать по формуле

$$f = \frac{P \cdot L^3}{48(E \cdot I)_{\text{пр}}},$$

где $(E \cdot I)_{\text{пр}}$ – приведенная жесткость поперечного сечения станины, L – длина станины.

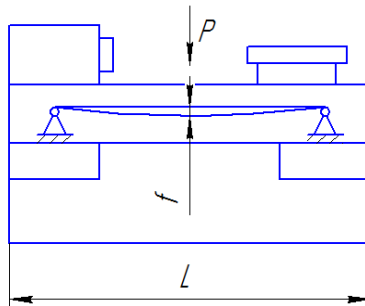


Рис.1.39. Расчетная схема для расчета жесткости станины

При расчете деформаций базовых деталей типа пластин, планшайб, оснований определяют угол перекоса θ при изгибе при воздействии внешних нагрузок: распределенной нагрузки от масс узлов q и изгибающего момента M от действия опрокидывающихся масс (рис.1.40)

$$\theta = \theta_{q_1} + \theta_{q_2} + M.$$

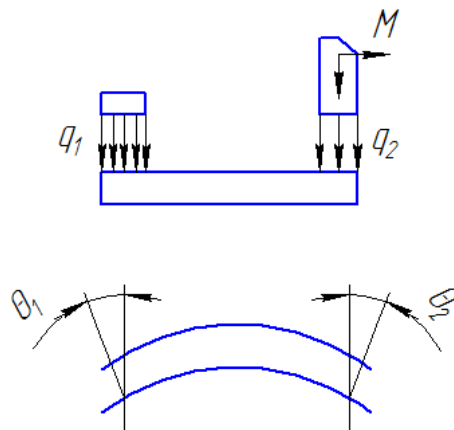


Рис.1.40. Схема деформаций планшайб

При оценке жесткости базовых узлов учитывают также и жесткость неподвижных соединений, которые достигают 30-70% от общего баланса деформаций. Контактную жесткость в стыках от действия силы P и момента M оценивают деформацией δ и углом φ по формулам

$$\delta = C \left(\frac{P}{F} \right)^m$$

$$\varphi = C_m \cdot \frac{M}{I},$$

где C и C_m – коэффициенты контактной податливости, F – площадь поверхности, I – момент инерции сечения контакта; m – показатель

степени, $m=1$ для поверхности, обработанной чистовым методом.

Компенсацию упругих перемещений деталей осуществляют различными способами (рисунки):

- введением дополнительных опор;
- применением противовесов;
- пружинами;
- дополнительным автоматическим регулированием деформаций.

Одним из основных качеств базовых узлов является виброустойчивость — способность выполнять свои функции и сохранять свои параметры в условиях воздействия вибрации. Оценка ветроустойчивости проводится как для замкнутой динамической системы, которую рассматривают как многомассовую. Динамическая характеристика станка оценивается по АЧХ или АФЧХ расчетным путем.

Температурные деформации.

Источниками тепла в станке являются: электродвигатель, зона резания и элементы привода. Выделяющееся тепло вызывает деформации растяжения деталей и узлов станка, снижая точность обработки заготовок. Этот фактор особенно важен для станков прецизионной группы. Выделение тепла в узлах станка происходит в процессе работы неравномерно: интенсивно станок разогревается в первые 30 мин работы, после чего наступает тепловой баланс. При перерывах в работе станка температура понижается, а после включения снова наблюдаются рост до стабильного значения.

Температурная деформация определяется расчетным или экспериментальным методом.

Снижения вредного воздействия тепла можно достигнуть различными способами:

- сокращением числа кинематических цепей в станке;
- удалением источника тепла от рабочей зоны;
- заменой смешанного трения на жидкостное;
- изоляцией источника тепла;
- перемещением источника тепла в верхнюю часть станка;
- компенсацией температурной деформации действием деформацией в противоположном направлении;
- заменой масла;
- автоматическим управлением и компенсацией температурной деформации.

1.1.15. Направляющие станков

Направляющие станков распложены на базовых деталях и предназначены для обеспечения требуемой траектории движения инструмента и детали.

Направляющие должны удовлетворять следующим требованиям:

- точность изготовления и качество поверхности;
- долговечность;
- малые силы трения и их постоянство;
- жесткость.

По виду трения они делятся направляющие:

- смешанного трения;
- жидкостного трения;
- аэростатические направляющие;
- направляющие качения.

По форме направляющие делятся на (рисунки):

- прямоугольные;
- треугольные;
- трапециевидные в форме «ласточкин хвоста»;
- цилиндрические.

Они могут быть охватываемыми и охватывающими.

Прямоугольные являются технологичными при изготовлении, обладают простотой конструкции и возможностью регулировки зазоров. Однако требуют защиты от загрязнений.

Треугольные – автоматически выбирают зазоры, но они сложны в изготовлении и контроле.

Трапециевидные – компактны, позволяют легко регулировать зазор. Однако они сложны в изготовлении и контроле и трудно достигнуть точности сопряжения.

Цилиндрические - применяются при малых длинах ходов, так как не обладают высокой жесткостью при большой длине. Цилиндрические просты в изготовлении. Применяют в качестве коротких направляющих.

Направляющие смешанного трения характеризуются сочетанием жидкостного трения и трения твердых тел. Их достоинством является:

- жесткость;
- надежная фиксация положения рабочего органа;
- демпфирующие свойства.

К недостаткам следует отнести быстрый износ.

При проектировании направляющих скольжения следует учитывать, что силы трения в них зависят от скорости скольжения, а также от времени нахождения в покое. Если в исходном состоянии коэффициент трения составляет $f=0.2$, то при движении его значение может понизиться (в зависимости от скорости движения) - до 0.1, а при покое (в зависимости от времени покоя) – до 0.3.

Направляющие изготавливают из чугуна, стали, цветных металлов и пластмассы. Чугунные направляющие изготавливают вместе с базовой деталью литьем. Они имеют невысокую износостойкость, поэтому их подвергают закалке токами высокой частоты (ТВЧ), что повышает износостойкость в 2-4 раза. Кроме того для достижения повышенной износостойкостью производят легирование и хромирование толщиной до 2-3 мкм. Напыление слоем молибдена повышает износостойкость в 3-5 раз.

Конструкции направляющих имеют различные конфигурации в зависимости от условий эксплуатации (рис.1.41).

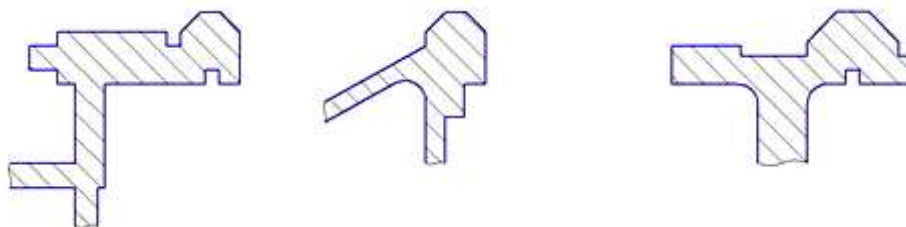


Рис.1.41. Форма чугунных направляющих

Направляющие из сталей изготавливают в виде планок, которые крепят к базовой детали сваркой, привинчиванием или приклеиванием. В качестве материалов используют стали марок 20, 20Х, 20ХНМ с цементацией и закалкой до 60-65 HRC. Для повышения износостойкости их азотируют.

Иногда в качестве материалов для направляющих применяют цветные сплавы, в частности бронзы марок БрОФ 10-0,1, БРАМЦ 2-2 или цинковый сплав ЦАМ 10-5.

Пластмассу (текстолит, фторопласт и прочие) применяют в случае малой жесткости. Такие направляющие приклеивают к основе эпоксидной смолой. Наполненный фторопласт - материал с наполнителем из бронзы, кокса, графита, дисульфид молибдена, выполняющих роль смазки. Толщина ленты составляет 1,7 мм. Коэффициент трения составляет 0,04-0,06 без влияния скорости.

В процессе эксплуатации станков зазоры, образующиеся в направляющих, понижают виброустойчивость и точность обработки. Эти зазоры устраняют различными способами (рис.1.42): прижимом планок винтами, клиньями и пр.

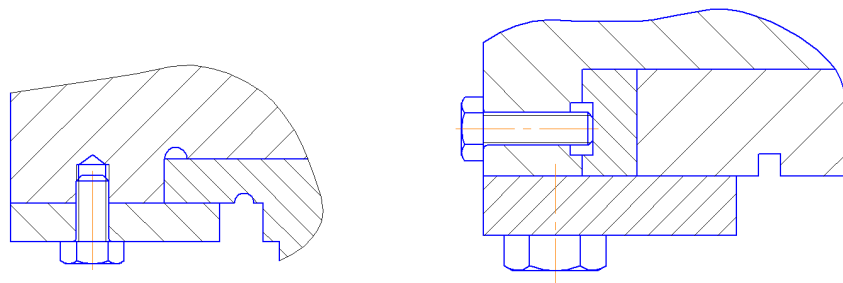


Рис.1.42. Методы устранения зазоров в направляющих

Защита направляющих.

С целью снижения износа направляющих применяют различные методы защиты от попадания пыли и стружки (рис.1.43):

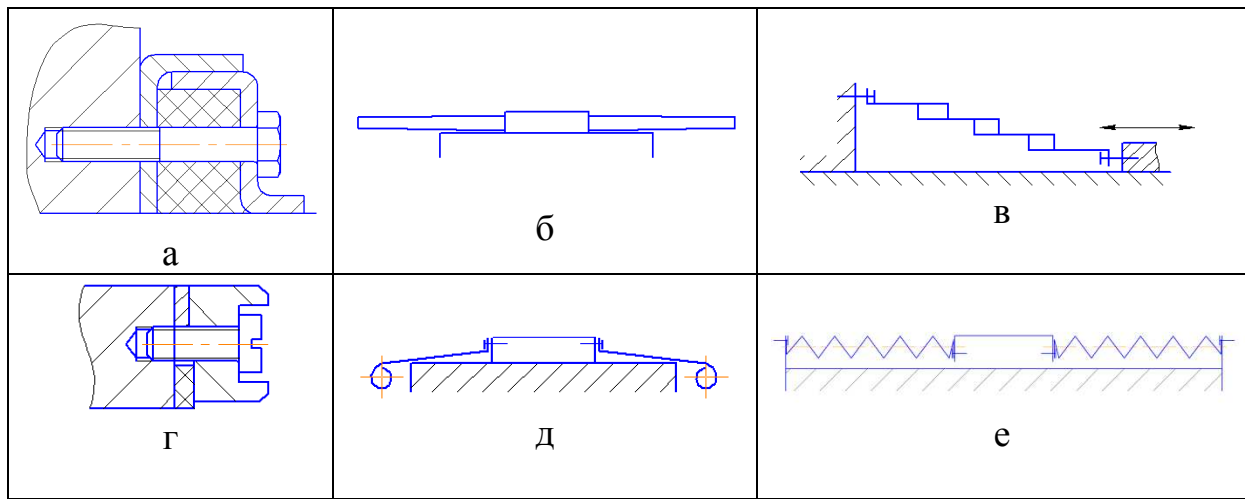


Рис.1.43. Схемы защиты направляющих

а - войлочными планками, б – планками и кожухами; в - телескопической защитой; г - резиной; д - двумя упругими лентами; е - гармоникообразными мехами

Смазка направляющих.

Смазка направляющих является необходимым условием повышения долговечности станка. Вязкость смазочного материала зависит от условий трения. При малой скорости перемещения узлов станка и большом давлении применяют смазки высокой вязкости $10 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Для узлов, работающих при малых и средних нагрузках, применяют масла с вязкостью $2,7-6,5 \cdot 10^{-7}$ м²/с. К ним относятся масла марок ИНС_П-20, ИНС_П-40 (40 – вязкость масла в сСт). Для снижения трения покоя в смазку добавляют антикачковые присадки. Для вертикальных направляющих применяют масла с высокой вязкостью (ИНС_П-110 и др.) для того, чтобы уменьшить потери от вытекания. Способ подачи смазки зависит от ряда факторов. Применяют следующие виды способов смазок:

- централизованный, циркуляционный последовательного и импульсного типа;
- с ручным насосом;
- с индивидуальными масленками;
- фитильные.

Направляющие качения имеют малые силы трения, которые не зависят от скорости рабочего органа. Достоинством направляющих качения является:

- равномерность медленных движений;
- точность позиционирования;
- высокая долговечность.

К недостаткам конструкций следует отнести:

- низкие демпфирующие свойства;
- сравнительно высокая стоимость.

По способу циркуляции тел качения они делятся на два вида: без циркуляции и с циркуляцией тел качения.

Первая группа конструкций применяется при небольшой длине хода (рис.1.44). Они состоят из планок, тел качения, сепараторов, устройств для создания натяга, средств защиты от загрязнений. Они бывают незамкнутыми и замкнутыми. Незамкнутые - применяют только для горизонтальных направляющих. Замкнутые - позволяют создать натяг и поэтому могут быть горизонтальными и вертикальными.

Телами качения являются шарики или ролики (рис.1.44).

Выбор шариков или роликов зависит от нагрузки. Роликовые направляющие допускают нагрузки в 20-30 раз больше чем шариковые.

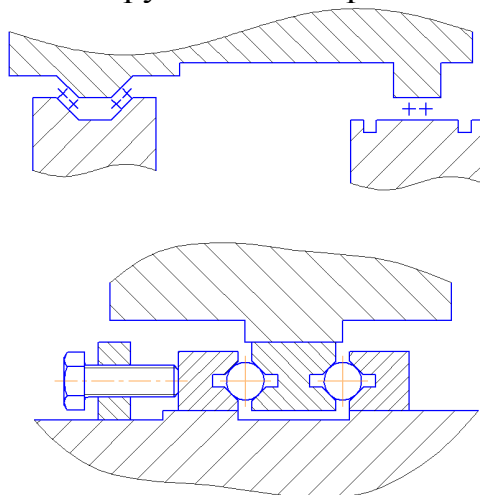


Рис.1.44. Направляющие качения с роликами и шарками

Материал направляющих должен иметь высокую твердость, поэтому чугун для этих целей непригоден. Стальные направляющие закаливают до 60-62 HRC и делают из сталей марок ШХ9, ШХ15, реже из сталей ХВГ, 9ХС. Стали марок 20Х и 18ХГТ должны быть цементированы и термообработаны с глубиной цементации до 1 мм. Смазка производится либо пластичными смазками, либо масляным туманом.

Защиту от загрязнений направляющих качения производят лабиринтными уплотнениями, стальными лентами или щитками (рис.1.45).

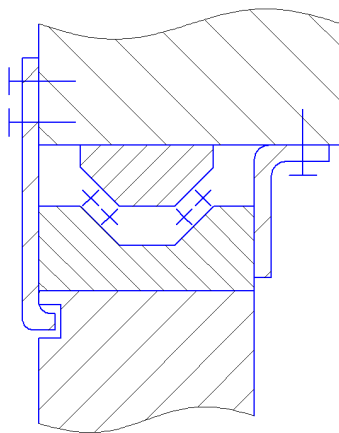


Рис.1.45. Защита направляющих щитками

Расчет конструирования направляющих качения сводится к определению диаметра и числа тел качения. Увеличение диаметра тел качения благоприятно, поэтому диаметр шарика применяют от 8-10 до 25 мм. Число шариков z может быть рассчитано по формулам:

$$z \leq \frac{G}{9,5\sqrt{d}} \quad \text{и} \quad z = \frac{G}{4b}$$

Обычно применяют $z \geq 12-16$.

Расчетная нагрузка на шарик может быть рассчитана по формуле:

$$P = d \cdot t \cdot P_{max}$$

$$P = b \cdot t \cdot P_{max},$$

где t – шаг, P_{max} – максимальное давление при контакте.

Допускаемая нагрузка по контактными напряжениям на шарик или ролик определяется по формулам:

$$P_d = K \cdot d_{ш}^2,$$

$$P_d = K \cdot b \cdot d_{ш}.$$

Коэффициент K принимают для шариков – $K=6$ и для роликов – $K=200$ Н/см².

Упругие перемещения тел качения для контактных деформаций рассчитывают по формулам:

$$\delta = C_{ш} \cdot P_{ш},$$

$$\delta = C_{р} \cdot q.$$

где $C_{ш}$, $C_{р}$ – коэффициенты податливости; $P_{ш}$ – нагрузка на шарик, q – нагрузка на единицу длины ролика.

Тяговая сила для выполнения работы рассчитывается по формуле:

$$Q = P_x + n \cdot T_0 + \sum \frac{f_k}{r_i} \cdot P_i,$$

где P_x – составляющая силы резания, n – число направляющих граней; T_0 – начальная сила трения, $T_0 = 4-5$ Н; f_k – коэффициент трения качения, $f_k = 0,001$ для стали; r_i – радиус тел качения; P_i – сила на i -ой грани.

Второй тип направляющих применяют при большой длине хода за счет непрерывной циркуляции тел качения между направляющими и сборным корпусом (рис.1.46). Тела качения, перекатываясь между ними, возвращаются по каналу возврата. В них не используются сепараторы. Иногда тела качения чередуются со вспомогательными телами качения меньшего диаметра, выполняя функцию сепаратора. Расчет таких направляющих сводится к проверке по предельно допустимой нагрузке и контактной деформации на площадке контакта, а затем уточнение предварительного натяга. Предварительный натяг обеспечивается пружинами и винтами, планками и винтами с шаровой опорой.

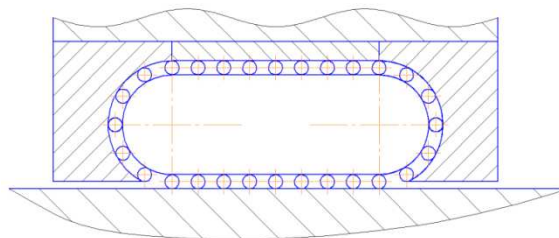


Рис.1.46. Направляющие качения

Предварительный натяг ликвидирует зазоры при движении.

Смазку проводят пластичными смазками через отверстие или сверление в корпусе в роликовой или шариковой опоре. Разновидностью таких шариков являются шариковые цилиндрические направляющие, состоящие из скалки и шариковой втулки (рис.1.47).

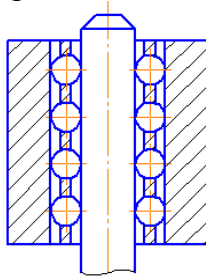


Рис. 1.47. Цилиндрические направляющие качения

Гидростатические направляющие являются направляющими жидкостного трения. Масляной слой создается принудительной подачей смазки. Они не изнашиваются, хорошо демпфируют, обеспечивают точность и равномерное перемещение. Однако для этого необходима гидростанция, фильтрация масла, усложняется конструкция станка. Они могут быть замкнутыми и разомкнутыми (рис.1.48).

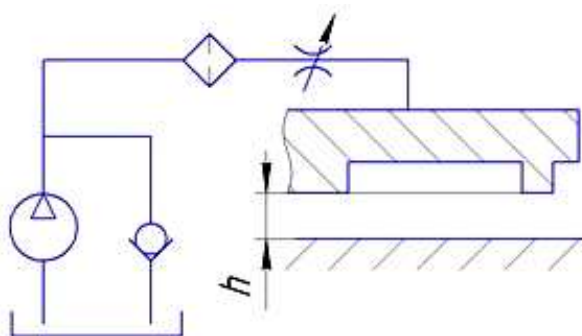


Рис.1.48. Схема разомкнутых гидростатических направляющих

Принцип работы. Масло подается от насоса через дроссель в карманы направляющих и оттуда – на сток. С увеличением нагрузки P зазор уменьшается, а сопротивление и давление масла возрастают. В результате новая нагрузка будет уравновешена возросшим давлением. В замкнутых направляющих изменяются зазоры h_1 и h_2 (рисунок), давление в этих карманах, в результате нагрузка P уравнивается. Замкнутые конструкции нашли большее применение.

Система подачи смазки могут быть:

- через дроссель у каждого кармана;
- от отдельных насосов для каждого кармана (насос-карман) через автоматические мембранные регуляторы подачи (рисунок).

В этой схеме зазор H и сопротивление регулятора изменяют в зависимости от зазора h в направляющих.

Расчет направляющих производят на нагрузочную способность и жесткость направляющих, параметры дросселя и регулятора подачи. Определяют также зазора h_{\min} и подачу масла через одну опору.

Аэростатические направляющие применяются для точного позиционирования. При отсутствии подачи воздуха, обеспечивается жесткая фиксация узла в заданном положении. Вязкость воздуха в 10000 раз меньше чем масла Индустриального 45, поэтому демпфирование ниже, чем у гидростатических. Вся рабочая поверхность делится на несколько карманов с независимым подводом и распределением воздуха (рисунок). Канавки имеют треугольную форму малой глубины $t \leq \sqrt{0,7Bh}$, где h – зазор между поверхностями, B – ширина опорной поверхности. Используются также микроканавки замкнутой формы. Давление воздуха в системе 2-4 МПа. Дросселирующие устройства имеют диаметр $d = 0,2-0,8$ мм.

Расчеты производят на грузоподъемность и жесткость.

1.2. Электропривод станков

1.2.1. Классификация электрических приводов станков

Электроприводом называется устройство, передающее мощность и движение рабочим органам оборудования, с использованием электродвигателя и передаточного механизма. Электропривод обеспечивает выполнение основных и вспомогательных движений рабочих органов и приспособлений.

Электропривод станков состоит из:

- электродвигателей,
- аппаратуры пуска и коммутации питающей сети и цепей управления,
- аппаратуры защиты и предохранительных устройств,
- аппаратуры преобразования рода и частоты тока,
- измерительной аппаратуры токи и напряжения,
- проводных электрических цепей.

Промышленные сети обеспечиваются переменным током с частотой 50 Гц и напряжением 380В или 220В.

Достоинства электропривода заключаются в:

- быстрой реакции;
- возможности регулировать скорости;
- автоматизации процесса.

Недостатком электропривода является необходимость обеспечения электробезопасности.

Электроприводы классифицируются по следующим признакам:

- роду тока (постоянного и переменного);
- числу ЭД;
- характеру регулирования скорости движения (ступенчатые, бесступенчатые);


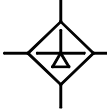
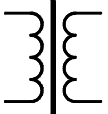

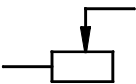
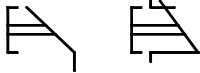




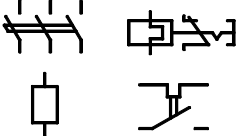
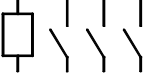

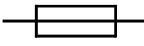
- режиму работы (длительным, кратковременным, повторно-кратковременным, перемежающимся режимом работы);
- степени автоматизации управления.

По исполнению и назначению электроприводы станков различаются на схемы с:

- асинхронным односкоростным электродвигателем;
- многоскоростным асинхронным электродвигателем;
- реостатным управлением электродвигателем постоянного тока;
- тиристорным управлением электродвигателем постоянного тока.

Все элементы электрического привода имеют условное обозначение, которое приведено в таблице 2.

Таблица 2.1 - Условные обозначения элементов электрических схем

Наименование элемента	Условное изображение	Наименование элемента	Условное изображение
Электродвигатель		Диодный выпрямитель	
Трансформатор		Транзистор	
Реостат		Кнопочный выключатель	
Тиристор		Конденсатор	
Пакетный выключатель		Позиционный выключатель	
Автоматический выключатель		Контактор	
Сигнальная лампочка		Предохранитель	

1.2.2. Электродвигатели как источники движения в приводах

Приводы вращательного движения состоят из электродвигателей (ЭД), устройств и механизмов для передачи движения рабочему органу.

По назначению они разделяются на приводы:

- главного движения;
- подачи;
- установочных перемещений, делительных и вспомогательных движений.

Движения в приводах могут осуществляться от одного или нескольких независимых приводов. Привод от одного электродвигателя к нескольким рабочим органам через одну разветвляющую цепь называется групповым. Привод от нескольких электродвигателей по отдельным кинематическим цепям к каждому рабочему органу называется раздельным.

В качестве источника движения в приводах применяют:

- нерегулируемые асинхронные ЭД;
- регулируемые ЭД постоянного тока для приводов главного движения;
- регулируемые ЭД постоянного тока для приводов подач.

Асинхронные ЭД с короткозамкнутым ротором - применяются в ступенчатых приводах главного движения. Они наиболее надежны, просты в эксплуатации, имеют небольшие габариты, допускают перегрузки и применяются в сети без преобразователей и усилителей. Выпускаются следующих типов:

- с одной частотой вращения (серии 4А);
- с повышенным пусковым моментом (серии 4АР);
- с повышенным скольжением (серии 4АС);
- многоскоростные (серии 4А/2, 4А/3, 4А/4);
- высокоскоростные повышенной частоты вращения (12-40000 об/мин).

Основными техническими показателями ЭД являются:

- номинальная мощность;
- частота вращения;
- режим работы;
- форма исполнения;
- габаритные и установочные размеры;
- способ охлаждения;
- допустимый уровень шума и вибрации.

Односкоростные ЭД выпускаются с числом полюсов: 2, 4, 6, 8, 12, соответственно с частотой вращения: 3000, 1500, 1000, 750, 500 об/мин.

У многоскоростных ЭД переключение частот вращения обеспечивается изменением числа полюсов, количеством, схемой и порядком включения обмоток статора. Так, двухскоростной ЭД серии 4А/2 имеет число полюсов 4/2, 6/4, 8/4, 12/4, что дает ряд частот соответственно 1500/3000, 1000/1500,

750/1500, 500/1000. Трехскоростные 4А/3 с числом полюсов 6/4/2, 8/6/4 дают частоты вращения соответственно 1000/1500/3000, 750/1500/3000.

ЭД могут работать в следующих режимах (рис.1.49):

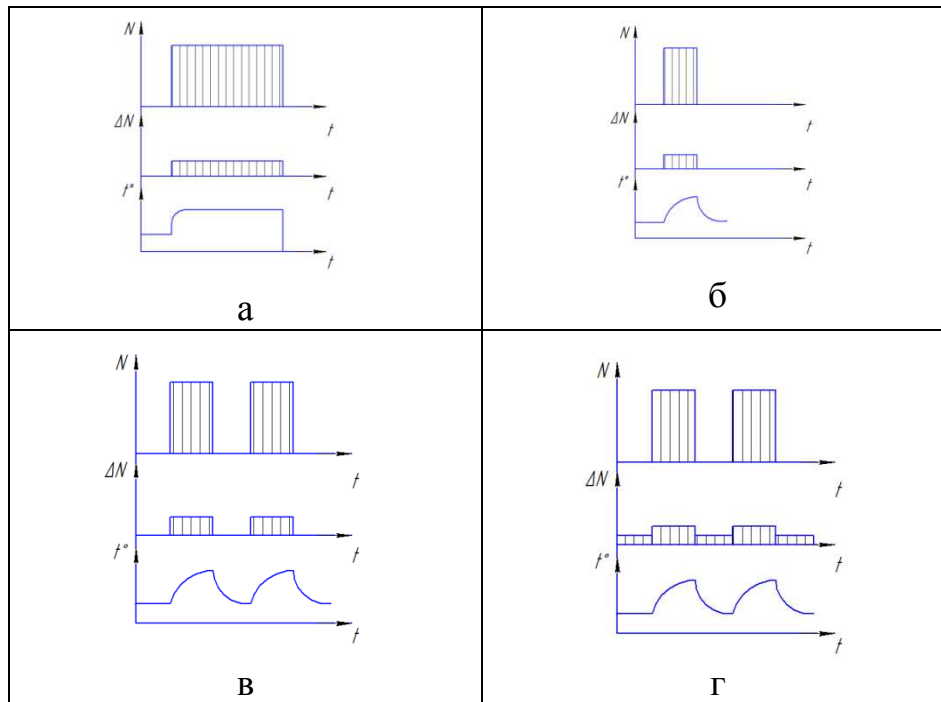


Рис.1.49. Графики режимов работы электродвигателей
 N – мощность, ΔN – потери мощности, t° - температура нагрева, t - время

- при длительном режиме работы (а),
- при кратковременном (б),
- при повторно-кратковременном (в),
- при перемежающемся (г).

Высокоскоростные ЭД питаются от частоты тока 200-800 Гц.

Форма исполнения ЭД связана с видом крепления. ЭД могут крепиться на лапках и на фланцах. Фланцы могут быть большими и малыми. Применяют следующее формы исполнения ЭД:

- на лапках с горизонтальным - М101 (рис.1.50а) и вертикальным валом - М102, М103 (рис.1.24б);
- на лапках с большим фланцем М201 с горизонтальным (рис.1.50в), М202-203 – с вертикальным валом;
- с большим фланцем горизонтального - М301 и вертикального исполнения - М302, М303;
- с малым фланцем М311 (рис.1.24г), М362, М363;
- встроенные без вентилятора М533;
- встроенные с вентилятором М534.

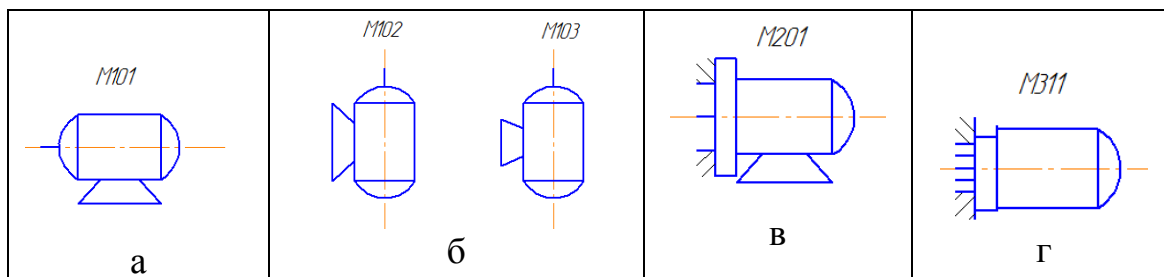


Рис.1.50. Форма исполнения электродвигателей

По способу охлаждения ЭД делятся на следующие виды:

- с естественным охлаждением;
- с самовентиляцией;
- с независимой вентиляцией;
- обдуваемый от отдельного вентилятора.

По степени защиты от воздействия окружающей среды и защищенности персонала от соприкосновения с токоведущими поверхностями могут быть:

- защищенные со степенью защиты IP23;
- закрытые IP44;
- пылезащитные IP56;
- герметичные IP67;
- взрывобезопасные.

Уровень шума на холостых ходах соответствует 76÷106 дБ.

Электродвигатели характеризуются также электромеханическими характеристиками переходных и установившихся режимов работы.

Переходными режимами являются:

- пуск;
- торможение;
- реверсирование;
- переключение частоты вращения.

К установившемуся режиму относят работу при постоянной нагрузке и скорости.

К электромеханическим характеристикам электродвигателей относятся:

- механические характеристики;
- скольжение;
- перегрузочная способность;
- пусковые свойства.

Механической характеристикой называется зависимость частоты вращения вала от момента (рис.1.51).

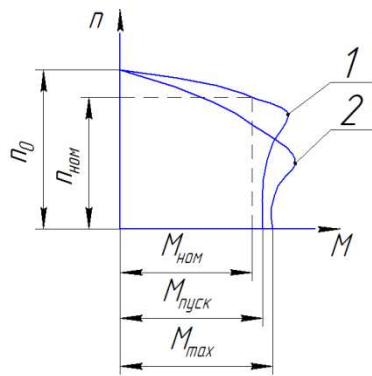


Рис.1.51. Механические характеристики электродвигателей
1 – для основного исполнения, 2 – с повышенным скольжением

Скольжением называется относительное падение частот вращения вала по сравнению с частотой вращения магнитного поля двигателя.

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

Для электродвигателей основного исполнения скольжение составляет $S=0,02-0,06$.

Перегрузочная способность электродвигателей оценивается коэффициентом перегрузки

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$$

Он принимается $\lambda=1,6-2,5$.

Пусковые свойства оцениваются коэффициентом кратности пускового момента:

$$y = \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}$$

Он равен $y=0,8-1,7$.

Мощность двигателя выбирают по эффективной мощности с учетом КПД:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{эф}}}{\eta}$$

Для бесступенчатого регулирования частоты рабочего органа применяют ЭД постоянного тока серий П, 2П, ПЛ, ПС, ПВС, ПСТ и пр. Механические характеристики электродвигателя постоянного тока представлены на рис.1.52.

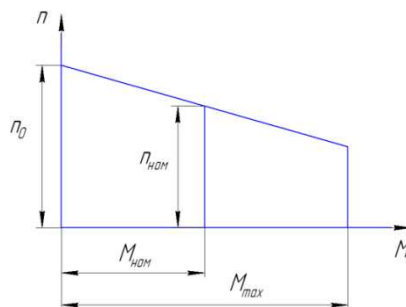


Рис.1.52. Механические характеристики ЭД постоянного тока

Скольжение для данного типа двигателей составляет $s = 0,01-0,02$, а пусковые свойства - $\lambda = 2-2,5$.

Аппаратура пуска состоит из устройств, предназначенных для коммутации питающей сети и цепей управления при его пуске и останове электродвигателей. Аппаратура пуска состоит из следующих устройств:

- выключателей кнопочных;
- выключателей однополюсных и пакетных;
- переключателей - позиционных и барабанных.

Кнопочные выключатели могут быть замыкающими и размыкающими. Цвет кнопок выключателей зависит от их назначения. Конструкции состоят из пластмассовой кнопки, контактов и пружины возврата контактов. Закрепляются на панели пульта управления с помощью кольца и гайки.

Однополюсный выключатель также служит для замыкания и размыкания электрической цепи.

Пакетный выключатель замыкает или размыкает подвижные и неподвижные контакты. При повороте рукоятки подвижные контакты замыкаются (или размыкаются) с неподвижными, обеспечивая коммутацию нескольких электрических цепей.

Позиционный переключатель применяют для управления многодвигательным электроприводом. Переключение производится отклонением рукоятки в крестообразном отверстии в одном из четырех направлений.

Барабанный переключатель поочередно включает контакты в соответствии со схемой подсоединения.

К *аппаратуре защиты* относятся устройства, предназначенные для защиты ЭД и цепей управления от перегрева и токов короткого замыкания. К ним относятся – плавкие предохранители и автоматические выключатели.

Плавкие предохранители могут быть колодочными и пробочными. Они содержат плавкую вставку в фаянсовой трубке между клеммами и контактами. При тепловой перегрузке или коротком замыкании они отключают цепь.

Автоматические выключатели применяют с кнопочным или рычажным управлением. Включение производится вручную, а отключение - либо вручную, либо автоматически при появлении тепловой перегрузки или тока короткого замыкания. Отключение производится механизмом теплового или электромагнитного расцепителя. При тепловой перегрузке ток проходит через нагревательный элемент, рядом с которым установлена биметаллическая пластинка. При нагреве она изгибается, освобождая подпружиненный рычаг, и цепь размыкается. При коротком замыкании срабатывает механизм электромагнитного расцепителя, который автоматически размыкает контакты. Для нового включения рычаг выключателя отводится в исходное положение включением или отжатием кнопки.

К *аппаратуре контакторного управления* относятся устройства, предназначенные для дистанционного управления включением и

отключением электрических цепей. К ним относятся - контакторы, магнитные пускатели.

Контактор обеспечивает включение или выключение цепи при подаче напряжения 220В на катушку электромагнита, который притягивает подвижный якорь, а тот в свою очередь замыкает подвижный контакт с неподвижным.

Аппаратура преобразования рода тока и частоты тока – это трансформаторы и выпрямители. Трансформаторы относятся к аппаратуре для изменения напряжения в сети U_1 (рис.2.2.a). Они используются либо для понижения, либо для повышения напряжения на выходе вторичной обмотки U_2 .

Выпрямители служат для преобразования рода тока (рис.2.2б). Они состоят из четырех диодов, образующих мостик для получения постоянного тока.

К измерительной аппаратуре относятся вольтметры, амперметры, ваттметры, которые предназначены для измерения и визуальной регистрации действующих параметров напряжения, силы тока или мощности.

1.2.3. Типовые электрические схемы станков

Электрическая схема привода с асинхронным односкоростным электродвигателем показана на рис.1.53. Электрическая схема состоит из двух цепей: силовой и цепи управления. Схема обеспечивает:

- перемещение рабочего органа,
- блокировку перемещения,
- выдержку времени станка и возврат рабочего органа в исходное положение реверсированием ЭД.

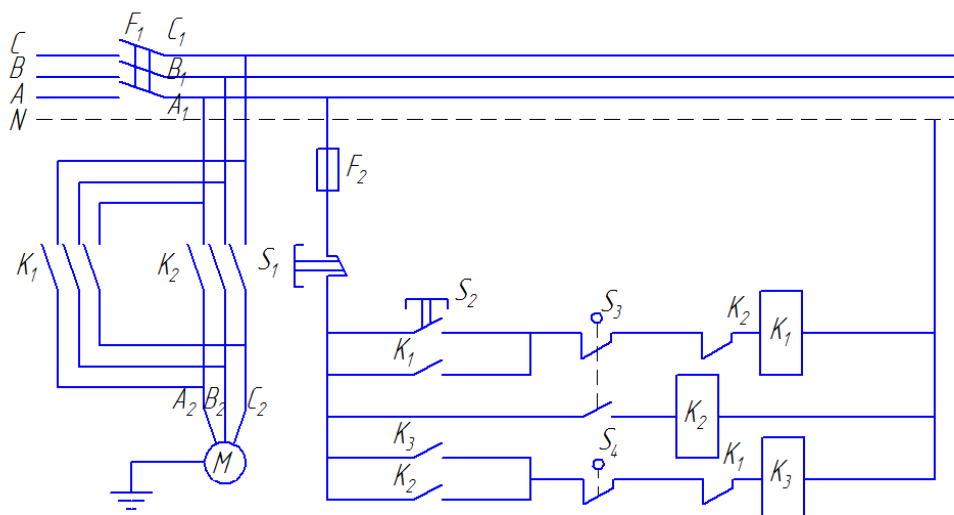


Рис.1.53. Электрическая схема привода с асинхронным электродвигателем

Электрическая схема включает в себя: F_1 – автомат для защиты двигателя от короткого замыкания; F_2 – предохранитель; S_1 – кнопка

выключения цепи управления; S_1 -кнопка выключения ЭД; S_2 – кнопка включения ЭД; S_3 и S_4 – конечные выключатели; K_1, K_2, K_3 – контакторы.

Работа схемы производится в следующем порядке. При включении кнопки S_2 включается контактор K_1 и двигатель M .

В конечном положении рабочий орган выключает конечный выключатель S_3 и контакт этого выключателя разрывает цепь контактора K_1 , в результате чего электродвигатель отключается. Вместе с S_3 включается реле времени K_3 .

Происходит выдержка по времени, после чего – замыкание контакта катушки времени K_3 и выключение контактора K_2 . ЭД вращается в обратном направлении, а рабочий орган движется в исходное положение.

В конечном положении рабочий орган нажимает на путевой выключатель S_4 и открывает его размыкающий контакт, после чего ЭД выключается.

Электрическая схема асинхронного многоскоростного ЭД.

Электрическая схема включает: F_1 – автомат для защиты ЭД от токов КЗ; F_2 – автомат для защиты цепи управления; S_1, S_2 – кнопки включения ЭД; S_3, S_4 – кнопки переключения скоростей; S_5 – кнопка останова электродвигателя; S_6 – кнопка выключения цепи; K_1, K_2, K_3, K_4 – контакторы; K_8 – реле времени.

Электрическая схема обеспечивает:

- вращение рабочего органа с двумя скоростями,
- торможение с управлением по времени,
- реверсирование электродвигателя.

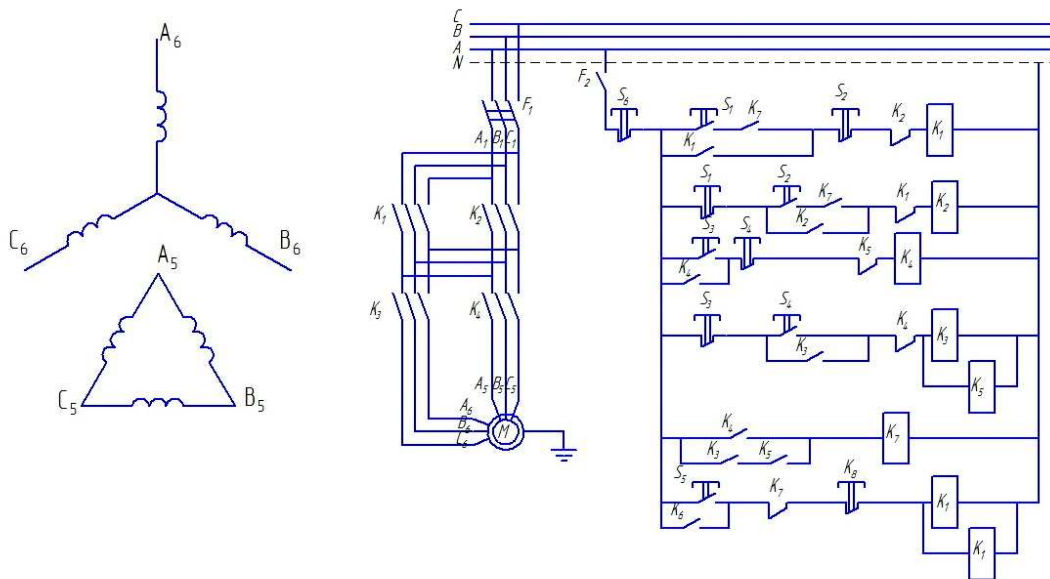


Рис.1.54. Электрическая схема привода с двухскоростным ЭД

Изменение частоты вращения с одной скорости на другую достигается изменением числа пар полюсов обмотки статора асинхронного двигателя. Пуск ЭД производится от кнопки S_3 или S_4 . При нажатии на кнопку S_3 , включается контактор K_4 , обеспечивая включение статора в схему «треугольник». Частота вращения электродвигателя при этом

$$n = 60f/2p(1-S),$$

где f – частота тока в сети, Гц; p – число пар полюсов обмотки статора; S – скольжение ротора.

При нажатии кнопки S_4 включаются контакторы K_3 и K_5 , обеспечивающие включение статора в схему «звезда». В этом случае частота вращения ЭД:

$$n = 60f/p(1-S).$$

Контакторы K_3 , K_4 и K_5 обеспечивают включение реле K_7 . При нажатии на кнопки S_1 и S_2 включаются контакторы K_1 или K_2 , которые обеспечивают торможение ЭД и последующий разгон в противоположном направлении до установленной меньшей или большей скорости. Контакторы K_1 , K_2 запрещают одновременное включение контакторов K_3 , K_4 и наоборот.

Останов ЭД осуществляется нажатием на кнопку S_5 .

Реле времени K_8 отсчитывает время торможения и после остановки ЭД своим контактом K_8 отключает контакт K_6 .

Схема допускает переходы во время работы ЭД с меньшей скорости на большую и наоборот без отключения контакторов K_1 и K_2 .

Кнопка S_5 позволяет выключить ЭД в любое время.

Защита силовой схемы от токов короткого замыкания осуществляется автоматом F_1 , а цепей управления – автоматом F_2 .

Электрическая схема двигателя постоянного тока.

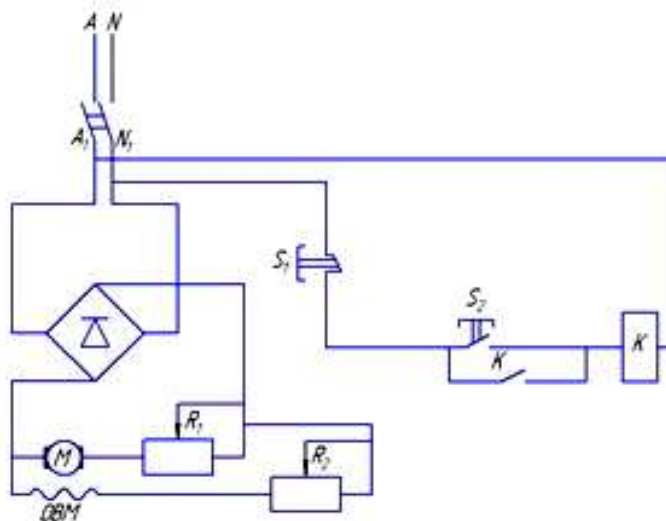


Рис. 1.55. Электрическая схема двигателем постоянного тока

В схему входят: F – автомат для защиты ЭД и цепи управления от перегрузки; D – мостовая схема для преобразования переменного тока в постоянный; S_1 – кнопка включения; S_2 – кнопка выключения; K – контактор.

Частота вращения ЭД определяется зависимостью:

$$n = \frac{U}{C \cdot \Phi},$$

где U – напряжение сети постоянного тока, В; Φ – магнитный поток, Вб; C – коэффициент пропорциональности, зависящий от числа пар полюсов и числа ветвей обмотки якоря.

Из формулы следует, что регулирование частоты вращения ЭД может быть достигнуто либо изменением напряжения на якоре U , либо - магнитного потока статора - Φ . Изменение напряжения U обеспечивает постоянство вращательного момента M , а изменение потока Φ - постоянство мощности $-N$. Для изменения частоты вращения при сохранении постоянного вращательного момента в цепь обмотки возбуждения (ОВМ) параллельно подключен реостат R_2 для регулирования величины магнитного потока. При увеличении величины сопротивления реостата сила тока возбуждения уменьшается, уменьшается магнитный поток, а частота вращения повышается. Такая схема называется: схемой с параллельным возбуждением.

Пусковой реостат R_1 обеспечивает уменьшение пускового тока за счет дополнительного сопротивления цепи якоря. Кнопкой $S1$ ЭД выключается. Для преобразования переменного тока - в постоянный, установлена мостовая схема из четырех диодов.

Электрическая схема двигателя постоянного тока с регулированием скорости ЭД.

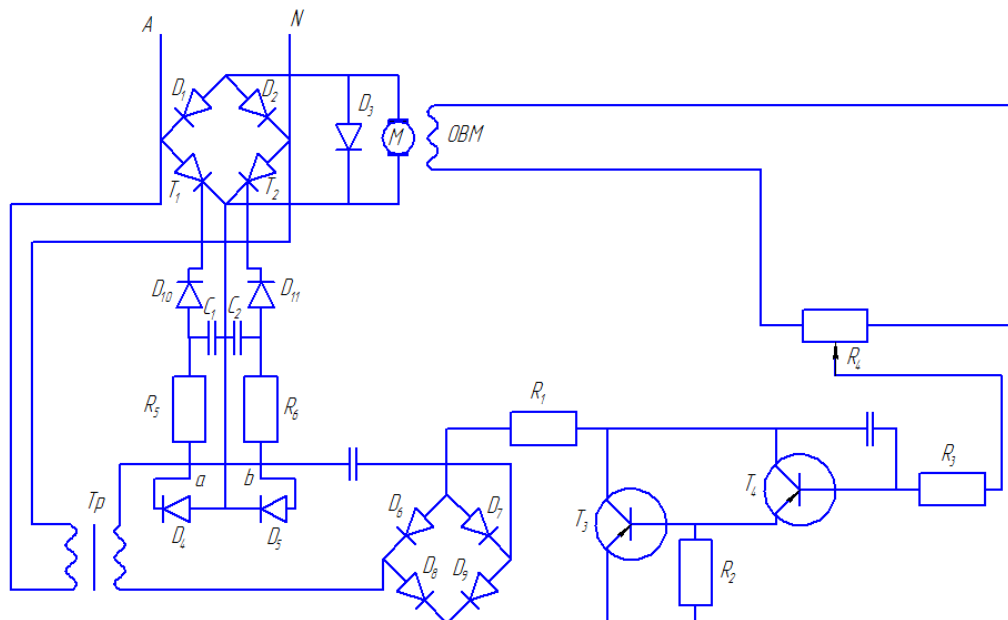


Рис.1.56. Электрическая схема с тиристорным управлением
 D_1, D_2 - диоды мостовой схемы; D_4-D_9 - диоды; D_{10}, D_{11} - денисторы;
 T_1, T_2 - тиристоры мостовой схемы; T_3, T_4 - транзисторы;
 R_1-R_3 - резисторы; R_4 - регулируемый резистор;
 $C_1 - C_4$ - конденсаторы; Tr - трансформатор.

Достоинством данной схемы является высокая точность регулирования частоты вращения ЭД. Регулирование производится изменением напряжения на якоре ЭД с помощью тиристорного преобразования. Тиристорный преобразователь собран по однофазной мостовой схеме, которая состоит из диодов D_1 и D_2 и двух тиристоров T_1 и T_2 . Диод D_3 служит для гашения э.д.с. самоиндукции якоря ЭД. В режиме прерывистых токов напряжение на якоре ЭД регулируется изменением фаз импульсов, поступающих на электроды T_1 и T_2 , которые подключены к схеме

формирования управляющих импульсов. Эта схема состоит из денисторов D_{10} , D_{11} , резисторов R_5 и R_6 и конденсаторов C_1 и C_2 . Денистор – четырехслойный диод, представляющий собой два взаимосвязанных биполярных транзисторов. Через него протекает основной ток и ток управления.

Схема питается от схемы фазосдвигающего моста, состоящего из трансформатора Tr , конденсатора C_3 и схемы выполняющей роль переменного активного сопротивления, состоящего из диодов D_6 - D_9 , транзисторов T_3 и T_4 и резисторов R_1 - R_3 . Регулирование производится резистором R_4 . Работа схемы осуществляется изменением фазы токов a и b по отношению к питающему напряжению.

1.3. Гидравлический привод станков

1.3.1. Классификация гидроприводов

Гидроприводы – устройства для преобразования энергии движения жидкости в механическую энергию движения рабочего органа. Гидроприводы станков предназначены для осуществления вращательного и возвратно-поступательного движения исполнительных органов.

Гидропривод имеет следующие достоинства:

- бесступенчатое регулирование и возможность управления скоростью;
- возможность передавать большие нагрузки;
- возможность реверсированного движения.

К недостаткам относятся:

- утечки масла и пониженный КПД;
- необходимость очистки масла;
- изменение свойств жидкости при изменении температуры.

Гидроприводы классифицируются по:

- виду движения (вращательное, поступательное);
- принципу регулирования скорости (с дроссельным регулированием, с объемным регулированием);
- виду насосов и виду гидродвигателя (поршневой, шестеренный, лопастной).

1.3.2. Рабочие жидкости и их свойства

Рабочей средой в гидравлическом приводе является жидкость. В качестве рабочей жидкости используют:

- минеральные масла;
- синтетические масла;
- водные эмульсии;
- жидкие металлы.

Для улучшения свойств жидкости применяют различные присадки.

Минеральные масла – это продукты переработки нефти. Состоят из парафиновых, нафтановых и ароматических углеводородов.

Синтетические масла – жидкости на основе сложных эфиров фосфорной и других кислот; водосодержащие жидкости (водноглицериновые и прочие), а также фтор- или хлорорганические жидкости.

Водные эмульсии – смеси типа «масло в воде» или «вода в масле». Смесь «масло в воде» содержит 2-3% эмульсола в воде, который состоит из минерального масла, олеиновой кислоты, едкого натра. Смесь «вода в масле» – это обводненное масло, в котором 40% водного состава.

Жидкие металлы – это ртуть, эвтектические сплавы типа 77% натрия и 23% калия и пр.

Рабочие жидкости характеризуются следующими физико-механическими свойствами:

- плотность $\rho = \frac{m}{V}$, где m - масса, V - объем;
- удельный вес $j = \frac{G}{V} = \rho * g$, где G – вес жидкости;
- температурное расширение – увеличение объема жидкости при увеличении температуры. Количественно оценивается коэффициентом объемного расширения

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta t}$$

- сжимаемость жидкости – свойство изменять объем под действием внешнего давления. Количественно оценивается коэффициентом объемного сжатия

$$\beta = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta p};$$

- модуль упругости жидкости

$$E = \frac{1}{\beta};$$

- вязкость – способность жидкости сопротивляться сдвигу ее слоев. Сила сопротивления сдвигу слоев жидкости определяется по формуле

$$T = \mu \frac{dV}{dy} \cdot S,$$

где μ – динамическая вязкость; $\frac{dV}{dy}$ – градиент скорости потока; S – площадь соприкосновения поверхностей.

Более распространено применение кинематической вязкости $\nu = \frac{\mu}{\rho}$.

Единица изменения кинематической вязкости - Ст = 1 см²/с или сСт = 0,01Ст. Например, минеральное масло Индустриальное И12А имеет вязкость $\nu=10 \div 14$ сСт, а масло марки И20А - $\nu=17 \div 23$ сСт.

- кавитация – явление в турбулентной жидкости, при котором образуются пузырьки воздуха, газа с пониженным давлением, которые разрушаются в области повышения давления. Пузырьки газа, разрываясь, разрушают поверхностный слой материала (трубопроводов, лопаток турбин и пр.), поэтому появление действия


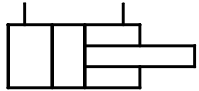
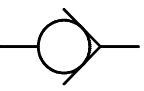

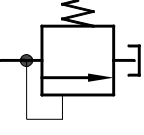
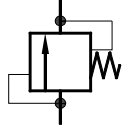
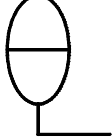
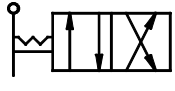
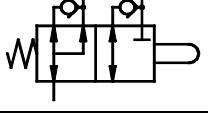
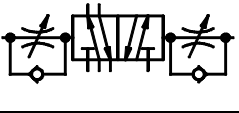
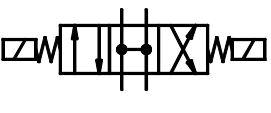

кавитации нежелательно. Турбулентным движением является течение жидкости с завихрениями. Спокойное течение жидкости является - ламинарный;

- температура вспышки масла – температура, при которой происходит загорание смеси паров жидкости с воздухом от внешнего источника;
- температура воспламенения – температура, при нагреве до которой происходит загорание жидкости от внешнего пламени;
- температура застывания – температура, при которой масло не выливается из пробирки диаметром 15-17 мм при наклоне на угол 45° в течение одной минуты.

1.3.3. Элементы гидропривода

Элементы гидропривода имеют условное обозначение, которое приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Условное изображение элементов гидропривода

Наименование элемента	Условное изображение	Наименование элемента	Условное изображение
Насос		Гидродвигатель линейного перемещения	
Обратный клапан		Дроссель регулируемый и нерегулируемый	
Предохранительный клапан с переливным золотником		Напорный золотник	
Гидроакумулятор		Кран управления	
Золотник с ручным управлением		Золотник с гидравлическим управлением	
Золотник с электрическим управлением		Бак	

Гидравлические приводы состоят из:

- насосов;
- контрольно регулирующей аппаратуры;
- распределительных устройств;
- гидродвигателей;
- вспомогательной аппаратуры и трубопроводов.

Насосы – это устройства для преобразования механической энергии в энергию жидкости. Применяют следующие разновидности насосов в гидравлических схемах станков: - шестеренные; - лопастные; - поршневые.

Шестеренный насос является нерегулируемым насосом, который не позволяет изменять производительность и расход жидкости. Состоит из двух шестерен, размещенных в герметичном корпусе (рис.1.57).

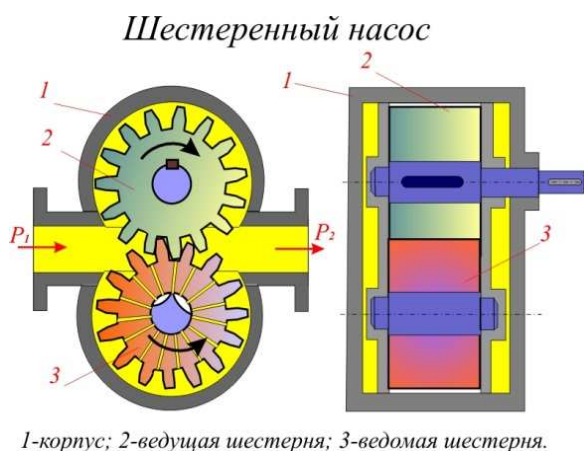


Рис. 1.57. Устройство шестеренного насоса

При работе вызывает пульсацию жидкости в трубопроводе и потому нашел большее применение в системах смазки и во вспомогательных магистралях. Он может служить гидродвигателем вращательного движения. В этом случае подача жидкости вызывает вращение шестерен.

Лопастные насосы применяются в механизмах подачи во вспомогательных движениях.



Рис.1.58. Устройство лопастного насоса

Состоят из корпуса и вращающегося ротора со вставленными в пазы лопастями (рис.1.58). Принцип работы основан на изменении объема камеры при нагнетании рабочей жидкости. При вращении ротора 2, лопасти (пластины) 3 прижимаются к внутренней стенке корпуса 1 от действия центробежной силы. В квадранте I и III происходит всасывание жидкости, а в секторе II и IV происходит нагнетание жидкости в гидросистему.

Радиально-поршневые насосы относятся к регулируемым насосом, в которых производительность может меняться при изменении эксцентриситета между ротором и статором. Состоят из вращающегося

ротора и неподвижного статора (корпуса насоса) (рис.1.59). В роторе имеются отверстия, в которые установлены поршеньки, перемещающиеся радиально. При вращении ротора поршеньки совершают возвратно-поступательное движение в радиальном направлении, осуществляя сначала всасывание жидкости, а затем нагнетание в напорную магистраль.



Рис. 1.59. Устройство аксиально-поршневого насоса

Данные насосы применяют в механизмах главного движения станков, где требуются большие тяговые усилия.

Аксиально-поршневой насос также является регулируемым насосом. Поршеньки в данном случае размещены в роторе аксиально (вдоль оси). Подпружиненные в отверстиях ротора поршеньки, прижимаются к наклонной шайбе (рис.1.60). При вращении ротора возвратно-поступательное движение поршеньков обеспечивает всасывание и нагнетание жидкости. Производительность насоса изменяется путем регулирования угла наклона шайбы.

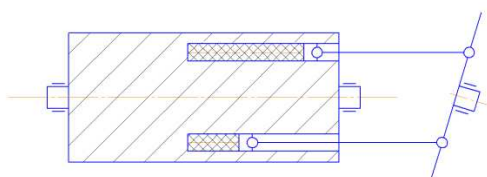


Рис.1.60. Схема действия аксиально-поршневого насоса

Гидродвигатели. Гидродвигатели вращательного движения являются обратимыми, то есть они могут служить как гидромоторами, так и насосами.

Гидромоторы могут быть роторно-зубчатыми, роторно-пластинчатыми и роторно-поршневыми. Из числа роторно-зубчатых наибольшее применение нашли гераторные гидромоторы, из роторно-пластинчатых – радиально-пластинчатые, а из роторно-поршневых – аксиально-поршневые.

Гидродвигатели вращательного движения используются в качестве устройств вращательного движения (рис.1.61а). Гидроцилиндры являются гидродвигателями поступательного движения (рис.1.61б).



Рис.1.61. Гидродвигатель вращательного и поступательного движения

Они могут быть (рис.1.62):

- симметричными (а),
- несимметричными (б),
- плунжерными (в).

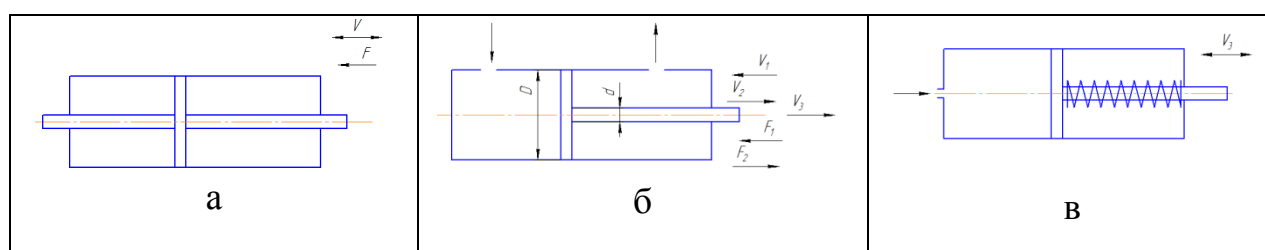


Рис.1.62. Схема гидроцилиндров

Гидроцилиндры могут быть одноштоковыми и двухштоковыми. Это позволяет получить различные скорости движения рабочего органа.

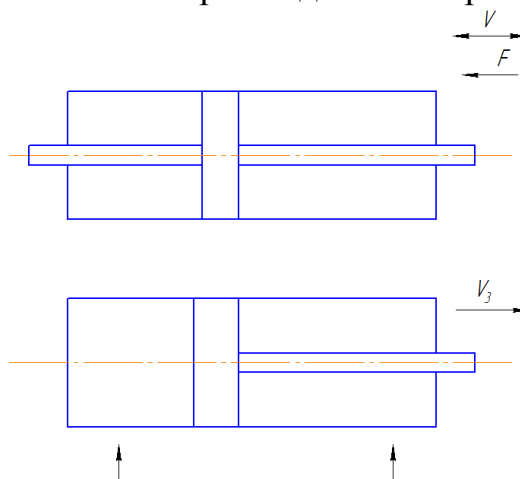


Рис.1.63. Двухштоковые и одноштоковые гидроцилиндры

Симметричные одноштоковые гидроцилиндры имеют одинаковую площадь с обеих сторон

$$S = \frac{d \cdot (D^2 - d^2)}{4} ?$$

Сила на штоке

$$F = \rho * S = \rho \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Скорость движения поршня влево и вправо можно рассчитать по формуле

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\rho \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

Несимметричные гидроцилиндры имеют различные площади сечения в штоковой и бесштоковой полости, которые рассчитываются по формулам:

$$F_1 = \rho \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ и } F_2 = \rho \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Скорость движения поршня при подаче жидкости в левую и правую полость гидроцилиндра соответственно равна

$$V_1 = \frac{4Q}{\rho \cdot \pi \cdot D^2} \text{ и } V_2 = \frac{4Q}{\rho \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

Если обе полости несимметричного гидроцилиндра соединить вместе с магистралью, то поршень будет двигаться вправо со скоростью

$$V_3 = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2}$$

Например, если принять $d = 0.7 D$, то скорости движения поршня

$$V_2 = V_3 = 2V_1,$$

а сила на штоке соответственно равна $F_1 = 2F_2 = 2F_3$.

Существуют и другие разновидности гидроцилиндров.

Плунжерные гидроцилиндры (рис. 3.6в) более технологичны и дешевле, но тяговая сила - меньше. Суммирующие гидроцилиндры используют для суммирования движений или, наоборот – для получения разных скоростей (рис.1.64а). Мембранные гидроцилиндры позволяют получить большое тяговое усилие за счет большой площади мембраны (рис.1.64б). Мембрана гидроцилиндров выполняют из прорезиненной эластичной ткани. Телескопические гидроцилиндры (рис.1.64в) позволяют получить увеличенный ход поршня.

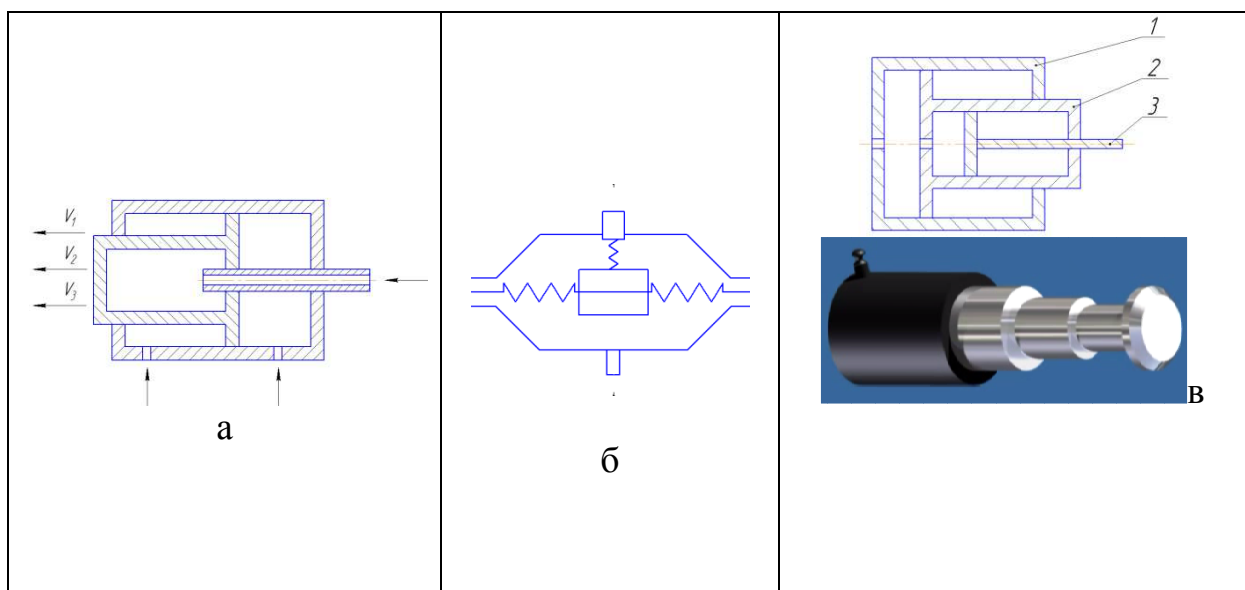


Рис.1.64. Схемы гидроцилиндров
а – суммирующий, б – мембранный, в – телескопический

Контрольно-регулирующая аппаратура применяется для:

- изменения скорости движения (дроссели и дроссели с редуционным клапаном);
- понижения давления и поддержания давления постоянным (предохранительный клапан с переменным золотником, редуционный клапан);
- защиты от перегрузки;
- изменения направления потока жидкости (предохранительным золотником, напорный золотник, обратный клапан);
- блокировки электрических цепей и управления при изменении давления в какой-либо части гидросистемы – реле давления.

Дроссели предназначены для изменения площади сечения прохода и, так образом, изменения скорости движения рабочего органа (рис.1.65). Дроссели могут быть: игольчатые (рис.1.65а,б), щелевые (рис.1.65б) и с винтовой щелью. Давление на входе и на выходе дросселя обозначены как p_1 и p_2 .

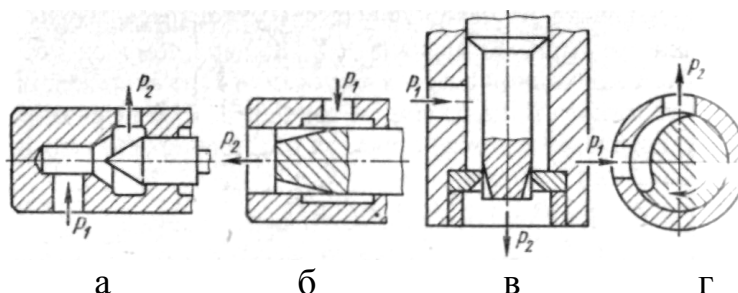


Рис.1.65. Схемы дросселей
а – игольчатый; б – щелевой; в –

Предохранительный клапан и напорный золотник применяют в гидроприводе с нерегулируемым насосом для поддержания постоянного давления.

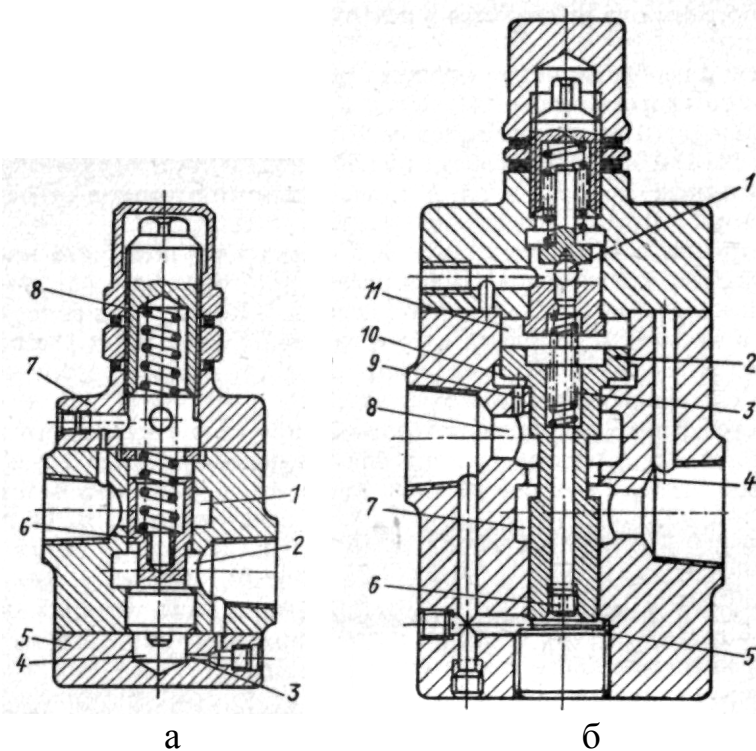


Рис.1.66. Напорный золотник (а) и редукционный клапан (б)

Напорный золотник предназначен для смещения золотника и пропуска рабочей жидкости на слив при образовании избыточного давления на трасе. После слива и выравнивания давления золотник запирает выпускное отверстие от действия пружины (рис.1.66а). Он устанавливается на входе или на выходе гидравлической схемы. Может быть использован в качестве предохранительного или переливного золотника, а также в качестве устройства для изменения направления потока жидкости. На клапан с одной стороны воздействует пружина 8, а с другой - давление рабочей жидкости, подводимое через кангалз в камеру 4. При повышении давления в системе клапан перемещается вверх и соединяет напорную камеру 2 со сливной 1. Канал 3 имеет небольшой диаметр и выполняет функцию демпфера, обеспечивая плавное возвращение клапана в исходное положение. Путем различной установки нижней 5 и верхней 7 крышек клапана возможны исполнения для осуществления различных функций клапана.

Редукционный клапан (рис.1.66б) предназначен для понижения давления на выходе аппарата и поддержания его на постоянном уровне. Рабочая жидкость переходит из камеры 7 в камеру 8 через шейку клапана 2. В зависимости от положения клапана изменяется кольцевое сечение проходного отверстия 4, обеспечивая перепад давления жидкости в камерах 7 и 8. При падении давления в выходной магистрали, связанной с камерой 8, клапан 2 под действие пружины 3 опускается вниз и шире открывает проходное отверстие 4. В результате этого давление в камерах 5, 8, 10 и 11 начинает повышаться, пока не сработает клапан 1. Клапан 2 под действие давления жидкости в камерах 8, 10, 5 переместиться вверх и

прикрывает отверстие 4. Таким образом, клапан 2 находится в непрерывном колебательном движении в пределах постоянного давления вне зависимости от расхода жидкости.

Обратный клапан предназначен для пропуска рабочей жидкости в одном направлении. При падении давления на входе клапан запирается от действия пружины. При повышении давления в канале А (рис.1.67) клапан открывается, сжав пружину, и жидкость проходит в канал Б. Канал В используется для изменения направления потока жидкости при повышенном давлении в канале Б.

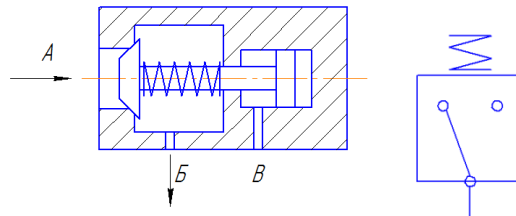


Рис.1.67. Схема обратного клапана и реле давления

Реле давления предназначен для подачи электрического сигнала управления при изменении давления в той или иной части гидросистемы. При изменении давления мембрана реле деформируется, смещая рычаг и переключая контакты микровыключателя.

Распределительная аппаратура предназначена для направления потока рабочей жидкости в различные участки гидросистемы от действия внешних сигналов. К аппаратуре относят:

- краны с ручным управлением;
- реверсивные золотники с механическим, гидравлическим и электрическим управлением.

Распределительная аппаратура делится:

- по числу позиций (двух- и трехпозиционные);
- по числу каналов (линий), по которым движется рабочая жидкость (трех-, четырехлинейные и пр.).

Золотник может быть:

- двухпозиционным трехлинейным - для односторонних гидродвигателей;

- трехпозиционным четырехлинейным- для одно- и двухсторонних гидродвигателей при наличии свободного прохода рабочей жидкости в среднее положение;

- двух- и трехпозиционным многолинейным - для управления разнохарактерными гидродвигателями.

Кран управления (рис.1.68) состоит из сквозной пробки 1 с отверстиями и пазами и корпуса 2. В зависимости от положения пробки достигается требуемое направление рабочей жидкости.

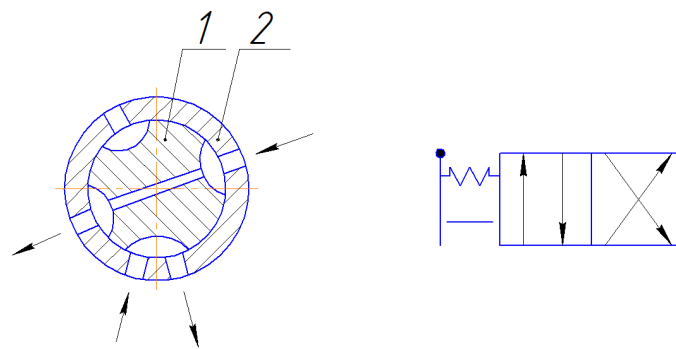


Рис.1.68. Схема крана управления условное изображение

Золотник с механическим путевым управлением (рис.1.69а). Плунжер золотника от действия пружины смещен вправо – рабочая жидкость движется на проток. При нажатии на плунжер упором плунжер смещается влево, сжимая пружину, и рабочая жидкость идет на слив.

Золотник с гидравлическим управлением (рис.1.69б). Рабочая жидкость подводится к торцам золотника для управления через обратный клапан и одновременно через регулируемый дроссель. Переключение золотника достигается подачей рабочей жидкости в левый (или правый) торец - плунжер переключается вправо, а из правого торца жидкость идет на слив через дроссель, так как обратный клапан заперт. Установка дросселей позволяет достигнуть плавное переключение плунжера.

Золотник с электромагнитным управлением (рис.1.69в). В примере изображен трехпозиционный четырехлинейный золотник с электромагнитным управлением. В среднем положении золотник удерживается пружинами. При включении электромагнита золотник переключается вправо или влево и изменяет направление потока жидкости.

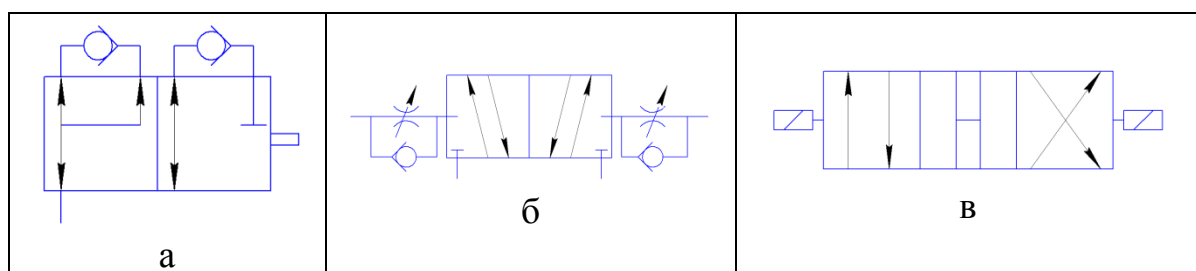


Рис.1.69. Условное изображение золотников

Гидроаккумуляторы - устройства для накопления гидравлической энергии и отдачи этой энергии в требуемый момент. Гидроаккумуляторы являются резервными источниками рабочей жидкости, которые выдают дополнительный поток жидкости. Кроме того, гидроаккумулятор гасит пульсацию давления, а в тормозных системах является аварийным источником энергии. Они бывают грузовыми, пружинными и газовыми с эластичной мембраной (рис.1.70).

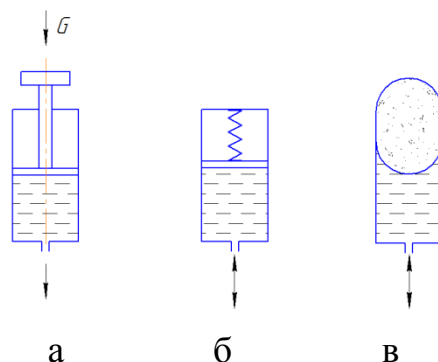


Рис.1.70. Схемы аккумуляторов
а – грузовой, б - пружинный, в – газовый

Вспомогательная аппаратура служит для очистки рабочей жидкости и улучшения свойств жидкости. Очистка жидкости осуществляется фильтрами от механических загрязнений. Степень очистки фильтра называется тонкостью. Фильтры с тонкостью очистки 0,1 мм и более являются фильтрами грубой очистки, с тонкостью 0,01-0,1 мм - нормальной очистки, 1-5 мкм - особо тонкой очистки. По данному признаку применяются следующие типы фильтров:

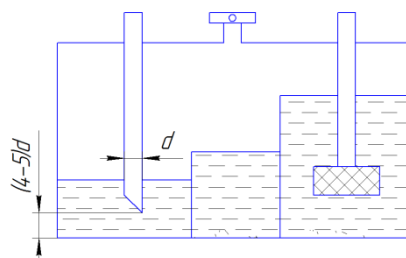
- сетчатые - с тонкостью очистки 40-160 мкм;
- пористые с тонкостью очистки 5-40 мкм (фильтровальные бумаги и ткани);
- пластинчатые для грубой очистки - 80-160 мкм;
- магнитные фильтры с постоянным магнитом - 5-10 мкм;
- центробежные -15-20 мкм;
- электростатические очистители.

В зависимости от места установки фильтры могут быть (рисунок):

- всасывающими;
- напорными;
- сливными.

Всасывающие фильтры устанавливаются перед насосом и служат для грубой очистки. Напорные устанавливаются после насоса – это фильтры нормальной и тонкой очистки, сливные - устанавливаются в сливной магистрали перед баком.

Гидравлический бак является резервуаром для накопления рабочей жидкости. В баке рабочая жидкость может перемешиваться, что может увеличить загрязненность масла. Для устранения данного недостатка в баке выполняют перегородки на отдельные отсеки (рис.1.71).



Трубопроводы могут быть:

- жесткими (металлические трубопроводы);
- гибкими (резиновые шланги).

Шланги выполняются многослойными, состоящими из слоя резины, металлической оплетки и резинового защитного слоя снаружи. Они должны выдерживать рабочую температуру жидкости, достигающую 135°C и давление 20-30 МПа. Соединение трубопроводов производят резьбой или фланцевой арматурой. К резьбовой арматуре относятся штуцера с конической резьбой. Соединения к штуцерам производится с помощью гайки (рисунки).

Примеры гидравлических схем. На рис.1.72 представлены простые примеры гидравлических схем станков.

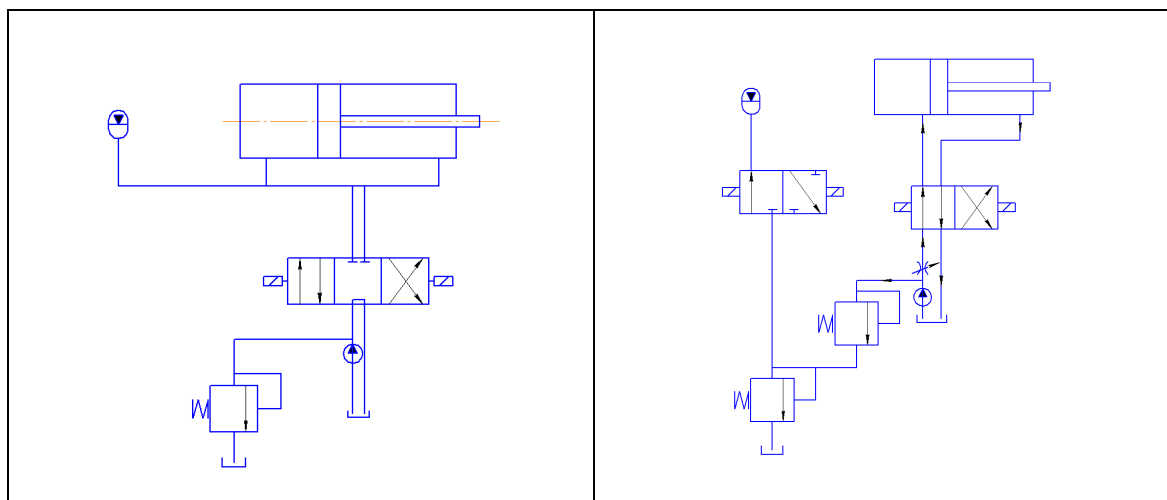


Рис.1.72. Гидравлическая схема

1.3.4. Регулирование скорости движения гидродвигателей

Регулирование скорости движения исполнительного органа осуществляется двумя методами:

- регулированием объема гидромашин (объемный способ);
- изменением сопротивления трубопроводов дросселями (дроссельный способ).

Объемное регулирование скорости применяется в машинах, станках, работающих при больших давлениях.

Изменение объем рабочей камеры насоса или гидромотора достигается либо соответствующим изменением эксцентриситета оси ротора относительно статора (в пластинчатых и радиально-поршневых гидромоторах), либо изменением угла наклона планшайбы (в аксиально-поршневых гидромоторах). Масло от основного насоса 1 (рис.1.73) циркулирует через гидромотор 3. Регулирование скорости вращения достигается изменением подачи масла. В случае превышения давления в напорной магистрали масло течет через предохранительный клапан. Насос

2 служит для подпитки основной линии в случае падения давления в трассе.

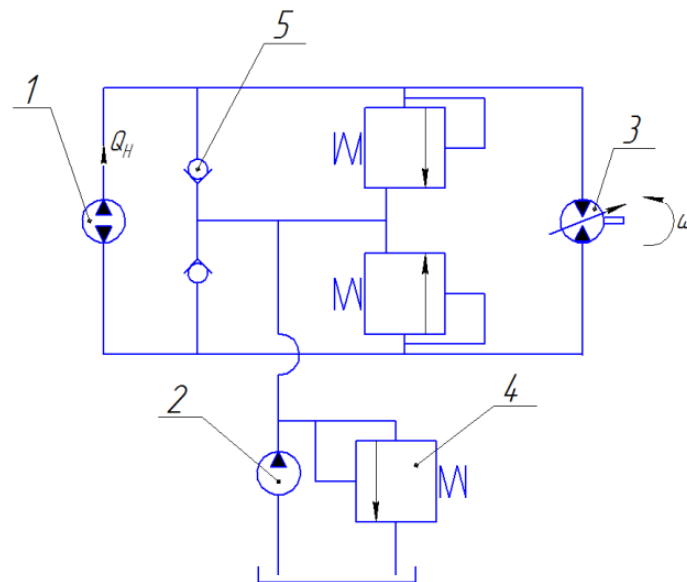


Рис.1.73. Гидравлическая схема объемного регулирования скорости
1 – основной насос с регулируемой подачей; 2 – вспомогательный нерегулируемый насос; 3 – регулируемый гидромотор; 4 – предохранительный клапан; 5 – обратный клапан

Дроссельные регулирование скорости.

Различают три способа установки дросселя в гидросхемах:

- последовательное;
- параллельное;
- смешанное.

При последовательном регулировании дроссель может быть установлен либо «на входе» перед гидродвигателем, либо «на выходе» после гидродвигателя. При параллельном регулировании дроссель устанавливается параллельно гидродвигателю, т.е. на ответвлении. При смешанном регулировании применяют два дросселя, которые устанавливают параллельно гидродвигателю, а также «на входе» или «а выходе».

Последовательное включение дросселя «на входе».

Давление перед дросселем P_n – является постоянным. Оно устанавливается регулированием предохранительного клапана. Давление за дросселем P – зависит от силы реакции F . Давление на сливе – P_c . Этим давлением можно пренебречь, так как оно мало и зависит от сопротивления в трубопроводе.

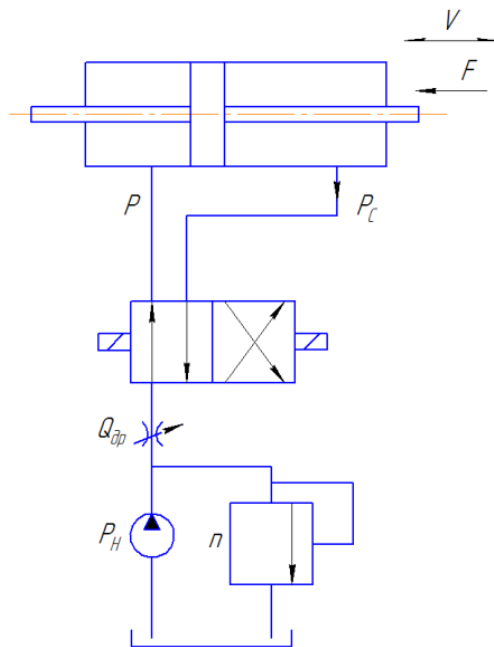


Рис.1.74. Дроссельное регулирование «на входе»

Последовательное включение дросселя «на выходе».

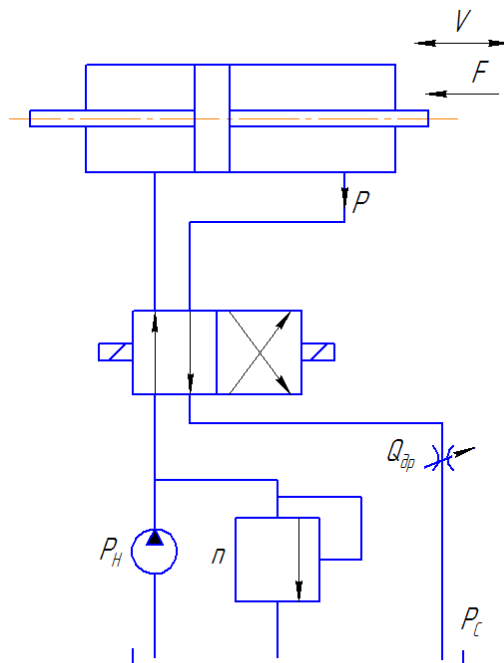


Рис.1.75. Схема с дроссельным регулированием

С точки зрения статики обе схемы «на входе» и «на выходе» равнозначны. Но с точки зрения динамики вторая схема предпочтительнее, ввиду того, что при быстроменяющихся нагрузках по величине и направлению, частоты собственных колебаний выше, чем в первой схеме. Гидроцилиндр преодолевает не только нагрузку F , но и силу противодействия pS .

Обе схемы отличаются повышенным тепловыделением на дросселе и в предохранительном клапане.

Параллельное включение дросселя.

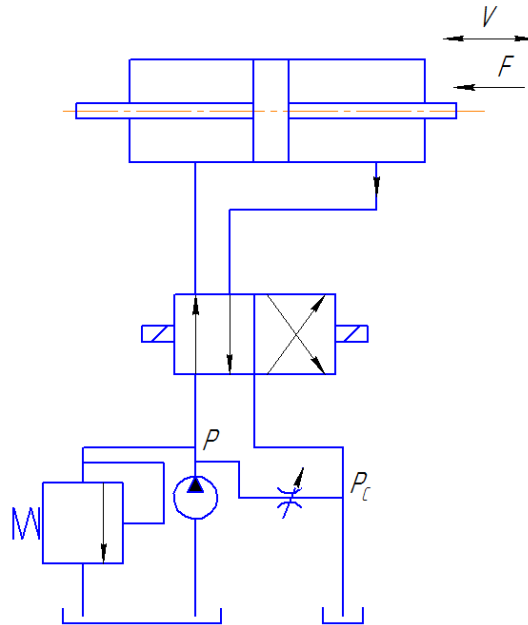


Рис.1.76. Схема с параллельным включением дросселя

В данной схеме предохранительный клапан выполняет функцию предохранения от перегрузок, так как давление в напорной линии P зависит от нагрузки F и силы трения $F_{тр}$. Изменение площади сечения дросселя ведет к изменению расхода $Q_{др}$ дросселя. В результате этого увеличивается площадь сечения дросселя и уменьшается скорость V . Данный способ регулирования чувствителен к изменениям нагрузки F на исполнительный орган. Это связано с тем, что с изменением F изменяется P и вследствие этого изменяется поток Q дросселя. Данный метод более благоприятен по условиям теплового режима, так как масло на слив направляется сразу через дроссель.

Смешанная схема.

Данный способ называется дроссельно-дифференциальной схемой регулирования скорости. Он применяется только для дифференциальных гидродвигателей, так как к напорной магистрали подключаются одновременно обе полости гидроцилиндра. Регулирование скорости производится двумя дросселями, поэтому в схеме отсутствуют реверсивные распределители и золотники.

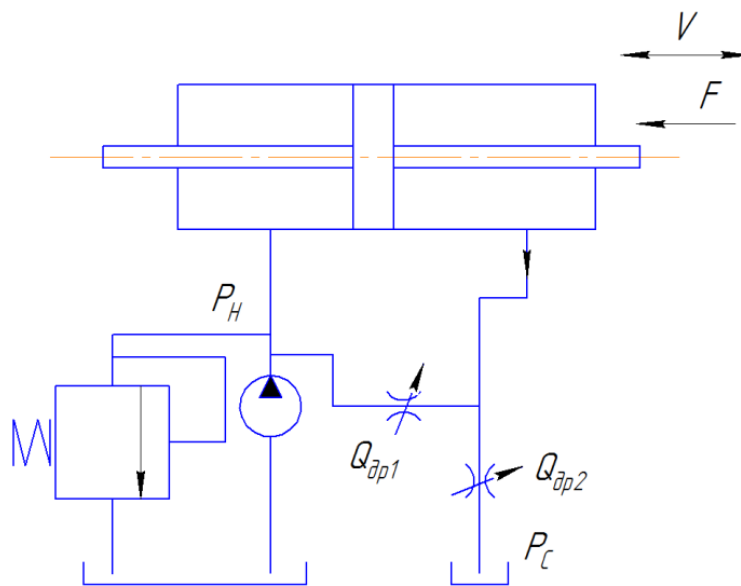


Рис. 1.76. Дроссельно-дифференциальная схема

Наличие двух дросселей повышает давление в напорной линии до значения открывающего предохранительный клапан. Поэтому в напорной магистрали поддерживается постоянное давление. Схема позволяет реверсировать движение поршня открытием дросселей Др1 и Др2. Поэтому в схеме нет линейного гидрораспределителя, как ненужного. Данная схема применяется в гидравлических следящих системах, где используется автоматическое управление регулированием этих дросселей.

Сравнительная оценка способов регулирования.

- объемное регулирование целесообразно применять в машинах с большой мощностью до 5-10 кВт (протяжные станки, прессы);
- дроссельное регулирование используется в маломощных приводах;
- дроссельное «параллельное» регулирование применяется в системах, где нагрузки на гидродвигатели невелики и постоянны (шлифовальные станки);
- дроссельное регулирование «на входе» используется в приводах с постоянными по направлению нагрузками;
- дроссельное регулирование «на выходе» целесообразно в приводах со знакопеременной нагрузкой;
- дроссельно-дифференциальное регулирование используется в станках с дифференциальными приводами (копировальные станки).

1.3.5. Гидравлические приводы автоматического регулирования

На рис.1.77 представлена гидравлическая схема копировального станка со следящей системой. При включении станка суппорт станка получает задающую продольную подачу при подаче жидкости в гидроцилиндр 7, в результате чего резец 6 вместе со следящей системой перемещается влево со скоростью подачи V_2 . При этом происходит перемещение шупа вверх по профилю копира 1 (программоносителя), что вызывает перемещение плунжера 3 вверх и изменение зазоров h_1 и h_2 . Это в свою очередь

вызывает изменение давления в полостях гидроцилиндра 4, образуя перепад давления:

$$\Delta P = P_1 - P_2.$$

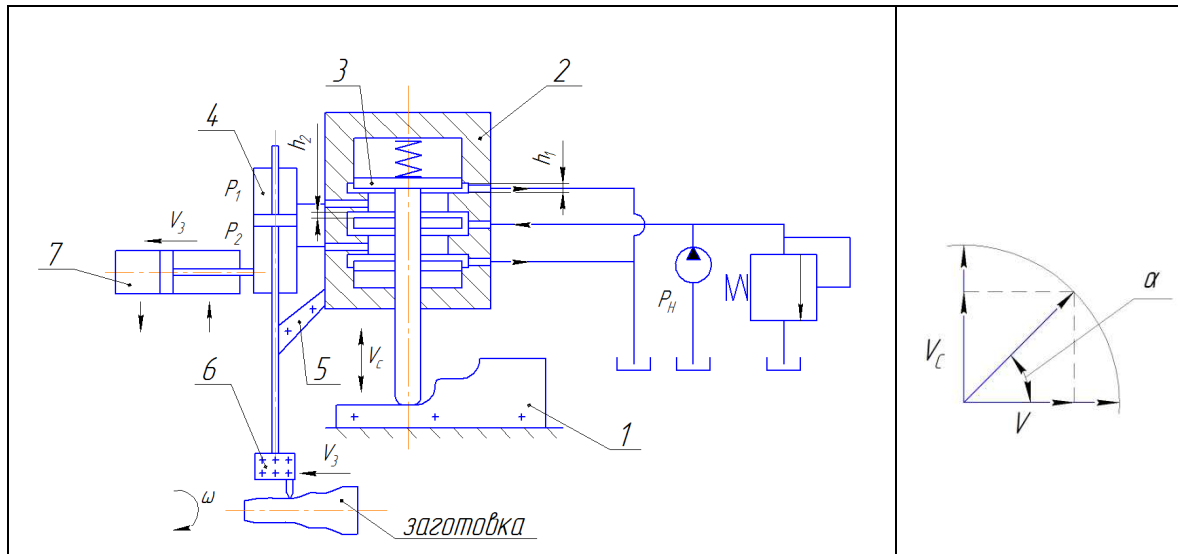


Рис.1.77. Гидравлическая схема копирующего станка

1 – копир; 2 – гидравлический усилитель; 3 – плунжер распределителя; 4 – гидроцилиндр поперечной подачи; 5 – тяга (жесткая связь); 6 – резцедержатель; 7 – гидроцилиндр продольной подачи

В результате этого шток гидроцилиндра перемещается вверх вместе с резцом 6. При этом одновременно с ним жесткая связь 5 перемещает корпус распределителя 2 на такую же величину, выравнивая давление P_1 и P_2 . Таким образом, импульсный сигнал, поданный от щупа, воспроизводится резцом, после чего сигнал аннулируется. При дальнейшем движении следящей системы влево, щуп получает новое перемещение и цикл повторяется.

Данная гидравлическая система обеспечивает постоянство величин подачи (рис.3.24)

$$V_k = V + V_c.$$

Если $V_c = 0$, то $V = V_2 = V_k$ а при $V_c = V_k$ скорость $V = 0$.

1.4. Пневмопривод станков

1.4.1. Назначение пневмоприводов

Пневмопривод – совокупность устройств, передающих движение рабочему органу посредством энергии сжатого воздуха. Рабочей средой пневмоприводов является очищенный сжатый воздух под давлением 2-6 МПа.

Пневмопривод состоит из:

- аппаратуры подготовки воздуха;
- пневмодвигателя;
- аппаратуры управления;
- предохранительных устройств;
- трубопроводов.

Пневмопривод применяют для автоматизации и механизации операции, в частности: для автоматической загрузки и закрепления заготовки, включения и выключения рабочего движения, автоматизации вспомогательных операций и пр. Пневмопривод применяют также в аэростатических направляющих и подшипниках, для решения логических задач.

Пневмопривод относится к системе с дроссельным регулированием. Наибольшее применение они нашли в оборудовании с поступательным движением рабочих органов.

Достоинства пневмосистем:

- надежность;
- быстрдействие по сравнению с гидроприводом;
- простота конструкции и экономичность;
- пожарная безопасность;
- экологичность.

Недостатки:

- низкий КПД из-за утечек воздуха;
- меньшее быстрдействие по сравнению с электроприводом;
- рывки и удары из-за сжимаемости воздуха;
- необходимость смазочной системы;
- шум при выбросе воздуха в атмосферу;
- меньшая мощность в сравнении с гидроприводом.

Состояние воздуха описывается уравнением Клайпейрона-Менделеева

$$PV_y = RT \text{ или } P = \rho RT,$$

где P - удельное давление, V_y – объем воздуха, R – газовая постоянная, T – температура.

Согласно данному закону изменение одного из параметров сопровождается одновременным изменением остальных параметров. Возможны следующие случаи, когда один из этих параметров изменяется в меньшей степени.

- удельный объем постоянен - изохорический процесс, при котором $P/T = \text{const}$;

- температура постоянна - изотермический процесс, при котором $PV=const$;
- давление постоянно - изобарический процесс, при котором $V/T=const$;
- адиабатический процесс, когда $PV^k = const$. Такой случай возникает при отсутствии обмена энергии между потоком воздуха и внешней средой.

1.4.2. Устройство пневмоприводов

Пневмоприводы состоят из:

- источников энергии рабочего газа (компрессора, пневмоаккумулятора, пневмомагистрали и газогенератора);
- пневмоаппаратуры (маслораспределители, влагоотделители, редукционные клапаны, кондиционеры рабочего газа, пневмоёмкости);
- пневмолинии (металлические и неметаллические трубопроводы и шланги);
- средства измерения (манометры, термометры и пр.).

Компрессор преобразует механическую энергию в энергию сжатого воздуха. В качестве компрессоров в основном применяют поршневые компрессоры, которые характеризуются давлением сжатого воздуха на выходе (МПа, атм.) и производительностью (m^3/c).

Пневмодвигатель преобразует энергию сжатого воздуха - в механическую.

Пневмоаппаратура изменяет или поддерживает заданное давление или расход воздуха, производит пуск, перекрывает поток газа, изменяет направление воздуха.

Сливных линий в пневмоприводе нет, поэтому газ (воздух) выпускают в атмосферу.

Пневмоёмкости (*ресиверы*), *пневмоаккумуляторы* содержат рабочий газ для использования в работе пневмосистем. Ресивер – резервуар, аккумулятор сжатого воздуха для его хранения. Если расход воздуха в системе меньше производительности компрессора, то компрессор периодически выключается, а система работает от накопленного воздуха в ресивере. Кроме того ресиверы уменьшают пульсацию давления и частично выделяют влагу из воздуха.

Маслораспределитель – насыщает сжатый воздух масляным туманом, он подобен пульверизатору. Состоит из стакана с маслом и распределительного устройства с дросселем. При распылении масла вместе с потока сжатого воздуха в пневмосистему поступают мельчайшие частицы масла.

Фильтр-влагоотделитель, предназначен для отделения твердых частиц размером от 50 мкм и более, а также компрессорного масла, находящегося в сжатом воздухе. Состоит из стеклянного стакана и конического фильтра с крыльчаткой. На дне стакана имеется кран для периодического удаления конденсата воды. При подаче воздуха вращается крыльчатка, через

которую пропускают воздух. Мелкие частицы и влага под действием центробежной силы, отбрасывается на стенки стакана, и стекают вниз на дно, откуда затем они удаляются.

Для сушки воздуха от влаги, которая образуется при сжатии воздуха, используются *кондиционеры* или устройства, в которых используются такие свойства как абсорбция и адсорбция. Адсорбция – поглощение влаги специальным веществом, которое само не разлагается (силикагель). При абсорбции применяется абсорбент, который взаимодействуя с водяными парами разлагается.

Регулятор давления поддерживает требуемое пониженное давление в системе. Состоит из корпуса с крышкой, в которой винт, с пружиной действуя на мембрану сверху, перемещает толкатель и дроссельный клапан. Выходное давление, действующее на мембрану снизу, уравнивается усилием пружины. При пониженном давлении мембрана отжимает дроссельный клапан, увеличивается проход воздуха и тем самым расход и давление. При увеличении давления происходит обратное действие.

К *распределительной аппаратуре* пневмоприводов относятся – обратные пневмоклапаны, клапаны быстрого выхлопа, пневмораспределители.

Обратные клапаны пропускают воздух в одну сторону. Они состоят из корпуса и затвора, поджимаемого к седлу пружины.

Клапан быстрого выхлопа предназначен для быстрого действия пневмопривода за счет усиления сопротивления вей пневмосети. Содержит (рис.1.78) уплотнительный элемент, закрывающий канал В при подаче воздуха в канал А. Воздух из канала А поступает в канал Б и в пневмоцилиндр. Это будет происходить, если включить распределитель в позицию 2. Если включить распределитель в позицию 1, канал закрыт обратным клапаном, а воздух из пневмоцилиндра поступает в канал Б, минуя распределитель и выходит в атмосферу.

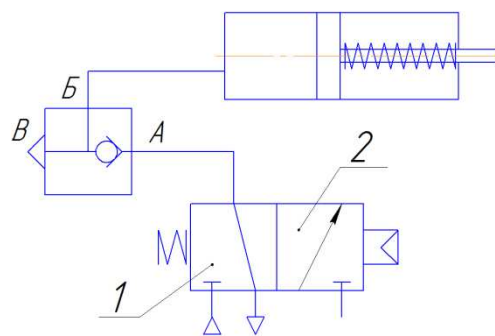


Рис.1.78. Схема действия клапана быстрого действия

Пневматические распределители обеспечивают подачу воздуха по необходимым трубопроводам. Они бывают плунжерного, плоского и клапанного типа.

Регулирующая аппаратура – аппаратура для регулирования сжатого воздуха и его потока. К ней относятся:

- редуцирующие клапаны;

- предохранительные клапаны давления;
- пневмодроссели.

Редукционные клапаны давления обеспечивают подвод сжатого воздуха к пневмоцилиндрам с пониженным и стабилизированным давлением. Конструкция клапана содержит клапанный затвор, поддерживаемый пружинами. При подаче воздуха в клапан затвор смещается, открывая цепь, сечение которой соответствует этому давлению.

Предохранительные клапаны – предохраняют пневмопривод от перегрузок. Он относится к клапанам прямого действия. При повышении давления в пневмосистеме клапан отжимает пружину, увеличивая проходное сечение. В результате его воздух стравливается в атмосферу и давление падает.

Пневмодроссель – предназначен для регулирования скорости движения пневмодвигателя. Принцип действия аналогичен принципу действия дроссельных пневмосистем.

Пневмодвигатели могут быть:

- прямолинейного движения;
- поворотного действия с углом менее 360° ;
- вращательного движения.

Пневмоцилиндры по конструкции подобны гидроцилиндрам. Отличительная особенность заключается в необходимости смазывании трущихся пар с помощью сальниковых войлочных колец, пропитанных смазкой.

Пневмомоторы служат для получения вращения ротора. Они бывают пластинчатые, поршневые, поворотные, шестерные и центробежные. Пластинчатые применяются в ручных дрелях и шлифмашинах. Скорость регулируется изменением потока сжатого воздуха с помощью дросселя. Мембранные пневмоцилиндры применяются при небольшом ходе рабочего движения и небольшом давлении менее 1 МПа. Аналогичные характеристики и у сильфонных пневмоцилиндров.

Контрольно-измерительная аппаратура - это устройства для измерения давления и расхода воздуха, а также для получения информации об измеряемых параметрах пневмопривода. К их числу относятся манометры, расходомеры, датчики давления, реле давления, реле времени, реле температуры, индикаторы давления.

Типовая схема пневмопривода представлена на рис.1.79.

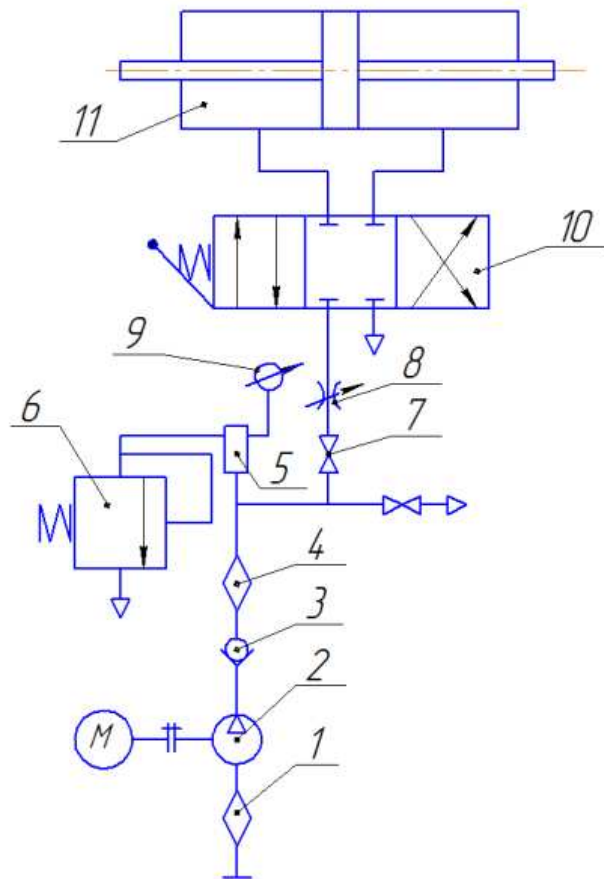


Рис.1.79. Принципиальная схема пневмопривода

1 – фильтр; 2 – компрессор; 3 – обратный клапан; 4 – маслораспылитель; 5 – ресивер; 6 – предохранительный клапан; 7 – вентиль; 8 – регулирующий дроссель; 9 – манометр; 10 – пневмораспределитель с ручным управлением; 11 – пневмоцилиндр

1.5. Эксплуатация станков

1.5.1. Транспортирование и установка станков

Транспортирование станков с завода-изготовителя осуществляется в законсервированном и упакованном виде. Консервация станков производится для защиты станков от атмосферной коррозии при транспортировании и хранении. Упаковка станков весом до 500 кг производится в дощатые неразборные ящики, а станков весом более 500 кг – в дощатые разборные или неразборные ящики.

Способ транспортирования станков указывается в схеме транспортирования в паспорте станка. В схемах показывается место захвата, способ обхвата ящика тросами или грузозахватным устройством.

Существуют следующие способы обхвата груза (рис.1.80):

- а) «в люльку»;
- б) на «удав»;
- в) за грузоподъемные элементы станка.

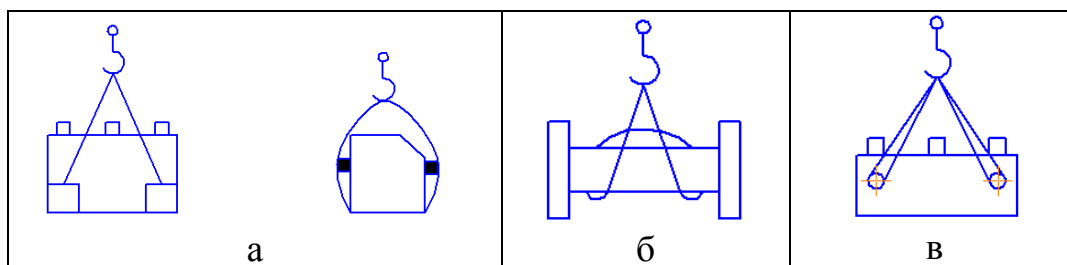


Рис.1.80. Схемы способов захвата грузов

В качестве грузозахватного устройства применяются следующие виды строп:

- грузовые;
- канатные;
- цепные.

Все элементы и звенья этих устройств, в частности сечение каната, звенья цепи, стропы крюков, рым-болтов, грузоподъемных цапф, должны быть рассчитаны на величину их разрывного усилия по формуле

$$P \leq k \cdot S,$$

где k – коэффициент запаса прочности, S – наибольшее натяжение ветвей, рассчитываемое по формуле

$$S = \frac{Q}{n} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}.$$

Способ транспортирования внутри помещений выбирают в зависимости от веса груза: грузовым транспортом, автокаром, тележкой для перевозки грузов или краном.

Если в помещении отсутствуют грузоподъемные устройств, то транспортирование станков производят на катках или грузоподъемными тележками. Настольные станки малой массы переносятся вручную.

Установка станков производится в соответствии с планировкой участка (цеха) с соблюдением требований техники безопасности и противопожарных условий эксплуатации, а также с соблюдением норм использования производственных площадей. Удельные нормы производственной площади составляют для:

- малых станков: от 5 до 9 м²;
- средних – 10-16 м²;
- крупных – 18-60 м².

Установку станков в помещении производят:

- при малых массах - на бетонную плиту пола без закрепления, с закреплением болтами, закреплением подливкой;
- при больших массах точных станков, а также работающих с ударной нагрузкой - на отдельных фундаментах.

При работе небольших станков без ударных нагрузок опорная площадь фундамента рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{Q}{[p]}$$

где [p] – допустимое удельное давление фундамента в зависимости от категории груза (1,5÷60 кГс/см²)

Перед закреплением станков производят выверку по уровню в двух перпендикулярных направлениях. Заливку производят цементным раствором марки 75-100. Фундаментные болты устанавливают и закрепляют непосредственно в бетонный пол или тело фундамента (рисунок). Для виброизоляции станков от влияния внешних колебаний их устанавливают на резинометаллические виброопоры, которые защищают от действия колебаний частотой 5÷25 Гц.

Эксплуатация станков включает в себя совокупность мер по:

- настройке и наладке станков,
- контроль геометрической и технологической точности,
- уход и обслуживание.

Наладку и настройку станков производят согласно руководству по эксплуатации. *Наладка* – действие по подготовке и регулированию станка, настройки кинематических цепей, установки и регулированию инструментов и приспособлений. *Настройка* – это регулирование параметров станка при изменении режимов резания. При нарушении настройки станка производится подналадка.

На универсальных станках наладку производят перед, или во время обработки рукоятками скорости подачи или глубины резания. На специальных станках – наладку производят путем переустановки сменных колес в цепях.

Геометрическая точность станка проверяется согласно паспорту станка. Полученные результаты сравниваются по нормам. Проверку на технологическую точность производят для специальных и специализированных станков. Для этой цели обрабатывают партию деталей, измеряют их точность и анализируют методами математической статистики.

Уход и обслуживание станков включают в себя:

- чистку и смазку;
- осмотр и контроль механизмов;
- уход за гидросистемой и системой СОЖ;
- регулировку и устранение неисправностей.

1.5.2. Паспортизация станков

Паспорт является техническим документом станка. Он оформляется в соответствии с ГОСТом. Паспорт станка содержит следующие разделы:

1. общие сведения;
2. основные технические характеристики станка;
3. комплектность поставки;
4. схема консервации;
5. схема упаковки и транспортирования;
6. схема установки;
7. схема органов управления;
8. схема смазки;
9. кинематическая, гидравлическая, электрическая схема;
10. схема расположения подшипников;
11. порядок подготовки к работе;
12. указание мер безопасности;
13. сведения о планово-предупредительном ремонте (ППР);
14. нормы точности;
15. сведения о приемке;
16. гарантийные обязательства;
17. спецификация и чертежи быстро изнашиваемых деталей.

Раздел «Общие сведения» включает в себя следующие данные станка:

- тип и модель станка;
- шифр станка;
- завод изготовитель и его местонахождение;
- заводской номер;
- год выпуска.

«Основные технические характеристики» должны отражать следующие данные:

- назначение станка;
- предельные размеры обрабатываемых деталей;
- размеры перемещения рабочих органов;
- пределы скоростей и подач;
- мощность привода;
- характеристика электропитания (род тока - постоянный или переменный);
- давление воздуха в пневмосистеме;
- габаритные размеры;
- масса.

В данном разделе может быть приведена фотография или чертеж общего вида станка.

«Комплектность поставки» поясняет состав и количество принадлежностей и приспособлений.

«Схема консервации» указывает:

- дату консервации;
- условия хранения;
- вид и размеры грузозахватных устройств;
- способ транспортирования;
- масса нетто, брутто.

«Схема установки» поясняет:

- планировку;
- размеры рабочего места;
- зону предельных габаритных размеров;
- место подвода электропитания и пневмопитания.

«Схема органов управления» включает в себя:

- схему расположения органов управления;
- перечисление органов управления;
- крайние положения органов управления.

«Схема смазки станка» поясняет:

- вид системы смазки;
- места смазки;
- периодичность смазки;
- вид смазочных материалов;
- места слива смазки.

Раздел «Кинематическая, гидравлическая, пневматическая и электрическая схемы» включают:

- условные обозначения;
- схемы;
- спецификации.

«Подготовка к работе» дает описание:

- способов и средств закрепления заготовок;
- очередность включения;
- основные правила и приемы проведения работ.

«Нормы точности» дают описание:

- нормативных значений геометрической точности;
- схему, средства и методы контроля норм точности;
- порядок проведения и сроки проведения среднего и капитального ремонта станка.

1.5.3 Модернизация станков

Модернизация станков осуществляется с целью:

1. расширения или изменения технологических возможностей станка;
2. возможности использования новых инструментов;

3. изменения основного назначения универсального оборудования;
4. повышения точности;
5. повышения долговечности;
6. механизации и автоматизации технологического процесса.

Эти цели могут быть достигнуты различными методами, путем:

- изменения кинематической схемы приводов;
- установки многопозиционных приспособлений;
- применения приспособлений для группового закрепления деталей;
- сообщения инструменту дополнительного движения подачи;
- изменения приводов, заменой переменного на постоянный ток и т.д.

Экономическая целесообразность модернизации станков оценивается по формуле:

$$\mathcal{E} = (C - C_M - E_M \cdot K_H) \cdot N_M,$$

где C , C_M – себестоимость единицы продукции до и после модернизации станка; $E_M = 0,1-0,15$ – нормируемый коэффициент экономической эффективности; K_H – удельные затраты на модернизацию

$$K_H = \frac{R}{N_M}$$

Здесь R – прямые затраты на модернизацию, N_M - годовой объем выпуска, шт.

1.5.4. Испытание станков

Испытания завершают процесс изготовления станков. Испытания могут быть:

1. приемочными - для опытных образцов новых моделей;
2. приемо-сдаточными - для серийно выпускаемых моделей.

Приемочные испытания проводят для оценки целесообразности дальнейшего выпуска в серию данной модели или передачи ее в эксплуатацию. Испытания проводят в лабораторных условиях. Результаты испытаний предъявляют государственной приемочной комиссии. Приемо-сдаточные испытания выполняются контролерами ОТК завода в цеховых условиях для проверки работоспособности станка и его соответствия ТУ. Эти испытания состоят из трех групп проверок:

1. в статическом состоянии;
2. на холостом ходу;
3. при работе станка.

Проверка станка в статическом состоянии включает в себя:

- проверку соответствия нормам точности;
- проверку статической жесткости.

Проверку точности производят после обкатки станка. Объем испытания установлен ГОСТом и включает в себя:

- проверку точности геометрических форм базирующих поверхностей (прямолинейность, плоскостность, овальность, конусность);
- проверку взаимного расположения этих поверхностей (параллельность оси шпинделя направляющим, перпендикулярность оси шпинделя столу);
- проверку формы траектории движения исполнительного органа станка (кинематическая точность);
- проверку координатных перемещений (линейных и угловых).

Данный вид испытания производят без внешней нагрузки.

Точность станков регламентируется ГОСТом. Как правило, они установлены для:

- радиального и осевого биения центрального пояса шпинделя;
- совпадения переднего и заднего центров;
- перпендикулярности оси шпинделя поверхности стола;
- параллельности или перпендикулярности перемещения стола оси шпинделя;
- прямолинейность направляющих;
- параллельности перемещения суппорта оси шпинделя;
- параллельности направляющих между собой.

Проверка статической жесткости дает оценку точности станка при действии нагрузки. Испытания проводят, идентифицируя условия работы станка. Направление и величина статических сил должна соответствовать силам резания. Перемещения, вызванные этими силами, измеряют

индикаторами с точностью до 10 мкм. Статическую нагрузку создают тарированным динамометром (домкратом).

Проверка станка на холостом ходу включает:

1) проверку правильности всех механизмов и систем (проверка электрооборудования, системы смазки и охлаждения, системы управления скоростью работы главного привода, механизмов подачи). Главный привод проверяют на всех частотах вращения, причем на максимальной скорости доводят до стабилизации температуры шпинделей подшипников;

2) проверка на шум. Уровень шума станков регламентирован. Проверка производится шумометром. Для станков с частотой шумов до 350 Гц допустимый уровень шума составляет - менее 90 дБ, при частоте больше 4 кГц допустимый уровень - до 75 дБ;

3) испытание на мощность холостого хода, которая характеризует потери мощности на трение и правильность сборки. Испытания проводят на минимальных, средних и максимальных частотах вращения. Измерения проводятся с помощью ваттметра. Строится график зависимости мощности холостого хода от частоты вращения шпинделя $N_{xx} = f(n)$.

Проверка станка при его работе включает проверку работоспособности станка при максимальных режимах резания. Оценивается внешний вид обрабатываемой поверхности, которая должна быть без следов вибрации и проверяется работоспособность всех механизмов под нагрузкой на безотказность.

Часть II. Обзор конструкций станков

2.1. Станки для обработки резанием

2.1.1. Станки токарной группы

Токарные станки делятся на универсальные и специализированные. Универсальные станки предназначены для выполнения разнообразных операций точения, растачивания, отрезки, обработки отверстий концевыми инструментами, нарезания резьбы. На специализированных станках выполняют более узкий круг операций. Универсальные станки делятся на токарно-винторезные и токарные. На токарных станках выполняют операции нарезания резьбы.

Структурная схема токарно-винторезного станка включает две кинематические цепи: главного движения и цепь подачи.

Токарно-винторезный станок 16К20 содержит станину, коробку скоростей, коробку подач, заднюю бабку, суппорт, салазки и резцедержатель.

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для обработки прутков или штучных деталей. Содержат вместо задней бабки и ходового винта продольный суппорт с револьверной головкой. Револьверная головка может поворачиваться вокруг оси. Поперечные суппорты служат для точения канавок, отрезки прутка, снятия фасок. На продольном суппорте закрепляют резцы для продольного точения, а также концевые инструменты и резьбообрабатывающий инструмент.

2.1.2. Сверлильные станки

Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий, рассверливания, зенкерования, развертывания, растачивания и нарезания резьбы.

Главным движением при обработке является вращение сверла, движение подачи – подача заготовки или сверла.

Сверлильные станки делятся на: вертикально-сверлильные, настольные. Радиально-сверлильные, центральные и многошпиндельные. Они классифицируются также:

- по типоразмеру: отверстий малого диаметра, рядовых отверстий и крупных;
- по компоновки станков: вертикальные, радиальные, горизонтальные и настольно-сверлильные;
- по конструктивным особенностям: универсальные, специальные и специализированные;

Сверление в металле производят спиральными, трубчатыми и прочими сверлами. Сверление и рассверливание в камне отверстий диаметром от 2

до 200 мм производят трубчатыми сверлами, оснащенными алмазной кольцевой коронкой.

3.1.3. Фрезерные станки

Фрезерные станки предназначены для обработки плоских и фасонных поверхностей, порезки канавок, обработки зубьев зубчатых колес и пр. Фрезерные станки делятся на универсальные (общего назначения) и специализированные. К универсальным относятся горизонтально- и вертикально-фрезерные станки, продольно фрезерные, консольные и бесконсольные. К специализированным относятся – шпоночно-фрезерные, копировально-фрезерные и пр.

Главным движением является вращение инструмента. Движение подачи обеспечивается перемещением заготовки или инструмента по одной или двум координатам.

2.2. Станки-автоматы

2.2.1. Системы управления станков-автоматов

Системы ЧПУ. Автомат – станок самостоятельно производящий вспомогательные и основные движения. Совокупность всех движений называется циклом.

$$t_{\gamma} = \sum_p t_p * \sum_{всп} t_{всп}$$

Станки, которые выполняют цикл автоматически, но после каждого цикла требуют вмешательства рабочего, называются полуавтоматами. Для автоматической работы станка необходимо иметь систему управления. Системой управления называется совокупность устройств обеспечивающих управление основными и вспомогательными движениями станка.

В систему управления автомата входит блок управления и управляемый объект. Источником информации для управления служит программой управления циклом. Часть информации может задаваться до начала цикла и являться априорной, а другая часть может накапливаться входе воспроизведения цикла. Априорная информация состоит из геометрической информации о величинах перемещения, о режимах резания и о режимах работы управляющего блока.

Программа управления циклом представляет совокупность команд, которые должны быть выполнены. Она разрабатывается на стадии подготовки производства (на основании чертежа детали и технологического процесса). Подготовка программ может производиться в ручную или с помощью компьютеров. Программа управления циклом материализуется программносителем.

Существует два способа задания программ: в аналоговом виде и в цифровом виде.

Программа в аналоговом виде задается (рис.2.1):

- профилем кулачков;
- копиром;
- упорами управления и конечными переключателями.

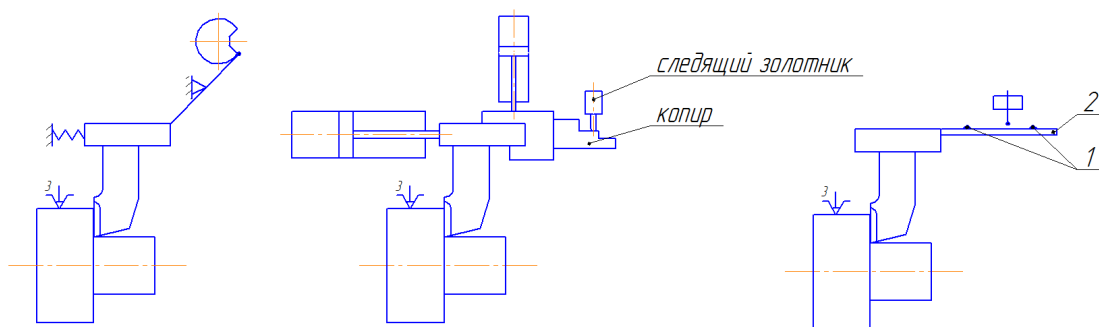


Рис. 2.1. Схемы управления в аналоговом виде

Системы управления кулачками содержат распределительный вал, на котором устанавливают кулачки для управления механизмами. Кулачки могут быть цилиндрического или дискового исполнения. Один оборот кулачка вокруг своей оси происходят все необходимые движения для обработки одной детали. Профиль кулачков может предусматривать ускоренный подвод, рабочий ход и ускоренный отвод механизма. Имеется три вида систем управления с кулачками, в которых:

- распределительный вал вращается с постоянной угловой скоростью;
- распределительный вал имеет разную скорость вращения - ускоренную при выполнении вспомогательных движений и медленную при выполнении рабочих движений;
- имеется два управляющих вала – распределительный и вспомогательный, который включается от распределительного вала и служит для включения механизмов вспомогательных движений.

Управление станком от копира осуществляется в гидрокопировальных и пневмокопировальных станках. Следящая гидравлическая система обеспечивает воспроизведение профиля копира на обрабатываемой заготовке.

Система управления упорами (рис.2.1в) имеет упоры 1, прикрепленные к линейке 2, которая соединена с суппортом. При перемещении суппорта упоры действуют на конечные выключатель, который дает соответствующий сигнал в систему управления.

Все три перечисленные системы работают по «жесткой» программе, то есть в них не могут быть внесены изменения в ходе производственного цикла. Подобные системы управления могут обеспечивать очередность подачи разных узлов. Они просты по конструкции, универсальны и применяются в несложных механических устройствах с прямолинейным движением.

2.2.2. Токарные станки-автоматы

Одношпиндельный токарный автомат модели 1Б-136.

Станок предназначен для обработки деталей сложной формы из прутка диаметром до 36 мм. Станок состоит из станины, автоматической коробки скоростей, шпиндельной бабки, три поперечных суппорта, продольный револьверный суппорт с шестипозиционной револьверной головкой. Поперечные суппорты оснащают отрезными, канавочными и фасонными резцами для протачивания канавок, снятия фасок, фасонного точения, отрезки заготовки. В гнездах револьверной головки помещают сверла, зенкеры, развертки, резцы для наружной обточки, резьбонарезной инструмент. Система управления станком имеет два вала распределительный и вспомогательный. На распределительном вале установлены дисковые кулачки для управления движением трех поперечных и продольного суппорта. Вспомогательный вал обеспечивает включение механизмов зажима прутка, а также механизма подачи прутка через цилиндрические кулачки и однооборотные муфты.

Движением револьверной головки управляет дисковый кулачок, который обеспечивает ускоренный подвод, рабочий ход и ускоренный отвод каждого из закрепленных в ней инструментов. Поворот револьверной головки на смену инструмента осуществляется от механизма мальтийского креста при отводе револьверной головки назад.

Многошпиндельный токарный горизонтальный прутковый автомат модели 1А240-6.

Станок предназначен для многопозиционного обтачивания, растачивания, сверления, развертывания, фасонного обтачивания и нарезания резьбы. Детали обрабатывают из прутка, трубы или штучной заготовки. Станок обеспечивает последовательную и многопозиционную обработку нескольких заготовок, закрепленных в каждом из шпинделей.

Станок состоит из станины, коробки скоростей, многошпиндельного блока, поперечных суппортов на каждой позиции и общего продольного суппорта. Многошпиндельный блок содержит 4, 6 или 8 шпинделей, которые получают вращение с одинаковой скоростью в одном и том же направлении. На продольном суппорте устанавливают инструменты, которые не имеют вращения, за исключением двух случаев: при сверлении отверстий малого диаметра и при нарезании резьбы. В этих случаях инструментам придают такое направление вращения, при котором обеспечивается либо повышение скорости резания (при разном направлении вращения детали и инструмента), либо снижение (при одинаковом направлении вращения, но с разной скоростью). Все инструменты продольного суппорта имеют одинаковую скорость подачи. Система управления станком обеспечивает: автоматическое управление рабочими движениями инструментов, а также подвод и отвод суппортов к шпинделям, поворот и фиксацию шпиндельного блока, подачу и зажим прутка. Настройка скорости вращения шпинделей осуществляется с

помощью сменных зубчатых колес в цепи главного движения. Центральный вал привода главного движения передает затем вращение на шпиндели блока.

Распределительный вал вращается медленно при выполнении рабочих и быстро - при выполнении вспомогательных движений. На распределительном валу станка размещены дисковые кулачки для управления поперечными суппортами на каждой позиции, барабаны для управления движением продольного суппорта и механизмами подачи и зажима прутка.

После отрезки детали на последней позиции цикл обработки возобновляется поворотом шпиндельного блока на заданный угол, подачей и закреплением заготовки на первой позиции.

Токарный гидрокопировальный полуавтомат модели 1722 (рис.2.2).

Станок работает от механического и гидравлического приводов. Механический привод обеспечивает вращение шпинделя с заготовкой. Настройка скорости производится вручную, переключением скорости. Заготовка устанавливается в центрах и приводится во вращение поводковым патроном.

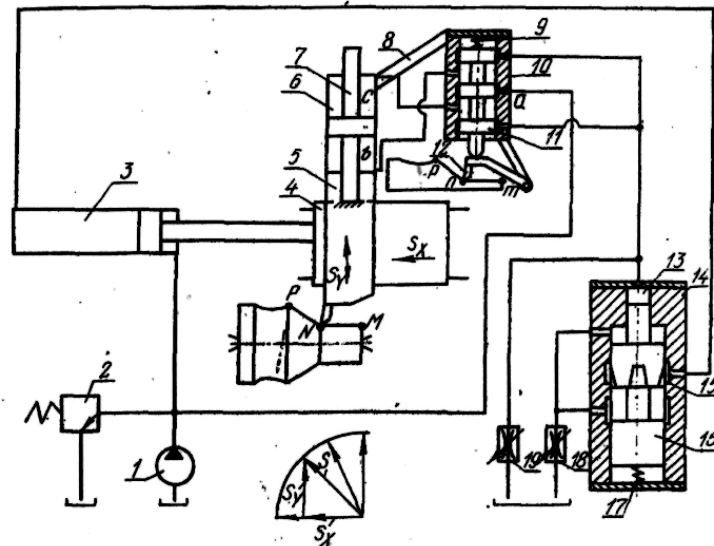


Рис.2.2 – Функциональная схема копировальной системы станка 1722

Станок содержит 2 поперечных суппорта, расположенных под заготовкой и 1 продольный суппорт, расположенный над заготовкой. Программа-носителем является копир в виде плоской пластины с профилем детали либо эталон-деталь. Движение суппортам придает гидравлический привод, поперечные суппорты выполняют обработку канавок, снятие фасок. Продольный гидрокопировальный суппорт, связанный следящим золотником, обеспечивает обточку детали проходным или упорным резцом. Гидрокопировальный суппорт получает две независимые подачи: продольную и поперечную, от отдельных (дифференциальных) гидроцилиндров.

2.2.3. Станки с ЧПУ

Системы ЧПУ. Система управления, работающая по программе, заданной в цифровом виде называются системами числового программного управления (ЧПУ). Достоинством этих систем является возможность компьютерной подготовки программ и быстрой замены программносителя, повышение точности обработки; сокращение сроков подготовки производства; повышение производительности труда, благодаря автоматизации труда и совмещения операций на одном рабочем месте.. Благодаря этим достоинствам они весьма эффективны в серийном и мелкосерийном производстве.

Существуют различные системы управления координатными перемещениями. По данному признаку системы ЧПУ делятся на: позиционные, контурные и комбинированные.

Позиционные осуществляют перемещение либо с поочередной отработкой координат перемещения, либо с одновременным перемещением по двум координатам.

Контурные системы предназначены для управления плоской или объемной обработкой деталей с криволинейными или прямолинейными образующими. Обработка по заданной траектории достигается перемещением по координатам линейных отрезков, дуг окружностей или дуг парабол. Замена такой траектории называется *аппроксимацией*. Отработка линейных отрезков и дуг окружностей по координатам конечных точек участка называется *интерполяцией*. Различают линейную и круговую интерполяцию, которая описываются уравнениями первого и второго порядка. Расчет координат перемещений в устройстве числового управления производится по математическим уравнениям линейного уравнения и кривой второго порядка. Устройство, рассчитывающее пошаговое перемещение называется интерполятором. Интерполяция производится вычислительным блоком устройства ЧПУ, называемым интерполятором. Интерполятор - устройство для расчета и выработки серии электрических импульсов, пропорциональных заданным приращениям координат, которые посылаются в шаговые двигатели. Скорости подачи регулируются частотой и импульсов интерполятора.

В обозначении станков с ЧПУ вид системы управления обозначают в конце обозначения буквой Ф и цифрой:

- Ф1 – цикловое управление, в которой система работает в упрощенном режиме;
- Ф2 – позиционное управление, в которой система обеспечивает перемещение исполнительных органов из одной позиции в другую;
- Ф3 – контурное управление, в котором система вносит изменение в сам процесс;

- Ф4 – комбинированное управление - система, которая включает в себя системы Ф2 и Ф3.

Существуют различные средства программного управления. К ним относятся системы:

- NC – (numerical control);
- CNC – computer numerical control;
- HNC – hand numerical control;
- DNC – direct numerical control.

NC – применяют для выполнения простейших операций на кузнечно-прессовом оборудовании и т.д. Программа задается на панели управления с помощью штекеров и клавиш.

CNC – основная гамма систем управления металлорежущими станками. Применяют для позиционирования на плоскости по прямоугольной и криволинейной обработки. Информация, поступившая с перфоленты или с пульта, преобразуется во внутренний код системы и заносится в буферную память машины.

HNC – эти устройства построены на базе мини ЭВМ. В оперативную память вводят две программы: одна является алгоритмом работы системы, а другая представляет собой управляющую программу в коде ISO. Применяют для управления сложными станками с автоматической загрузкой, переналадкой, адаптацией и коррекцией.

DNC – предназначены для управления группами станков или участками станков. Они управляют одновременно автоматизированными складами, загрузочными устройствами, измерительными машинами и пр.

Кодирование информации. Представление информации в символах называется кодированием. Программа в цифровом виде задается стандартным набором символов, который называется кодом. Программоносителем данной группы станков могут служить быстросменные магнитные, бумажные носители информации или ЧИПы.

На перфоленте программа записывается фразами или кадрами. Фраза состоит из слов. Каждое слово определяет работу того или иного органа станка. Кадр представляет фразу постоянной длины, в которой длина слов и их порядок строго постоянны.

Перфолента представляет собой бумажную восьмидорожечную ленту, на которой наносят кодированную информацию в коде ИСО-7 бит. Символами кода являются арабские цифры (0,1,2,...,9), латинские буквы А,В,С,... и некоторые знаки, такие как: +, -, % и др.

Четыре первой дорожки служат для нанесения двоичного номера символа цифры. Дорожки 5 и 6 являются адресом цифры, дорожка 7 - адресом буквы. Дорожка 8 служит для достижения четности каждой строки. Буквами X,Y,Z обозначают координаты перемещений; буквами А,В,С - вращательное движение вокруг этих осей, Т – номер инструмента. Подача S кодируется буквой F и двумя цифрами 00,01, 02 и т.д. например F00 означает «остановка», F99 – «быстрый ход». Частота вращения обозначается буквой S. Вспомогательные функции станка обозначают буквой M (M05 – останов шпинделя, M06 – смена инструмента, M10 –

зажим, M07 – включение охлаждения и т.д.). Режимы работы системы ЧПУ задаются буквой G и двумя цифрами (G40-G79 - вид работы и т.д.).

Расположение информации на кадре называется форматом кадра. Кадр содержит информацию для выполнения перехода. Например:

N15 G2 X+12 Y-33 B32 F02 S2 T3 M2 LF,

где N15 – номер кадра, G2 – код режима работы системы ЧПУ, X+12 – перемещение по оси X, Y-33 – перемещение по оси Y, B32 – поворот стола с деталью вокруг оси Y на заданный угол, F02 – код скорости подач, S2 – код скорости главного движения, T3 – код режущего инструмента, M2 – код вспомогательной функции, LF – конец фразы.

Числа фиксируются на программоносителе в двоичной и унитарной системах исчисления (рис.2.3). Основой двоичной системы является число 2. Например, в двоичной системе число 87 записывается в следующем виде: $87=64+16+4+2+1$, или $2^6 + 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0$. В унитарной системе эти числа можно представить в виде набора кодов 1 и 0. В частности цифра 87 будет иметь вид $87=1010111$. Таким образом, цифры в унитарном коде записываются как $0 \rightarrow 0000$, $1 \rightarrow 0001$, $2 \rightarrow 0010$, $3 \rightarrow 0011$, $4 \rightarrow 0100$ и т. д.

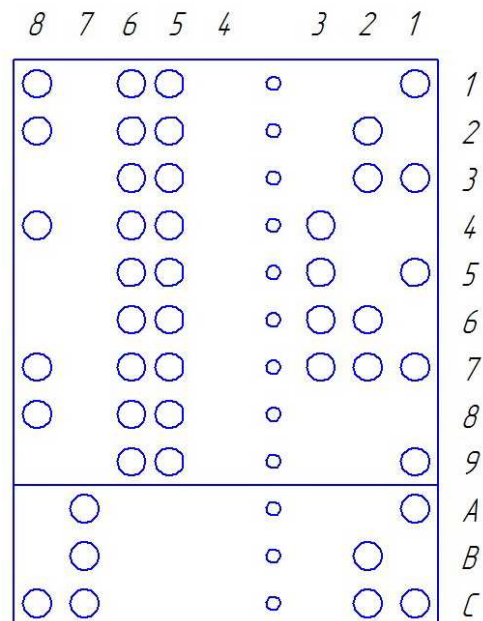


Рис.2.3. Обозначения кодов цифр и букв на перфоленте

2.2.4. Конструкции и приводы станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ имеют более простой механический привод по сравнению с универсальными станками.

Приводы главного движения станков с ЧПУ часто стоят на основе автоматической коробки скоростей. Диапазон регулирования скоростей может состоять из двух частей: первая часть порядка позволяет устанавливать рациональную скорость резания, а вторая часть диапазона - для бесступенчатого подрегулирования.

Приводы подач могут иметь три вида схем (рис.2.4):

- разомкнутая - без обратной связи;
- замкнутая - с обратной связью по перемещению;

- адаптивная система (с обратной связью по состоянию текущего процесса).

Разомкнутая схема не имеет внешних обратных связей по положению рабочего органа 5 станка. Считанная информация преобразуется в устройстве управления и в виде импульсов поступает на шаговый двигатель. Крутящий момент ротора шагового двигателя усиливается редуктором или гидроусилителем и приводит во вращение ходовой винт привода. Гидроусилитель состоит из аксиально-поршневого двигателя и осевого следящего золотника.

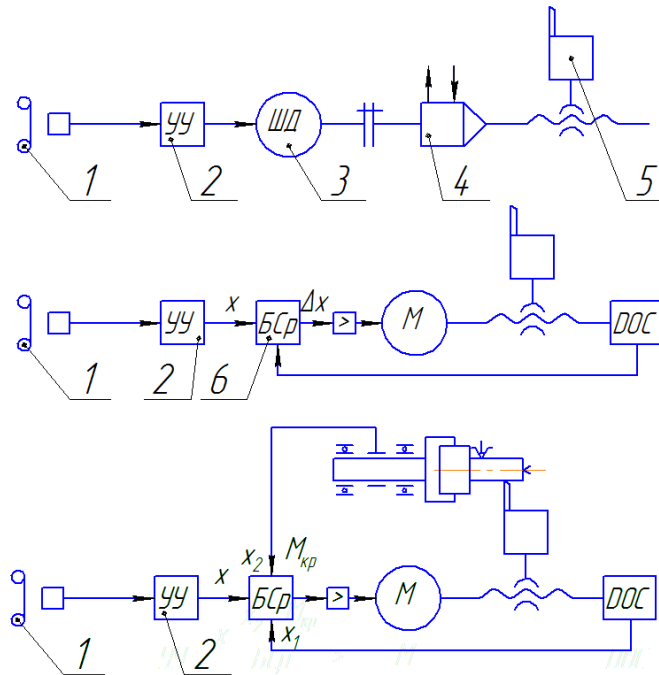


Рис.2.4. Схемы приводов станков с ЧПУ

1 – считывающее устройство, 2 – устройство управления, 3 – шаговый двигатель; 4 – гидромотор; 5 – рабочий орган; 6 – блок сравнения

Замкнутая схема привода подач оснащена измерительной системой, контролирующей положение рабочего органа. Измерение перемещения производят измерительным преобразователем, который может быть установлен на ходовом винте или непосредственно – на рабочем органе. В замкнутом приводе устанавливается асинхронный электродвигатель и редуктор с электромагнитными муфтами. Контурные приводы строят на основе следящей замкнутой системы, в которой непрерывное сравнение действительного перемещения с перемещением, заданным по программе.

Адаптивная система регистрирует реальные процессы и изменения одного из выходных параметров, который свидетельствует об изменениях условий обработки. Это параметр регистрируется с помощью измерительных средств и через интерфейс поступает в блок сравнения. Блок сравнения, сравнив сигналы x , x_1 и x_2 подает сигнал на управление, величиной подачи, увеличивая или уменьшая ее. Таким образом, можно изменить режим предельного регулирования либо режим оптимального саморегулирования.

Токарные станки с ЧПУ выпускаются с различными технологическими возможностями и размерными техническими параметрами. Токарные станки состоят из станины, привода главного движения, привода подач. Токарные станки имеют различную компоновку, в том числе с одним и двумя шпинделями, с одной или двумя револьверными головками, центровыми.

Привод главного движения обеспечивает вращение шпинделя с заготовкой с требуемой скоростью от асинхронного через АКС ступенчато или плавно регулировать скорость от двигателя постоянного тока.

Привод подач – независимый. В разомкнутых привод подачи электрогидравлический от шагового двигателя. Движение начинается от электрического шагового двигателя с небольшим тяговым усилием, которое усиливается в гидравлическом усилителе крутящего момента. Он имеет осевой золотник и узел сравнения (винт-гайка), соединенный с аксиальным гидродвигателем, передающим усиленный крутящий момент на ходовой винт. Количество и частота электрических импульсов, подаваемых на шаговый двигатель формирует сигнал об угле поворота и скорости вращения ротора. Ротор шагового двигателя поворачивая винт узла сравнения, перемещает золотник и обеспечивает подачу жидкости в одну полость гидродвигателя, вал которого поворачивается в ту же сторону, что и вал ротора.

В замкнутых приводах подач могут использоваться как асинхронные двигатели со ступенчатым регулированием скорости подач, так и двигатели постоянного тока с бесступенчатым регулированием. В первом случае привод оснащается измерительным преобразователем перемещений, информирующим систему ЧПУ по обратной связи о действительном положении рабочего органа станка. Во втором случае осуществляется постоянное сравнение заданного программой и измеренного перемещений, на основании которых выдается сигнал обратной связи по положению. Установленный соосно с ротором двигателя тахогенератор сравнивает полученный сигнал рассогласования, вырабатывает новый сигнал скоростной ошибки, который поступает на усилитель мощности. Усиленный сигнал поступает на двигатель и уменьшает или увеличивает скорость двигателя. Для этой цели применяют три типа двигателей постоянного тока: с пазовым якорем и электромагнитным возбуждением; высокооборотные двигатели с гладким или дисковым печатным якорем, обладающие малым моментом инерции механической части привода; низкооборотные высокомоментные двигатели с возбуждением постоянными магнитами, способные развивать 10-20-кратные крутящие моменты.

В качестве измерителей перемещений применяют линейные индуктосины и круговые фотоэлектрические кодовые преобразователи.

Линейная и круговая интерполяция, осуществляемая в вычислительном устройстве станка, позволяет осуществлять обработку сложных прямолинейных и криволинейных поверхностей с высокой точностью воспроизведения. Величина перемещения суппортов на один импульс достигает 0,005-0,01 мм.

Сверлильные станки с ЧПУ. К сверлильно-расточной группе относятся вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, горизонтально-расточные и координатно-расточные станки.

На вертикально-сверлильных станках обрабатывают крепежные отверстия в корпусных деталях. Они оснащаются поворотными револьверными головками для инструментов. Радиально-сверлильные станки применяют для обработки отверстий в крупных деталях. На данных станках имеется координатный стол, выполняющий позиционирование по программе. На расточных станках выполняется обработка точно расположенных отверстий в деталях, а также разметка и измерение линейных размеров.

Фрезерные станки с ЧПУ. Применяются для обработки плоских и объемных фасонных деталей. Они имеют компоновку консольных, бесконсольных, продольных, продольных фрезерных станков. Оснащаются контурными и прямоугольными системами ЧПУ. Станки могут иметь традиционные приводы главного движения фрезерных станков, либо оснащаться бесступенчатым приводом или АКС с электромагнитными муфтами. Привод подач может быть разомкнутым шаговым электрогидравлическим двигателем, замкнутым следящим электрическим и замкнутым гидравлическим. Станки могут быть одноинструментального или многоинструментального исполнения с револьверной головкой на 5-56 инструментов и или цепной магазин емкостью до 30 инструментов.

Многооперационные станки типа «обрабатывающий центр» – станки с широкими технологическими возможностями, в которых совмещаются операции, выполняемые на разных типах станков. Они снабжены магазинами инструментов, количество которых может достигать от 30 до 300. Сверлильно-фрезерно-расточные станки способны выполнять несколько операций: фрезерование, сверление, зенкерование, развертывание. Растачивание, нарезание резьбы. Токарные многооперационные станки могут выполнять кроме традиционных операций: фрезерование плоских и объемных поверхностей, а также сверление отверстий на периферийной поверхности цилиндрической заготовки; фрезерование, сверление нецентровых отверстий и нарезание резьбы на торцевой поверхности; обработку фасонных, граненных поверхностей и пр.

По компоновке станки расточной группы напоминают горизонтально-расточные, продольно-фрезерные, вертикально-фрезерные станки. Могут иметь и оригинальные компоновки, обусловленные их функциональным назначением. Привод станков имеет бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя в широком диапазоне скоростей. Станки могут иметь два шпинделя: для черновой и чистовой обработки. Станки снабжаются устройствами для смены заготовки. Для этой цели предусматривают загрузочные позиции.

Инструментом называют комплект из режущего инструмента и инструментальной оправки. Обычно это хвостовики с конусом 7:24. Станок оснащается большим числом переходных оправок для различных типов и размеров инструментов. Кодирование инструмента для

автоматической смены на станке производится кодированием с помощью колец на оправках.

Смена инструментов осуществляется либо с помощью револьверных головок на 6-10 инструментов, либо с помощью инструментальных магазинов до 100 и более инструментов. Для этой цели применяют барабанные магазины с вертикальной или горизонтальной осью вращения, а также цепные инструментальные магазины, в звеньях цепи которой размещают гнезда для инструментов. замену инструментов в шпинделе осуществляет автооператор. По числу захватов они могут быть одно-, двух- и многозахватными; по виду движения – с вращательным движением или поступательное движением в плоскости, перпендикулярной оси. Захватные устройства работают по принципу радиального зажима, клещевые, тисочные.

Токарные многоцелевые станки имеют один-два револьверные головки, размещенные перед заготовкой и над нею. В них закрепляют различные инструменты, которые могут получать вращение вокруг своей оси. Револьверные головки могут получать прямоугольное и контурное перемещение рабочего инструмента. Шпиндель может иметь дискретный поворот на требуемый угол. Станки применяют для многооперационной обработки и выполнения токарных, сверлильных и фрезерных операций с одной или двух позиций.

2.2.5. Роторные станки

Роторные станки относятся к машинам третьего класса, которые обеспечивают обработку в процессе непрерывного транспортного движения инструмента и предмета обработки. Технологический ротор представляет собой несколько цилиндрических барабанов, жестко закрепленных на центральном валу. Средний барабан-блокодержатель (сепаратор) содержит комплекты закрепленных обрабатывающих инструментов. В верхнем и нижнем барабанах размещают исполнительные органы и элементы привода технологических движений. Ротору сообщают непрерывное вращение с транспортной скоростью. Предметы обработки подаются в инструментальные блоки и проходят технологическую обработку. Инструментальный блок может состоять, например, из пуансона и матрицы и т.д. Рабочие операции совершаются при перемещении инструмента или заготовки в вертикальном направлении. Роторные машины нашли широкое применение в первую очередь в легкой и пищевой промышленности при массовом изготовлении и упаковке продуктов питания, сигарет и пр. В машиностроении известен опыт применения роторных машин для выполнения операций штамповки (шариков, вытяжки втулок, обрезки и пр.), литья термопластов, металлообработки (сверления, обточки, фрезерования), термообработки, химической обработки, сборки (цепей, аэрозольного клапана и пр.), дозирования веществ (сыпучих и жидких) и т.д. На рисунке 2.5 в качестве

примера показана последовательность выполнения операции штамповки на роторной машине.

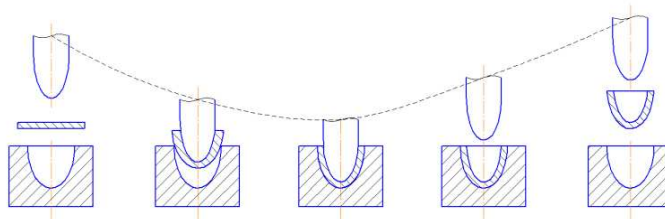


Рис.2.5. Схема роторной штамповки

Последовательно расположенные роторные машины обеспечивают непрерывность технологического цикла, состоящего из различных операций, если их соединить роторными агрегатами 2 для транспортирования от предметов обработки от одной машины 1 к другой (рис.2.6). Такая компоновка образует высокопроизводительные автоматические роторные линии, поскольку роторные станки представляют собой машины повышенной производительности. Производительность обработки повышается за счет размещения на станке большого числа шпинделей для выполнения технологических операций (многопозиционная обработка), а также снижение времени транспортирования до минимума.

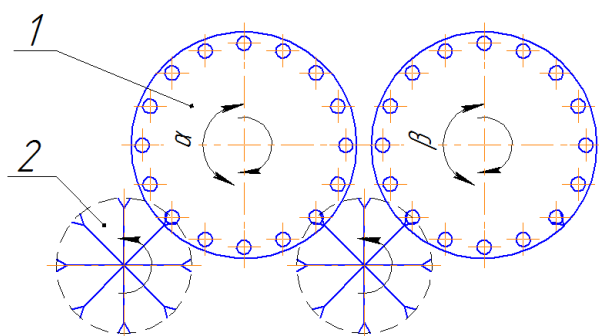


Рис. 2.6. Схема компоновки

При выполнении работ на автоматических машинах обеспечивается цикличность работы, так как транспортные перемещения совпадают с временем выполнения основной операции.

2.2.6. Агрегатные станки

Агрегатные станки являются специальными станками и предназначены для работы в условиях крупносерийного и массового производства. Их используют для обработки корпусных деталей, кронштейнов и прочих подобных деталей. Агрегатные станки выполняют операции сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы и фрезерования. Особенностью данных станков является компоновка из

унифицированных и нормализованных деталей и узлов. Общим принципом компоновки станков является стандартные присоединительные размеры. Агрегатные станки состоят из базовых деталей, силовых головок, многошпиндельных головок, силовых столов, поворотных столов. Все детали входящие в состав этих узлов (валы, зубчатые колеса, подшипники и так далее) стандартные или нормализованные.

К базовым деталям относятся:

- массивные чугунные литые несущие детали и узлы: станины и боковые станины, стойки, угольники, корпуса многошпиндельных головок, поворотные и силовые столы, и так далее
- силовые агрегаты состоят из: электродвигателя, коробки скоростей, шпинделя
- подкатной стол также содержит электродвигатель, передаточный механизм с выходом на ходовой винт. Вместо подкатных столов с механическим устройством могут использоваться столы с гидравлическим приводом
- круговые столы обеспечивают многопозиционную обработку. Число позиций определяется техпроцессом

Число шпинделей в многошпиндельных коробках зависит от конфигурации деталей.

Агрегатные станки хорошо встраиваются в автоматическую линию, при сквозном транспортировании обрабатываемые заготовки от одного станка к другому. Многопозиционные агрегатные станки сами, по сути, представляют небольшую автоматическую линию.

2.3. Станки для оптического производства

Стекло, основу химического состава которого составляет оксид кремния, наиболее близкий по своим физико-механическим свойствам к природным минералам материал. Эти материалы отличаются повышенной хрупкостью, в связи с чем резание осуществляется абразивными методами.

Для обработки стекла применяют следующие виды оборудования:

- для распиливания на мерные заготовки;
- для предварительной обработки,
- для шлифования и полирования,
- для сверления и растачивания отверстий.

Для распиливания применяются специальные станки с дисковыми алмазными кругами, станки штрипсовые для разделки на прямоугольные пластинки. Круглые заготовки целесообразно получать из крупных пород на радиально-сверлильных станках с применением кольцевых сверл различного диаметра. Станки для распиловки могут быть маятникового типа, а также настольные с ручной или электромеханической подачей заготовки. Более крупные массивы распиливают на станках с гибким алмазным инструментом.

Предварительная обработка - это снятие припуска с заготовок и подготовка рабочих поверхностей для окончательного шлифования и полирования. Данная группа станков делится на три группы:

- станки для обработки плоских поверхностей,
- станки для обработки сферических поверхностей,
- станки для обработки прямолинейного контура деталей типа пластин.

Для предварительной обработки деталей используют шлифовальные станки (плоско и кругло шлифовальные), работающие алмазным инструментом или свободным абразивом. Предварительная обработка плоских деталей может производиться на плоскошлифовальных станках моделей ЗБ151, СФП-3 для непрерывного фрезерования плоских поверхностей алмазными инструментами и др. Для двухсторонней обработки деталей в условиях поточного производства применяют агрегатный станок. Станки для обработки плоских поверхностей делятся по количеству рабочего инструмента на однодисковые и многодисковые.

Предварительную обработку плоских заготовок свободным абразивом осуществляют на обдирочных станках ОС-100, ОС-320, ОС-1000, ОС-1500. Для обработки сферических поверхностей, применяют станки, в основе которых положен принцип образования сферы вращающимся кольцевым алмазным инструментом. Они делятся на 2 типа: станки с подачей изделия на инструмент, станки с подачей инструмента на изделие. К данной группе относятся станки модели АЛ-1М, МА-35, «Алмаз-70-III» и др.

Станки для обработки контура деталей – это вертикальный консольно-фрезерный станок мод. СФ-7 с программным управлением и др.

Для обработки свободным абразивом применяют станки, которые классифицируются:

- по назначению: шлифовально-полировальные (ШП), шлифовально-полировальные-доводочные ШПД; полировально-доводочные (ПД), полировальные (П) и доводочные (Д);
- по конфигурации: универсальные, специализированные;
- по типоразмерам: до 10 мм, до 50 мм, до 500 мм, более 500 мм;
- по количеству шпинделей: одношпиндельные и многошпиндельные;
- по степени механизации: с ручным перемещением верхнего звена; механизированные.

Для шлифования цилиндрических деталей применяют круглошлифовальные универсальные и специальные станки. Круглошлифовальный станок мод. ЗБ153 имеет привод главного движения привод вращения заготовки и подачи стола. Станок для центрирования и фасетирования линз мод. ЦС-50 подобен круглошлифовальному станку по принципу работы. Он имеет следующие кинематические цепи: цепь вращения алмазного круга, вращения левого и правого шпинделей, подачи инструмента на деталь. Установка инструмента на размер осуществляется изменением взаимного положения инструмента и заготовки смещением каретки.

Для сверления и растачивания отверстий в стекле применяют станки, которые классифицируют:

- по назначению: сверлильные и расточные;
- по типоразмерам: малых отверстий до 5 мм, рядовых отверстий до 30 мм, крупных отверстий от 30 мм;
- по точности –Н, П, В, А, С;
- по расположению рабочих органов: вертикальные, горизонтальные, настольно-сверлильные, радиально-сверлильные;
- по универсальности.

2.4. Галтовочные станки

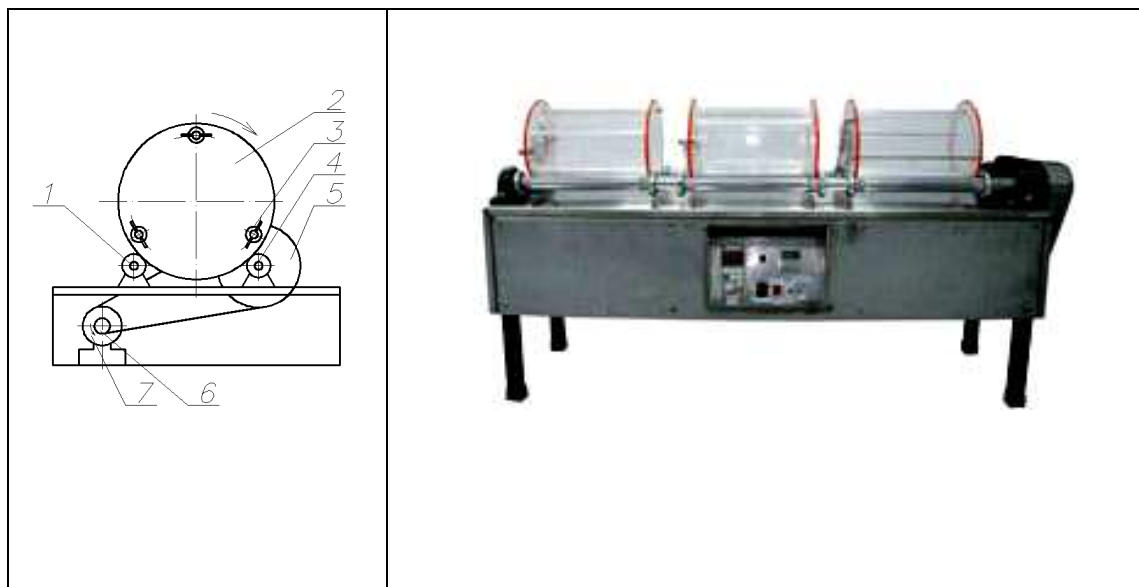
Обработка свободным абразивом получила широкое распространение на этапе окончательной обработки заготовок благодаря тому, что позволяет осуществить обработку в труднодоступных местах, обеспечивает необходимую точность размеров и качество поверхности, проста и легко реализуется в технических устройствах.

Среди них наибольшее применение нашел такой метод как галтовка.

Галтовка разделяется по принципу действия на:

- реверсивную;
- вибрационную;
- импульсно-абразивную;
- центробежно-ротационную абразивную.

Реверсивная галтовка во вращающихся барабанах заключается во вращении барабанов с размещенной в них загрузкой из обрабатываемых заготовок и абразивной среды (рис. 2.7).



1 – опорный вал; 2 – галтовочный барабан; 3 - гайки; 4 – опорный вал;

5-6 - привод клиноременной передачи; 7 - электродвигатель

Рис.2.7. Принцип действия и общий вид галтовочного станка

Барабан 2, установленный на двух опорных валах 1 и 4, получает вращение от электродвигателя 7 через привод клиноременной передачи 5 и 6. Скорость вращения барабана регулируется безступенчато электрической схемой управления. При вращении барабанов в нем создаются условия для свободного перекачивания изделий. Обработку осуществляют в абразивной среде с добавлением различных наполнителей, как во влажном, так и сухом режиме работы. Достоинством станков является простота эксплуатации, а недостатком – невысокая производительность обработки. Этот метод позволяет обработать всевозможные виды поверхностей, включая и труднодоступные для ручной шлифовки и полировки. Массу заготовок и абразивной среды, загружаемую в барабаны называют «загрузкой». Загрузку барабана осуществляют до 0,75 его объема. Принцип работы галтовочного станка заключается в том, что при вращении барабанов загрузка, увлекаемая силами трения, совершает циркуляционное движение вверх вслед за стенками барабана, и, достигнув верхней точки подъема, скатывается вниз от действия сил тяжести. При этом скорости вращения изделий и абразивных частиц внутри барабана имеют различные значения и направления на различных участках траектории движения загрузки.

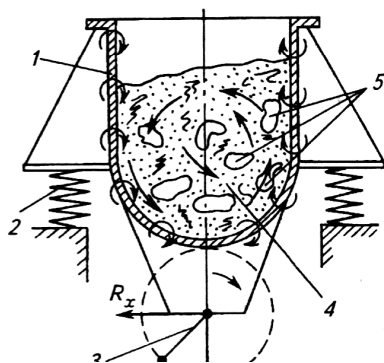


Рис. 2.8. Схема виброабразивной обработки

Реверсные станки применяют для снятия заусениц, очистки отливок от формовочных смесей, для предварительного полирования деталей.

Вибрационная абразивная обработка заготовок эффективно используется для шлифования свободными абразивными частицами в вибрирующем контейнере. Обработка изделий производится при скольжении и соударении изделий в абразивной среде, в результате чего происходит скругление кромок и шлифование поверхностей. Свободные абразивные зерна приводятся в движение вместе с заготовками за счет гравитационных и инерционных сил, вибраций, переменных и постоянных магнитных полей.

Достаточно известным способом обработки является - вибрационная галтовка. При виброабразивной обработке изделия с абразивной средой размещаются в контейнере 1 (рис.2.8), установленном на пружинных опорах 2. Контейнер получает механические низкочастотные колебания от вибратора 3, которым служит эксцентрик со смещенным центром масс, вращающийся от электродвигателя. При вращении эксцентрика возникает центробежная сила R , периодически изменяющая свою величину и направление. В результате контейнер получает синусоидальные колебания в горизонтальном и в вертикальном направлении. Вибрация от стенок передается абразивной среде 4 и изделиям 5 в контейнере, в результате

чего они совершают колебания и медленное вращение вокруг некоторой точки.

Контейнеры могут иметь в горизонтальном сечении прямоугольную, торообразную и спиральную форму, а в вертикальном сечении - круглую или U-образную форму, что необходимо для создания циркуляции изделий в рабочей зоне. В работе могут участвовать также наполнители в виде абразивных гранул, имеющих форму призм, кубиков и прочих геометрических тел размером до 20мм или гранул из фарфора. При воздействии вибрации абразивная среда приобретает эффект «псевдожижения» из-за уменьшения внутреннего трения. Изменяя амплитуду и частоту вынужденных колебаний можно управлять процессом абразивной обработки. Внутри контейнера скорость циркуляционного движения и давление различны в различных местах у стенок контейнера. Наибольшего значения скорость достигает у боковых стенок контейнера – $0,2 \div 0,3$ м/с, а наибольшего давления – на дне.

Конструкция станка с U-образной формой контейнера представлена на рис. 2.9. Станок состоит из станины 1 и контейнера 2, установленного на пружинах 3. Привод станка состоит из электродвигателя 4, упругой муфты 5 и эксцентриков 7, установленных на опоре качения 6. Вращение эксцентриков (дибалансов) 7 создает центробежную силу, вызывая колебания контейнера с загрузкой на упругих опорах 3.

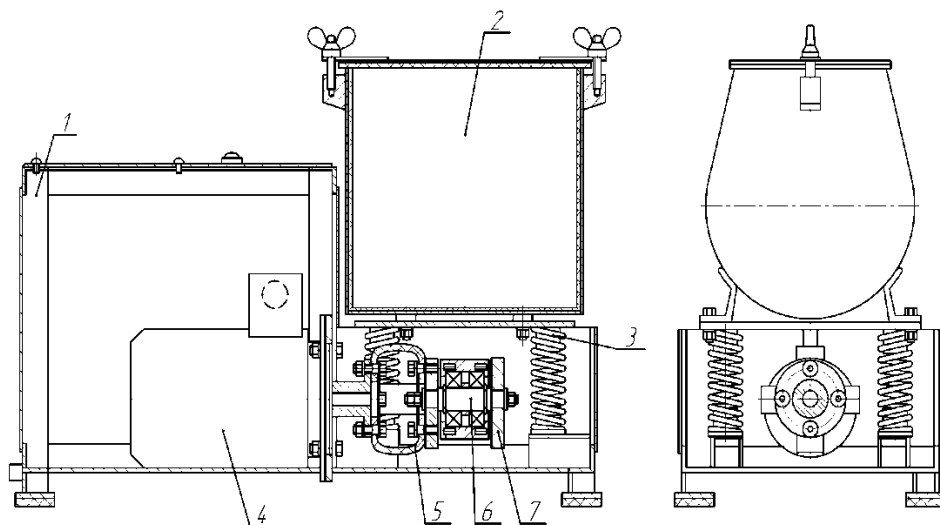
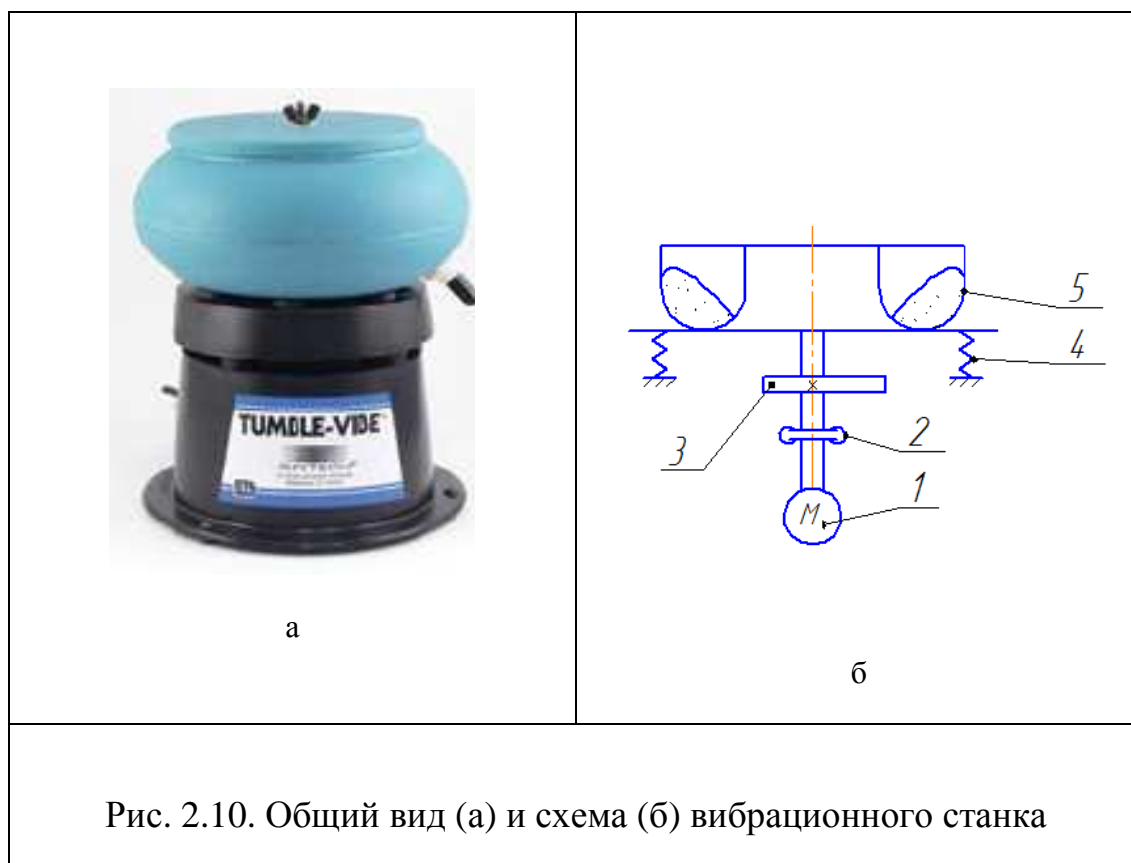


Рис. 2.9. Конструкция виброгалтовочного станка с U-образным контейнером

Разновидностью галтовки является метод виброцентробежной обработки, в которой совмещаются принципы воздействия рабочего наполнителя на изделия, применяемые в вибро- и центробежных галтовках. Эксцентрично размещённые грузы на приводном валу при работе передают баку вибрационные импульсы, которые вызывают в

рабочей зоне сложные циркулярные, геликоидальные и колебательные движения. Метод позволяет существенно снизить шероховатость поверхности и поэтому применяется также и для полирования изделий.

Виброгалтовочные станки (рис.2.10а) с контейнером тороидальной формы отличаются от предыдущей конструкции тем, что сообщают изделиям винтообразное движение вокруг оси тороида 5, установленного на упругих пружинных опорах 4 (рис.2.10б).



Вибрация в станке создается дибалансами 3, установленными на приводном валу. Привод станка состоит из асинхронного электродвигателя 1, приводящего во вращение приводной вал.

В основе магнитоабразивного способа обработки (рис.2.11), лежит использование магнитного поля, придающего направленность металлическим магнитопроводящим режущим элементам в зоне обработки. Режущими элементами являются магнитоабразивные порошки или стальные иглы. Магнитоабразивные порошки представляют композицию из ферромагнитной основы и вкрапленных в нее абразивных частиц. Стальные иглы выполняются заостренными с обоих концов длиной 5 и диаметром 0,3 мм. Магнитное поле придает им направленную ориентацию, ускоряя процесс микрорезания. Удаляемый припуск составляет 3-7 мкм. Регулируя напряженность магнитного поля можно

изменять величину сил резания в рабочей зоне между иглами и заготовками. В рабочую зону подается смазывающе-охлаждающая жидкость или специальный раствор. Для осуществления поэтапной шлифовки изделий различными абразивными зёрнами станок оснащается сменными контейнерами. Полный цикл обработки позволяет достигнуть на поверхности изделия идеальный глянец шероховатостью $Ra=0,05-0,4$ мкм.

Центробежно-ротационная обработка осуществляется вращением заготовок и абразивных элементов в контейнере турбогалтовочных станков с вращающимся дном (рис.2.12). Контейнер 1 (рис.2.13) состоит из двух частей: вращающегося дна 3 и неподвижной стенки 2 со специальным внутренним профилем. Станок позволяет перейти от черновой к чистовой обработке, регулированием частоты вращения, что приводит к различным режимам работы станка (рис.2.14).

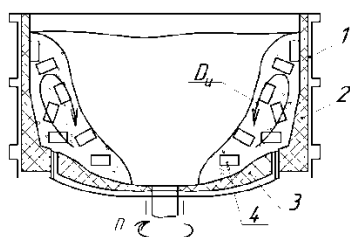
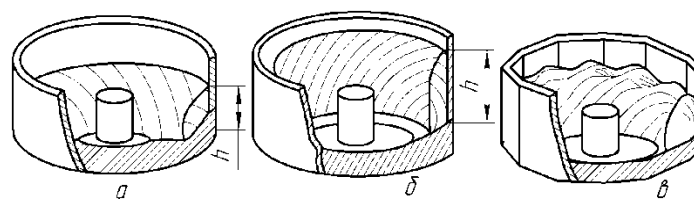


Рис. 2.13. Схема движения при турбогалтовочной обработке



а и б – при вращении дна соответственно с частотой 60 и 120 мин⁻¹, в – в контейнере с гранеными стенками

Рис. 2.14. Влияние скорости обработки на форму движения в контейнере

2.5. Оборудование для обработки шариков и кабошенов

Изготовление шариков и кабошенов объединяет технология получения сферической поверхности.

Шарики из камней диаметром 2-15 мм являются одним из наиболее распространенных элементов ювелирных украшений. В условиях серийного производства для этой цели применяют специальные станки. Исходными заготовками для изготовления шариков являются кубики со строго перпендикулярностью боковых сторон и одинаковыми размерами граней, полученные путем предварительного распила исходной заготовки на пластины, из которых формируют кубики.

Полученные кубики подвергаются предварительной шлифовке на торцевой поверхности вращающегося с рабочей скоростью шлифовального круга. Кубики свободно располагаются в отверстиях сепаратора. Шлифовальный круг приводит в принудительное во вращение обрабатываемые кубики, срезая с них грани и придавая им сферическую форму.

Затем шарики подвергаются предварительной шлифовке, цель которой – окончательно устранить выпуклости с поверхности заготовки и придать им форму шариков. Обработка производится между двумя соосно или несоосно- расположенными инструментами. При соосном расположении инструментов 1 и 2 (рис.2.15а) один из них имеет кольцевые канавки 4, по которым катятся сферические заготовки 3. При несоосном расположении инструментов 1 и 2 (рис.2.15б), шарики располагают во вращающихся сепараторах 3 между инструментами или в конических углублениях, выполненными в одном из дисков. Относительное движение верхнего диска 2 для обработки заготовок создается эксцентричным пальцем 5 при вращении вала во втулке 6. Обработка производится с подачей абразивной суспензии в зону обработки. Такая последовательность позволяет получить сферичность заготовок и требуемую шероховатость обработанной поверхности.

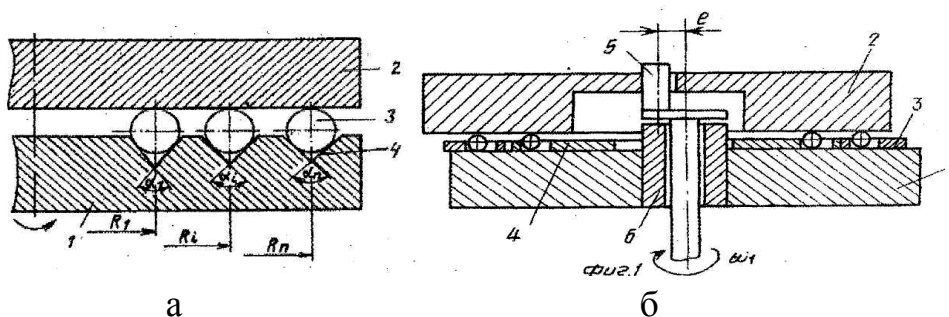


Рис.2.15. Устройства для шлифовки шариков

а – в угловых канавках с соосным расположением дисков ;

б – с эксцентричным расположением доводочных дисков

Следующие операции доводки шариков между двумя дисками позволяют получить повышение точности геометрической формы шариков и постепенно уменьшить шероховатость поверхности состояния, пригодного когда для осуществления полировки. Полировка производится на больших рабочих скоростях инструментов. В качестве полирующего инструмента применяют войлочные или текстильные круги. В ряде случаев используются инструменты с покрытиями из смолы. При высокой скорости вращения происходят сложные физико-химические процессы, в результате которых внешняя поверхность шариков приобретает блеск.

Сферические кабошоны обрабатывают на специальных станках в результате комбинации следующих движений: главное движение – вращение шлифовального круга, медленное вращение заготовки вокруг своей оси и круговая подача поворот заготовки относительно инструмента вокруг своего центра для образования сферы. Дополнительным движением является возвратно-поступательное движение инструмента с целью обеспечения равномерного износа шлифовального круга. Существуют различные виды станков для обработки кабошонов. Одна из них, разработанная на кафедре КИПП БНТУ, представлена на рис. 2.16. Станок состоит из шпиндельного узла с приводом главного движения и привода вращения заготовки, установленного на суппорте. Круговая подача заготовки создается ручным поворотом суппорта вокруг оси качения.

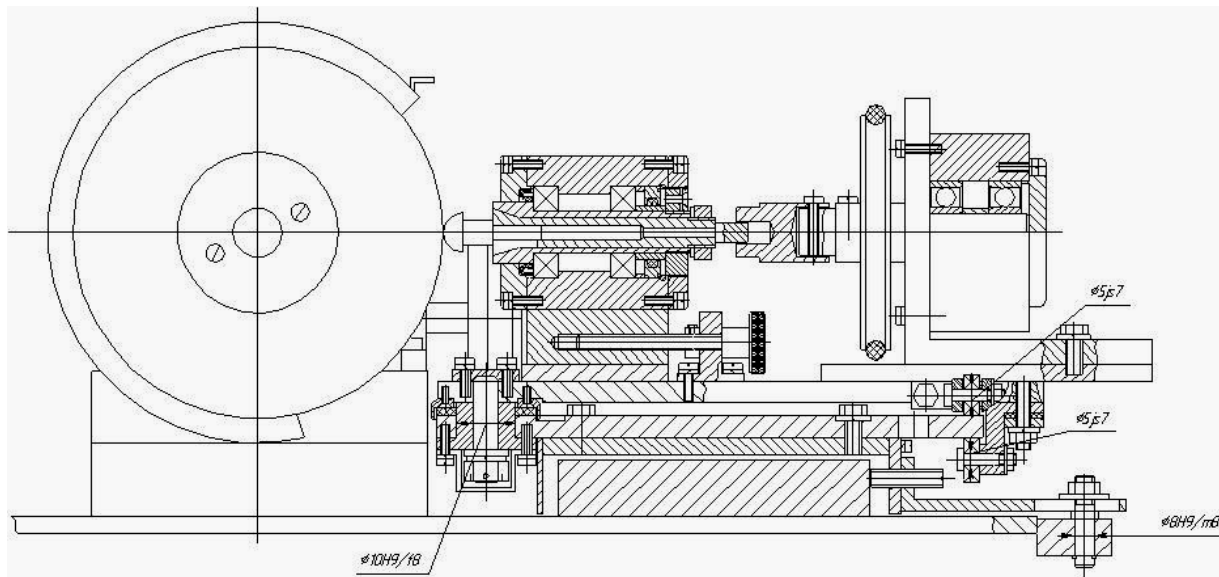


Рис.2.16. Чертеж общего вида кабошонного станка

Для обработки кабошонов эллиптической формы требуется дополнительное относительное движение инструмента или заготовки для образования формы овала.

2.6. Оборудование для пластической деформации

Вальцы предназначены для пластической деформации листов и проволоки с целью изменения размеров прокаткой. По принципу действия они делятся на ручные и электромеханические. Электромеханические могут быть одностороннего типа или двустороннего. Вальцы состоят из корпуса, двух валцов, механизма вертикального перемещения верхнего валка и механизма привода вращения. Механизм привода вращения обеспечивает синхронное вращение валков в противоположные стороны. Механизм подъема верхнего валка содержит зубчатые колеса и два винта. Устройство обеспечивает синхронное вертикальное перемещение опор верхнего валка. Между опорами валков устанавливают пружины для их развода и увеличения межвалкового пространства. Валки изготавливают из легированных инструментальных сталей, шлифуют и полируют после закалки.

Ручные вальцы применяют при малых объемах производства. Они состоят из следующих элементов (рис. 2.17):

- опорной 1 и верхней 3 плиты;
- двух боковых стенок 2 станины (или колонок);
- двух рабочих валков 4 и 5;
- ручного привода вращения валков;
- механизма вертикального перемещения верхнего валка.

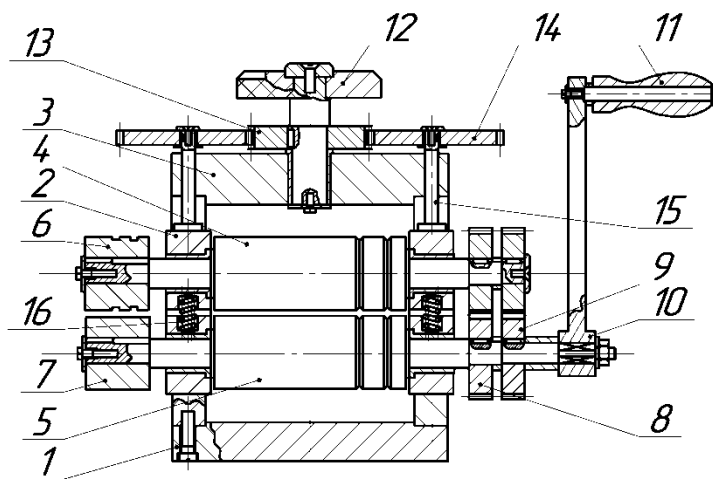


Рис. 2.17. Вальцы ручные

Боковые стенки 2, соединены между собою нижней 1 и верхней 3 плитой. Между ними размещаются валки 4 и 5. Верхний валок 4 может смещаться в вертикальном направлении. На одном конце валков установлены дополнительные втулки-валки 6 и 7, а с другой пара зубчатых

колес 8 и 9 привода ручного вращения от рычага 10 и рукоятки 11. Привод валков обеспечивает синхронное вращение валков в противоположные стороны. Над верхней плитой 3 установлены винты вертикального перемещения верхнего валка. Механизм вертикального перемещения верхнего валка состоит из центральной оси с широким зубчатым колесом, маховика, пары зубчатых колес для синхронного подъема опор валка и винтового механизма. Механизм вертикального перемещения верхнего валка обеспечивает равную подачу с двух сторон от маховика 12, через зубчатые колеса 13 и 14, на винты 15. Боковые стенки и опорная плита могут быть выполнены литьем из чугуна или из стали, соединенные сваркой. Стойки имеют направляющие, в которые устанавливаются опоры валков. Между валками устанавливают упругие пружины сжатия 16, сохраняющие требуемый зазор между валками. Электромеханические вальцы снабжены приводом вращения (рис.2.18а). Они могут иметь одностороннее или двухстороннее исполнение. Они применяются в серийном и массовом производстве. Для настройки электромеханических вальцов следует произвести предварительный расчет числа проходов и степени обжатия.



Рис.2.18. Вальцы двухсторонние с электромеханическим приводом и общий вид гидравлического прессы

К машинным методам обработки давлением относят штамповку, волочение, прокат.

Штамповка делится на листовую (холодную) и объемную. Холодная листовая штамповка представляет процесс пластической деформации листового проката без значительного перераспределения металла в поперечном сечении заготовки.

Процесс штамповки состоит из последовательных действий: подачи материала, перемещения пуансона, пластической деформации металла и

возврата пуансона. Штамповка является высокопроизводительной, технологически несложной, экономически выгодной, а нередко просто незаменимой операцией, позволяющей значительно расширить объемы выпуска изделий. Особенно экономически оправдана штамповка в условиях серийного и массового производства.

Штамповку производят на прессах различных конструкций. Прессы бывают гидравлические, пневматические, эксцентриковые, винтовые. Гидравлические прессы нашли широкое применение благодаря значительным тяговым усилиям, плавности хода и отсутствию вибраций и ударов. Существуют различные конструкции гидравлических прессов.

Прессы гидравлические (рис.2.18б) позволяют достигнуть больших давлений, необходимых для осуществления пластических деформаций металла в холодном состоянии. Максимальные усилия сжатия прессов достигают 500 тонн при длине хода верхней плиты до 250 мм.

Штампы должны обеспечивать высокую производительность, простоту, удобство и безопасность в работе, достаточную длительность срока службы и требуемое качество вырабатываемых заготовок. Рабочими инструментами штампов являются - *матрица и пуансон*. Точное совпадение рабочих частей пуансона и матрицы достигается в блочных штампах с направляющими колонками и втулками. Штампы содержат также элементы фиксации обрабатываемого материала, механизмы для удаления готовых деталей и отходов, механизмы прижима, съёмки деталей, ограждения для безопасности и пр.

Наиболее простая схема исполнения показана на рис.2.19а. Такая схема применима при небольших ходах поршня. Для ускорения скорости движения рабочего инструмента конструкции прессов оснащают либо гидроцилиндрами с ускорительными плунжерами (рис.2.19б), либо с использованием силы тяжести подвижных частей (рис.1.19в).

Гидравлическая схема пресса двухстороннего действия приведена на рис.2.20. Рабочие инструменты приводятся в движение от насосов 17 и 18. Рабочая жидкость поступает в гидроцилиндры через обратный клапан и золотники.

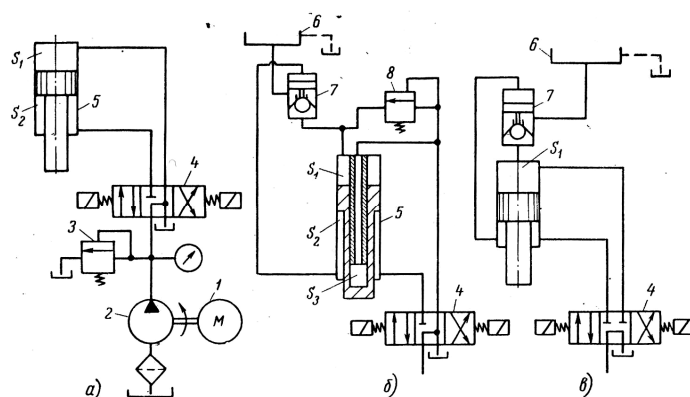


Рис.2.19. Гидросхемы прессов

а – без ускоренного холостого хода, б – с ускоренным холостым ходом с помощью ускорительного плунжера, в – с ускоренным холостым ходом благодаря силе тяжести подвижных частей

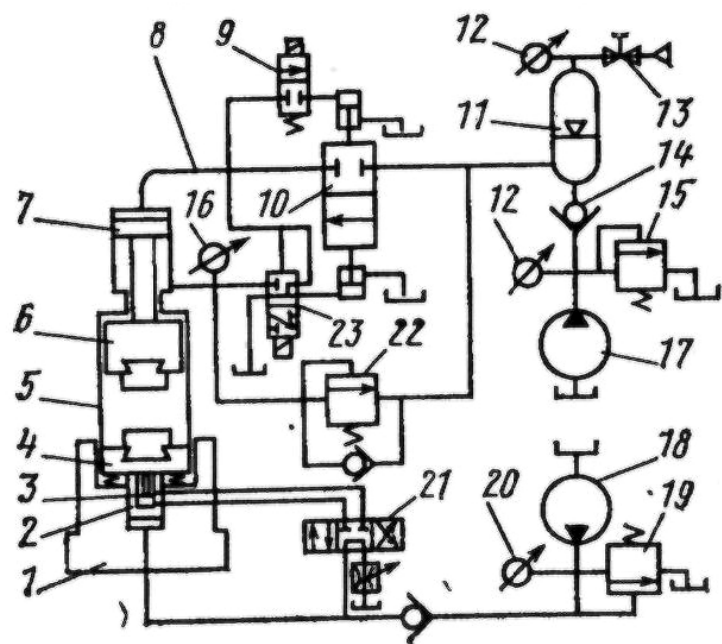


Рис. 2.20. Гидравлическая схема прессы

2.7. Оборудование для производства цепочек

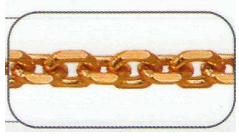


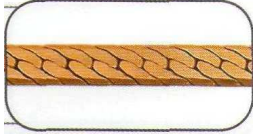


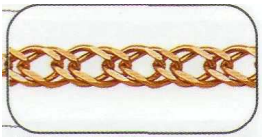
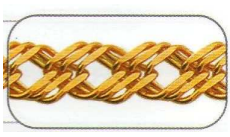
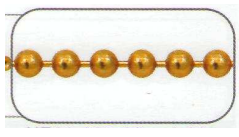
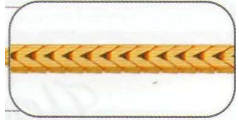

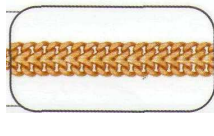
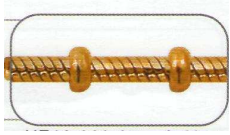
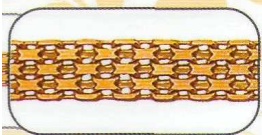

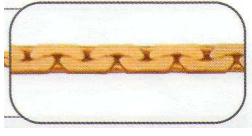
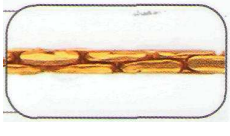

Все существующие методы изготовления цепочек можно разделить на четыре вида: из спирали, гибкой овального звена, штампованием звеньев и плетением.

Спиральный метод плетения отличается высокой производительностью и позволяет использовать широкую гамму видов плетения цепочек. Метод основан на скручивании проволоки в спираль и подачи к отрезным ножам, с помощью которых отрезается звено. Данный метод применяется для изготовления различных плетений из круглой проволоки диаметром от 0,15 до 4,0 мм: панцирных и якорных - простого и двойного типа, «фигаро», «улитка», «глаз куропатки», «глаз пантеры», «бабушка».

При втором методе нож и зажим совершают вертикальное движение, а проволока подается горизонтально. Нож отрезает звено, а зажим заживает его концы. Метод позволяет получать системы плетения цепочек типа «венецианская» (из ленты) и «якорная». Для плетения может использоваться проволока любой формы – круглая, полукруглая, вогнутая, прямоугольная, а также тонкая лента, а для цепочек типа «якорная» - необходима круглая и полукруглая проволока диаметром 0,15-1,8 мм.

Метод сборки из штампованных звеньев был разработан в Японии и нашел затем широкое применение в Европе и США. Данным методом можно изготавливать все виды цепочек, за исключением цепочек из шариков, бочонков, овалов. Собираемые цепочки не требуют пайки при сборке. Звенья получают штамповкой из проволоки диаметром 0,8-1,8мм или ленты. Производительность станков для плетения таких цепочек составляет до 200 звеньев в минуту.

Плетение производят на специализированных станках, которые налаживаются на определенный вид цепочек: типа «чулок» «лисий хвост», «веревочка». Так, изготовление цепочек типа «чулок» основано на вдевании и деформировании длиномерной проволоки диаметром 0,15-0,3 мм. Цепочка вяжется из круглой проволоки иголками в количестве до двенадцати штук и не требует пайки звеньев. Цепочка «лисий хвост» изготавливается из ленты с помощью вырубных штампов и также не требует пайки. Производительность автоматов для их изготовления составляет до 180 звеньев в минуту. Цепочка «веревочка» традиционно изготавливалась ранее только вручную. Разработанные для плетения данного типа цепочек станки, позволили воспроизвести ручное плетение веревочки и механизировать процесс. При этом машина изготавливает звенья не в форме кольца, а в форме буквы «С», после чего они соединяются с использованием пайки. Для изготовления цепочек типа

 <p>якорная</p>	 <p>якорная вытянутая</p>	 <p>«Фигаро»</p>
 <p>панцирная сколоченная</p>	 <p>панцирная двойная</p>	 <p>«перлина»</p>
 <p>«Ромбо» двойная</p>	 <p>«Ромбо» тройная</p>	 <p>шариковая</p>
 <p>«лисий хвост»</p>	 <p>«веревка»</p>	 <p>фантазийная</p>
 <p>«Сатурно»</p>	 <p>«Бисмарк» 3x1</p>	 <p>«лав»</p>
 <p>«кобра»</p>	 <p>венцианская вытянутая</p>	 <p>кордовая</p>

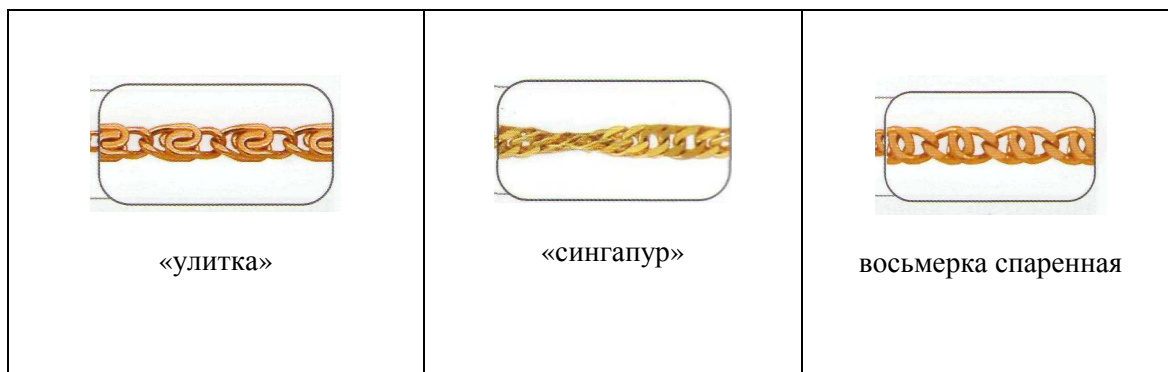


Рис. 2.21. Разновидности ювелирных цепей

«веревочка» чаще всего применяют пустотелую проволоку диаметром 0,3-0,74 мм. Такая цепочка имеет меньший вес и является более гибкой.

Для реализации всех перечисленных способов изготовления цепочек применяют пять различных типов станков:

- обжимного типа;
- спирального типа;
- для вязки плетений с закруткой звеньев;
- для сборки цепочек типа «верёвочка»;
- агрегатных - для сборки многозвенных цепочек.

Спиральные и обжимные станки применяют для изготовления цепей якорного типа.

Станки обжимного типа (рис.2.22) – являются автоматами для изготовления цепочек со звеньями якорной цепи круглой формы, которые невозможно получить из спирали на станках спирального. Звенья цепи имеют абсолютно одинаковый размер, что обеспечивает постоянный одинаковый шаг при пайке цепочки модели «Бисмарк». Благодаря округлости звеньев, рисунок якорной цепочки, полученной этим методом, несколько отличается от подобных цепочек, полученных на автомате спирального типа. Цепочка может быть изготовлена из фасонной, плоской (для венецианского плетения), полукруглой и квадратной проволоки. Однако станки данного типа не позволяют достигнуть высокой плотности фуги, а также изготавливать многозвенные двойные и тройные цепочки, что обусловлено способом захвата каждого отдельного звена. По этой причине данные станки нашли меньшее применение, чем спиральные. Цикл работы станка состоит из ряда действий, выполняемых в рабочей зоне: нанизывания звена на проволоку, которая затем отрезается и обжимается фасонами вокруг круглой оправки; захвата звена пинцетом и нанизывания на проволоку и цикл повторяется снова. На станке осуществляются следующие движения: протяжка проволоки заданной длины, отрезка проволоки, предварительное сгибание звена, обжимка звена вокруг оправки, прижим и стыковка концов звена.

Конструктивно станок обжимного типа состоит (рис.2.23) из массивной станины, на которой размещаются привод движения 1, механизм подачи проволоки 2, манипулятор для поворота заготовки 3,

ножи для резки проволочной заготовки 4, распределительный вал 5 управления механизмами станка. Привод станка состоит из электродвигателя 1 и клиноременной передачи. Проволока подается в зону сборки с катушки до упора, обеспечивая постоянство размера проволочной заготовки звена. Цикл работы станка включает формирование звена, поворот звена и нанизывание на проволоку. Формирование звена из отрезанной ножами проволоки производится обжимкой фасонами вокруг круглой оправки. Полученное звено захватывается затем пинцетом манипулятора, разворачивается на 90°, снова нанизывается на проволоку.

Станки обжимного действия нашли меньшее применение, чем спиральные, хотя в отдельных случаях их использование является технологически необходимым, например, при изготовлении «венцианский» цепочки, которая является квадратным вариантом якорной цепочки.

Цепевязальные станки *спирального типа* проще по конструкции в сравнении с обжимными станками и выполняют меньшее количество действий. Процесс образования звена состоит из двух действий: навивки проволоки в спираль и отрезки звена. Скорость навивки спирали на станке спирального типа задается конструктивным исполнением привода распредвала. Цикл работы станка состоит из следующих действий: подачи проволоки с катушки на спиралеобразующую втулку; сгибания в спираль на винтовой канавке; перемещения в пазы ножниц; отрезки звена ножницами, приводящимися в действие с помощью системы рычагов; сведением встык концов звена. Изготовленное и отрезанное звено смещается манипулятором вниз, поворачивается на 90° и нанизывается на следующее звено при помощи захвата-пинцета. Затем оно захватывается перемещающейся спиралью и остается свободно висящим на спирали. Пинцет манипулятора, разжав звено, перемещается снова вверх, и захватывает новое образовавшееся звено.

Общий вид цепевязального станка для изготовления простой якорной цепочки представлен (рис.2.24). Станок настраивается на несколько диапазонов диаметров проволоки размерами 0,2; 0,35 и 0,5 мм. В зависимости от размера установленного ригеля станок может собирать цепочки трех типоразмеров, с длиной звена – 2; 2,5 и 3,0 мм. Переналадка станка позволяет получать различные варианты типоразмеров цепей. Станок спирального типа имеет четыре кулачка для управления отрезкой звена цепочки, подъема и поворота манипулятора. Весь цикл наращивания цепочки на одно звено занимает 1 секунду, в результате чего производительность станка составляет 60 звеньев в минуту.

Вращение передается непосредственно на иглу-ригель через механизм мальтийского зацепления и зубчатую пару. Кулачками

управляется отрезка звена цепочки, подъем и поворот манипулятора. Спиралеобразующая втулка и, так называемая игла, имеют механический привод от электродвигателя.

Цикл работы станка (рис.2.25 и 2.26) включает в себя подачу проволоки с катушки на спиралеобразующую втулку, навивку проволоки в спираль, отрезку звена спирали, сведение концов звена; опускание и поворот звена на 90°; вдевание звена на навиваемую спираль и цикл повторяется снова.

Концы звена, поддерживаемые губками, сводятся встык этими же ножницами. Изготовленное и отрезанное звено перемещается вниз и поворачивается, и нанизывается на спираль с помощью манипулятора.

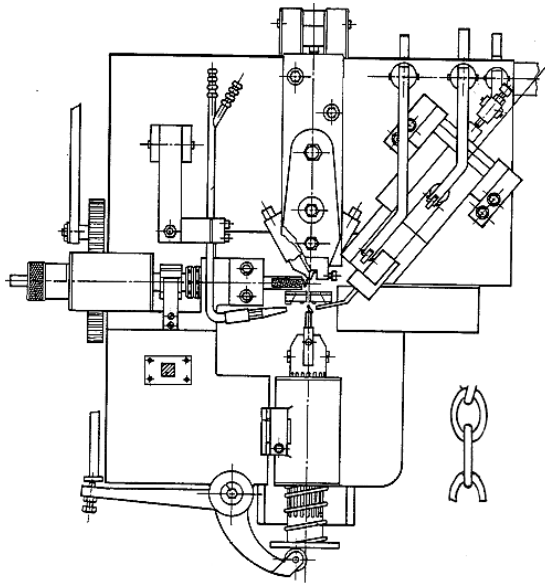


Рис.2.22. Рабочая зона станка обжимного типа

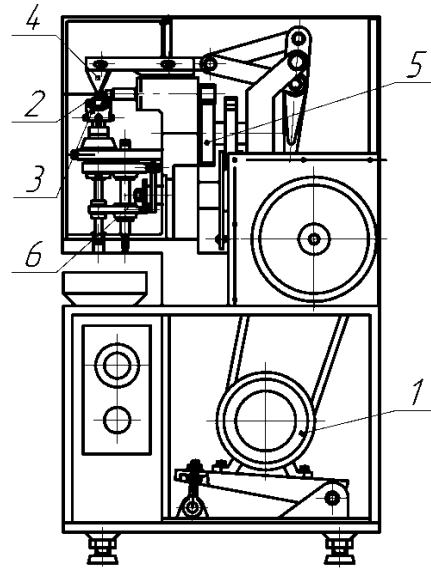


Рис.2.23. Принципиальная схема станка обжимного типа

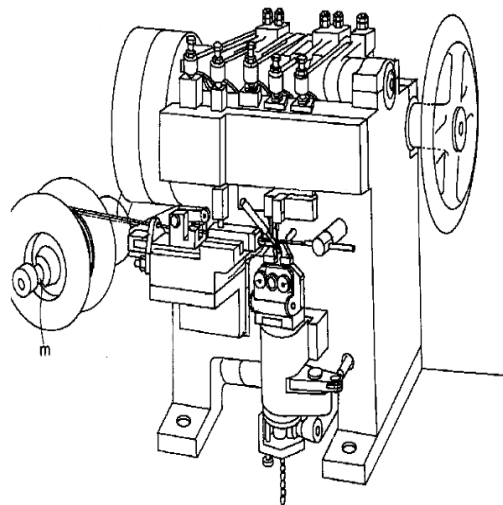
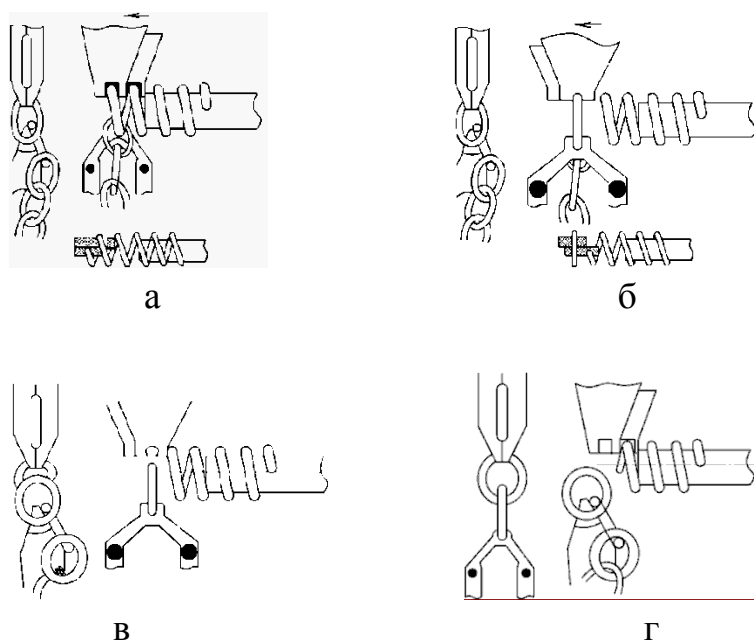


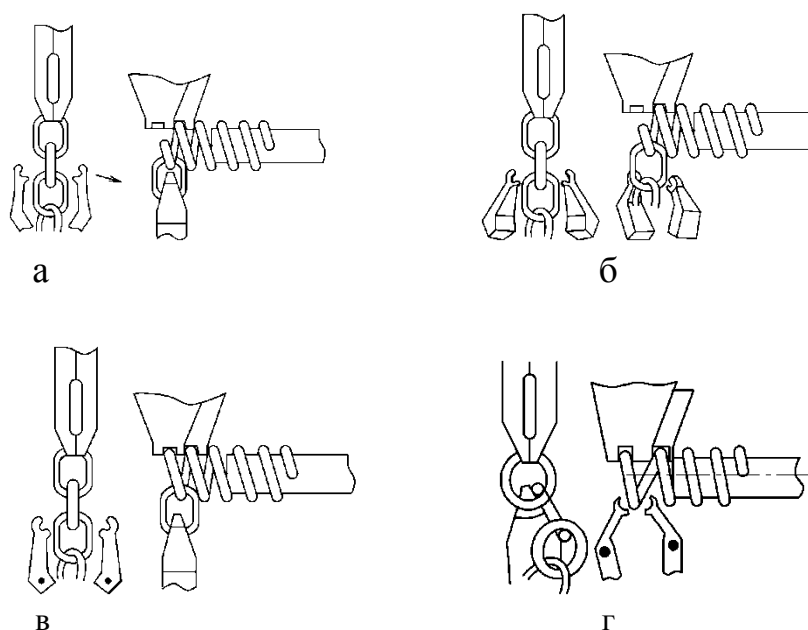
Рис. 2.24. Общий вид цепевязального станка

Цепочки типа «восьмёрка» производятся на станках (рис.2.25) из звеньев в виде повернутой цифры 8 (∞). В такой цепи каждое звено оказывается в зацеплении, как с предыдущим, так и с последующим звеном в двух точках, образуя непрерывный ряд звеньев.



а - отрезка звена цепочки, б – выравнивание звена, в – опускание манипулятора,
г – поворот манипулятора

Рис.2.25. Этапы цикла цепевязального автомата



а – разжим губок, б – опускание манипулятора с поворотом, в – подъем манипулятора с поворотом, г – зажатие звена и возврат в исходное положение

Рис.2.26. Положение механизмов в цикле работы автомата

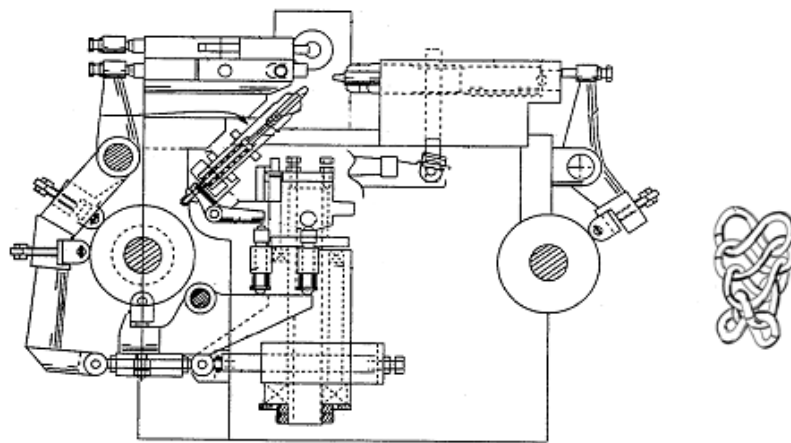


Рис.2.27. Компоновка узлов станка для вязки цепочки «восьмёрка»

Цепочка типа «веревочка» образуется плетением двух соединенных между собой скрученных и сплетенных ветвей цепи (рис.2.28а).

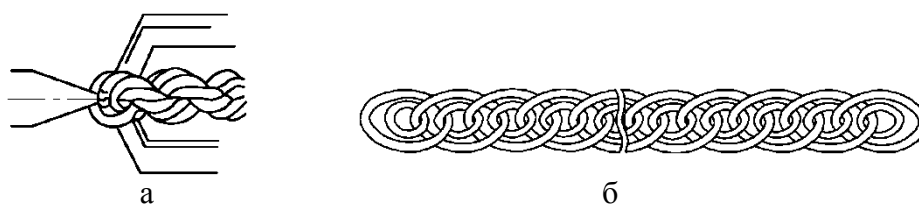


Рис.2.28. Цепочки типа «верёвочка» (а) и многозвенная (б)

Многозвенные цепи (рис.2.26б), элементы которой сцепляются попарно между смежными звеньями изготавливаются на агрегатных станках.

Цепевязание производится на моделях разнообразных универсальных станков, позволяющих производить плетения более пятидесяти видов цепочек с широким диапазоном размеров. Применяемые для этого проволоки имеют диапазон диаметров от 0,1 мм до 2,5 мм. После замены оснастки можно изготавливать цепочки различных видов плетения для одного установленного диаметра проволоки на станке. Универсальный цепевязальный станок (рис.2.29) предназначенный для производства якорной и панцирной цепочки из проволоки диаметром 0,3-1,0 мм позволяет получать цепочки со скоростью 100-250 звеньев в минуту. Станок может быть дополнительно оснащен устройством для лазерной пайки цепи непосредственно на станке.

Разновидностью станка для производства и пайки панцирной и якорной цепочки из проволоки диаметром 0,15-0,4 мм, а также для изготовления цепочек двойного и тройного плетения является автомат модели GEKL (рис.2.30).

Исходная заготовка –
проволока



Рис.2.29. Цепевязальный станок



Производительность станка составляет 500-600 звеньев в минуту. Настройка станка позволяет получить разновидности разряженной и плотной якорной и панцирной цепочки.

Обработка цепи порошком перед пайкой производится на станке путем перемотки с барабана на барабан. Станок для подготовки цепочек к пайке (рис.2.30) содержит вращающиеся барабаны, в которых загружают специальный многокомпонентный порошок для пайки. Барабаны имеют приводы вибрации.

Пайка звеньев цепочки производится по фуге, т.е. месту стыка концов звена цепи. Пайка производится нагревом до уровня температуры несколько не доходящей до температуры плавления материала цепочки.

Такую возможность создает горящий фосфор, который входит в состав порошка для пайки

Пайка цепочки производится в конвейерной печи (рис.2.31) в защитной атмосфере порошковым припоем. В выходной камере конвейерной печи цепь медленно охлаждается.

.

Литература

1. Кочергин, А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – Мн.: Высшая школа, 1991.- 382с.
2. Кочергин, А.И. Металлообрабатывающие станки, линии и инструменты. А.И. Кочергин, М.Ю. Пику, В.И.Шагун; под ред. П.И.Ящерицина. – Мн.: Высшая школа, 1979. – 574с.
3. Луговой, В.П. Технология ювелирного производства: учеб. пособие / В.П.Луговой. – Мн., Новое знание ; М. ИНФРА-М, 2012. – 526с.
4. Михнев, Р.А. Оборудование оптических цехов. Р.А. Михнев, С.К. Штандаль: учеб. для техникумов. - М.: Машиностроение, 1981.- 367с.
5. Колев, Н.С. и др. Металлорежущие станки. Учеб.пособие для втузов / Н.С.Колев, Л.В.Красниченко, Н.С. Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 500с.
6. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т. 1 и 2: Проектирование станков / А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Апполонов и др.; под общ. ред. А.С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, 1994 - 444с.
7. Проектирование оборудования и оснастки для ювелирного производства: лабораторный практикум / Сост. В.П.Луговой. – Минск: БНТУ, 2007. – 60с.
8. Пуш, В.Э. Конструирование металлорежущих станков / В.Э. Пеш. - М.: Машиностроение, 1977.- 390с.