

Расчет приводов зажимных устройств

Как указывалось в предыдущих главах, приводы используются в приспособлениях с зажимными устройствами первой и третьей групп. В зажимных устройствах первой группы применяются пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, механогидравлические, центробежно-инерционные и другие приводы. В третьей группе – вакуумные, магнитные, электростатические и др.

Пневматический привод

Пневматический привод состоит из пневмодвигателя, воздухопроводов и пневматической аппаратуры различного назначения. Энергоносителем здесь является сжатый воздух с давлением $P = 0,4 - 0,6$ МПа. Расчет на прочность элементов пневмопривода производят при давлении $P = 0,6$ МПа, а величину развиваемого им усилия P_u при давлении $P = 0,4$ МПа.

Пневмодвигатели выполняют в виде поршневых цилиндров и диафрагменных пневмокамер.

Поршневые двигатели (пневмоцилиндры)

Они подразделяются на одинарные и сдвоенные. В одинарных имеется один поршень, а в сдвоенных – два. Они могут быть также одностороннего и двухстороннего действия (рис. 7.1).

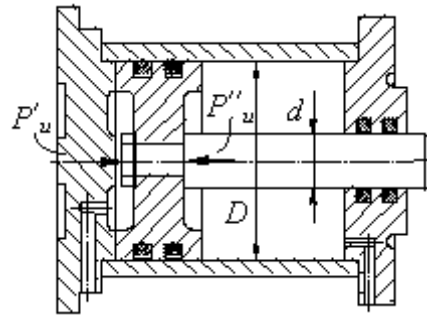


Рис. 7.1. Пневмоцилиндр двухстороннего действия

1. Для пневмоцилиндров одностороннего действия

$$P_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta - q;$$
$$q = k \cdot a;$$
$$D = 2 \sqrt{\frac{P_u + q}{\pi \cdot p \cdot \eta}},$$

где k – характеристика пружины,
 a – величина сжатия.

2. Для пневмоцилиндров двухстороннего действия

$$F_u' = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta,$$
$$F_u'' = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta,$$
$$F_u''' = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta,$$

где η – КПД $\approx 0,85$,
 q – сопротивление возвратной пружины.

. Диафрагменные пневмокамеры

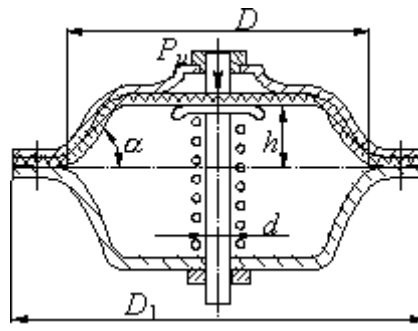


Рис. 7.2. Диафрагменная пневмокамера

1. Для пневмокамер одностороннего действия

$$P_u = \frac{\pi \cdot (D + d)^2}{16} \cdot p - q$$

2. Для пневмокамер двухстороннего действия

$$P_u = \frac{\pi \cdot (D + d)^2}{16} \cdot p$$

Диафрагменные пневмокамеры (рис. 7.2) в силовом отношении отличаются от поршневых тем, что развиваемое ими усилие P_u изменяется по мере движения штока.

Достоинства пневмокамер:

- рабочая камера не обрабатывается и гораздо дешевле пневмоцилиндров;
- герметичны;
- долговечны.

Недостатки:

- малый ход поршня;
- падения усилия по длине хода штока;
- диаметральные размеры больше осевых.

. Гидравлический привод

Гидравлический привод состоит из силового гидравлического цилиндра, насоса, бака, трубопроводов, аппаратуры управления и регулирования. Гидроцилиндры бывают одностороннего и двухстороннего действия. Благодаря использованию более высокого давления жидкости по сравнению с пневмоприводом при тех же развиваемых усилиях имеет меньшие габариты и вес; масло обеспечивает смазку трущихся частей.

Недостатки гидроприводов:

- сложность гидроустановки и необходимость в дополнительной площади для ее размещения;
- большая стоимость.

Простейшая схема с одним насосом приведена на рис 7.3.

Масло от насоса 4 направляется золотником управления 2 в одну из полостей гидроцилиндра 1. Когда передается к зажимным элементам несамотормозящаяся, масло должно подаваться в систему под рабочим давлением в течении всего времени работы механизма зажима и почти весь расход масла (за исключением утечек) должен проходить через переливной клапан 3, настроенный на рабочее давление, что вызывает нагрев масла и непроизводительным затрат энергии. Поэтому такую схему целесообразно применять в случаях, когда передают к зажимным элементам самотормозящаяся и насос после зажима может отключаться .

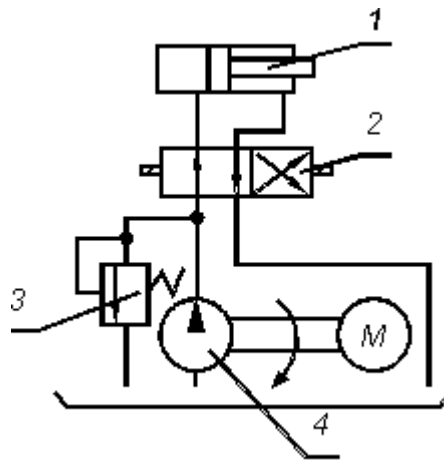


Рис. 7.3. Схема гидропривода с одним насосом.

Для уменьшения затрат мощности выполняют привод с двумя насосами:

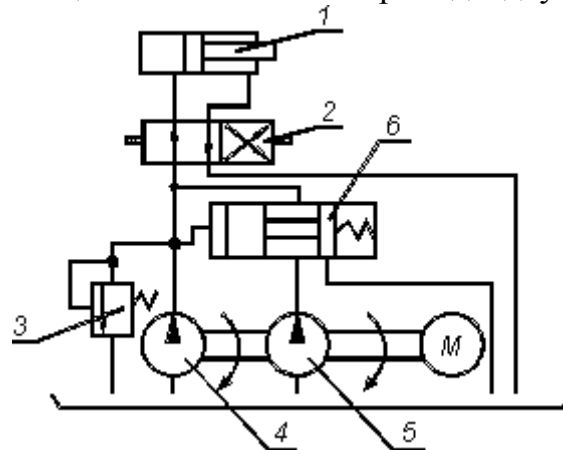


Рис. 7.4. Схема гидропривода с двумя насосами.

5 – низкого давления и большой производительности и 4 – высокого давления и малой производительности. При холостом ходе масло поступает в цилиндр 1 одновременно от обоих насосов. После замыкания механизма (упора зажимного элемента в деталях) давления в системе увеличивается, и напорный золотник 6 отключает насос низкого давления. В дальнейшем будет уже работать только насос высокого давления (рис. 7.4).

Можно выполнить привод только с одним насосом низкого давления в сочетании с мультипликатором 7. При повышении давления в системе специальный напорный золотник 8 включает мультипликатор, который благодаря разности площадей поршня и штока-плунжера повышает давления в цилиндре; обратный клапан 9 отключает часть системы с низким давлением. Такое устройство (рис. 7.5) может быть использовано при самотормозящихся передачах; при несамотормозящихся передачах можно использовать только для кратковременного зажима. В противном случае мультипликатор должен был бы компенсировать большие объемные потери масла и его габаритные размеры при этом сильно бы возросли.

Применяют также привод с насосом 10, (рис. 7.6) автоматически регулирующим производительность по давлению. При увеличении давления в системе цилиндр управления 11 уменьшают производительность насоса до величины, необходимой для компенсации объемных утечек.

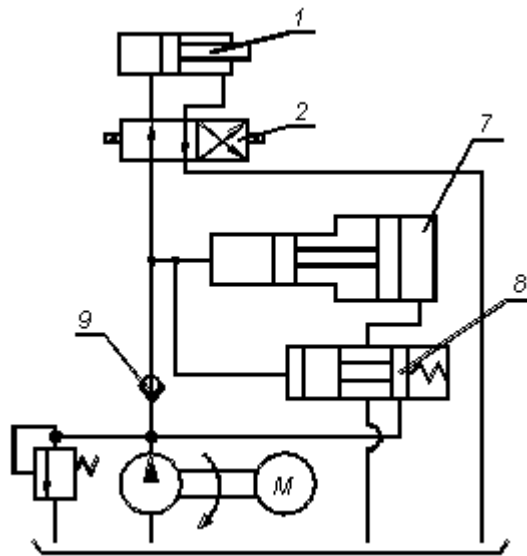


Рис. 7.5. Схема гидропривода с одним насосом и мультипликатором.

Можно выполнить привод только с одним насосом высокого давления, но малой производительности (рис. 7.7) в сочетании с гидроаккумуляторами 13. Здесь при зажиме масло подается одновременно аккумуляторам и насосам. После зажима насос через клапанную пробку 12 пополняет аккумулятор.

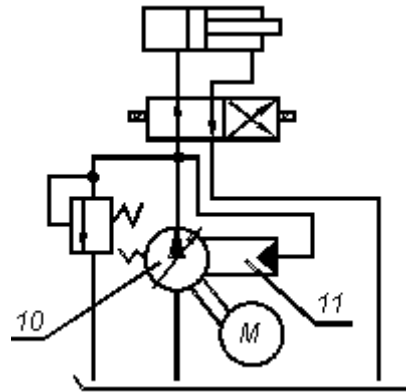


Рис. 7.6. Схема гидропривода с одним насосом.

Производительность насоса должна обеспечить зарядку аккумулятора за время зажима – выполнения рабочих операций. Такую схему применяют при сравнительно небольшом времени зажима.

При большой продолжительности выполнения рабочих операций выполняют более сложную схему с гидроаккумулятора (рис. 7.8). Насос 4 высокого давления и большой производительности подает масло через обратный клапан 9, золотник 2 с электроуправлением в гидроцилиндр 1 и гидроаккумулятор 13. когда давление в гидросистеме достигает максимального значения, на которое настроен предохранительный клапан 14, реле давления 15 с помощью золотника 14 переключает поток масла от насоса на слив. Тогда давление в системе поддерживается аккумулятором. При падении давления до минимального рабочего срабатывает реле давления 16, переключающее золотник 14, вследствие чего насос снова нагнетает масло в систему и заряжает аккумулятор.

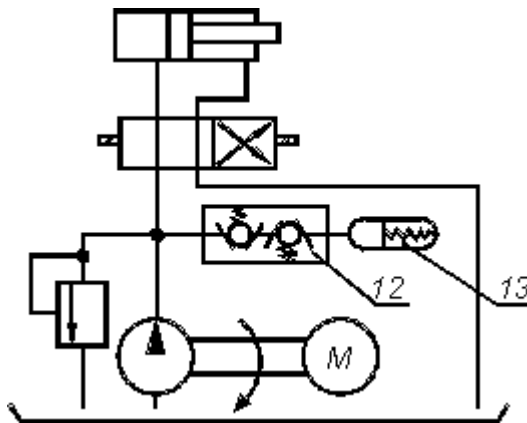


Рис. 7.7. Схема гидропривода с одним насосом и гидроаккумулятором.

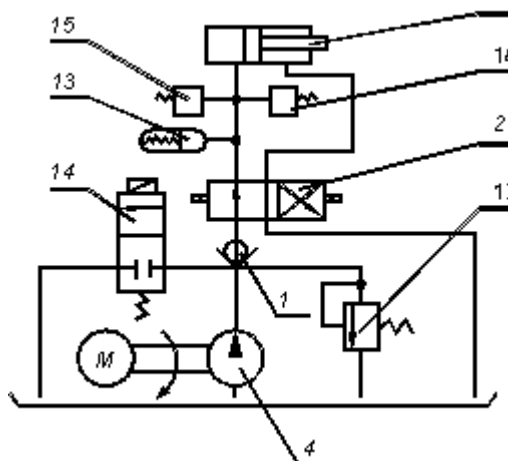


Рис. 7.8. Схема гидропривода с насосом и аккумулятором.

Пневмогидропривод

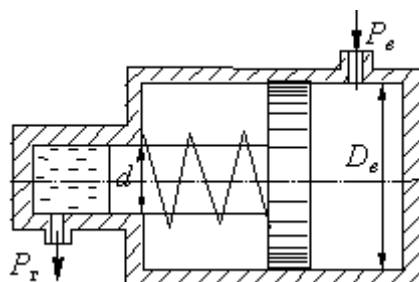


Рис. 7.9. Пневмогидропривод.

Пневмогидропривод (рис. 7.9) состоит из силового гидравлического цилиндра и пневмогидравлического усилителя давления. Усилители давления бывают двух типов: прямого и последовательного.

Принцип работы усилителя прямого действия основан на непосредственном преобразовании сжатого воздуха низкого давления P_e в высокое давление жидкости P_r . Отношение $(D_e / d_r)^2$ называется коэффициентом усиления.

. Электромеханические приводы защитных устройств

Электромеханические зажимные устройства (ЭМЗУ) состоят из электродвигателя, передаточного механизма, зажимных элементов. Обычно в ЭМЗУ применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором нормального исполнения с повышенным скольжением или повышенным пусковым моментом. Электродвигатель работает кратковременно только при зажиме или отжиме, поэтому в ЭМЗУ всегда имеется самотормозящая передача для фиксации состояния системы после зажима и отключения двигателя.

По принципу действия привода ЭМЗУ делят на квазистатические и динамические.

В *квазистатических* ЭМЗУ сила зажима создается только за счет электромагнитного момента двигателя и величина этой силы определяется настройкой динамометрирующих упругих элементов, в частности муфты предельного момента, расположенной в кинематической цепи. Момент, развиваемый двигателем при зажиме, всегда меньше его критического (максимального) момента.

В *динамических* ЭМЗУ сила зажима создается как за счет электромагнитного момента двигателя, так и за счет кинетической энергии вращающихся частей, за вычетом потерь на трение. Отключение двигателя происходит после достижения требуемой силы зажима, которая определяется по силе тока в цепи двигателя с помощью реле или по величине соответствующей деформации упругого звена механизма, вызывающей срабатывание электроаппаратуры.

На (рис. 8.1 а) показана схема квазистатического действия, на (рис. 8.1 б) – схема динамического действия.

Двигатель 1 через разгонную муфту 2, передаточный механизм, включающий упругий приведенный вал 7 и самотормозящую передачу 8, перемещает зажимной элемент 9, который при зажиме прижимает деталь 10 к неподвижной опоре 11 и создает натяжение всех звеньев системы. После окончания зажима и отключения двигателя деталь 10 удерживается в зажатом состоянии силами натяжения упругих звеньев участка системы от опоры 11 до самотормозящей передачи 8. Оба диска разгонной муфты 2 имеют на больших дугах наружной поверхности по одному выступу, благодаря чему пуск двигателя и почти целый оборот его вала могут происходить без нагрузки до момента встречи выступов.

В схеме *квазистатического* действия сила зажима определяется силой натяжения упругого звена 4 муфты предельного момента 5. При достижении требуемой силы зажима перемещение одной из частей муфты 5 воздействует на выключатель, который отключает двигатель.

В схеме *динамического* действия в зависимости от ее параметров общее число последовательных этапов процесса может быть различным и достигать шести. Но во всех случаях при зажиме первые два этапа, при которых момент зажима возрастает, осуществляются одинаково. Первый этап соответствует времени от момента начала зажима (соприкосновения зажимным элемента с деталью) до момента отключения двигателя до остановки ротора в положении, соответствующим максимальной деформации элементов механизма. В конце второго этапа зажим осуществлен и зажатая деталь удерживается самотормозящей передачей. Последующие этапы соответствуют движению элементов системы под действием сил энергии и упругости до их остановки.

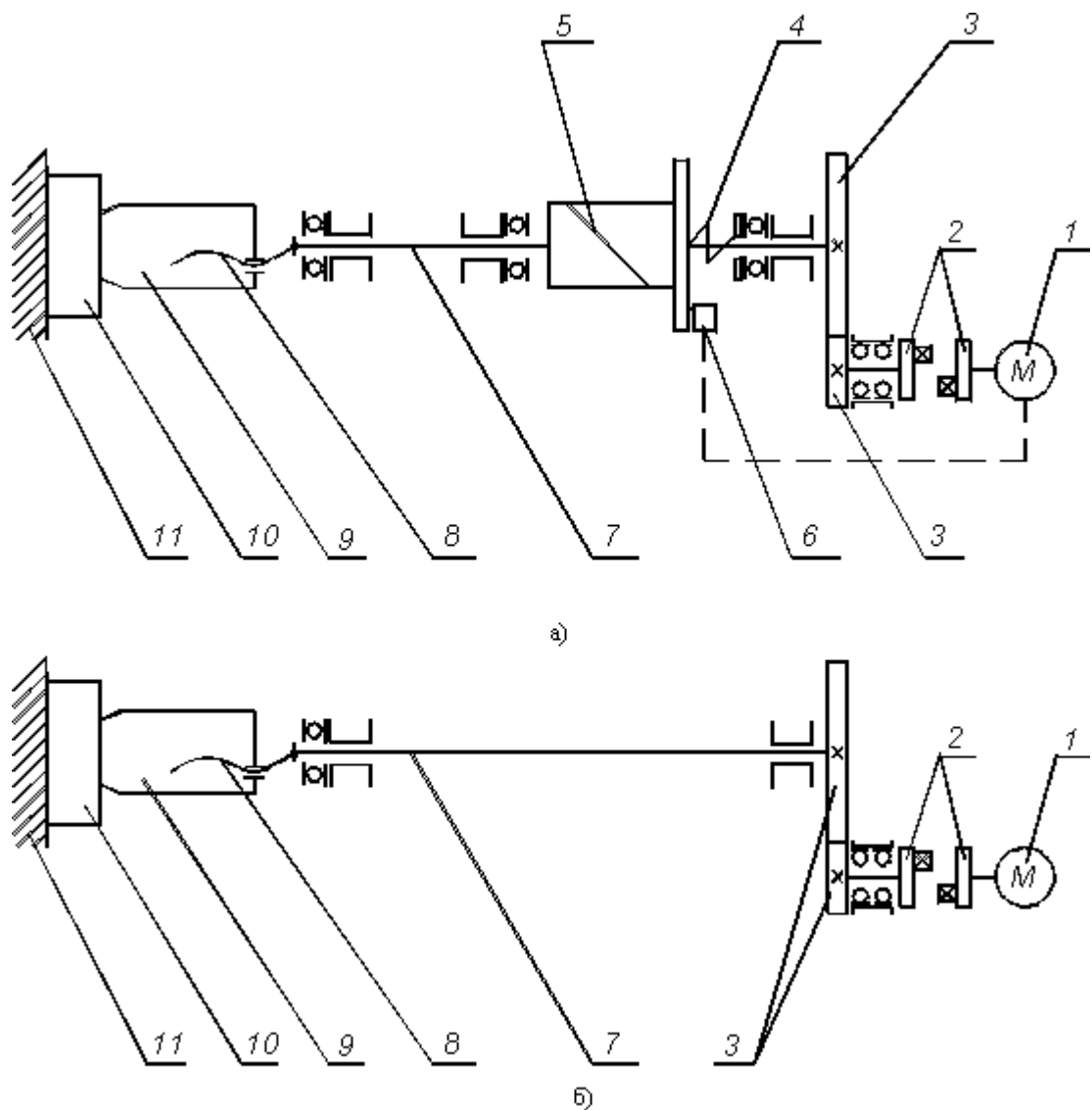


Рис.8.1. Схема электромеханических приводов.

Момент зажима, соответствующий окончанию второго этапа работы:

$$M_z = M_H \times K_{II} \times K_D;$$

где: M_H – номинальный крутящий (вращающий) момент двигателя; K_{II} – коэффициент перегрузки ($K_{II}=1,2(1,5)$); K_D – коэффициент динамичности.

$$K_D = 2 \left[1 + (2\beta \times T_M)^2 \right]$$

где: $T_M = v \times \omega_0 \times I$ – механическая постоянная времени;

$\beta = \sqrt{\frac{C_{II}}{I}}$ – частота свободных колебаний механизма;

v – коэффициент крутизны лижаризованной статической характеристики двигателя.

$$v = \frac{1}{M_D} \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0} \right);$$

где: M_D – момент (электромагнитный двигателя; ω – угловая скорость вала двигателя; ω_0 – синхронная угловая скорость; I – момент инерции ротора двигателя и связанных с ним вращающихся частей; C_{II} – приведенная к валу двигателя жесткость системы механизма; $K_D = 6 \div 10$.

Вакуумный привод

Принцип действия вакуумного привода основан на непосредственной передаче атмосферного давления закрепляемой заготовке 2. Для создания избыточного атмосферного давления между опорной поверхностью заготовки 2 и приспособлением 1 образуют полость с вакуумом (рис.8.2).

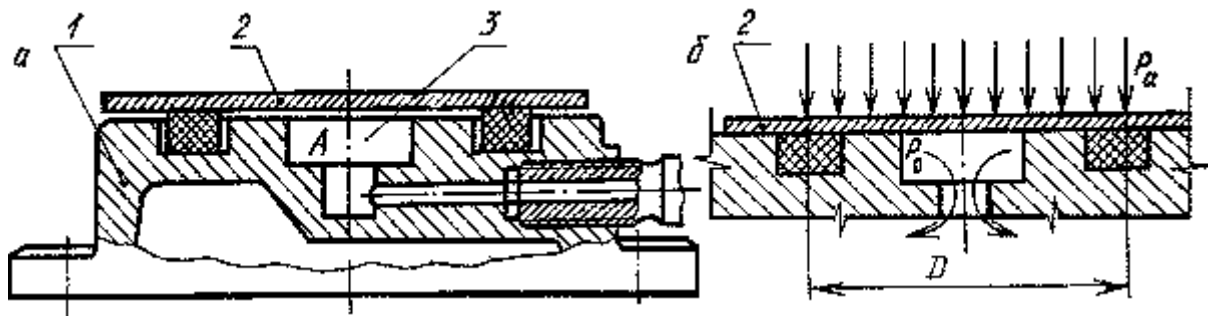


Рис.8.2. Схема вакуумного приспособления с заготовкой в открытом (а) и прижатом (б) состояниях.

Величину исходного усилия P_u определяют по формуле:

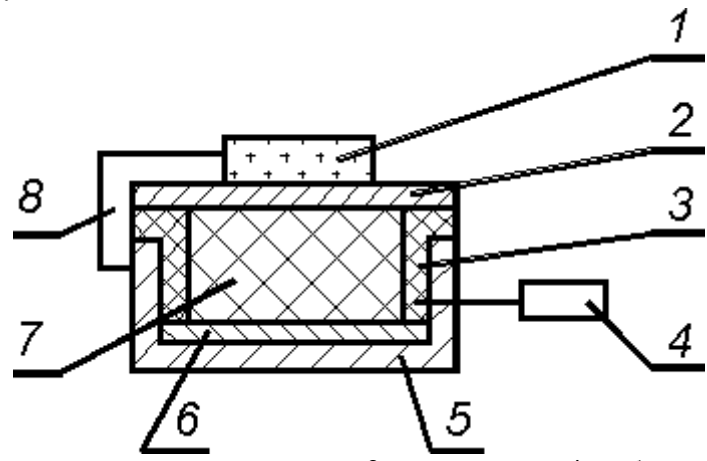
$$P_u = P_z = F_{II} \times p_{из} \times \lambda,$$

где: F_{II} – полезная площадь заготовки, ограниченная уплотнением в мм^2 ; $p_{из}$ – избыточное давление, равное разности между атмосферным давлением и вакуумом в полости; λ – коэффициент герметичности системы, $\lambda = 0,8 + 0,85$.

Вакуумные приводы весьма эффективны для крепления заготовок типа пластин.

Электростатические плиты

Электростатические плиты (рис.8.3) применяют для закрепления заготовок из различных материалов.



1 – заготовка; 2 - диэлектрическое покрытие; 3 - изоляция; 4 – блок питания (3000 В); 5 – корпус (соединен с плюсом блока питания); 6 – электрод (соединен с минусом блока питания); 7 – полупроводник; 8 – контактная планка.

Рис. 8.3. Электростатическая плита.

Принцип работы плиты основан на взаимодействии разноименно заряженных тел (Закон Кулона).

Магнитные и электромагнитные приспособления в металлообработке

Значительный прогресс в металлообработке может быть достигнут за счет применения универсальных приспособлений, использующих энергию магнитного поля. Такие приспособления могут применяться в условиях единичного, серийного и массового производства.

Можно выделить четыре основных этапа процесса использования магнитных полей в металлообработке: 1) намагничивание изделий; 2) удержание их магнитным полем во время обработки; 3) размагничивание приспособления для снятия изделий; 4) размагничивание самих изделий после обработки (при необходимости).

Первые три этапа осуществляются соответствующими приспособлениями, снабженными специальными системами управления, четвертый – отдельными системами размагничивания.

По типу источника магнитной энергии приспособления разделяют на:

- *электромагнитные* (источник - электромагнита);
- *с постоянными магнитами* (источник – постоянные магниты);
- *электропостоянные* (источник – постоянный магнит и электромагнит).

Электромагнитные приспособления

Электромагнитные приспособления известны и применяются более 200 лет. Их силовой блок содержит катушку, обтекаемую электрическим током и намотаны вокруг стальных сердечников для концентрации магнитной энергии.

Катушка с сердечником образует магнитную систему, которые могут быть двух видов: Н- или П- и Ш- образные (рис. 9.1).

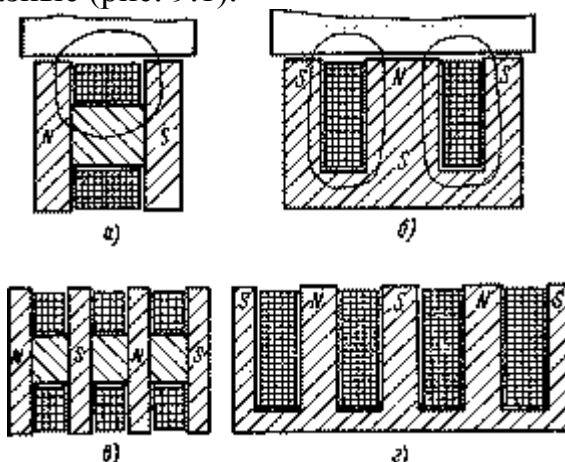


Рис. 9.1. Магнитные системы электромагнитных приспособлений: а - Н – образная двухполюсная; б – Ш – образная трехполюсная; в, г – многополюсные.

Преимущества электромагнитных приспособлений:

- простота и жесткость концентрации;
- низкая стоимость;
- возможность дистанционного управления;
- легкость автоматизации;
- практически неограниченные размеры;
- возможность регулирования усилия притяжения.
- *Недостатки:*
- необходимость системы управления и токопровода;
- нагрев за счет тепла, выделяемого катушками;
- возможность возникновения опасности при аварийном отключении электроэнергии.

Применение электромагнитных плит

Электромагнитные плиты выпускают двух форм: прямоугольные и круглые.

Прямоугольные (ГОСТ 17519-91) электромагнитные плиты применяют на плоскошлифовальных, фрезерных, строгальных и других станках, а также как самостоятельные приспособления при выполнении слесарных, сварочных, разметочных, сборочных, контрольных и других работ $P_{уд} = 35 - 40 \text{ Н/см}^2$, до 200 Н/см^2 .

Круглые: на токарных, лоботокарных, карусельных, расточных, плоскошлифовальных $P_{уд} = 40 - 50 \text{ Н/см}^2$ и выше.

Приспособления с постоянными магнитами

Такие приспособления получили широкое распространение в 50-х годах прошлого века в связи с разработкой новых магнитотвердых материалов.

Особенности конструкции и применения магнитных приспособлений зависят от типа используемых в них магнитов. По энергетическим характеристикам постоянные магниты, используемые в магнитной оснастке, могут быть разделены на три группы.

Первая: с энергией, приходящиеся на $1 \text{ м}^3 = 5 - 15 \text{ кДж}$ (ферриты) (рис. 9.2 а).

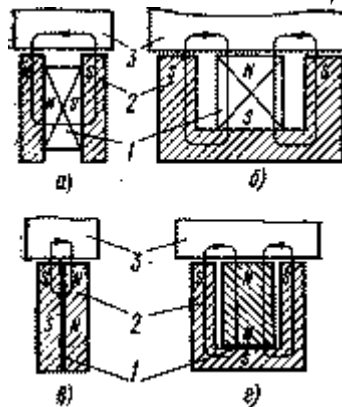


Рис. 9.2. Магнитные системы с постоянными магнитами: а – энергией $5 - 15 \text{ кДж/м}^3$; б – энергией $20 - 40 \text{ кДж/м}^3$; в – энергией свыше 50 кДж/м^3 ; 1- магниты; 2 – стальные полюса; 3 – изделия.

Такие магниты из-за низких значений магнитной индукции не могут самостоятельно служить полюсами приспособлений и нуждаются в стальных концентраторах магнитной энергии, из-за чего используются в стальной арматуре.

Вторая: с энергией на $1 \text{ м}^3 = 20 - 40 \text{ кДж}$ (рис. 9.2 б).

Это в основном литые магниты типа Альнико, которые сами могут являться полюсами приспособлений.

Третья: с энергией на 1 м^3 выше 40 кДж (рис. 9.2 в, г).

Это высокоэнергетические магниты на основе редкоземельных элементов, здесь нет необходимости в силовом блоке.

Преимущества магнитных приспособлений:

- независимость (автономность) от внешнего источника энергии в процессе эксплуатации;
- безопасность;
- отсутствие внутренних источников теплоты;
- постоянное повышение энергетических и эксплуатационных характеристик за счет использования новых магнитотвердых материалов.

Применение магнитных приспособлений

ГОСТ 16528-81 – плиты, ГОСТ 24568-81 – патрона.

Применяются на токарных, фрезерных, шлифовальных, строгальных и других станках.

Наиболее распространенной станочной оснасткой, использующей постоянные магниты, являются магнитные плиты и патроны

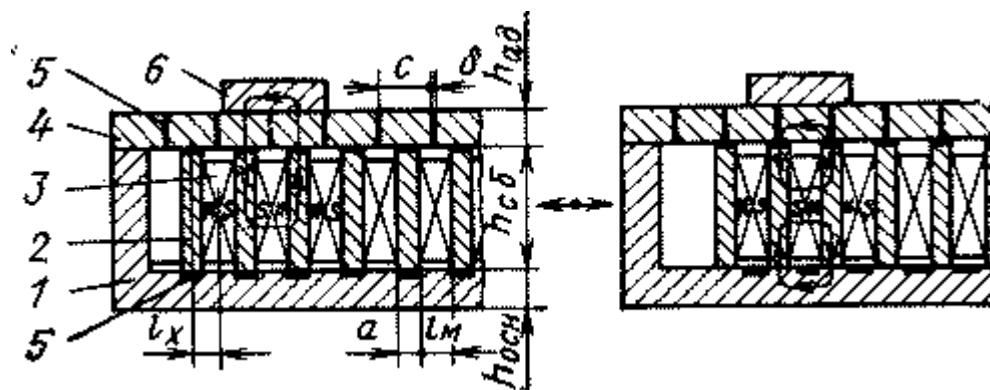


Рис. 9.3. Магнитная плита.

При включенном состоянии полюсы 2 силового блока лежат на немагнитных элементах 5 корпуса 1, направляя весь магнитный поток магнитов 3 через адаптер 4 и детали 6. При отключенном состоянии полюсы 2 расположены под немагнитными прокладками адаптера. В результате магнитный поток имеет новое направление.

Сила притяжения (min) плит с ферритами – $2,5 - 4 \text{ Н/см}^2$; литые магниты Арнико - $5 - 15 \text{ Н/см}^2$; редкоземельными - $15 - 30 \text{ Н/см}^2$ до 70 Н/см^2 .

Электропостоянные магнитные приспособления

Принцип действия электропостоянных магнитных приспособлений состоит в параллельной работе постоянных магнитов и электромагнитов. При этом рабочий магнитный поток представляет собой сумму магнитных потоков, обусловленных обоими указанными источниками.

Магнитные потоки постоянного магнита и электромагнита могут замыкаться по различным контурам (рис.9.4 а, в) и по одному и тому же контуру (рис. 9.4 б, г) системы. Важно, чтобы их суммирование произошло в полюсах силового блока. Соотношение этих потоков, т.е. соотношение долей энергий магнитов и электромагнитов в общей энергии крепления определяется требованиями системы управления, обеспечения безопасности его эксплуатации и назначением оснастки.

Преимущества:

- простота управления и автоматизации, возможность дистанционного управления;
- возможность регулирования усилия притяжения в широких пределах;
- безопасность (при отключении энергии, детали удерживаются за счет энергии постоянных магнитов).

Недостатки:

- неавтономность (наличие токопроводов);
- наличие внутреннего источника теплоты (катушка) и дефицитных магнитотвердых материалов;
- постоянная намагниченность рабочей поверхности при отключении питания электромагнитов.

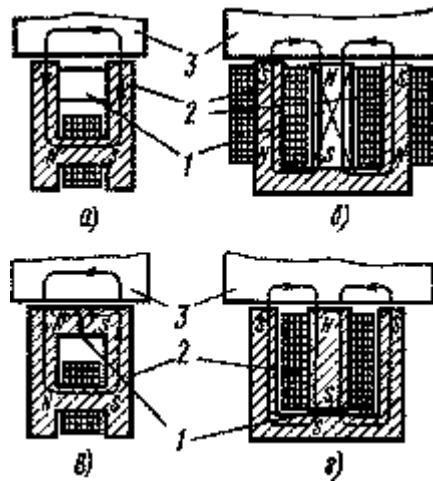


Рис.9.4. Электropостоянные магнитные системы: а – энергией 5 – 15 кДж/м³; б – энергией 20 – 40 кДж/м³; в – энергией свыше 50 кДж/м³; 1 - магниты; 2 – сердечники электромагнитов; 3 – изделия.

1. магниты;
2. сердечники электромагнитов;
3. изделия.

Электropостоянные магнитные приспособления сочетают основные преимущества постоянных магнитных приспособлений и электромагнитных.

Они развивают силы притяжения до 70 Н/см² и более.

Применение: на фрезерных, шлифовальных, строгальных и других станках.