

В
ДЛЯ ВУЗОВ

В.Ф. Катков

ОБОРУДОВАНИЕ
И СРЕДСТВА
АВТОМАТИЗАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ
ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-
ШТАМПОВОЧНЫХ
ЦЕХОВ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

К 29
В

ДЛЯ ВУЗОВ

В.Ф.Катков

ОБОРУДОВАНИЕ
И СРЕДСТВА
АВТОМАТИЗАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ
ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-
ШТАМПОВОЧНЫХ
ЦЕХОВ



*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов авиационных специальностей вузов*

УДК 62-83
ФБ Т.Ш. 83

МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1985

ББК 34.6
К29
УДК 629.7 621.7 621.9

Рецензенты д-р. техн. наук проф. Ю. Н. Алексеев
и кафедры «Технология производства ЛА» МАИ

Катков В. Ф.
К 29 Оборудование и средства автоматизации и механизации
заготовительно-штамповочных цехов: Учебн. пособие для авиа-
ционных вузов. — М.: Машиностроение, 1985. — 384 с., ил.
В пер.: 1 р. 30 к.

К 3606030000-217
038 (01)-85 217-85

ББК 34.6
6П5

© Издательство «Машиностроение», 1985 г.

ВВЕДЕНИЕ

Технологические машины, составляющие основу оборудования заготовительно-штамповочных цехов заводов по производству летательных аппаратов, служат для преобразования полуфабрикатов, поставляемых металлургической промышленностью, в заготовки и готовые детали.

В книге рассмотрены устройство, работа и область применения основных групп специализированного заготовительно-штамповочного оборудования и средств автоматизации заготовительно-штамповочных работ. Приведены также теоретические расчеты, необходимые для правильного понимания их работы, эффективного использования и грамотной эксплуатации.

Технологические машины заготовительно-штамповочных цехов настолько разнообразны, что невозможно дать детальный анализ даже основных их типов. Поэтому в настоящем пособии изложен общий методологический подход к рассмотрению отдельных узлов и механизмов и даны наиболее типичные расчеты, исходя из требований к основным целевым механизмам и машине в целом.

Материал о технологических машинах изложен в логической связи с остальными элементами технологической системы, что должно способствовать формированию правильного инженерного мышления студентов.

В книге освещены основные разделы курса «Оборудование и средства автоматизации заготовительно-штамповочных цехов», изучаемого в авиационных вузах и на факультетах соответствующей специальности. Этот курс в соответствии с учебными планами читается после ознакомления студентов с предметами общетехнического и общинженерного циклов, а также с курсом «Технология заготовительно-штамповочных работ», что учитывалось при написании настоящего пособия.

Широта ассортимента полуфабрикатов, разнообразие конфигураций и высокие требования к деталям современных летательных аппаратов обуславливают разнотипность и постоянное совершенствование оборудования заготовительно-штамповочных цехов. Металлургическая промышленность осваивает производство полуфабрикатов все более сложных профилей, требующих наряду с сокращением количества операций новых способов и оснастки для изготовления готовых деталей; металлургические заводы поставляют круп-

ногабаритные полуфабрикаты, что уменьшает объем сборочных работ в процессе производства изделия, но требует создания новых приемов обработки и соответствующего технологического оборудования. Правильный выбор способа обработки, оснастки и оборудования во многом определяет высокое качество изготавливаемых деталей и эффективность их производства.

В состав оборудования заготовительно-штамповочных цехов входят самые разнообразные технологические машины, предназначенные для изготовления большой номенклатуры деталей из листов, профилей, монолитных панелей, труб, прутков, проволоки и ленты из алюминиевых, магниевых, титановых и других сплавов, углеродистых и легированных сталей, полимерных и композиционных материалов.

Заготовительно-штамповочные цехи заводов летательных аппаратов вследствие сложности и специфики объектов производства отличаются от аналогичных цехов заводов других отраслей промышленности значительно большим разнообразием применяемого оборудования и способов изготовления деталей. В зависимости от масштабов производства летательных аппаратов на заводе обычно имеется несколько заготовительно-штамповочных цехов, организованных по технологическому принципу: цех централизованного раскроя, цехи штамповки мелких деталей, изготовления обшивок, деталей из профилей, деталей из труб, а также цехи гидропрессов, листоштамповочных молотов и др. Наряду с обычными способами разделения материала, такими, как резка на ножницах, вырубка в штампах на прессах общего назначения, широко применяется фрезерование, а также электрофизические и электрохимические способы резки. Для формоизменения деталей используется разнообразное специализированное оборудование — обтяжные прессы, валковые и роликовые гибочные станки, прессы штамповки эластичной средой, установки для электрогидравлической, магнитонимпульсной, взрывной штамповки, большая группа станков для местного деформирования и др.

Применяемые в заготовительно-штамповочных цехах технологические машины и установки разнотипны по устройству, принципу действия и используемым источникам энергии.

В производственных процессах, осуществляемых в заготовительно-штамповочных цехах, кроме технологических машин широко используется и другой вид рабочих машин — транспортные машины и устройства, необходимые для перемещения предметов труда. На стадии подготовки заготовительно-штамповочного производства применяется вычислительная техника.

Во многих случаях преобразование энергии, материалов, информации выполняется автоматически, без непосредственного участия человека. Предусмотрены автоматизация и механизация функционирования: 1) устройств управления работой исполнительных органов машин (следящие системы, числовое программное управление и др.), 2) средств перемещения объекта обработки (загрузочно-ориентирующие, подающие, удаляющие и другие устройства).

Наиболее совершенной автоматической системой являются обрабатывающие центры — автоматические машины с программированием технологических и транспортных операций.

Заготовительно-штамповочное оборудование, средства автоматизации и механизации наряду с оснасткой, инструментом и предметами обработки являются составными компонентами технологического процесса. В свою очередь, структурные части разных технологических машин имеют сходное функциональное назначение.

Взаимозависимость элементов структуры технологических систем заготовительно-штамповочных цехов определила методику построения учебного пособия, предназначенного для студентов, специализирующихся в области технологии производства летательных аппаратов.

В первой части книги рассматриваются элементы, участвующие в технологическом процессе, включая структурные элементы технологических машин и установок; во второй — сведения о средствах автоматизации и механизации, применяемых на различных этапах производственного процесса, а также автоматизированных системах управления технологическими машинами; в третьей части показаны устройство и назначение типовых представителей основных групп технологических машин и установок, применяемых в заготовительно-штамповочных цехах.

ЧАСТЬ I

СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В общем случае технологическая система в заготовительно-штамповочном производстве включает: полуфабрикат, инструмент (оснастка), исполнительный орган, исполнительный механизм, источник энергии (преобразователь, носитель энергии, двигатель), деталь. Все эти элементы взаимосвязаны.

Исполнительный орган, исполнительный механизм и источник энергии вместе с системой управления, объединенные в одно целое на базе станины (корпуса), образуют технологическую машину. Многие технологические машины имеют не один, а несколько таких элементов.

У ряда технологических машин (и установок) составляющие элементы видоизменены или отсутствуют. Например, у установок для штамповки взрывом нет исполнительных механизмов и исполнительных органов, а источником энергии служит заряд взрывчатого вещества; роль исполнительного механизма и исполнительного органа в этом случае выполняет среда, передающая энергию взрыва.

У гидравлических прессов прямого действия при наличии комбинированного двигателя (электродвигатель — насос — мультипликатор) отсутствуют подвижные части исполнительного механизма (их заменяет жидкость под давлением и эластичная мембрана).

Рассмотрение элементов, составляющих технологическую машину (исполнительный орган, исполнительный механизм, источник энергии и др.), не может проводиться в отрыве от других элементов, входящих в технологическую систему. Эти элементы (полуфабрикат, инструмент, деталь) должны быть проанализированы под углом зрения их взаимосвязи в процессе выполнения операции с элементами технологической машины.

ГЛАВА I

ПОЛУФАБРИКАТЫ

Полуфабрикат — это продукт труда (переработанное сырье), являющийся предметом труда в заготовительно-штамповочных цехах; получаемые из полуфабрикатов детали становятся продуктами труда этих цехов. Полуфабрикаты, поступающие в заготовительно-штамповочные цехи, характеризуются двумя основными признаками — сортаментом и маркой материала.

1.1. СОРТАМЕНТ

Под сортаментом понимают перечень полуфабрикатов по конфигурации поперечного сечения и перечень размеров одного типа полуфабриката. Полуфабрикаты, поставляемые в заготовительно-штамповочные цехи, изготавливают, как правило, прокаткой и прессованием с применением в некоторых случаях волочения. Благодаря непрерывности рабочего процесса прокатка является наиболее производительным методом получения полуфабрикатов. Так, примерно 4/5 выпускаемой в мире стали подвергается прокатке.

Основными видами полуфабрикатов, получаемых прокаткой, являются листовая и сортовая прокат, катаные трубы, а также специальные заготовки. Прокаткой получают все виды полуфабрикатов из низкоуглеродистых сталей, некоторую часть — из легированных сталей и сталей с повышенным (более 0,4%) содержанием углерода. В производстве пруткового металла, проволоки и труб широкое применение получило волочение. Прокат цветных металлов и сплавов производится главным образом в виде листов и ленты, а сортовые профили из этих материалов изготавливаются преимущественно прессованием.

Листы характеризуются маркой материала, габаритными размерами и толщиной, способом изготовления, точностью по толщине, качеством поверхности. Листы имеют буквенную и цифровую маркировку, определяющую марку материала, его состояние и толщину листа. В необходимых случаях для защиты от механических повреждений при транспортировке, вплоть до раскроя на заготовки, листы оклеиваются бумагой. Дуралюминовые листы в процессе изготовления покрывают тонким слоем чистого алюминия (плакируют). Листы транспортируются стопами в защитной упаковке.

Стандартные размеры листов — 710×1420, 1000×2000, 1250×2500, 1500×3000, 2000×5000 мм; выпускаются листы и других размеров. Производство широких листов обходится дороже, чем узких. Поэтому, если ширина листа не обуславливается размерами детали, предпочтительнее выбирать листы меньшей ширины. По специальному заказу отечественной промышленностью для обшивок летательных аппаратов выпускаются листы переменной (в направлении проката) толщины [8].

Ленты изготавливаются обычно шириной до 2500 мм и длиной до нескольких десятков и даже сотен метров. Транспортируются они в виде рулонов. При необходимости для массового производства деталей поставляется лента определенной ширины в целях получения минимального бокового отхода при вырубке из нее заготовок. При штамповке деталей из ленты обеспечивается эффективное применение средств автоматизации, увеличение производительности, повышение безопасности работы.

Полосы поставляются металлургической промышленностью или отрезаются от листа непосредственно в раскройных заготовительных цехах. Они имеют обычно ширину до 200 мм и длину до 2000 мм. При последовательной вырубке штучных заготовок из коротких

полос получаются значительные концевые отходы, более длинные полосы неудобны в работе.

Профили горячекатаные относительно дешевы в изготовлении, однако формы их сечений ограничены возможностями процесса прокатки. Прессованные профили выпускаются самого разнообразного сечения, но, как правило, неизменного по длине. Длина профилей измеряется несколькими метрами.

Монолитные панели изготовляют различными методами горячей штамповки (прокаткой, прессованием и др.). Они могут быть с продольным оребрением или вафельного типа. Изготовление монолитных панелей механической обработкой из плит сопряжено с большими отходами материала.

Трубы холоднокатаные по сравнению с горячекатаными и прессованными имеют более высокие механические свойства, точность размеров и чистоту поверхности. Изготовление полых деталей, имеющих форму тела вращения, из труб, в отличие от изготовления из листа, позволяет экономить металл, сокращать трудоемкость обработки и получать детали с более высокими механическими свойствами.

Прутки и проволока для холодной объемной штамповки изготовляются протяжкой. Проволока поставляется в бунтах. Кроме круглого, отечественной промышленностью прутковый и бунтовый материал выпускается также шестигранного, квадратного и других сечений.

Форма поперечного сечения выбираемого полуфабриката должна (насколько это возможно), соответствовать в основном конфигурации изготавливаемых из него деталей. Поскольку при изготовлении деталей холодной штамповкой поперечное сечение полуфабриката во многих случаях изменяется лишь частично, большое значение приобретает выпуск полуфабрикатов с минимальными допусками. Отклонение размеров сечения полуфабрикатов от номинальных затрудняет качественное ведение технологического процесса штамповки деталей.

При производстве полуфабрикатов приходится оптимально решать противоречие, заключающееся в том, что чем шире сортамент, тем меньше отходов при дальнейшей обработке, но тем выше стоимость самих полуфабрикатов вследствие дробности партий их выпуска.

Вид полуфабриката во многом регламентирует способы обработки, применяемые в заготовительно-штамповочном производстве, определяет принципиальную схему специализированного оборудования, предназначенного для изготовления определенной группы деталей (обшивок, профильного силового набора, тяг управления, трубопроводов и т. п.).

Стремление к уменьшению числа технологических разрезов в конструкции летательных аппаратов вызвало необходимость выпуска металлургической промышленностью листов и некоторых других полуфабрикатов, больших по сравнению с существующими ранее габаритных размеров, а это, в свою очередь, потребовало разработки

принципиально новых методов изготовления крупногабаритных деталей и создания соответствующего оборудования с относительно небольшой металлоемкостью.

Выпуск сложных типов профилей асимметричного полузакрытого сечения, а также профилей переменного сечения требует разработки новых способов их обработки и создания оптимальных обрабатывающих систем. Особых приемов обработки и специфического оснащения требует также процесс формовки монолитных панелей. С появлением новых прогрессивных видов полуфабрикатов возникает необходимость в разработке оптимальных способов их переработки и, следовательно, создания соответствующего оборудования.

В пределах внутризаводской (при централизованном раскрое) и внутрицеховой зон полуфабрикатом (полупродуктом) для последующих операций являются также карточки, отрезанные от стандартного листа. Строго говоря, полуфабрикатом является продукт каждой операции, за исключением готовой детали.

На типоразмеры полуфабрикатов всех видов установлен общесоюзный стандарт.

1.2. МАТЕРИАЛЫ ПОЛУФАБРИКАТОВ

К материалам деталей летательных аппаратов предъявляются повышенные требования в отношении статической, динамической, усталостной и вибрационной прочности, жесткости, термостойкости, коррозионной стойкости и др. Улучшение конструктивных свойств материалов, как правило, ухудшает их технологические свойства, что вызывает необходимость применять методы разделения материала и формообразования деталей с использованием нагрева, высоких скоростей, давлений и энергий.

На современных летательных аппаратах широко применяются детали из легких и относительно прочных материалов, таких, как алюминиевые, магниевые и титановые сплавы, а также специальные стали и сплавы на основе никеля.

Из алюминиевых сплавов наибольшее применение находят сплавы Д16, Д19, АМц, АМг, В95, ВАД23 и др. Сплав Д16 поставляется в виде листов, монолитных панелей, пресованных профилей, пресованных, холоднокатаных и холоднотянутых труб в отожженном или закаленном и естественно состаренном состоянии. Сплав Д19 поступает в основном в виде листов в отожженном или закаленном и естественно состаренном состоянии. Обладающий высокой пластичностью, коррозионной стойкостью и хорошей свариваемостью, сплав АМц приходит в заготовительно-штамповочные цехи в виде листов, холоднотянутых и холоднокатаных труб в отожженном или нагартованном состоянии. Коррозионно-стойкий, пластичный и хорошо свариваемый сплав АМг-6 поставляется в виде листов, пресованных профилей, холоднокатаных и холоднотянутых труб в отожженном или нагартованном состоянии. Высокопрочный сплав В95 поставляется в виде листов, монолитных панелей, пресованных профилей в отожженном или закаленном и искусственно состаренном состоя-

нии. Так же как и сплав ВАД23, он весьма чувствителен к концентрации напряжений, что следует учитывать при обработке. Сплавные сплавы типа САП, обладая относительно высокой прочностью имеют ограниченную пластичность; они лучше деформируются в нагретом до температуры 350 ... 400 °С состоянии.

Из магниевых сплавов МА1 и МА8 изготавливают листы и горячекатаные профили. Они имеют невысокую пластичность при обычной температуре, и для их деформирования требуется предварительный нагрев до температуры 250 - 300 °С. Магниевый сплав МА14 (В65-1) поставляют обычно в виде горячекатаных профилей; он обладает сравнительно хорошими пластическими свойствами.

Титановые сплавы (BT1, BT3-1, BT6-С, BT8, BT9, BT10, BT14, BT16, OT4-1 и др.) поступают в заготовительно-штамповочные цехи в виде различных полуфабрикатов. Все они лучше деформируются с предварительным нагревом до температуры 350 - 500 °С, а иногда и до 700 °С. Однако следует иметь в виду, что при достаточно продолжительном нагреве выше 400 °С в обычных условиях эти сплавы теряют пластичность и ударную вязкость. Поэтому нагрев производят в вакууме или в среде нейтральных газов. При формообразовании деталей из листовых титановых сплавов холодной штамповкой целесообразно применять высокоэнергетические методы.

Углеродистые стали 20 в нормализованном состоянии достаточно пластичны, хорошо обрабатываются резанием. Горячекатаные и холоднокатаные листы и трубы из легированной хорошо свариваемой стали 30ХГСА требуют повышенной стойкости инструмента при обработке. При изготовлении деталей из стали 30ХГСА следует учитывать ее особую чувствительность к повторным нагрузкам и концентраторам напряжений.

Жаростойкие стали типа 12Х18Н10Т хорошо штампуются в холодном состоянии, но плохо обрабатываются резанием, поэтому при разделительных операциях применяются электрохимические и электрофизические методы. Листы и ленты в полунагартованном и мягком состоянии из коррозионно-стойкой стали 15Х18Н12С4ТЮ имеют высокую пластичность, хорошо свариваются. Хромоникелевая сталь 09Х15Н8Ю (СН-2) поставляется в виде холоднокатаных листов и труб в нормализованном состоянии. Хромоникелевые стали переходного класса обладают достаточно высокой пластичностью, но требуют при деформировании высоких удельных энергий. Формообразование деталей из высокопрочных сталей целесообразно производить на установках штамповки взрывом, электрогидравлической и магнитоимпульсной штамповки. При этих способах штамповки на заготовку активно воздействуют не твердотельный инструмент, а газовая или жидкостная среда, или электромагнитные силы, что существенно важно для нормального функционирования обрабатываемой системы в условиях деформирования высокопрочных материалов.

Разнообразие биметаллических и композиционных материалов, получаемых спеканием, пропиткой, прессованием и прокаткой разнородных компонентов, обуславливает создание все новых методов

изготовления из них деталей, а следовательно, и соответствующего оборудования.

Детали агрегатов летательных аппаратов из спеченных материалов, способные длительное время работать в окислительной среде при температурах 1000 °С и выше (чистые окислы алюминия Al_2O_3 , бериллия BeO , циркония ZrO_2 , титана TiO_2 и др.), изготавливаются специальными методами при соответствующем оснащении [5, 8].

Специальное оборудование и оснащение требуется для обработки материалов в режиме сверхпластичности, когда необходимо обеспечить оптимальную для каждого материала скорость деформации в строго определенном диапазоне температур.

С целью определения возможностей деформирования, потребных усилий и других параметров, знание которых необходимо при выполнении различных разделительных и формообразующих операций, материал полуфабриката подвергают испытаниям. Из всех методов механических испытаний наибольшее применение имеют испытания на растяжение стандартных образцов, в результате которых определяют предел прочности, предел текучести, общее относительное удлинение, относительное равномерное удлинение и сужение, конечное сужение, модуль упругости. Эти показатели механических свойств материалов входят в расчетные формулы для определения как деформационных, так и силовых параметров процессов формообразования.

При разделительных операциях материалы с высоким пределом текучести дают чистый срез; для формообразующих операций желателен низкий предел текучести и невысокий модуль упругости. Высокий предел упругости приводит к искажению формы деталей, получаемых изгибом. Вытяжка как без утонения, так и с утонением стенок дает тем лучшие результаты, чем больше относительное удлинение и чем значительнее разница между пределом прочности и пределом текучести. Существуют и другие качественные и количественные взаимосвязи между результатами механических испытаний и параметрами процессов штамповки.

Технически грамотно поставленные технологические пробы (на срез, изгиб, вытяжку и др.) позволяют определить способность материала деформироваться в условиях, аналогичных условиям технологических операций штамповки.

Результаты испытаний на растяжение и технологических проб позволяют правильно построить технологический процесс изготовления деталей, разработать оптимальную оснастку и выбрать соответствующее оборудование.

ГЛАВА 2

МАШИННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Технологический процесс состоит из отдельных операций, каждая из которых является законченной частью этого процесса, выполняемой на одном рабочем месте (позиции) одним или несколькими рабочими органами. Операции могут состоять из отдельных перехо-

дов, представляющих собой специальный процесс воздействия рабочего органа (инструмента) на заготовку.

При разработке технологического процесса необходимо установить структуру обработки, состояние исходного материала и вид заготовки, способ воздействия инструмента на заготовку, последовательность операций и переходов, тип оборудования и инструмента.

В целом технологический процесс изготовления деталей состоит из следующих операций: обработочных, контрольно-измерительных, установочно-съемных и загрузочно-разгрузочных, а также межоперационных транспортных. Обработочные операции, являющиеся основными, выполняются в процессе воздействия на заготовку инструмента, непосредственно связанного с исполнительным органом технологической машины. В этом случае технологические процессы называются машинными.

2.1. ВАРИАНТНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Одна и та же деталь может быть изготовлена разными технологическими процессами, поэтому они и входящие в них операции, как правило, варианты. Различают три вида вариантности: технологическую — применение различных по физическому содержанию процессов, структурную — выполнение одинаковых по физическому содержанию процессов машинами и рабочими органами разных типов и смешанную — структурно-технологическую [1].

Примерами технологической вариантности являются: изготовление профиля фрезерованием или штамповкой; получение сложной пространственной детали литьем, сваркой или штамповкой и т. д.; примером структурной вариантности — штамповка листовых деталей в инструментальном штампе или резиной; формовка обечаек жидкостью, разжимным пуансоном или на токарно-давильном станке и т. п.; примером структурно-технологической вариантности является получение болтов холодной высадкой, ковкой и горячей высадкой, электровысадкой и т. п.

Анализ вариантности имеет принципиально важное значение при проектировании, модернизации, а также выборе технологической машины. Технически и экономически целесообразно проектировать технологическую машину лишь для выполнения оптимального технологического процесса [6].

Выбор технологического процесса еще не определяет конструкцию машины, предназначенной для его выполнения, но структура выбранного технологического процесса непосредственно связана с функционально-производственной схемой машины и совпадает со структурой ее технологического цикла.

Одним из наиболее важных критериев оценки вариантов является себестоимость изготовления детали; в некоторых случаях решающим фактором становится обеспечение повышенной точности и качества изделия или улучшение условий безопасности труда и т. п.

Выбор технически рационального и экономически эффективного (оптимального) технологического процесса изготовления детали

является одним из наиболее важных и трудных вопросов, которые подробно изучаются в технологических дисциплинах. Изготавливаемая деталь должна быть технологичной, т. е. при наилучшем выполнении ею функций в процессе эксплуатации она должна быть наименее трудоемкой и металлоемкой, что при других равных условиях обеспечивает ее наименьшую себестоимость.

Выбор варианта технологического процесса в основном определяют следующие факторы: а) конструкция детали, ее форма и габаритные размеры, класс точности и другие параметры; б) вид исходной заготовки, коэффициент использования материала; в) заданная производительность и программа выпуска; г) потребность в оборудовании и оснастке. Структура технологического процесса и степень сложности оборудования во многом зависят от типа производства (единичное, серийное, массовое), а также от организации производства; специализация изготовления деталей отдельных типоразмеров на основе стандартизации способствует разработке более совершенных технологических процессов и машин.

Как уже указывалось, в общем случае при проектировании и выборе технологических процессов необходим тщательный анализ всех трех видов вариантности. В тех же случаях, когда по тем или иным причинам вид обработки ограничен одним (например, холодная штамповка), анализу подлежит лишь структурная вариантность.

Основные технологические операции заготовительно-штамповочных цехов можно разбить на две группы — разделительные и формообразующие.

2.2. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Разделительными называют операции отделения одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру. При различных вариантах разделительных операций происходит нарушение сплошности материала тем или иным способом с использованием разных видов инструмента и оборудования.

Нарушение сплошности (разделение) материала может быть произведено в результате: а) смещения (сдвига, отрыва) одной части заготовки; б) обесечки (просечки) частиц материала заготовки в зоне разделения; в) превращения материала в месте разделения в стружку или опилки; г) изменения агрегатного состояния материала.

Разделение сдвигом и отрывом происходит при резке на ножницах, в штампах на прессах под воздействием на заготовку твердого инструмента, а также эластичной, жидкостной или газовой среды в совокупности с твердыми режущими кромками. Разделение обесечкой производится в специальных (обсечных) штампах путем последовательной отрезки частиц материала в зоне разделения. Разделение с образованием стружки выполняется фрезами на фрезерных станках и с образованием опилок — при резке пилами. Изменение твердого состояния материала осуществляется при электрофизических и электрохимических методах резки, когда практически отсутствует силовое воздействие на заготовку со стороны элементов обрабатывающей системы.

При образовании отверстий относительно небольших размеров может происходить разрушение всего материала в границах отверстия (как, например, при сверлении).

2.3. ФОРМОИЗМЕНЯЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ

Ф о р м о и з м е н я ю щ и м и называются операции изменения формы заготовки пластическим деформированием без нарушения сплошности материала. Формоизменяющим обычно предшествуют разделительные операции получения заготовок из полуфабриката.

В общем случае формообразование происходит вследствие изгиба, т. е. искривления (изменения кривизны) оси или срединной поверхности деформируемой заготовки, и растяжения-сжатия, т. е. деформации заготовки под действием сил, равнодействующая которых нормальна поперечному сечению заготовки. Относительно редко в формоизменяющих операциях встречается кручение — вид деформации, характеризующийся взаимным поворотом поперечных сечений под влиянием моментов (пар сил), действующих в этих сечениях; при кручении некруглых заготовок происходит так называемая депланация сечения.

В зависимости от действующих на заготовку силовых факторов изгиб называется чистым (Ч) (под действием изгибающих моментов) и поперечным (П) (под действием поперечных сил). В ряде формоизменяющих операций возникает также продольный (Пр) изгиб, характеризующийся выпучиванием (потерей продольной устойчивости) заготовки. Таким образом, при формообразовании возможны следующие виды изгибов и их сочетания: Ч; П; Пр; ЧП; ЧПр; ЧППр; ППр.

При формоизменяющих операциях возможны следующие виды напряженного состояния: линейное (одноосное) растяжение (Р), линейное (одноосное) сжатие (С), двухосное растяжение, двухосное сжатие, трехосное растяжение, трехосное сжатие — так называемые одноименные схемы, а также разноименные схемы: двухосная — растяжение-сжатие, трехосные — два растяжения + сжатие и два сжатия + растяжение. Итого — девять видов напряженного состояния: Р; С; РР; СС; РРР; ССС; РС; РРС; РСС. Сочетание различных видов изгиба со схемами напряженных состояний дает 63 возможных варианта воздействия на материал заготовки. В зависимости от силового воздействия, условий деформирования, формы заготовки и других факторов возникают различные схемы деформированного состояния, определяющие пластическое изменение формы заготовки.

При формоизменяющих операциях напряженно-деформированное состояние обычно неравномерно, различные зоны заготовки имеют разные схемы напряженно-деформированного состояния, они меняются определенным образом и во время хода операции. Но в каждой формообразующей операции преобладает та или иная схема деформированного состояния, создание которой и необходимо обеспечить

соответствующим воздействием на заготовку со стороны рабочих органов технологической машины.

При выполнении каждой операции существует определенный фактор (обычно — разрушение или потеря продольной устойчивости), лимитирующий степень формообразования. Задача технолога состоит в расширении возможностей формообразования за один переход путем создания наиболее благоприятных условий деформирования.

2.4. ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ

Процессы обработки характеризуются целым рядом параметров, которые определяют состав и структуру обрабатываемой системы.

Одним из определяющих факторов является форма воздействия на заготовку. В общем случае оно может быть точечным, линейным и поверхностным. При разделении материала точечным инструментом необходимо относительное перемещение инструмента и заготовки по заданной траектории в соответствии с конфигурацией линии разделения. К таким процессам относится раскрой листового материала пальцевыми фрезами, плазменная и лазерная резка и др. Резка на вибрационных и роликовых ножницах с наклонными роликами может быть отнесена к процессам с точечным воздействием, ибо небольшая протяженность мгновенного реза и контактной поверхности инструмента практически не препятствует изменению направления линии разделения.

При линейном воздействии конфигурации линии раздела материала определяется формой линии воздействия. При резке в инструментальном штампе имеет место не поверхностное, а линейное воздействие, так как торец пуансона, кроме режущей кромки, в процессе разделения материала не участвует. Несколько меняется характер воздействия при резке эластичной и газовой средой по жесткому пуансону (матрице), но контур разделения и в этом случае определяется линейным контуром режущей кромки жесткого инструмента. Линейное воздействие на заготовку может быть осуществлено одновременно по всему контуру раздела (резка параллельными режущими кромками) или постепенно (резка наклонными режущими кромками). Одновременная резка характеризуется малыми рабочими перемещениями инструмента (примерно равными толщине материала) и динамичностью процесса, постепенная резка обеспечивает плавность процесса и меньшие усилия, но требует больших рабочих ходов.

При формоизменяющих операциях штамповки наряду с воздействием точкой (например, выколотка) и линией (гибка-прокатка на валковых станках, профилирование на роликовых станках и др.) часто в контакт с заготовкой вступает поверхность инструмента (штампа), которая и определяет форму детали (частично или полностью).

При разных операциях усилие может прикладываться ко всей заготовке или к отдельным ее зонам. В связи с этим у заготовки следует различать зоны приложения усилия и передачи усилия в очаг

деформации; основной очаг деформации может возникнуть в месте приложения усилия или в другой зоне заготовки.

Усилие может быть приложено с одной или с двух сторон заготовки. При одностороннем воздействии энергия расходуется на деформирование материала и поглощается заготовкой. При двухстороннем воздействии на одну часть заготовки оказывается активное воздействие, на другую — действует реактивная сила; эта система сил замыкается через заготовку.

Создание благоприятных схем напряженно-деформированного состояния путем приложения дополнительных воздействий способствует увеличению возможностей деформирования, хотя и усложняет оснастку и оборудование. Изменение сопротивления деформированию материала в различных зонах заготовки до и во время операции, несмотря на усложнение процесса и его оснащения, во многих случаях является весьма эффективным средством интенсификации технологических процессов. Правильный выбор температурно-скоростного фактора обеспечивает возможность протекания разупрочняющих процессов во время деформирования, а иногда и сверхпластичность материала.

Воздействие на заготовку может быть статическим, динамическим и вибрационным. При статическом воздействии местоположение, направление и интенсивность его постоянны или изменяются столь медленно, что вызываемые им силы инерции могут не учитываться. При динамическом воздействии изменение величины, направления или местоположения его происходит так быстро, что при расчете обрабатывающей системы необходимо учитывать силы инерции. При вибрационном воздействии наряду с основным движением должно быть сообщено дополнительное колебательное движение относительно обрабатываемой заготовки.

Воздействие на заготовку может осуществляться твердой (Т), эластичной (Э), жидкостной (Ж) и газовой (Г) средами, а также их сочетанием. При воздействии на заготовку двух сред обычно одна осуществляет активное действие, другая — является носителем формы. В практике носителем формы обычно являются твердые пуансон или матрица. Принципиально же возможны следующие воздействия (ограничиваемся сочетанием только двух сред): Т; Э; Ж; Г; ТТ; ЭЭ; ЖЖ; ГГ; ТЭ; ТЖ; ТГ; ЭЖ; ЭГ; ЖГ.

На устройство технологической машины кардинально влияет количество потребных для формоизменения заготовки движений (воздействий), их характер и сочетание.

Величина потребных для формоизменения заготовки усилий определяет энергетические и мощностные характеристики технологической машины, вид источника энергии.

Характер изменения усилий в процессе протекания технологической операции является основой энергетических расчетов. Использование графиков рабочих нагрузок (рис. 2.1) при энергетических расчетах кривошипных прессов подробно изложено в литературе [14].

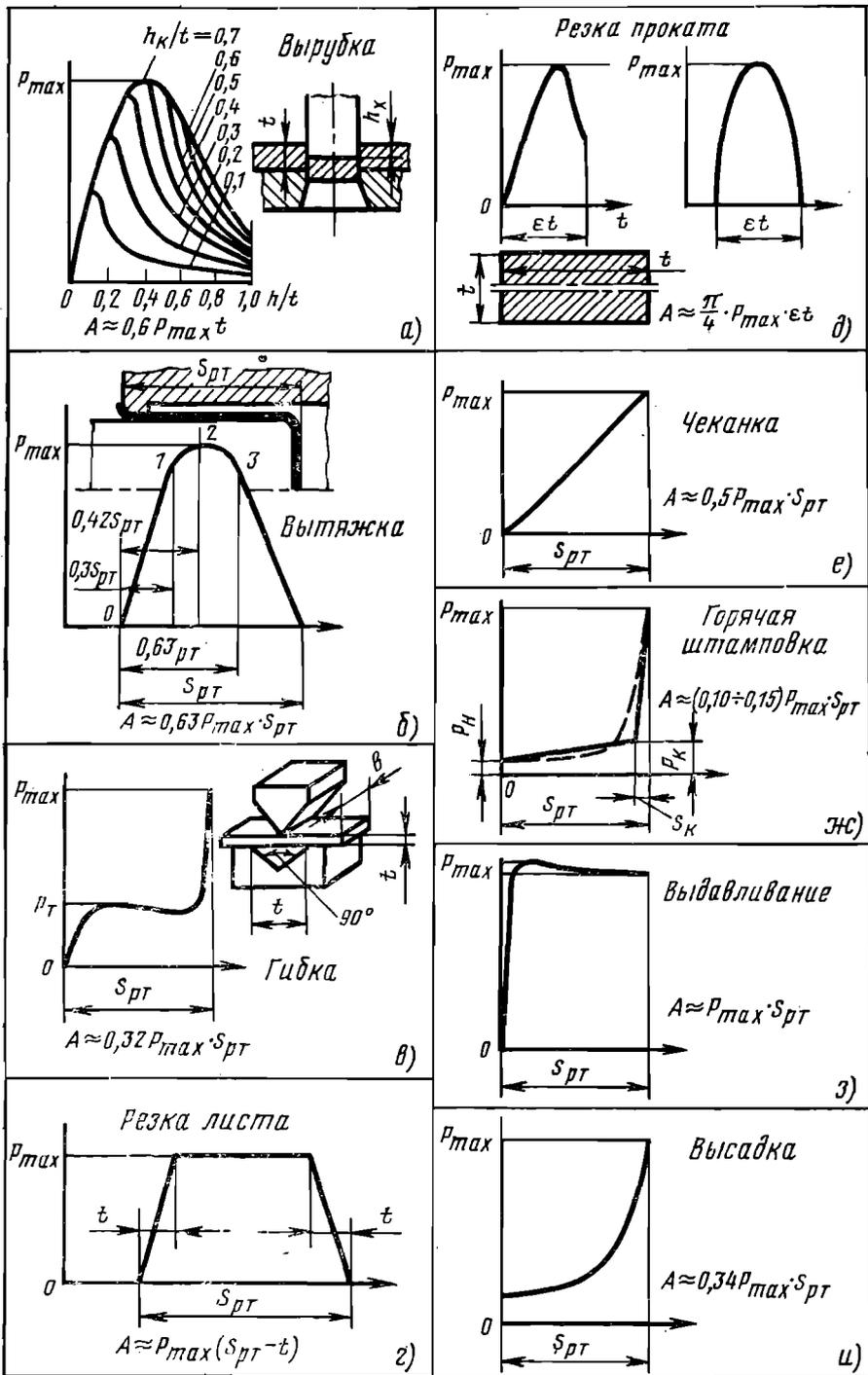


Рис. 2.1. Графики рабочих нагрузок

Потребность в изготавливаемых деталях, характер производства определяют степень специализации технологической машины, экономическую целесообразность применения средств механизации и автоматизации.

Процессы формоизменения характеризуются и другими параметрами (свойства материала полуфабриката, требуемая точность, сохранение качества поверхности заготовки и др.).

2.5. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ

Сущность технологических процессов изготовления деталей состоит прежде всего в получении поверхностей заданных форм и размеров. Несмотря на разную природу, все процессы обработки характеризуются наличием относительного перемещения заготовки (полуфабриката) и инструмента. Оптимальный технологический процесс можно разработать лишь на базе научно обоснованных методик, которые позволили бы найти кинематические схемы обработки и создать обрабатывающие системы, реализующие эти схемы. Кинематическая схема обработки должна соответствовать форме заданной поверхности.

Кинематические схемы обработки не следует смешивать с кинематическими схемами технологических машин. Кинематика обработки рассматривает лишь абсолютные движения, сообщаемые в процессе обработки заготовке и инструменту, и их сочетание. В процессе пластического деформирования сами движения инструмента и заготовки не всегда непосредственно определяют конфигурацию поверхности детали (операции, связанные с посадкой, разводкой материала и др.), они лишь вызывают пластическое формоизменение. Под кинематикой технологической машины понимается движение ее рабочих органов без учета специфики взаимодействия инструмента и заготовки, но с обязательным включением возвратных и холостых ходов, когда контакт инструмента с заготовкой отсутствует.

В геометрической интерпретации поверхность генерируется в результате перемещения образующей, являющейся траекторией движущейся точки, по направляющей, которую можно определить как траекторию движения центра сопровождающего треугольника образующей. Такое представление соответствует известному в дифференциальной геометрии методу исследования поверхностей, оно используется при построении многих схем обработки.

В общем случае генерацию некоторой поверхности F можно представить себе следующим образом (рис. 2.2). Образующая L_1 перемещается по направляющей L_2 , занимая непрерывный ряд про-

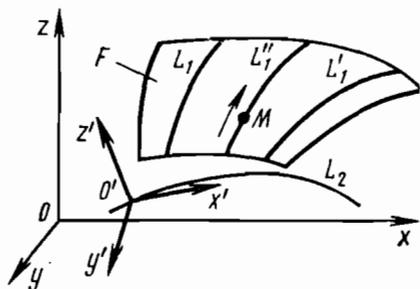


Рис. 2.2. Общая схема генерации поверхности

межуточных положений. В свою очередь, образующая в каждом из этих положений может генерироваться перемещением инструмента с точечным воздействием M . За время генерации элемента поверхности точка M совершит многократное относительное перемещение по образующей L_1 и лишь однократное переносное перемещение вдоль направляющей L_2 .

Мощность, затрачиваемая при обработке точкой, складывается из трех составляющих:

$$W_{o, t} = W_{в. т} + W_{г. о} + W_{г. н} \quad (2.1)$$

где $W_{в. т}$ — мощность воздействия точкой; $W_{г. о}$ — мощность генерации образующей; $W_{г. н}$ — мощность генерации направляющей.

Мощность, затрачиваемая при обработке линией, складывается из двух составляющих:

$$W_{o, л} = W_{в. л} + W_{г. н} \quad (2.2)$$

где $W_{в. л}$ — мощность воздействия линией.

Мощность, затрачиваемая при обработке поверхностью, равна мощности воздействия:

$$W_{o, п} = W_{р. п} \quad (2.3)$$

Мощности воздействия точкой, линией и поверхностью, очевидно, находятся в соотношении

$$W_{в. т} < W_{в. л} < W_{р. п} \quad (2.4)$$

При обработке точкой скорость перемещения, генерирующей образующую, принципиально выше скорости перемещения, генерирующей направляющую, поэтому мощность, затрачиваемая на генерацию образующей, обычно больше мощности, потребной на генерацию направляющей:

$$W_{г. о} > W_{г. н} \quad (2.5)$$

Контактирующие инструмент, образующая и направляющая в пространственном отношении могут рассматриваться как вполне определенные множества материальных точек $M_{и}$, $M_{о}$ и $M_{н}$, генерирующие поверхность, характеризуемую множеством точек $M_{п}$.

При обработке точечным инструментом генерируемая поверхность определяется пересечениями множеств $M_{и}^T$, $M_{о}$ и $M_{н}$:

$$M_{п}^T = M_{и}^T \cap M_{о} \cap M_{н}; \quad (2.6)$$

при обработке линейным инструментом

$$M_{п}^L = M_{и}^L \cap M_{н}; \quad (2.7)$$

при обработке поверхностным инструментом

$$M_{п}^P = M_{и}^P. \quad (2.8)$$

При разделительных операциях форма поверхности обработки характеризуется конфигурацией линии разделения материала. В этих условиях множество точек поверхности кромки разделения $M_{кр}$

при обработке точечным инструментом определяется пересечением M_n^T и M_n .

$$M_{np}^T = M_n^T \cap M_n; \quad (2.7)$$

при обработке линейным инструментом

$$M_{np}^L = M_n^L. \quad (2.8)$$

Если поверхность кромки разделения в сечении имеет непрямолинейную форму, то действительны соотношения, аналогичные (2.6) (2.8).

Движение, генерирующее образующую, можно рассматривать как главное; движение, генерирующее направляющую, во многих случаях называют подачей. В целях упрощения кинематической схемы технологической машины обычно сложные относительные движения, как правило, раскладывают на простые движения (поступательные и вращательные) образующей и направляющей.

Во времени и образующая и направляющая могут генерироваться прерывисто (П) (кусочно), непрерывно (Н) (постепенно) или одновременно (Е) (мгновенно). Поэтому в общем случае возможны их следующие временные сочетания: ПП; ПН; ПЕ; НН; НЕ; ЕН; ЕЕ. Некоторые из этих временных схем широко применяются в заготовительно-штамповочном производстве, другие — еще недостаточно исследованы и практического распространения пока не получили.

Выбор характера воздействия пространственных и временных сочетаний образующей и направляющей определяется прежде всего условием создания определенного напряженно-деформированного состояния. Именно в процессе генерации поверхности в материале создается соответствующее напряженно-деформированное состояние, определяющее формоизменение заготовки и конфигурацию детали.

Кинематические схемы обработки должны создаваться не путем эмпирического комбинирования различных движений инструмента и заготовки, а исходя прежде всего из конфигурации детали, чтобы возможные схемы обработки были функцией формы поверхности детали. Схемы обработки должны также оптимально сочетаться с другими параметрами, предназначенными для эффективного осуществления этих схем. Наряду с этим следует учитывать предъявляемые к производству деталей требования, такие, как точность, взаимозаменяемость, программа выпуска, производительность, себестоимость и др. Немаловажным фактором является также обеспечение автоматизации процесса изготовления деталей.

Из приведенных выше соотношений следует, что с повышением класса контактирования (от точки к линии и поверхности) уменьшается количество составляющих процесса формоизменения, а конфигурация детали все в большей степени соответствует генерируемой поверхности. Поэтому, когда это возможно, нужно стремиться к повышению класса контактирования, материализуя образующую, а в дальнейшем и изымая направляющую, т. е. переходя к воздействию

поверхностью. Такую трансформацию позволяет осуществлять сама специфика пластического формообразования.

Все точки образующей принадлежат генерируемой поверхности, поэтому ее форма строго определена. Направляющая выбирается, исходя только из одного условия — перекрытия всей обрабатываемой поверхности, и ее конфигурация может быть любой, в том числе простейшей — прямолинейной или круговой.

При обработке линией образующая материализована, обрабатывающая система более консервативна, но потребное для формообразования количество движений сокращается, что уменьшает число кинематических цепей, упрощает управление, увеличивает производительность.

При обработке поверхностью форма детали однозначно определяется конфигурацией инструмента. Требуется лишь осуществить воздействие инструмента на обрабатываемую заготовку, упрощаются условия автоматизации управления процессом, производительность очень высока.

Зная законы пластического деформирования, выбрав характер и форму образующей и направляющей, определяют кинематические схемы, которые осуществляют абсолютные движения, сообщаемые заготовке и инструменту в процессе обработки. Каждое простое относительное движение может быть получено в трех кинематических вариантах: при движении только заготовки, только инструмента и одновременном движении и заготовки и инструмента.

Для осуществления каждого абсолютного движения, определяемого кинематической схемой обработки, технологическая машина должна иметь отдельную кинематическую ветвь, состоящую из привода, исполнительного механизма и исполнительного органа. В общем случае каждая из этих ветвей должна содержать два вида комплексов [30]: направляющие комплексы (H_i), обеспечивающие заданный вид траектории данного абсолютного движения, и энергетические комплексы (\mathcal{E}_i), передающие заготовке или инструменту энергию, необходимую для осуществления этого движения.

Каждую кинематическую ветвь технологической машины можно рассматривать как множество направляющих и энергетических комплексов:

$$M_i = H_i \cup \mathcal{E}_i. \quad (2.11)$$

Кинематическая ветвь M_i является множеством вполне определенным, так как ему принадлежат вполне определенные комплексы — направляющий H_i и энергетический \mathcal{E}_i . В свою очередь, машину в целом можно рассматривать как вполне определенное множество $M_{г.м}$ отдельных кинематических ветвей:

$$M_{г.м} = \bigcup_{i=1} M_i. \quad (2.12)$$

Устройство каждой ветви определяется в результате конструктивной разработки направляющего и энергетического комплексов.

Сложность сравниваемых вариантов обрабатывающей системы ориентировочно можно характеризовать критерием сложности [30].

$$S = Q_{11} + Q_{21}, \quad (2.13)$$

где Q_{11} и Q_{21} — соответственно количество направляющих и энергетических комплексов в обрабатывающей системе.

Этот критерий не учитывает степень сложности отдельных комплексов и их элементов, однако такой общий подход позволяет провести полезный сравнительный анализ рассматриваемых вариантов обрабатывающих систем.

Из выражения (2.12) видно, что конструкцию обрабатывающей системы можно упростить, уменьшая количество кинематических ветвей. Например, замена гибки впередвижку гибкой-прокаткой на валковых гибочных станках устраняет потребность в подаче заготовки; примером совмещения процесса разделения материала с подачей может служить работа роликовых (дисковых) ножниц.

Другой путь упрощения технологической машины следует из зависимости (2.11); он заключается в изъятии из конструкции некоторых направляющих комплексов. Примером устранения специальных направляющих могут служить те конструкции гидравлических прессов, у которых роль направляющих колонн подвижной траверсы выполняют приспособленные для этой цели штоки силовых цилиндров; применение направляющих колонок у штампов частично, а иногда и полностью может компенсировать направление ползуна пресса.

Основным путем упрощения конструкции технологических машин методом изъятия энергетических и направляющих комплексов является создание прессов прямого действия, к которым относятся бесплунжерные прессы штамповки эластичной средой. Другими примерами принципиального упрощения кинематики орудий производства являются разнообразные импульсные установки (штамповки взрывом, электрогидравлические и электромагнитные), которые уже не являются машинами в обычном понимании этого слова, а также станки для электрофизической и электрохимической резки материалов, у которых количество кинематических ветвей значительно сокращено, а силовое взаимодействие между рабочими органами и заготовкой в большинстве случаев отсутствует.

С учетом законов пластического деформирования изложенные теоретические положения позволяют сформулировать общую методику создания обрабатывающих систем по этапам работ.

1. Анализ исходных данных — параметров детали, вида полуфабриката, марки материала, характера производства и др.

2. Определение оптимальной конфигурации заготовки.

3. Определение зон и характера воздействия в соответствии с требуемыми видами деформирования. Анализ целесообразности и возможности совмещения воздействий.

4. Определение формы воздействия (точечное, линейное или поверхностное) на заготовку. Выбор образующей и направляющей.

5. Выбор вида воздействующей среды (твердая, эластичная, жидкостная, газовая, их сочетание).

6. Выбор оптимальных температурно-скоростных условий и определение способов их обеспечения.

7. Создание общей схемы обработки, т. е. определение необходимых движений объектов технологической системы, их относительных направлений, распределения по времени и т. д.

8. Создание кинематических схем обработки с целью получения каждого отдельного относительного движения как результата отдельных абсолютных движений инструмента и заготовки.

9. Проектирование исходного варианта обрабатываемой системы путем создания направляющих и энергетических комплексов для каждого из отдельных движений кинематической схемы обработки.

10. Упрощение исходного варианта обрабатываемой системы посредством совмещения движений, сокращения кинематических цепей, переноса направляющих комплексов, возможного изъятия энергетических комплексов, их видоизменения и т. п.

11. Разработка системы управления и средств автоматизации.

12. Компоновка всех механизмов и устройств, их взаимная увязка и окончательная отработка.

В производственных условиях нередко приходится разрабатывать отдельные элементы технологической системы — модернизировать оборудование, изменять системы управления, внедрять средства автоматизации и механизации или решать другие частные задачи в целях совершенствования процессов обработки и получения качественных деталей. В таких случаях общая задача сводится к детальной разработке конструктивно-технологических вопросов по соответствующим методикам.

ГЛАВА 3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

При проектировании нового и рациональном использовании существующего специализированного оборудования следует исходить из основных характеристик групп деталей. С этой целью все детали, изготавливаемые в заготовительно-штамповочных цехах, можно разделить на группы с характерными признаками, непосредственно влияющими на выбор способа их изготовления, а следовательно, и требуемого оборудования.

3.1. ПЛОСКИЕ ДЕТАЛИ ИЗ ЛИСТА

Основными параметрами плоских деталей из листа являются габаритные размеры, конфигурация внешнего контура, наличие или отсутствие отверстий, марка материала, требуемая точность раз-

меров. При назначении оборудования следует учитывать также программу выпуска деталей.

Крупногабаритные детали (и заготовки) с прямыми очертаниями при любом типе производства, а также детали средних и небольших размеров при серийном производстве и невысоких требованиях к точности целесообразно получать сквозной резкой листа прямолинейными пожами. Для уменьшения усилия один из ножей устанавливается наклонно, вследствие чего резка происходит постепенно. Этот процесс выполняется на кривошипных листовых ножницах.

Одновременный роспуск листов на полосы при массовом производстве целесообразно выполнять непрерывной резкой вращающимися круглыми ножами на многодисковых ножницах; на них же производят продольную резку ленты.

При высоких требованиях к точности (допуск менее 0,3...0,5 мм) и недопустимости по техническим условиям дефектов, которые возможны при резке на кривошипных ножницах (заусенцы и др.), прямолинейные кромки крупных деталей обрабатывают на фрезерных обрезных станках.

Крупногабаритные плоские детали с криволинейными очертаниями из листов легких сплавов получают в основном фрезерованием в пакете. При опытно и мелкосерийном производстве этим же способом получают и детали небольших габаритных размеров. При небольшой массе пакетов карточек, нарезаемых обычно на кривошипных ножницах, по накладному шаблону фрезерование выполняют пальцевой фрезой на вертикально-фрезерных станках с перемещением пакета вручную. При больших массах пакета фрезерование производят на радиально-фрезерных станках при неподвижном пакете и перемещении фрезерной головки. При серийном производстве плоские криволинейные детали из легких сплавов вырезают из пакета листов на копировально-фрезерных полуавтоматах с применением шаблонов группового раскроя и на раскройных фрезерных станках с программным управлением.

При необходимости криволинейный раскрой листов может также выполняться на дисковых (роликовых) ножницах по разметке. При этом производительность, качество и точность деталей значительно ниже, чем при раскрое фрезерованием.

Малогабаритные плоские детали из листовых заготовок и ленты при крупносерийном производстве получают вырубкой в штампах на прессах. Этот способ характеризуется высокой производительностью, несложностью рабочих приемов, высокой точностью и взаимозаменяемостью, обусловливаемой только точностью размеров рабочих частей штампа. При небольших масштабах производства вместо инструментальных применяются упрощенные (пластинчатые, пинцетные и др.) штампы.

Плоские детали из титановых сплавов и высокопрочных сталей вследствие трудности осуществления разделения материала сдвигом и с образованием стружки вырезают методом изменения агрегатного состояния материала в зоне реза на станках для электрофизических

и электрохимических способов резки. При небольших программах выпуска плоские детали из этих материалов получают на высечных станках с программным управлением.

Небольшие отверстия любой конфигурации при серийном производстве обычно пробивают в штампах на прессах. Отверстия больших размеров, особенно при мелкосерийном производстве, могут быть получены фрезерованием. Круглые отверстия малых диаметров при мелкосерийном и опытном производстве образуются сверлением. В материалах, труднообрабатываемых традиционными способами, отверстия получают на станках и установках для электрофизических и электрохимических способов обработки.

Для избирательного утонения листовых заготовок с оставлением исходной толщины в нужных местах вместо механического фрезерования применяют размерное контурное травление (химическое фрезерование) в горячих растворах щелочей или кислот.

3.2. ДЕТАЛИ ОДИНАРНОЙ КРИВИЗНЫ

Детали одинарной кривизны можно разделить на три группы: гнутые детали небольших габаритных размеров различной конфигурации (типа скоб, кронштейнов и др.), листовые профили и детали обшивок одинарной кривизны.

Гнутые детали небольших размеров при малых программах изготавливают в специальных гибочных приспособлениях или на универсальных гибочных станках (кантовках). При большом объеме производства детали этой группы изготавливают в гибочных штампах на прессах.

Л и с т о в ы е п р о ф и л и получают из полосы или ленты. Они характеризуются постоянством конфигурации и размеров сечения по всей, обычно значительной, длине. Основной метод получения деталей этой группы — гибка с помощью универсальных (иногда специальных) штампов на листогибочных прессах. Изготовление листовых профилей из ленты обычно проводится непрерывным процессом на многосекционных роликовых профилировочных станках с последующей отрезкой деталей по длине. Существуют различные способы уменьшения предельных радиусов изгиба с целью увеличения жесткости профилей.

Д е т а л и о б ш и в о к одинарной кривизны (с прямолинейной образующей) можно разделить на две подгруппы: цилиндрические (круговые и некруговые) с одинаковыми размерами сечения по всей длине и конические с круговой и некруговой формой сечения. Основной способ формоизменения цилиндрических деталей обшивок одинарной кривизны — гибка-прокатка на трехвалковых станках, четырехвалковых станках, а при изготовлении небольших партий некрупных деталей — на ручных трехвалковых, используемых в качестве вспомогательного оборудования. Конические обшивки получают гибкой-рокаткой на станках, имеющих валки, состоящие из свободно пожатых роликов. Коническая форма получается вследствие разности коростей на концах валков и их установки под углом друг к другу.

Недостатком способа изготовления деталей обшивок одинарной кривизны гибкой-прокаткой является трудность учета пружинности при применении копировальных устройств. Обшивки с малыми радиусами кривизны и большими углами охвата (например, носки плоскостей) получают обтяжкой по пуансону на прессах.

Особую группу деталей составляют монолитные панели одинарной кривизны, у которых обшивка (полотно) составляет одно целое только с продольным или с продольным и поперечным обрешечением. Монолитные панели формируются по аэродинамическим обводам, как правило, с заполнением межреберного пространства на трех- и четырехвалковых станках гибкой-прокаткой, последовательной гибкой по участкам на листогибочных прессах, гибкой на прессах в рессорных штампах или дробеударным формованием.

3.3. ДЕТАЛИ ОБШИВОК ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

Детали обшивок двойной кривизны со средними и большими размерами при опытном производстве и в начальной стадии освоения серийного производства можно изготавливать выколоткой на выколоточных молотах с контролем по ШКС или макетам-эталонам поверхности. Параллельно с выколоткой формование производится также путем посадки периферийных зон заготовки на листоформовочных станках. При серийном производстве наиболее рациональным методом изготовления обшивок двойной кривизны является обтяжка их из листов по пуансонам на обтяжных прессах. С увеличением габаритных размеров деталей обшивок оснастка и оборудование для обтяжки становятся очень громоздкими. В связи с этим возникает проблема создания оснащения для местной формовки по участкам (например, раскатка), а также для статического и динамического (импульсного) воздействия жидкостными и газообразными средами. Методами импульсной штамповки в частности изготавливаются крупногабаритные детали типа днищ.

Во многих случаях при изготовлении деталей двойной кривизны возникает необходимость доводочных работ, состоящих в выколотке внутренних участков и посадке внешних зон детали, а также в проглаживании образующихся складок и неровностей.

Малогабаритные детали обшивок сложной формы типа залезов, законцовок обтекателей, окантовок и др. ввиду сложности требуют для формообразования применения штампов. В условиях мелкосерийного производства изготавливать для этой цели инструментальные штампы экономически нецелесообразно. Сложные многопереходные инструментальные штампы резко удорожают производство, а значительные сроки, необходимые для изготовления таких штампов, затягивают период запуска машины в производство. В этих условиях целесообразно применение листоштамповочных молотов, оснащенных дешевыми, быстро (за 3-5 смен) и несложно (путем отливки с доработкой) изготавливаемыми свинцово-цинковыми штампами. Формообразование в простых свинцово-цинковых штампах на листоштамповочных молотах позволяет со-

вмещать несколько операций в одну многопереходную многократным повторением ударов пуансона разной силы и применением прокладок. После изготовления необходимого количества деталей материал штампа используется для отливки других штампов.

Процесс штамповки на листоштамповочных молотах имеет и ряд недостатков. Качество поверхности и точность размеров деталей, изготавливаемых этим методом, значительно ниже, чем деталей, получаемых за несколько операций вытяжки или формовки в инструментальных штампах на прессах. Трудоемкость изготовления каждой детали значительно выше из-за ручной доводки, на которую обычно требуется намного больше времени, чем на собственно штамповку. Квалификация штамповщика на листоштамповочных молотах должна быть значительно выше квалификации штамповщика на прессах, так как при штамповке на молотах рабочий должен сам решать, где у заготовки удалить излишки материала или увеличить припуск, в каких местах установить прокладки из фанеры или резины, и какие размеры должны иметь эти прокладки на каждом переходе, чтобы улучшить ход пластического деформирования. Доводка и правка полуфабриката после каждого последующего удара требуют от штамповщика знаний и опыта. При регулировке силы удара стесселя при штамповке по переходам требуются навык и понимание процесса перетекания материала, которые приобретаются многолетним опытом.

Несмотря на перечисленные недостатки при мелкосерийном и особенно опытным производстве, штамповка на молотах малогабаритных деталей сложной формы является более рентабельной; она составляет 10 ... 15 % трудоемкости всех заготовительно-штамповочных работ на самолетостроительном заводе [5].

При изготовлении деталей из сплавов пониженной деформируемости, когда необходим нагрев заготовки, штамповка ударом на листоштамповочных молотах выгодно отличается от статической штамповки резиной.

Экономическая целесообразность применения листоштамповочных молотов в серийном производстве в каждом конкретном случае может быть установлена сравнением вариантов технологических процессов.

3.4. ДЕТАЛИ ТИПА ОБЕЧАЕК

Детали типа обечаек могут быть получены двумя путями. По первому варианту листовую заготовку изгибают до закругления на асимметричных валковых гибочных станках, сваривают стык и затем формируют полученную таким образом цилиндрическую или коническую обечайку разжимным пуансоном на прессах с целью сглаживания криволинейной образующей. Формовку можно производить также эластичной средой или жидкостью, а обечаек из толстых листов прочных материалов — импульсными методами: взрывной, электрогидравлической или магнитно-импульсной штамповкой на ответственных установках.

По второму варианту сложную знакопеременную по кривизне образующую получают прокаткой на многороликовые профилировочных станках с последующей сверткой заготовки и четырехроликовых гибочных станках и сваркой встык. Чтобы избежать поводок из-за несимметрии, профилируются заготовки на два детали с последующей их разрезкой. Заключительной операцией является калибровка деталей.

3.5. ПОЛЫЕ ЛИСТОВЫЕ ДЕТАЛИ

Полые листовые детали ввиду сложности и разнотипности деформирования в разных зонах требуют для формообразования дифференцированного воздействия на заготовку. Характерным признаком формообразования деталей этого типа является наличие сжатых растянутых участков заготовки и трансформация их в стенки детали. Средняя часть заготовки (дно будущей детали) может оставаться при этом недеформированной или иметь местные выштамповки.

Сложные детали этого типа получают в вытяжных штампах на прессах двойного действия. Относительно неглубокие детали формуется воздействием на заготовку эластичной, жидкостной или газовой среды, включая импульсные способы; конфигурация детали в этом случае обуславливается соответствующей формой жесткой части штампа (матрицы или пуансона).

Полые осесимметричные детали (обычно с криволинейными или наклонными образующими) получают также ротационной вытяжкой без утонения или с утонением материала заготовки на соответствующих станках.

3.6. ПЛОСКИЕ ДЕТАЛИ С ФОРМОВАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Плоские детали с формованными элементами составляют в основном внутренний силовой набор летательного аппарата (стенки, перегородки, диафрагмы, нервюры, жесткости и др.). Большая часть поверхности этих деталей имеет плоскую форму, остальные участки могут быть изогнутыми, отбортованными по выпуклому и вогнутому контуру, иметь подсежку, рифты и другие местные выштамповки, а также отверстия и окна различной конфигурации. Штамповка деталей этой группы на прессах общего применения в инструментальных штампах целесообразна лишь при небольших их габаритных размерах и в условиях установившегося производства. Специфика таких деталей обуславливает применение недорогой оснастки, простоту и универсальность технологических процессов их изготовления.

К таким процессам относятся штамповка эластичной и эластично-жидкостной средой на гидравлических плунжерных прессах и прессах прямого действия по формблокам, а также на листоштамповочных молотах.

3.7. ДЕТАЛИ ИЗ ПРОФИЛЕЙ

Детали из профилей можно разделить на следующие группы: прямые с подсечками, с местным изгибом (типа стрингеров и поясов лонжеронов); криволинейные, в том числе знакопеременной кривизны (типа шпангоутов); малогабаритные — типа косынок и кронштейнов.

Технологический процесс изготовления деталей из профилей включает следующие основные операции: отрезку по длине, обрезку скосов, обрезку по радиусу и фасонную торцовку, образование местных вырезов в полках профиля, правку, изменение угла между полками (малковку), подсечку, гибку, образование отверстий.

В зависимости от размеров, материала, требуемых чистоты и точности, масштаба производства профили отрезаются по длине в штампах на прессах, на дисковых пилах, пресс-ножницах, абразивных отрезных станках, анодно-механических станках. В штампам на прессах целесообразно отрезать короткие детали в условиях установившегося производства. Резка профилей из алюминиевых сплавов обычно производится на маятниковых дисковых пилах. При небольших сечениях отрезаемых профилей целесообразно применять небольшие передвижные пневматические пресс-ножницы со сменными ножами. На абразивных отрезных станках обычно раскраиваются стальные профили различных марок. Анодно-механическая резка характеризуется большой чистотой и высокой точностью реза, малыми потерями материала в отходы, дешевизной и простотой изготовления инструмента; при этом способе скорость резания практически не зависит от прочности материала, что делает анодно-механическую резку особенно ценной при раскрое профилей из высокопрочных сталей и сплавов.

Прямолинейные скосы целесообразно получать в универсальных терналадиваемых штампах на прессах. Обрезку углов торцов по радиусу и другую фасонную торцовку можно производить в штампах на прессах или на фрезерных станках. Вырезы в полках профилей обычно выполняются фрезерованием на вертикально-фрезерных станках с верхним расположением шпинделя по оправке без разметки.

Правка (рихтовка) вызывается возможными деформациями заготовок (особенно длинных) при транспортировке, искажением формы поперечного сечения при резке. Иногда допуски на непрямолинейность профилей в состоянии поставки превышают допуски на прямолинейность деталей из этих профилей. Кроме того, правка является необходима после операции гибки, а также для устранения изводов после термической обработки. Профили небольших сечений правят на плитах и подкладках ударами резиновой или деревянной киянки. Детали больших сечений правят на консольных гидравлических прессах, устанавливая деталь на две опоры и нагружая в середине усилием плунжера пресса.

Изменение угла между полками (малковка) производится в специальных или универсальных малковочных

штампах на прессах или роликами на профилегибочных малковых станках [8].

Подсечка обычно выполняется в подсечных штампах со сменными сухарями и регулировкой глубины подсечки и величины сбегания. **Гибка профилей** в зависимости от типа детали может осуществляться методом гибки-прокатки на профилегибочных роликовых станках (детали типа шпангоутов), гибки с растяжением на профилегибочных растяжных станках (изогнутые детали с прямолинейными участками), гибки-навивки на оправку на профилегибочных станках с поворотным столом (изогнутые детали с большим углом охвата гибки-обкатки роликами по оправке (детали из профилей сложного сечения), проталкивания через фильер (детали с большой относительной кривизной и сложного поперечного сечения), раздавливания внешней полки на профилеразводных станках (детали с короткими участками изгиба, доводка изогнутых участков), раскатки внешней полки на профилераскатных станках (доводка общей кривизны). При установившейся программе гибку профилей производят в штампах на прессах (детали небольшой длины).

Пробивка отверстий в полках профилей осуществляется штампами-скобами (при большом количестве отверстий в ряду — с применением листогибочных прессов) или в обычных пробивных штампах. Отверстия сверлят чаще всего на радиальных сверлильно-фрезерных станках.

3.8. ДЕТАЛИ ИЗ ТРУБ

Детали из труб по конфигурации можно разделить на три основные группы: прямые, изогнутые в одной плоскости и изогнутые в нескольких плоскостях. Дальнейшая дифференциация видов деталей из труб может быть произведена по оформлению их концов: прямой, косой или фасонный срезы, раздача (развальцовка), обжим, сплющивание, посадка, с вырезами у концов и в стенке.

Технологический процесс изготовления деталей из труб может включать следующие основные операции: отрезку по длине; косую или фигурную обрезку концов; вырезку отверстий в стенках; раздачу (развальцовку); обжим; сплющивание; гибку.

В зависимости от толщины, диаметра, длины, материала заготовки и масштаба производства **отрезка труб** может выполняться в штампах на прессах, на токарных станках, дисковых пилах, анодно-механических станках, абразивных отрезных или специальных труборезных станках.

Отрезка труб из цветных сплавов осуществляется на маятниковых пилах нормальными дисковыми фрезами. Трубы из углеродистых, коррозионно-стойких и других легированных сталей нарезаются также на маятниковых пилах, но вместо стальных фрез устанавливают абразивные диски. Резка труб на ленточных пилах менее производительна, дает меньшую точность по длине и более опасна при резке коротких заготовок. Короткие заготовки труб длиной до 150 ... 200 мм с толщиной стенки более 2 мм целесообразно резать на обычных револьверных или тоcano-отрезных станках.

Анодно-механические станки даже при резке тонкостенных труб не деформируют деталь и дают чистый, без заусенцев срез. При крупносерийном производстве короткие заготовки труб с толщиной стенки до 3 мм и длиной 150—200 мм получают на специальных разрезных штампах, устанавливаемых на эксцентриковых или кривошипных прессах.

Косые срезы у труб получают на дисковых пилах с соответствующим инструментом путем установки заготовки под углом к плоскости диска. Фасонная обрезка концов труб из легких сплавов при небольших партиях выпуска может быть выполнена на вертикально-фрезерных станках по копиру, при больших партиях (также труб из сталей) — в штампах на прессах. Пробивка продольных пазов на концах труб, необходимых, в частности, для приваривания наконечников, выполняется в штампах, а при небольших партиях — фрезами на вертикально-фрезерных станках. Прорези различной формы в стенках труб можно получать фрезерованием или с помощью комплекта электродов на станках для электроискровой обработки; в некоторых случаях более эффективным методом является размерное химическое травление.

Раздачу (развальцовку) вращающимся инструментом труб диаметром до 20 мм с толщиной стенки до 1 мм при небольших партиях выпуска можно проводить вручную с помощью кернов-оправок или вальцовок. Более эффективен широко применяемый процесс развальцовки на трубобразвальцовочных станках цельной оправкой или оправкой с коническими роликами по ниппелю. Развальцовка труб из титановых и других малопластичных сплавов ведется с нагревом деформируемой части заготовки. Раздача труб производится в специальных штампах [3, 8].

Обжим труб может выполняться тремя способами: в штампах (а прессах (с нагревом или без нагрева матрицы), на ротационных машинах и на токарно-давилочных станках. Подсадка труб, т. е. утолщение стенок у торца за счет укорочения заготовки без изменения наружного диаметра, осуществляется обычно в штампе с дифференцированным нагревом. Сплющивание наконечников, иногда совместно с пробивкой отверстий, выполняется в соответствующих штампах на прессах [18].

Гибка трубопроводов небольшого диаметра (4 ... 8 мм) производится в основном вручную по шаблонам гибки (ШГ) без нагрева наполнителя; шаблон ШГ выполняется в виде стального прутка, рубы из алюминиевого сплава АМгМ диаметром до 20 мм, а из уралюмина Д16, сталей 20А и 15Х18Н9Т диаметром до 12 мм с минимальным радиусом изгиба до трех диаметров рубы без наполнителя и с наполнителем могут изгибаться в ручных трубогибочных приспособлениях. Трубы больших диаметров гнут с наполнителем в виде песка, легкоплавких сплавов (церробенда, ПОС-50), дорна или гидронаполнителя на трубогибочных станках навивкой на опивку, укрепленную на поворотном столе [3]. Наиболее прогрессивными являются станки с программным управлением, на которых можно изготовлять детали с изогнутыми участками в различных

плоскостях. Для увеличения пластичности и уменьшения пружинения применяется простой или дифференцированный нагрев. Изготовлении больших партий деталей длиной не более 500—700 гибку целесообразно вести в штампах на прессах.

ГЛАВА 4

ИНСТРУМЕНТ

Станочный (машинный) инструмент в структуре обрабатывающей системы занимает положение между заготовкой и исполнительным органом машины. Инструмент, входящий в состав узлов технологической машины, принято называть ее рабочим органом. Ручной механизированный ручной (переносной) инструмент здесь не рассматривается.

В некоторых случаях для нормального функционирования инструмента необходимы дополнительные детали и устройства. Так, кроме режущих или формующих пуансонов и матриц, инструментальный штамп имеет также опорные, фиксирующие, направляющие крепежные и другие элементы.

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА

Воздействие на заготовку осуществляется в результате относительного движения инструмента и заготовки, которое может быть получено перемещением только инструмента, только заготовки или инструмента и заготовки. Инструмент может иметь поступательное рабочее движение, вращательное (при перемещении заготовки) одновременно — поступательное и вращательное, а также поступательно-вибрационное. В большинстве случаев для осуществления повторного поступательного рабочего движения инструмента требуется его обратный (холостой) ход. Такие движения выполняют возвратно-поступательные механизмы технологических машин. Исключение составляют такие инструменты, как бесконечное полотно ленточных пил, где поступательное непрерывное движение полотна обеспечивается вращением шкивов, на которые оно натянуто. При резке заготовок горелками и электродами требуется их относительное перемещение. Вращательное движение инструмента происходит в течение всего процесса обработки. Для поступательно-вибрационного движения инструмента ему наряду с основным сообщается колебательное движение. У инструмента из 2-х частей одна из них движется к сопрягаемой с ней части.

По областям применения инструмент делится на универсальный, специальный и специализированный. Универсальный инструмент выполняет технологическую операцию безотносительно к форме и размерам обрабатываемой детали; он должен быть по возможности стандартным. Специальный инструмент предназначен для изготовления конкретной детали; при пере-

ходе на обработку новой детали требуется другой специальный инструмент. Специализированный инструмент применяется для изготовления однотипных деталей; при переходе к изготовлению новой детали данной группы требуется его переналадка.

По скоростной характеристике инструмент можно разделить на статический, динамический и импульсный. Масса статически действующего инструмента существенного влияния на работу деформирования не оказывает, энергия подвижных частей технологической машины в основном поглощается заготовкой. Динамически действующий инструмент должен иметь значительную компактную массу, способную аккумулировать инерционную энергию для передачи ее заготовке и реактивной части инструмента, масса которой для поглощения остатка энергии должна быть в несколько раз больше массы подвижной части. При импульсной штамповке роль инструмента выполняет кратковременное волновое возмущение среды, оказывающей молниеносное давление на заготовку.

По протяженности контакта с заготовкой различают инструмент точечным, линейным и поверхностным воздействием.

Наряду с инструментом, представляющим собой твердое тело, на обрабатываемую заготовку можно воздействовать также электрической, жидкостной, газовой средами, а также плазмой; в этих случаях обычно пассивным формообразующим инструментом бывают твердые матрица или пуансон.

В свою очередь, по приводу твердый инструмент может быть кинематически жестким, упругим или грабтационным.

Твердый инструмент изготавливается из различных металлов и сплавов, пластических масс, дерева, бетона и других материалов, находящихся в твердом агрегатном состоянии.

Эластичный инструмент (резина, полиуретан) обычно заключается в контейнер или имеет жесткую подложку. При гидроэластичной штамповке эластичная мембрана закрепляется по краям, а действующая на нее жидкость нагнетается в замкнутую полость.

При гидростатическом методе штамповки заготовка деформируется под непосредственным давлением жидкости, подаваемой в закрытую емкость.

При пневматическом методе штамповки давление на деформируемую заготовку в закрытом объеме оказывает воздух. Наряду с избыточным давлением может быть использован вакуум. При необходимости предотвращения окисления материала заготовки (например, при штамповке титановых сплавов с подогревом) воздух заменяется аргоном или другими инертными газами.

Высокотемпературная плазма используется в плазменных горелках при резке высокопрочных материалов.

4.2. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Принципиальное отличие инструмента для разделительных операций от формоизменяющего состоит в том, что он предназначен для нарушения сплошности материала заготовки, в то время как

при формообразующих операциях инструмент служит для деформирования заготовки без ее разрушения.

Разделение материала заготовки сдвигом выполняется режущими кромками ножей или пуансона и матрицы. Ножи могут быть прямолинейными, криволинейными или круглыми.

Режущие кромки прямолинейных ножей при резке могут быть расположены параллельно или под углом друг к другу. При параллельных

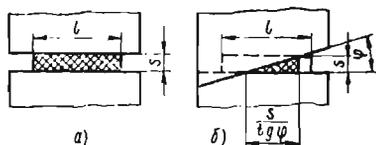


Рис. 4.1. Схема резки ножами с параллельными (а) и наклонными (б) режущими кромками:

l — длина реза; s — толщина материала; φ — угол наклона режущей кромки; $s/lg\varphi$ — длина мгновенного реза

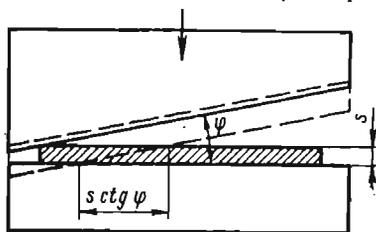


Рис. 4.2. Схема резки поступательно движущимся ножом

ельных кромках резка по всей длине реза происходит одновременно (рис. 4.1, а). При наклоне режущих кромок резка происходит постепенно (рис. 4.1, б), в каждый момент сдвиг и разрушение происходят на участке, называемом мгновенной длиной реза.

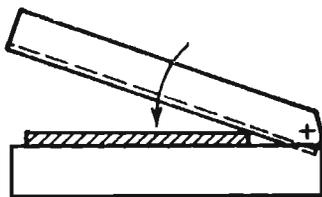


Рис. 4.3. Схема резки поворотным ножом

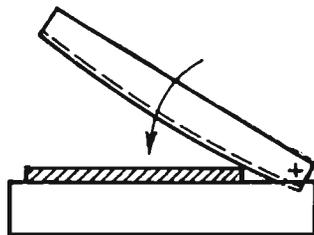


Рис. 4.4. Схема резки поворотным ножом с криволинейной режущей кромкой

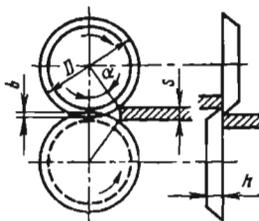
Наклонный подвижный нож может перемещаться поступательно параллельно самому себе (рис. 4.2) или поворачиваться вокруг оси, расположенной на его конце (рис. 4.3). При повороте прямолинейного ножа угол встречи с плоскостью разрезаемой заготовки меняется; в целях сохранения угла встречи постоянным режущая кромка подвижного ножа выполняется криволинейной (рис. 4.4).

При резке параллельными ножами разрушение наступает при внедрении ножей в материал на величину, несколько меньшую его толщины. При резке наклонными режущими кромками для разрезки материала требуется больший ход подвижного ножа; величина хода

зависит в основном от угла наклона ножа и длины реза (ширины заготовки). При резке поворотным ножом с криволинейной режущей кромкой для разрезки заготовки требуется несколько больший угол поворота, так как при этом угол встречи с плоскостью заготовки остается постоянным; при прямолинейной режущей кромке с поворотом ножа угол встречи уменьшается.

Рис. 4.5. Схема резки вертикально расположенными роликами-дисками:

b — перекрытие ножей; h — толщина ножа; D — диаметр ножа; α — угол захвата; s — толщина материала



Во всех этих случаях для следующего реза необходим обратный (холостой) ход. На ножницах с ножами рассмотренных типов может производиться лишь прямолинейная резка. Однако при большом угле створа ($\varphi \geq 25^\circ$) прямолинейных режущих кромок и небольшом перекрытии ножей (длина реза 3—10 мм) можно получить общий криволинейный контур, составленный из большого числа коротких граней.

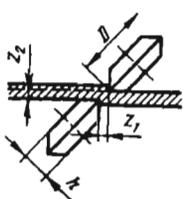


Рис. 4.6. Схема резки коническими роликами:

z_1 — горизонтальный зазор;
 z_2 — вертикальный зазор

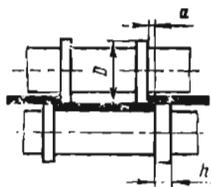


Рис. 4.7. Схема резки на многодисковых ножницах

При резке круглыми ножами (дисками, роликами) происходит их вращение навстречу друг другу, благодаря чему обеспечивается непрерывность процесса. Одновременно, из-за сил трения между роликами и разрезаемым материалом происходит его затягивание (подача) в зону резки. Вследствие тех же сил трения приводным (ведущим) может быть только один ролик, второй же в этом случае будет ведомым.

При расположении дисков (роликов) перпендикулярно плоскости заготовки (рис. 4.5) они контактируют с ее кромкой при резке плоскими боковыми поверхностями, что практически препятствует осуществлению резки по криволинейному контуру. При резке наклонными коническими дисками контактирование с кромками заготовки происходит по коническим поверхностям дисков (рис. 4.6), что позволяет в процессе резки поворачивать заготовку в некоторых пределах и тем самым производить резку по криволинейному контуру.

Не представляя технической сложности установка соответствующим образом нескольких пар дисков на двух, параллельно расположенных валах, один из которых сделан приводным (рис. 4.7).

При такой схеме можно за один проход распустить весь лист на несколько полос. Естественно, линии реза при этом получаются прямыми.

Резка в штампах обычно производится по замкнутому контуру, форма которого определяется конфигурацией матрицы и пуансона (рис. 4.8). Этот процесс принципиально не отличается от резки ножами. Для уменьшения усилия резки кромки пуансона или матрицы иногда делают скошенными (рис. 4.9).

Разделение материала с образованием стружки (обычно по криволинейному контуру) осуществляется п а л ь ц е в ы м и д в у х -

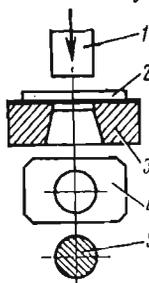
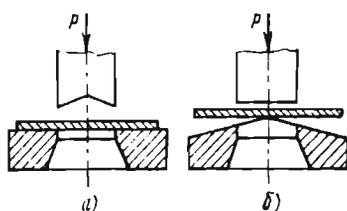


Рис. 4.8. Схема вырубki отверстий в штампе:
1 — пуансон; 2 — заготовка; 3 — матрица; 4 — деталь; 5 — отход

Рис. 4.9. Штампы со скошенными режущими кромками пуансона (а) и матрицы (б)



п е р ы м и ф р е з а м и (рис. 4.10). Конфигурация вырезаемой заготовки (детали) определяется в этом случае траекторией следа образующей фрезы, т. е. точки. Точечный характер контакта позволяет получать любой контур за некоторым исключением (радиус вогнутого участка контура не может быть меньше радиуса фрезы).

Обрезка кромок может производиться ц и л и н д р и ч е с к и м и ф р е з а м и. Относительно небольшие по диаметру круглые отверстия наряду с пробивкой в штампах получают также сверлением.

Резку толстолистового материала, профилей и труб производят пилами трех типов: дисковыми, ленточными и ножовками. Наряду с о б ы ч н ы м и дисками с зубьями для резки высокопрочных и твердых материалов применяются абразивные и беззубые стальные диски с большой частотой вращения. Диски осуществляют непрерывную прямолинейную резку.

Режущий инструмент ленточных пил представляет собой бесконечное полотно в виде л е н т ы. Натянутое между двумя вращающимися шкивами (из которых один является приводным) ленточное полотно в зоне реза имеет непрерывное прямолинейное движение. Развод режущей части полотна и небольшая его ширина позволяют осуществлять кроме прямолинейной также и криволинейную резку в некоторых пределах.

У н о ж о в о к в процессе резки полотно совершает многократные возвратно-поступательные движения. На ножовках производят лишь прямолинейную резку.

Для разделения высокопрочных материалов просечкой применяются в ы с е ч н ы е штампы, с помощью которых в заготовке постепенно, при каждом рабочем ходе прорезается канавка с отде-

лением отсекаемого отхода (рис. 4.11). Образующаяся при этом неровная кромка дополнительно обрабатывается фрезерованием.

При резке давлением — эластичной средой — резиной или полиуретаном — заготовка обдавливается по шир блоку, ее края отгибаются и обрываются на его острой кромке (рис. 4.12). Образующаяся некачественная кромка требует обычно дополнительной обработки.

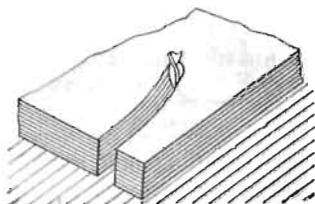


Рис. 4.10. Схема фрезерования пакета листов пальцевой фрезой

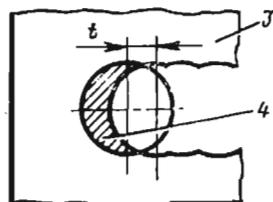
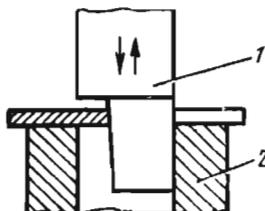


Рис. 4.11. Схема работы высечного штампа:

1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — заготовка; 4 — отход; t — шаг подачи

Общим в характеристике инструмента, применяемого при электрофизических и электрохимических методах обработки, является отсутствие жесткого механического контакта между инструментом и обрабатываемой заготовкой. Это обстоятельство является принципиальным, так как исключает реактивные силы со стороны заготовки на другие элементы обрабатываемой системы.

При анодно-механической резке инструментом служат тонкий диск или лента из мягкой стали или латуни, являющиеся катодом; анодом служит обрабатываемая заготовка. Диска можно производить только прямолинейную резку, лентой — помимо прямолинейной, можно выполнять также и криволинейную резку. При электроискровой резке инструментом является электрод в виде проволоки, ленты или диска. Материал заготовки (анод) разрушается (расплавляется, испаряется) в результате электрических разрядов. Наиболее маневренным является инструмент в виде проволоки. При резке проникающей дугой инструментом служит охлаждаемая водой головка резака, подающая газ, с расположенным внутри нее по оси вольфрамовым катодом; роль анода при этом выполняет обрабатываемый материал.

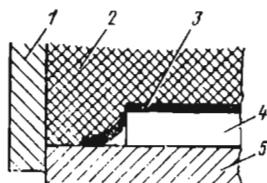


Рис. 4.12. Схема резки давлением эластичной среды:

1 — контейнер; 2 — эластичная среда; 3 — заготовка; 4 — шир блок; 5 — подблочная плита

При плазменной резке инструментом является сопло — анод с расположенным внутри его катодом. При электронно-лучевой резке инструментом служат накаливаемый или подогреваемый катод и полый анод. При резке светолучевыми методами (лазером) инструментом является излучающая головка.

4.3. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЯЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ

Конфигурация формообразующего инструмента во многом определяется видом его контакта с заготовкой. Он может быть точечным, линейным и поверхностным.

Инструмент с точечным контактом воздействует на заготовку по минимальной поверхности, не определяющей общей конфигурации детали. Для образования поверхности таким инструментом требуется его перемещение не только в направлении, перпендикулярном плоскости заготовки, но и относительное перемещение по обеим осям в плоскости заготовки.

Инструмент с линейным контактом воздействует на заготовку материаллизованной линией, трансформирующейся в образующую поверхности детали. Образование поверхности инструментом с линейным воздействием происходит путем перемещения его в направлении, перпендикулярном плоскости заготовки, и в направлении, перпендикулярном образующей (или ее плоскости, если образующая — не прямая, а плоская кривая).

Инструмент с поверхностным контактом воздействует по всей деформируемой поверхности заготовки. В этом случае для формовки поверхности детали требуется, как правило, только одно перемещение инструмента — перпендикулярно плоскости заготовки. Естественно, что инструмент с поверхностным воздействием обычно имеет сложную форму, в той или иной степени определяемую конфигурацией изготавливаемой детали.

Вследствие малой инерционности заготовки для реализации воздействия активной части инструмента и создания равновесной системы необходимо наличие реактивной части инструмента. Реактивная часть инструмента может быть неподвижной или совершать согласованное с активной частью движение, быть носителем формы детали или принимать в формоизменении детали пассивное участие, например, удерживая заготовку в процессе деформирования.

При взаимодействии в процессе деформирования заготовки между собой твердой, эластичной, жидкостной и газовой сред активной частью инструмента обычно является создающая давление менее плотная среда, а форму поверхности детали определяет среда с большей плотностью.

Точность размеров инструмента, являющегося носителем формы, обычно на класс выше точности размеров детали. Шероховатость поверхности формообразующего инструмента должна быть на несколько классов выше шероховатости поверхности детали. При мно-

гих формоизменяющих операциях поверхность заготовки сохраняется ненарушенной.

При формоизменении деталей д р о б ь ю энергия потока дроби гасится поверхностными слоями заготовки, а форма детали определяется в основном длительностью воздействия на зоны заготовки.

Исходными данными для прочностных и других расчетов инструмента являются сопротивление материала заготовки деформации.

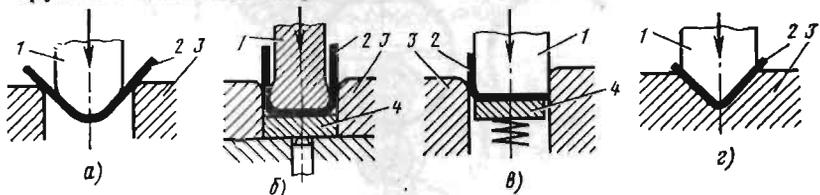


Рис. 4.13. Схемы штампов для различных видов гибки;

a — одноуголовая свободная; *б* — двухуголовая с прижимом и калибровкой; *в* — одноуголовая односторонняя с прижимом; *г* — одноуголовая с калибровкой; 1 — пуансон; 2 — заготовка; 3 — матрица; 4 — прижим

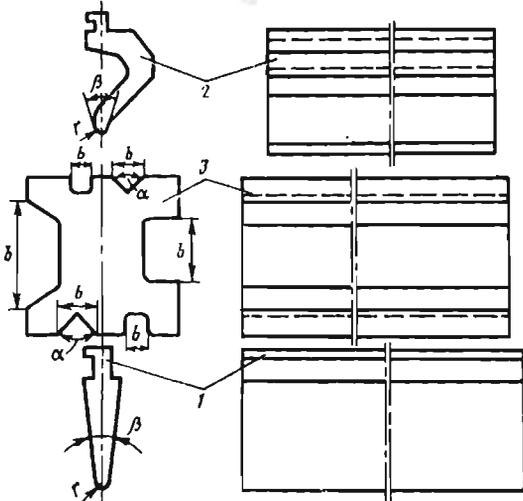


Рис. 4.14. Детали универсального гибочного штампа для гибки профилей из полос: 1 — прямой пуансон; 2 — изогнутый пуансон; 3 — матрица

раванию и геометрические параметры детали. Работоспособность формообразующего инструмента во многом зависит от правильного выбора вида смазки и необходимой твердости поверхности инструмента.

Многие формоизменяющие операции при крупносерийном производстве выполняются на прессах в специальных штампах, полностью или частично соответствующих конфигурации детали.

На рис. 4.13 приведены схемы гибочных штампов для изготовления деталей с изогнутыми участками. Для получения деталей типа листовых профилей из полос применяются универсальные гибочные штампы (рис. 4.14). Конфигурация изогнутых участков сечения

профилей определяется размерами пазов матриц b , их углами α угол между гранями пуансона β с радиусами r , равными внутреннему радиусу угла профиля. Профили целесообразно гнуть, пропуская ленту через необходимое для постепенной гибки число пар вращающихся профилированных роликов. Детали обшивок одинарной

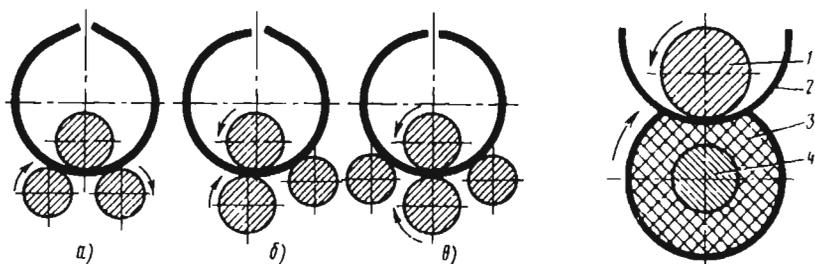


Рис. 4.15. Схемы расположения валков:

a — трехвалковая симметричная; *b* — трехвалковая асимметричная; *v* — четырехвалковая

Рис. 4.16. Двухвалковая схема гибки-прокатки:

1 — верхний валок; *2* — заготовка; *3* — эластичная облицовка; *4* — нижний валок

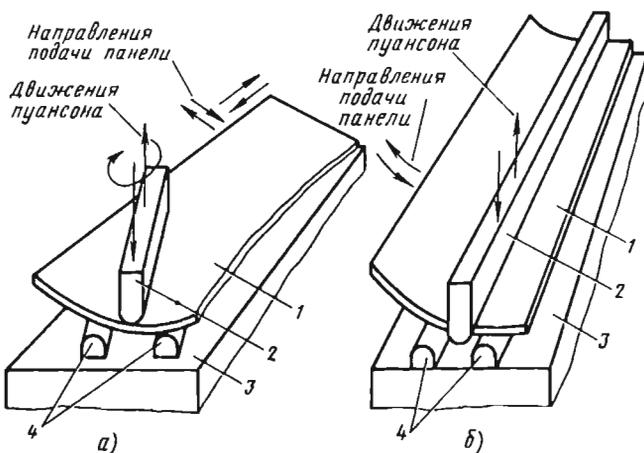


Рис. 4.17. Схемы свободной гибки монолитных панелей:

a — последовательно по участкам образующей; *b* — одновременно по всей образующей; *1* — панель; *2* — пуансон; *3* — стол; *4* — опоры

кривизны, как уже упоминалось, изготавливаются гибкой-прокаткой на валковых гибочных станках, где функцию инструмента выполняют гладкие валки, являющиеся рабочими органами машины (рис. 4.15). Наряду с классическими схемами гибки-прокатки жесткими валками получает развитие схема гибки-прокатки двумя валками, один из которых облицован слоем эластичного материала (рис. 4.16).

Монолитные панели с развертывающейся поверхностью получают также гибкой по участкам в простейших штампах, состоящих из пуансона и двух опор (рис. 4.17).

Для выколочки деталей двойной кривизны при мелкосерийном производстве на выколочных молотах применяются бойки с различной формой и площадью рабочей части (рис. 4.18). Оснасткой для основного способа изготовления деталей обшивок двойной кривизны — обтяжки служат определяющие форму их поверхности

Рис. 4.18. Бойки выколочных молотов:

а — разводной; б — выколочный; в — гладильный

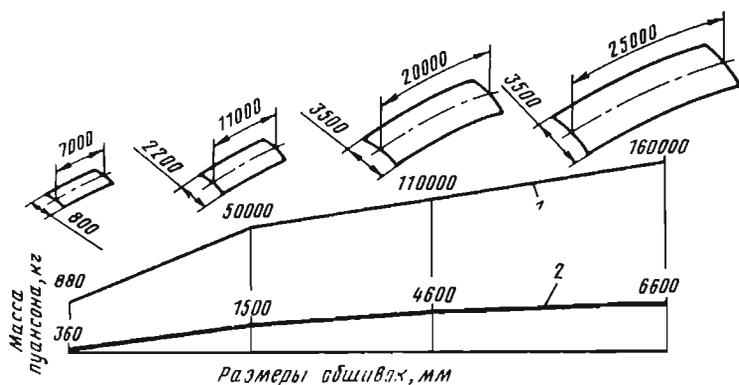
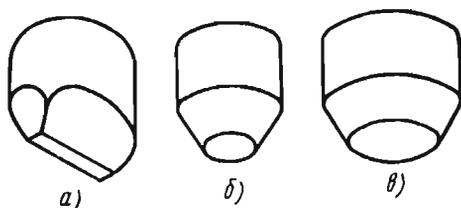


Рис. 4.19. График зависимости массы пуансонов для обтяжных прессов от размеров изготавливаемой обшивки:

1 — пуансон из несклеевой массы; 2 — пуансон из армированных полимеров (размеры обшивок в мм показаны сверху)

обтяжные пуансоны. Увеличение размеров обшивок ведет к увеличению размеров и, следовательно, массы пуансонов, традиционно изготавливаемых из несклеевой массы. В настоящее время освоено изготовление армированной полиэтиленовой оснастки со снижением массы в 15–20 раз (см. рис. 4.19). При этом сократились в 3–5 раз площади для хранения оснастки и почти в 10 раз увеличился срок ее эксплуатации за счет ремонтпригодности [3].

Процесс формовки предварительно сваренных обечаек требует изменяющейся в процессе операции формообразующей поверхности активно воздействующего на заготовку инструмента. Таким инструментом может быть пуансон, составленный из расходящихся в процессе деформирования секций (рис. 4.20). Роль активно воздействующего на заготовку инструмента также могут выполнять

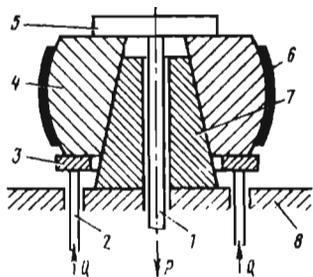


Рис. 4.20. Схема секционного штампа для формовки обечайки:

1 — шток гидроцилиндра рабочего хода; 2 — шток цилиндра холостого хода; 3 — кольцо; 4 — секция пуансона; 5 — плита; 6 — заготовка; 7 — конус; 8 — стол

эластичная, жидкостная или газовая среда. В этих случаях форму детали определяет жесткая матрица.

Для изготовления полых листовых деталей различной формы обычно требуются специальные штампы, в большинстве случаев состоящие из пуансона, матрицы и прижима, предотвращающего образование складок в сжато-растянутой зоне заготовки (рис. 4.21). На рисунках 4.22, 4.23, 4.24 показаны схемы штампов для некоторых

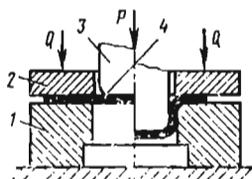


Рис. 4.21. Схема вытяжного штампа:

1 — матрица; 2 — прижим; 3 — пуансон; 4 — заготовка; P — усилие пуансона; Q — усилие прижима

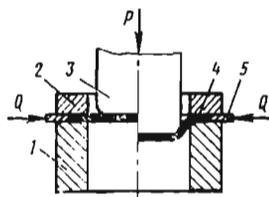


Рис. 4.22. Схема вытяжного штампа с подпором фланца:

1 — матрица; 2 — складкодержатель; 3 — пуансон; 4 — заготовка; 5 — подпор; P — усилие пуансона; Q — усилие подпора

способов интенсификации процесса вытяжки полых деталей. При изготовлении неглубоких деталей крупных габаритных размеров жесткий пуансон целесообразно заменять жидкостной или газовой средой как со статическим, так и динамическим (импульсным) воздействием.

Ротационная вытяжка (выдавливание) при мелкосерийном производстве полых осесимметричных деталей с криволинейной или

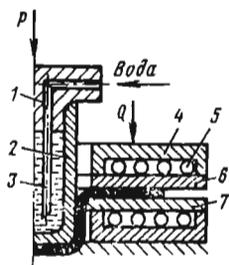


Рис. 4.23. Схема вытяжного штампа с дифференцированным нагревом:

1 — пуансонодержатель; 2 — пуансон; 3 — трубка для подвода воды; 4 — нагревательная коробка; 5 — электронагреватель; 6 — прижим; 7 — матрица

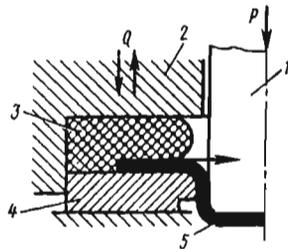


Рис. 4.24. Схема штампа для вытяжки трением:

1 — пуансон; 2 — пульсирующий прижим; 3 — полиуретан; 4 — матрица; 5 — заготовка

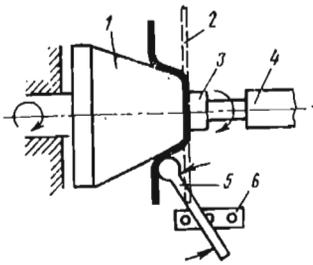


Рис. 4.25. Оснастка для ротационной вытяжки:
 1 — оправка; 2 — заготовка; 3 — прижим; 4 — шпиндель задней бабки; 5 — давилынок; 6 — гребенка

наклонной прямолинейной образующей производится по вращающейся оправке (пуансону) (рис. 4.25) давилынками (рис. 4.26). В необходимых случаях оправку делают разъемной (рис. 4.27). Раскатку кольцевых деталей с уменьшением толщины стенки выполняют роликами по оправкам, заменяя тем самым механическую обработку. Аналогичную оснастку используют при ротационной вы-

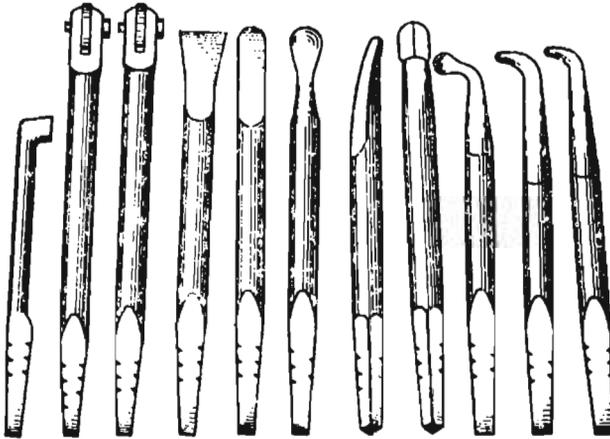


Рис. 4.26. Конструкция давилынок

тяжке с утонением деталей из плоской и цилиндрической заготовки (рис. 4.28).

Плоские детали с формованными элементами штампуются по пуансонам (формблокам) резиной или полиуретаном, заключенными

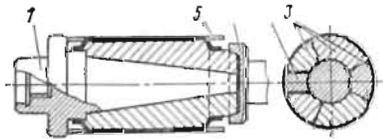


Рис. 4.27. Пример разъемной оправки:
 1 — корпус оправки; 2, 3 — клинья; 4 — вращающийся центр; 5 — заготовка

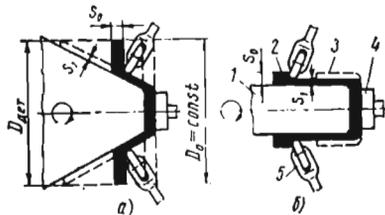


Рис. 4.28. Оснастка для ротационной вытяжки с утонением из плоской (а) и цилиндрической (б) заготовки:

1 — пуансон; 2 — промежуточное положение заготовки; 3 — исходная заготовка; 4 — прижим; 5 — ролик

в контейнер (рис. 4.29), а также давлением жидкости через эластичную мембрану (рис. 4.30). Сложные детали формируются ударом эластичной подушки по формблоку с последующей калибровкой в жестком штампе (рис. 4.31). Детали из малопластичных материалов

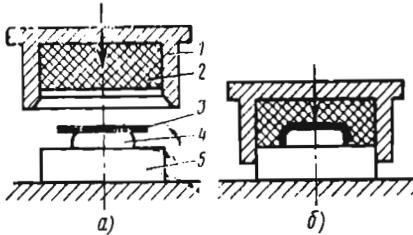


Рис. 4.29. Схема оснастки для штамповки эластичной средой:

1 — контейнер; 2 — эластичная среда; 3 — заготовка; 4 — пуансон (формблок); 5 — подблочная плита; а — исходное положение; б — крайнее нижнее положение

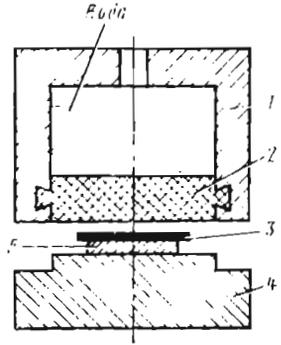


Рис. 4.30. Оснастка для формовки гидроэластичной средой:

1 — контейнер; 2 — мембрана; 3 — заготовка; 4 — подблочная плита; 5 — формблок

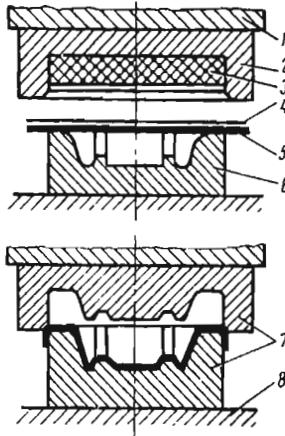


Рис. 4.31. Оснастка для формовки сложных деталей:

1 — стелька молота; 2 — контейнер; 3 — эластичная подушка; 4 — декоративная пленка; 5 — заготовка; 6 — формблок; 7 — жесткий (калибровочный) штамп; 8 — стол молота

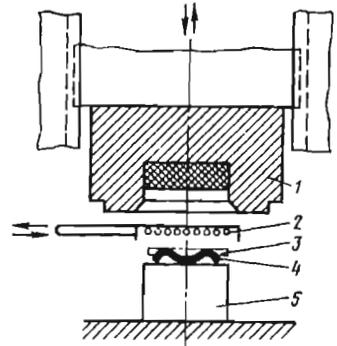


Рис. 4.32. Оснастка для динамической штамповки деталей из малопластичных материалов с предварительным нагревом:

1 — контейнер с резиной; 2 — нагревательная панель; 3 — заготовка; 4 — формблок; 5 — подштамповая плита

формируют с предварительным нагревом заготовки в штампе для динамической штамповки (рис. 4.32) [3].

Инструментом для правки профилей служат простейшие штампы, состоящие из пуансона и двух опор. Изменение угла между полками профилей (малковка) может производиться в универсальных малко-

вочных штампах. На рис. 4.33 показана схема штампа со сменными пуансоном и матрицей. На рис. 4.34 приведены схемы малковочных штампов с поворотными сегментами для открытой (а) и закрытой (б) малок. Угол малки при штамповке в сегментных штампах зависит от хода пуансона, определяющего угол поворота сегментов Малка

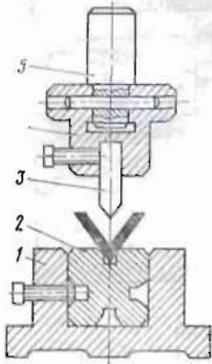


Рис. 4.33. Малковочный штамп со сменными пуансоном и матрицей:

1 — корпус; 2 — матрица; 3 — пуансон; 4 — пуансонодержатель; 5 — хвостовик

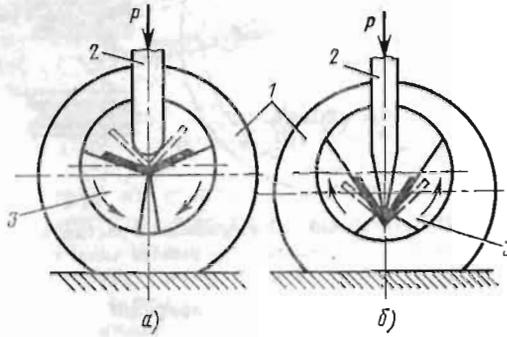


Рис. 4.34. Схема малковочного штампа с поворотными сегментами:

а — для открытой малки; б — для закрытой малки; 1 — корпус; 2 — пуансон; 3 — поворотные сегменты

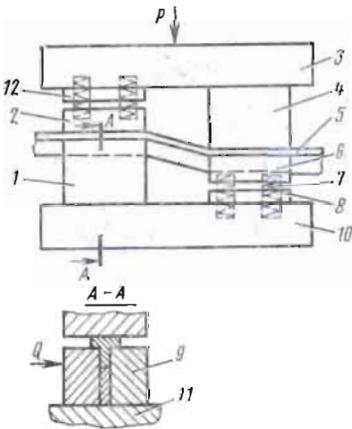


Рис. 4.35. Схема подсечного штампа:

1, 4 — нижний и верхний пуансоны; 2, 6 — верхний и нижний прижимы; 3, 10 — верхняя и нижняя плиты; 5 — профиль; 7 — пружина прижима; 8, 12 — пластины; 9 — боковой прижим; 11 — прокладка

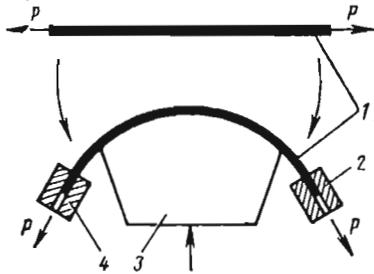


Рис. 4.36. Схема гибки профилей с растяжением:

1 — заготовка; 2, 4 — зажимные патроны; 3 — пуансон

у профилей может быть получена также в процессе гибки с растяжением по малкованному пуансону или гибки-прокатки малкованными роликами.

Схема работы подсечного штампа показана на рис. 4.35. Подсечка осуществляется пуансонами 1 и 4 и прижимами 2 и 6, опирающимися в конце хода на пластины 8 и 12. Прижим 9 препятствует потере устойчивости стенки профиля.

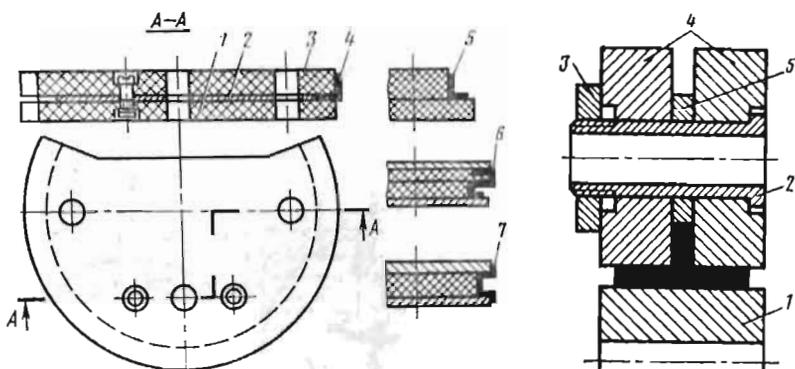


Рис. 4.37. Пуансон для гибки профилей с растяжением:
1 — основание; 2 — прокладка; 3 — рабочая 4—7 — профили

Рис. 4.38. Ролики для гибки профилей таврового сечения:

1 — нижний ролик; 2 — втулка; 3 — гайка; 4 — боковые кольца; 5 — прокладка

Небольшие по протяженности криволинейные участки деталей из профилей получают в гибочных штампах, пуансон и матрица которых должны соответствовать поперечному сечению профиля. Детали из профилей с протяженными криволинейными участками получают гибкой с растяжением (рис. 4.36) на специализированных станках по пуансонам (рис. 4.37), определяющим кривизну изогнутого участка [5].

Самым распространенным способом гибки профилей является прокатка на трех- или четырехроликовых станках, работающих по схемам, аналогичным схемам работы валковых листовых гибочных станков (см. рис. 4.15). Инструментом при этом служат ролики

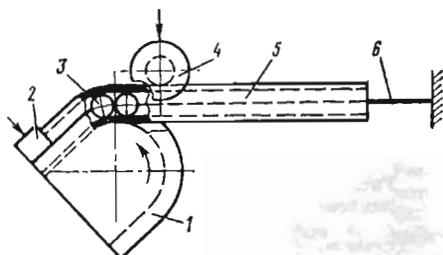


Рис. 4.39. Оснастка для гибки труб на станках с поворотным столом:

1 — гибочная оправка; 2 — прижим; 3 — внутренняя оправка; 4 — ролик; 5 — заготовка; 6 — штанга

Рис. 4.40. Оснастка для обжима труб с дифференцированным нагревом заготовки:

1 — вытягиватель; 2 — прокладка; 3 — а.бест; 4 — электронагревательная коробка; 5 — матрица; 6 — заготовка; 7 — охладитель

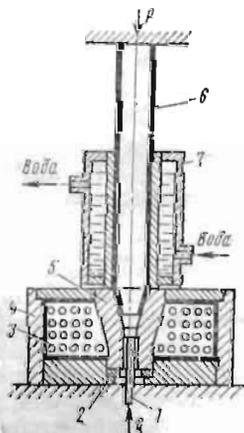
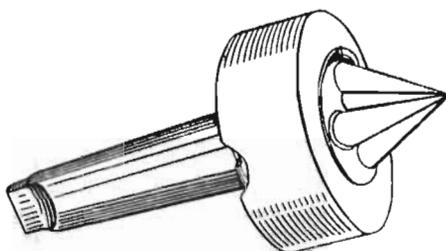


Рис. 4.41. Инструмент для развальцовки труб

(в том числе сборные), сечение которых соответствует поперечному сечению профилей (рис. 4.38). В этом случае кривизну определяет лишь взаимное положение роликов, линейно воздействующих на заготовку. Проталкиванием в систему из трех роликов с полукруглым сечением аналогично изгибают трубы.



При гибке профилей и труб на станках с поворотным столом основным инструментом является вращающаяся оправка, определяющая конфигурацию изогнутой детали.

При гибке тонкостенных труб, кроме профилирования сечений гибочной оправки и нажимного ролика, для сохранения формы сечения трубы ее стенки подкрепляются также внутренней оправкой (поз. 3, рис. 4.39). При других способах гибки тонкостенных труб для подкрепления стенок применяются различного рода заполнители полости трубы.

Операция обжима труб может осуществляться в штампах с конической матрицей. Более эффективен обжим в штампах с дифференцированным нагревом (рис. 4.40) [13]. По коническому пуансону производится раздача концов труб. Раструб у труб под ниппельные соединения получают вращающимся инструментом (рис. 4.41) на трубоформовочных станках.

Большинство операций объемной штамповки осуществляется в штампах, обеспечивающих перераспределение объема материала заготовки. В этих условиях инструмент (штамп) определяет конфигурацию деталей в большей степени, чем при листовой штамповке. В качестве примера разнообразных способов объемной холодной штамповки на рис. 4.42 показаны схемы штампов для прямого, об-

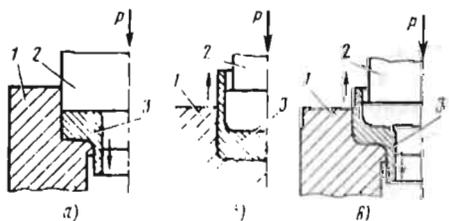
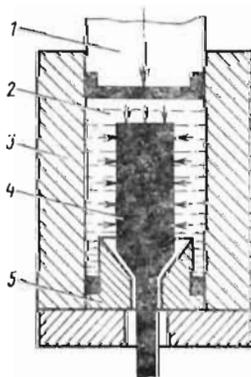


Рис. 4.42. Схемы штампов для ударного выдавливания:
а — прямого; *б* — обратного; *в* — комбинированного; 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — заготовка

Рис. 4.43. Схема штампа для холодного объемного гидростатического прессования:

1 — пуансон; 2 — жидкость; 4 — заготовка; 5 — матрица



ратного и комбинированного способов выдавливания тонкостенных деталей различной конфигурации из толстых заготовок.

При объемном гидростатическом прессовании (гидроэкструзии) (рис. 4.43) создается всестороннее высокое давление, позволяющее формировать в матрице детали из таких хрупких материалов, как сплавы молибдена, вольфрама, циркония, и различных карбидов и боридов.

Как элемент технологической системы инструмент непосредственно связан с исполнительным органом машины, который сообщает ему необходимые для выполнения операции движения.

ГЛАВА 5

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ

Исполнительные органы технологической машины предназначены для удержания и перемещения инструмента или заготовки; они непосредственно связаны с исполнительными механизмами машины. В процессе формоизменения заготовки активно или пассивно участвуют несколько исполнительных органов машины.

5.1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ

Исполнительные органы могут быть неподвижными, занимать то или иное фиксированное положение, а также совершать определенные перемещения. Подавляющее большинство подвижных исполнительных органов имеет плоское движение по прямым линиям или дугам окружности. Из пространственных движений более распространены перемещения по винтовой линии.

По характеру перемещений различают исполнительные органы непрерывного, прерывного и смешанного (следящего) движения. Исполнительные органы непрерывного движения в течение кинематического цикла не останавливаются: они имеют вращательное или прямолинейное движение или перемещаются по сложным траекториям, но всегда в одном направлении. Исполнительные органы прерывного движения имеют остановки, после которых направление их перемещения изменяется. Исполнительные органы смешанного (следящего) движения перемещаются по траекториям, задаваемым программноносителем.

Для вращения заготовки или инструмента в технологических машинах наиболее часто применяются шпиндели с зажимными патронами. Для возвратно-поступательного движения инструмента используются ползуны. Кроме того, исполнительными (рабочими) органами также служат неподвижные, поступательно движущиеся или поворотные столы, суппорты с инструментодержателями, каретки с прижимами, зажимами, захватами, планшайбы, фиксаторы, упоры, выталкиватели, съёмники и другие устройства.

5.2. ПОЛЗУНЫ

Ползун — исполнительный орган, совершающий возвратно-поступательное движение в прямолинейных или (реже) качательное движение в дуговых направляющих. Ползун является ведомым звеном кривошипно-шатунных, кривошипно-рычажных, кулачковых и некоторых других исполнительных механизмов.

У прессов с кривошипным исполнительным механизмом передача усилия ползуну от шатуна осуществляется через ось или шаровую головку. К ползуну пресса крепится верхняя (подвижная) часть штампа.

В обеспечении качественного направления движения ползуна большую роль играет соотношение длины его направляющих и расстояния между ними. Перекос торцевой плоскости ползуна (рис. 5.1)

$$h = \delta \frac{B}{L_n}, \quad (5.1)$$

где δ — суммарный зазор в направляющих; B — расстояние между направляющими (ширина ползуна); L_n — длина направляющих.

Таким образом, при существующем зазоре в направляющих увеличение отношения L_n/B уменьшает возможный перекося торцевой плоскости ползуна и, следовательно, подвижной части штампа. Из конструктивных условий отношение L_n/B принято у однокривошипных прессов 1,4 — 2,5; у двухкривошипных прессов — 0,4 — 0,5.

Точность направления ползуна зависит не только от относительной длины направляющих, но также от конструкции направляющих станины и возможности регулирования величины зазора. На рис. 5.2 показаны сечения ползунов и направляющих открытых однокривошипных прессов с устройствами регулировки зазора.

Проверочный расчет ползунов заключается в сравнении возникающих напряжений с допустимыми. Изгибающий момент в сечении II ползуна (рис. 5.3)

$$M = \frac{P_D B}{12}, \quad (5.2)$$

где P_D — сила, действующая на ползун; B — ширина ползуна.

Напряжение изгиба в вертикальном сечении II

$$\sigma_{II} = \frac{M}{W_{II}}, \quad (5.3)$$

где W_{II} — момент сопротивления сечения II

Напряжение сжатия в наиболее ослабленном горизонтальном сечении I ползуна

$$\sigma_I = \frac{P_D}{F_I}, \quad (5.4)$$

где F_I — площадь сечения I.

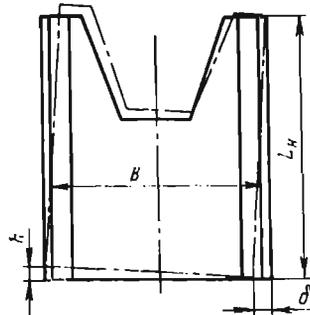


Рис. 5.1. Схема положения ползуна в направляющих

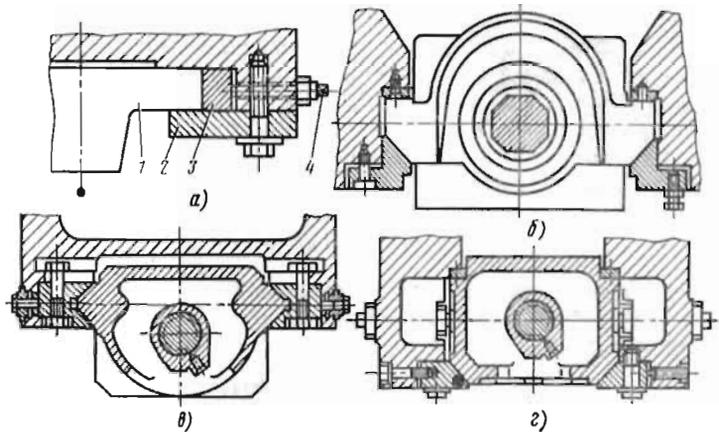


Рис. 5.2. Сечения ползунов и направляющих открытых однокривошипных прессов: а — плоские: 1 — ползун; 2 — наружная направляющая; 3 — регулировочный клин; 4 — установочный винт; б — трапециевидные: в — треугольные; г — корычатога сечения

Касательные напряжения

$$\tau = \frac{P_D S}{2I_{II} b}, \quad (5.5)$$

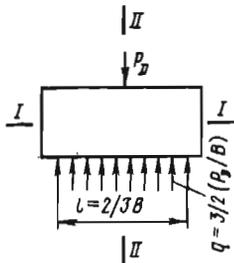
где S — статический момент; I_{II} — момент инерции; b — ширина сечения.

Допускаемые напряжения в сечениях ползунов для различных материалов приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Материал ползунов	Нормальное напряжение σ , МПа	Касательное напряжение τ , МПа
Чугун СЧ 24—44	24	20
Стальное литье 35Л	70	55
Прокат сталь Ст3	80	60

Для уменьшения удельных давлений и, следовательно, износа направляющих следует избегать внецентренных технологических нагрузок на ползун. Направляющие ползуна в крайнем нижнем положении должны иметь минимальный выход из направляющих станины. Центр тяжести ползуна должен быть расположен как можно ближе к его оси.



ГОСТ 15961—80 определяет предельные величины допустимых отклонений и методику проверки плоскостности нижней поверх-

Рис. 5.3. Расчетная схема ползуна однокривошипного пресса

ности ползуна, зазоров между направляющими ползуна и станины, параллельность нижней плоскости ползуна поверхности стола, перпендикулярность хода ползуна плоскости стола, параллельность отверстия в ползуне для крепления хвостовика штампа линии перемещения ползуна.

5.3. ШПИНДЕЛИ

Шпиндель — исполнительный орган, сообщающий вращательное движение заготовке или инструменту. Обычно шпиндель является звеном коробки скоростей. К шпинделям предъявляются высокие требования по точности вращения, существенно влияющей на точность обработки.

Конструкцию шпинделя характеризуют следующие факторы:

- а) геометрические размеры, расстояние между опорами;
- б) тип приводных деталей (шестерни, шкивы) и место их расположения на шпинделе;
- в) тип подшипников, являющихся опорами шпинделя;
- г) метод крепления патрона для зажима заготовки или инструмента.

Передние концы шпинделей, предназначенные для крепления зажимных патронов, стандартизованы. Чаще всего они имеют резьбу или фланец. При резьбовом креплении смена патрона происходит быстрее, но имеется опасность самоотвинчивания патрона; резьба сравнительно быстро выходит из строя, что влечет за собой ремонт или замену шпинделя. При более сложном — фланцевом конце шпинделя патрон крепится винтами на конусный буртик.

В зависимости от частоты вращения и величины передаваемого момента вращение шпинделя осуществляется с помощью зубчатой или ременной передачи. Зубчатая передача более проста, компактна и может передавать значительные крутящие моменты. Однако из-за неточностей шага зубьев при переменных технологических нагрузках не обеспечивается достаточная плавность вращения шпинделя, а динамические нагрузки на детали коробки скоростей возрастают. По этим причинам передача вращения шпинделю зубчатыми колесами применяется до частот вращения не более 1500 ... 2000 об/мин. Применение ременной передачи увеличивает габаритные размеры и усложняет конструкцию узла: для разгрузки шпинделя ведомый шкив приходится монтировать на самостоятельных опорах. Ременная передача вследствие своей податливости и мгновенного проскальзывания обеспечивает сглаживание возможных колебаний крутящего момента, что особенно важно для быстроходных шпинделей.

Неравномерность вращения шпинделя при динамических нагрузках увеличивается с уменьшением жесткости ременной передачи. Жесткость ременной передачи C определяется по формуле

$$C = \frac{REF}{L}, \quad (5.6)$$

де R — радиус ведущего шкива; F — площадь поперечного сечения

ремня; L — длина ведущей ветви ремня; E — модуль упругос материала ремня на растяжение.

Для привода шпинделя применяется как плоскоремennая, т; и клиноремennая передача. Их расчет проводят по общепринят методике.

Ременный привод применяется для получения частоты вращения шпинделя до 6000 об/мин при окружных скоростях до 60 ... 100 м/ При бóльших скоростях ременный привод уже не может обеспечить передачу требуемых нагрузок, так как под ремнем создается «воздушный мешок», и его работа становится неустойчивой. В этих случаях привод шпинделя может осуществляться пневматической турбиной

(до 100 тыс. об/мин) или непосредственно от вращающегося двигателя с короткозамкнутым ротором и частотой 200 ... 800 Гц (до 150 тыс. об/мин и выше).

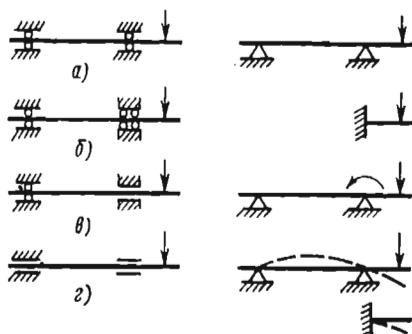


Рис. 5.4. Расчетные схемы шпинделей:

а — с подшипниками качения на концах; б — с двумя подшипниками качения на переднем конце и одним — на заднем; в — с подшипником скольжения на переднем конце и подшипником качения — на заднем; г — с подшипниками скольжения на концах

Основным видом расчета шпинделя является расчет на жесткость. Кроме геометрических размеров шпинделя на его жесткость также влияют расположение и тип опорных подшипников. При расчете шпиндель рассматривают как балку на двух опорах, характер которых зависит от типа подшипника. На рис. 5.4 приведены расчетные схемы шпинделей. Расчет подшипников производится методами известными из курса «Детали машин».

Высокоскоростные шпиндели рассчитываются также на виброустойчивость по принятой методике [15, 22].

5.4. СТОЛЫ

Столы технологических машин предназначены для установки, опоры и закрепления заготовок или инструмента. Они могут быть неподвижными, являясь составной частью станины, перемещающимися прямолинейно по одной, двум или трем осям координат, и поворотными.

В простейшем случае подвижный стол представляет собой плоскую или оребренную для жесткости плиту, которая может перемещаться в направляющих станины по одной оси координат. Для получения нескольких движений узел стола составляется из разных деталей, перемещающихся друг относительно друга, включая поворот в горизонтальной, а иногда и вертикальной (наклон) плоскостях. Поворотные (в том числе револьверные) столы предназначены для

периодического поворота заготовок; в том случае, когда такие столы совершают непрерывное вращение, их называют планшайбами.

Рабочая плоскость стола может иметь пазы для установки и закрепления с помощью болтов (иногда с прихватами) заготовки или инструмента. В некоторых случаях для крепления применяются вакуумные или магнитные столы.

Привод прямолинейного перемещения столов обычно осуществляется с помощью ходовых винтов и разъемных гаек. Вращение планшайбе передается через зубчатый венец; для увеличения редукции и повышения точности применяется червячная передача. Для частичного поворота столов используются механизмы периодического движения.

Упрощенно расчет столов на жесткость при действии рабочих нагрузок ведут без учета ребер по обычным формулам; наличие ребер дает запас жесткости. На допустимые значения деформации стола назначаются нормы, исходя из требований плоскостности рабочей поверхности, на которую устанавливается заготовка или инструмент, а для подвижных столов — также из условия нормальной работы направляющих. Деформации планшайб можно определять по формулам, применяемым для круглых пластин, заменив в них цилиндрическую жесткость ее приведенным значением.

5.5. СУППОРТЫ

Суппорты, являющиеся исполнительными органами некоторых типов станков, предназначены для крепления и перемещения инструмента. Они обычно состоят из инструментодержателя (иногда с поворотным устройством) и промежуточных деталей типа салазок, обеспечивающих заданные направления движения инструмента.

Суппорты различают по виду обработки, расположению на станке, типу инструментодержателя, а также по характеру и направлению движений. Опорная часть суппорта, перемещающаяся по направляющим станины или стола станка, обычно называется кареткой.

Часто привод суппорта осуществляется от механизмов коробки подач; переключение на ручную или автоматическую подачу производится с помощью ручек, расположенных в фартуке станка, который прикреплен к каретке суппорта. В тех случаях (например, при ротационной обработке давлением), когда инструменту необходимо передавать большие усилия, поперечная и продольная подачи осуществляются с помощью гидроцилиндров. Имеются также модели станков с приводом подач от бустерных устройств с ручным управлением.

Основной характеристикой качества суппорта является его жесткость. На общую жесткость суппорта основное влияние оказывает жесткость его деталей, а жесткость стыков. Поэтому для повышения жесткости суппорта следует прежде всего стремиться к упрощению его конструкции и уменьшению числа стыков, а затем уже zvyšывать жесткость входящих в узел деталей. Естественно, повы-

шенной жесткостью должны обладать суппорты, испытывающие большие нагрузки.

Методика расчетов суппортов различных конструкций изложена в соответствующей литературе [15]. Нормативные величины жесткостей для суппортов типовых конструкций станков стандартизованы

5.6. ЗАЖИМНЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ

Для непосредственного закрепления заготовок в процессе обработки применяются самые разнообразные зажимные устройства. Все зажимные устройства могут быть разделены на два класса: неподвижные (пассивные), лишь удерживающие заготовку в процес-

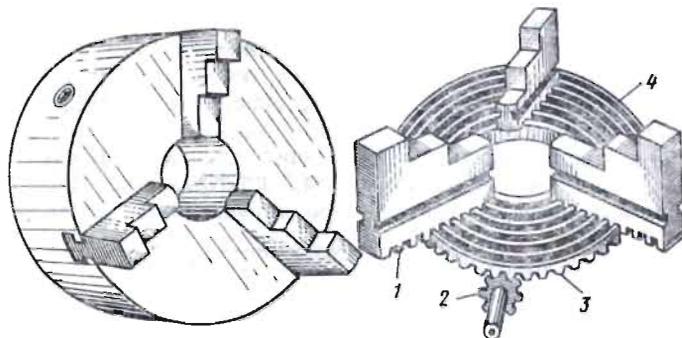


Рис. 5.5. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон:

1 — кулачок; 2 — коническая шестерня; 3 — зубчатое колесо; 4 — спиральная канавка

обработки, и подвижные (активные), сами воздействующие на заготовку в процессе формоизменения.

Здесь рассматриваются некоторые, наиболее распространенные зажимные устройства. Более подробные сведения о конкретных зажимных органах приводятся при описании типовых представителей оборудования.

Для установки и закрепления на шпинделе станков заготовок (реже — инструмента) применяются зажимные патроны. По устройству и принципу действия различают механические, пневматические, электромагнитные, гидропластовые и другие патроны. Наиболее распространен механический самоцентрирующий трехкулачковый зажимной патрон, предназначенный для закрепления и центрирования по оси шпинделя станка заготовок, по форме близких к телам вращения.

Крепление в самоцентрирующем зажимном патроне осуществляется кулачками, одновременно перемещаемыми в радиальном направлении при вращении диска со спиральной канавкой (рис. 5.5). Четырехкулачковый зажимной патрон служит для зажима заготовок сложной формы; его кулачки имеют независимое друг от друга радиальное перемещение.

Для закрепления цилиндрических заготовок малого диаметра в шпинделях станков применяются быстродействующие цанговые патроны с пружинящей зажимной втулкой (цангой) (рис. 5.6). Со стороны головки цанга имеет осевые прорезы, разделяющие лепестки — зажимные кулачки. Зажим заготовки происходит под действием осевого усилия, приложенного к наружной или внутренней (при зажиме предмета за его внутреннюю поверхность) конической части цанги.

Пневматические и гидропластовые зажимные патроны позволяют быстро зажимать заготовку и освобождать обработанную деталь. Электромагнитные зажимные патроны применяются главным образом для крепления тонкостенных заготовок, которые могли бы деформироваться при зажиме в патроне других типов.

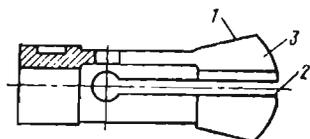


Рис. 5.6. Цанга:

1 — коническая часть; 2 — прорез; 3 — лепесток

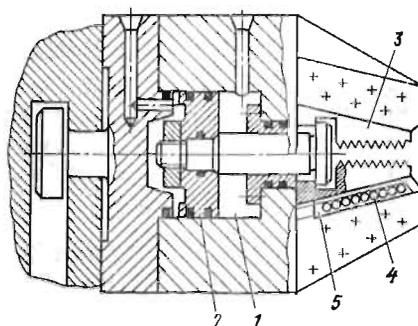


Рис. 5.7. Клиновой зажим:

1 — передняя полость цилиндра; 2 — поршень; 3 — губка; 4 — ролик; 5 — направляющая

Для зажима и удержания листовых заготовок и профилей открытого сечения при растягивающих усилиях применяются клиновые зажимные устройства. Наиболее распространены клиновые зажимные устройства, в которых вначале осуществляется предварительный зажим материала и сцепление с ним рабочих поверхностей убок с помощью гидроцилиндра (или пневмоцилиндра), а с приложением затем к заготовке растягивающего усилия происходит самозажим (рис. 5.7). Предварительное закусывание клиновыми губками может производиться также путем перемещения их по аклонным направляющим с помощью винтов или каким-либо другим способом. Для более надежного сцепления с материалом заготовки на рабочих поверхностях губок делается насечка (за исключением случаев зажима заготовок из материалов, чувствительных к концентраторам напряжений), а для уменьшения трения в направляющих губок устанавливаются игольчатые подшипники.

Тип и конструкция зажимных рабочих органов определяются конфигурацией заготовки, требуемой точностью фиксации, оптимальной скоростью срабатывания, отсутствием повреждения поверхности и искажения формы заготовки и другими факторами.

Кроме механических зажимных рабочих органов применяются

магнитные, пневматические и гидравлические зажимы мембранной и оболочкового типа, вакуумные присосы и др.

Для привода в действие зажимных органов, кроме ручного применяются электромеханические, гидравлические и пневматические устройства.

Методика расчета зажимных рабочих органов сводится к определению усилия удержания заготовок под действием технологически нагрузок. Содержание расчетов определяется конструкцией зажимных органов и приводится в соответствующей литературе [7, 15]

ГЛАВА 6

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Исполнительные механизмы в технологических машинах соединяют исполнительные органы с двигателями. Принципиальное устройство исполнительных механизмов определяется в основном требуемым характером относительных движений заготовки и инструмента (рабочего органа).

6.1. ВИДЫ ДВИЖЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИНАХ И МЕТОДЫ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Стремление к получению изделий разной формы простейшим и кратчайшим путем приводит к тому, что кинематические схемы металлообработки осуществляются минимальным количеством элементарных движений с наименьшим числом ступеней передач и преобразований от двигателя (источника энергии) к исполнительному органу. С этой же целью следует выбирать соответствующий вид полуфабриката, оптимальный метод обработки, разбивать технологический процесс на простые операции и переходы, применять соответствующий инструмент.

Большинство методов штамповки на прессах основано на одном виде движения — **п р я м о л и н е й н о м**; **в р а щ а т е л ь н о е** движение используется при гибке-прокатке; сочетание вращательного и поступательного движений применяется при ротационных методах обработки, и т. д. В целом сочетание нескольких простейших движений исполнительных органов машины при использовании соответствующего инструмента обеспечивает получение деталей самой разнообразной конфигурации.

Движения исполнительных органов технологических машин в зависимости от выполняемой при обработке функции подразделяются на **г л а в н ы е** (например, вращение шпинделя у фрезерных, токарно-давилных и других станков) и движения **п о д а ч и** (движения суппортов и столов у многих станков). Кроме этих движений иногда совершаются и **в с п о м о г а т е л ь н ы е**, но необходимые для обработки движения (внешнего ползуна у прессов двойного действия, губок у обтяжных прессов и т. п.).

Характер и направление движений инструмента и заготовки оказывают непосредственное влияние на компоновку всей машины, так как они определяют движение исполнительных органов и, следовательно, устройство исполнительных механизмов.

Принципиальное влияние на конструкцию технологической машины оказывают способы осуществления движений. Наиболее распространенными способами приведения в движение исполнительных органов технологических машин, применяемых в заготовительно-штамповочном производстве, являются следующие:

механический, наиболее распространенный в технологических машинах; при этом используют почти все известные механизмы: зубчатые, винтовые, кривошипные, кулачковые, кулисные и др.; гидравлический, позволяющий передавать большие усилия и плавно изменять скорость; для нагнетания жидкости требуется специальная насосная установка;

пневматический с использованием сжатого воздуха от заводской компрессорной станции;

пневмогидравлический, основанный на мультипликации низкого давления сжатого воздуха заводской сети в безопасное высокое давление жидкости исполнительных механизмов.

Кардинально упрощенную конструктивную схему имеют диафрагменные гидравлические прессы прямого действия, а также установки для взрывной, электрогидравлической и магнитонпульсной штамповки. Эти установки не имеют подвижных механических частей, непосредственно связанных с формоизменением заготовок, и, строго говоря, не являются машинами в общепринятом смысле этого слова.

Электрофизические и электрохимические способы разделения материала отличаются от всех других способов отсутствием реактивных сил со стороны обрабатываемой заготовки.

У многих технологических машин для приведения в движение отдельных исполнительных органов применяются разные способы.

Для управления работой технологических машин применяются разнообразные устройства: механические — в виде упоров и кулачков, управляющих муфтами и другими механизмами; электрические и электронные — для электродвигателей, электромагнитных муфт, соленоидов и электромагнитов, совершающих соответствующие переключения; гидравлические — золотниковое управление, для регулируемых насосов и гидромоторов, гидромуфт и других гидравлических устройств; пневматические — для пневмоцилиндров исполнительных механизмов; фотоэлектрические — для фотокопирования по чертежу и ряд других.

8.2. ВИДЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Исполнительные органы редко соединяются непосредственно двигателем. Обычно между двигателем и исполнительным органом расположена система устройств, основной функцией которых яв-

ляется трансформация движения ведомого звена двигателя в требуемое движение исполнительного органа. Эту роль выполняют исполнительные механизмы.

Исполнительные механизмы современных технологических машин, применяемых в заготовительно-штамповочном производстве очень разнообразны по схемам, назначению, структуре, кинематическим и динамическим характеристикам.

Различают исполнительные механизмы перемещения и исполнительные механизмы положения. В валковых гибочных машинах например, вращение валков осуществляется механизмом перемещения, а устройство, обеспечивающее изменение относительного положения валков (при работе не в следящем режиме), является механизмом положения.

Исполнительные механизмы перемещения могут быть непрерывной и прерывной работы. К механизмам непрерывной работы относятся, например, механизмы вращения приводных роликов профилирующих станков; кривошипный механизм прессы может служить примером механизма прерывной работы. Исполнительные механизмы положения могут а) обеспечивать только заданные положения исполнительных органов (например, привод упоров, направляющих) и б) осуществлять дополнительно заданные давления исполнительных (рабочих) органов на обрабатываемую заготовку (например, сжимные устройства прессов простой обтяжки).

Исполнительные механизмы могут приводиться в действие управляемыми или неуправляемыми двигателями. В первом случае движение исполнительного органа по заданному закону обеспечивает система управления двигателем; при неуправляемом двигателе движение исполнительным органом управляется специальным устройством, входящим в состав исполнительного механизма. В первом случае цепь управления отделена от силовой цепи, во втором — обе цепи конструктивно объединены.

Отношение скорости выходного звена двигателя (ведущее звено исполнительного механизма) к скорости исполнительного органа (ведомое звено) определяет передаточное отношение механизма. Если ведущее и ведомое звенья исполнительного механизма имеют одинаковый характер движения (оба движутся поступательно или оба вращаются), передаточное отношение исполнительного механизма безразмерно, и его называют передаточным числом; если характер движения разный, передаточное отношение имеет размерность длины. Соответственно механизмы первого вида называют передаточными механизмами (ПМ), механизмы второго вида — преобразующими (ПрМ).

Выражения для передаточных чисел и передаточных отношений имеют следующий вид:

$$i_1 = \frac{\omega_{дв}}{\omega_{и.о}} \quad \text{или} \quad i_2 = \frac{v_{дв}}{v_{и.о}}; \quad (6.1)$$

$$b_1 = \frac{\omega_{дв}}{v_{и.о}} [l^{-1}] \quad \text{или} \quad b_2 = \frac{v_{дв}}{\omega_{и.о}} [l],$$

где $\omega_{дв}$ и $\omega_{и.о}$ — угловые скорости двигателя и исполнительного органа; $v_{дв}$ и $v_{и.о}$ — линейные скорости выходного звена двигателя и исполнительного органа.

В общем случае как передающие, так и преобразующие механизмы могут иметь постоянные (const) и переменные (varia) передаточные отношения. Примерами передающих механизмов с постоянным передаточным отношением (ПМ)_c являются: зубчатые, цепные, ременные передачи; с переменными передаточными отношениями (ПМ)_v — некруглые зубчатые колеса. Примерами преобразующих механизмов с постоянным передаточным отношением (ПрМ)_c могут служить винтовые и реечные передачи; с переменным передаточным отношением (ПрМ)_v — кривошипные механизмы.

6.3. ПЕРЕДАЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ

Передающие механизмы служат для передачи движения от двигателя (источника энергии) к исполнительному органу, при их помощи осуществляют понижение (реже — повышение) скорости, ступенчатое или бесступенчатое регулирование скоростей, изменение направления движения, приведение в движение нескольких исполнительных органов от одного двигателя или источника энергии.

Основными характеристиками передающих механизмов и устройств являются: передаваемый момент, усилие или мощность,ловая или линейная скорости, передаточное число или коэффициент мультипликации, коэффициент полезного действия и др.

Различают следующие типы передач: механические, гидравлические, пневматические и электрические. Иногда в одной машине для привода различных исполнительных органов применяются передачи разных типов, а также их комбинации с преобразующими механизмами и устройствами.

Более универсальны и часто применяются в различных технологических машинах механические передачи, поэтому они должны быть рассмотрены отдельно. Другие виды передач и их элементы разбираются в соответствующих разделах.

Механические передачи характеризуются наличием твердых поверхностей. Они компактны, удобны для компоновки технологических машин, обладают высокой надежностью. При надлежащем качестве изготовления большинство механических передач имеет относительно высокий коэффициент полезного действия.

В технологических машинах широко применяются механические передачи, основанные на использовании зацепления, — зубчатые и червячные, и передачи трения — ременные и фрикционные. Они обычно используются в редукторах, коробках скоростей и вариаторах и передают соответственно с постоянными, ступенчато и плавно изменяемыми передаточными числами.

Экономическая целесообразность использования в технологических машинах быстроходных асинхронных электродвигателей связана с их меньшими габаритными размерами, массой и стоимостью) определяет преимущественное распространение передач,

понижающих частоту вращения вала двигателя до технологических рациональных частот вращения исполнительных органов.

Механические передачи включают также необходимые для нормального функционирования муфты, подшипники, направляющие и другие узлы.

Зубчатые передачи

Зубчатая передача представляет собой механизм, состоящий из сцепленных между собой колес с зубьями, которые передают вращательное движение в исполнительном механизме обычно с понижением угловых скоростей и увеличением крутящих моментов.

Для передачи вращения между параллельными валами применяются цилиндрические передачи, между пересекающимися валами — конические, между перекрещивающимися валами — зубчато-винтовые (червячные, гипонидные и винтовые).

Как правило, в технологических машинах применяют зубчатые передачи с постоянным передаточным числом $i = \omega_1/\omega_2 = z_2/z_1 = \text{const}$, где ω_1 ; z_1 и ω_2 ; z_2 — угловая скорость и число зубьев соответственно быстровращающегося и тихоходного зубчатых колес. Зубчатые передачи с переменным передаточным числом в виде некруглых зубчатых колес, которые ведомому элементу сообщают определенную плавно изменяющуюся скорость при постоянной скорости ведущего, в технологических машинах применяются редко.

Зубчато-реечная пара, являющаяся преобразующим механизмом, характеризуется передаточным отношением $b = \frac{\omega_k}{v_p} [t^{-1}]$, где ω_k и v_p — соответственно угловая скорость зубчатого колеса и поступательная скорость зубчатой рейки [1].

Зубчатые передачи являются наиболее распространенным видом механических передач. С их помощью можно передавать мощности до десятков тысяч киловатт и усилия до 10 МН (1000 тс). К основным достоинствам зубчатых передач следует отнести: значительно меньшие габаритные размеры по сравнению с другими передачами, относительно высокий КПД, более высокие долговечность и надежность, отсутствие проскальзывания, малые изгибные нагрузки на валы. Недостатками зубчатых передач являются шум при работе и необходимая точность изготовления.

В технологических машинах зубчатые передачи для понижения угловых скоростей и повышения крутящих моментов используют в редукторах, представляющих собой самостоятельные корпуса, в которых монтируются одно-, двух- и трехступенчатые передачи с постоянными передаточными числами соответственно в пределах 1,6 — 6,3; 8 — 40; 45 — 200. Наиболее распространены двухступенчатые редукторы (около 95 %).

Для ступенчатого изменения передаточного числа, т. е. частоты вращения или величины подачи путем переключения зацепления зубчатых пар, применяются коробки передач, соответственно называемые коробками скоростей и коробками подач.

Передаточные числа i коробки передач обычно соответствуют геометрическому ряду (i_1 ; $i_2 = \phi i_1$; $i_3 = \phi^2 i_1$; ...; $i_n = \phi^{n-1} i_1$), что обеспечивает одинаковое относительное увеличение i при переключении с любой скорости на следующую. Значения i в СССР стандартизованы: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 2. Иногда применяют ступенчатый геометрический ряд с разными i на определенных участках регулирования или арифметический ряд (например, в коробках подач).

Отличительная особенность коробки подач по сравнению с коробкой скоростей состоит в точном согласовании подачи одного из исполнительных органов при формировании детали с перемещениями других исполнительных органов, например, определенной подачи инструмента вдоль оси вращения заготовки за один оборот.

При конструировании технологических машин размерами зубчатых передач обычно задаются по аналогии с существующими машинами, а затем проводят проверочный расчет сопротивления усталости на изгиб и нормальные контактные напряжения, исходя в каждом конкретном случае из действующих нагрузок.

В технологических машинах нашли также применение дифференциальные механизмы — устройства, позволяющие получать результирующие движения как

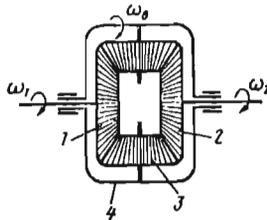
сумму или разность составляющих движений. Наибольшее распространение получил дифференциальный механизм с коническими зубчатыми колесами (обычно называемый просто дифференциалом) (рис. 6.1).

Зависимость между действительными скоростями звеньев дифференциального механизма выражается формулой $\omega_1 + \omega_2 = 2\omega_B$ или $n_1 + n_2 = 2n_B$, где ω_1 ; ω_2 ; ω_B и n_1 ; n_2 ; n_B — угловые скорости и частоты вращения соответственно центральных колес и водила.

В станках дифференциальный механизм применяются с целью упрощения настройки и уменьшения числа необходимых для этого сменных зубчатых колес.

Рис. 6.1. Конический дифференциал:

1, 2 — центральные колеса; 3 — сателлит; 4 — водило; ω_1 , ω_2 , ω_B — угловые скорости центральных колес и водила



Зубчатые колеса обычно изготавливаются из легированных сталей с термической или химико-термической обработкой — поверхностной закалкой (преимущественно токами высокой частоты), объемной закалкой, цементацией, нитроцементацией, азотированием, цианированием. Для уменьшения уровня шума и при малых нагрузках одно из зубчатых колес делают из пластмассы (текстолита, капролона, древеснослоистых пластиков, полиформальдегида), а сопряженное — из стали.

Цепные передачи

Цепная передача представляет собой механизм, в котором вращательное движение осуществляется с помощью цепи, охватывающей звездочки (цепные зубчатые колеса), насаженные на параллельно расположенные валы, отстоящие друг от друга на значительное расстояние (до нескольких метров).

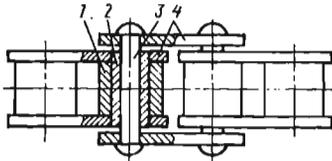


Рис. 6.2. Пластинчатая втулочно-роликковая цепь:

1 — ролик; 2 — втулка; 3 — ось; 4 — пластины

Цепные передачи универсальны, просты и экономичны. По сравнению с зубчатыми передачами они менее чувствительны к неточности расположения валов, ударным нагрузкам, обеспечивают более простую компоновку. В сравнении с ременными передачами они имеют следующие достоинства: отсутствие проскальзывания и потеря мощности среднего передаточного отношения; отсутствие предварительного натяжения и связанных с ним дополнительных нагрузок на валы и подшипники; передача сравнительно большой мощности как при высоких, так и при низких скоростях; хранение удовлетворительной работоспособности при высоких и низких температурах; приспособление к любым изменениям конструкции исполнительного механизма путем удаления или добавления звеньев цепи.

К недостаткам цепных передач следует отнести: неравномерность хода, возросшую по мере уменьшения числа зубьев звездочек и увеличения шага звеньев; повышенный уровень шума и износ цепи при неправильном выборе конструкции, брешном монтаже и плохом уходе; необходимость в смазке и устранении провисания холостой ветви по мере износа цепи.

Преимущественное распространение в исполнительных механизмах технологических машин имеют открытые цепные передачи, работающие с периодической ручьятой смазкой, с однорядными втулочно-роликковыми цепями (рис. 6.2).

Основные параметры цепной передачи выбираются согласно ГОСТ 13568—. Критериями работоспособности цепи, подлежащими проверке, являются износостойкость и выносливость элементов звена цепи. Зубья звездочек проверяются допустимыми контактными напряжениями.

Ременные передачи

В ременных передачах вращательное движение передается с помощью ремня охватывающего закрепленные на валах шкивы (рис. 6.3). Ремень, являясь прочной гибкой связью, передает крутящий момент с ведущего шкива на ведомый за счет сил трения, возникающих между натянутым ремнем и шкивами.

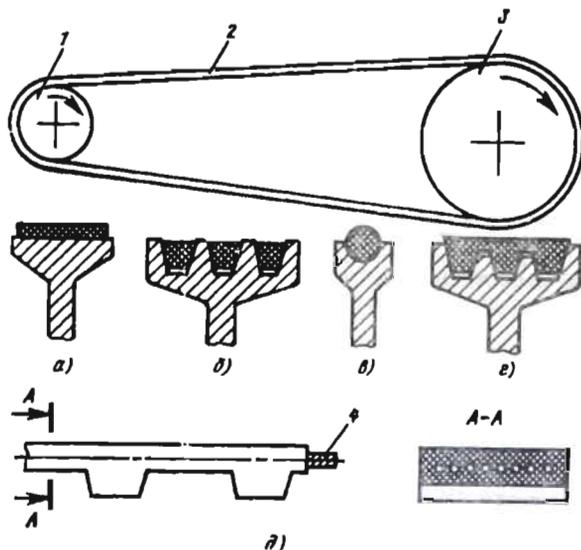


Рис. 6.3. Схема и сечения ременных передач:

a — плоскоременная; *b* — клиноременная; *v* — круглоременная; *e* — поликлиновая; *d* — зубчатый ремень; 1, 3 — ведущий и ведомый шкивы; 2 — ремень; 4 — трос

Ременные передачи применяются, в частности, в приводе механических прессов для передачи вращения от вала двигателя к главному валу, когда по условиям компоновки они располагаются на значительном расстоянии друг от друга, а маховик пресса используется в качестве ведомого шкива.

По типу ремней различают плоскоременные (рис. 6.3, *a*), клиноременные (рис. 6.3, *b*) и круглоременные (рис. 6.3, *v*) передачи. Плоские и круглые ремни используются, как правило, по одному в передаче, а клиновые — по несколько штук (обычно не более 6—8). Все большее применение в технологических машинах получают передачи с поликлиновыми ремнями, имеющими клиновые выступы на внутренней стороне (рис. 6.3, *e*).

Плоскоременные передачи просты и удобны, позволяют применять обычные шкивы с гладкой поверхностью, способны работать при высоких скоростях (40—50 м/с и выше). Однако такие передачи имеют невысокое тяговое усилие, значительные габаритные размеры и сравнительно малое передаточное число (обычно до 5). Клиноременные передачи, обеспечивая повышенное сцепление ремней со шкивами, позволяют сократить межосевое расстояние, уменьшить размеры передачи и повысить передаточное число (до 10...15). Круглоременные передачи используются редко, главным образом в приводах малой мощности.

В целом достоинства ременных передач являются: конструктивная простота, относительно малая стоимость, способность передавать мощность на значительные расстояния (до 15 м и более), плавность и бесшумность работы, предохранение механизмов от перегрузки за счет упругих свойств ремня и его способности пробуксовывать по шкивам.

К недостаткам ременных передач следует отнести: относительно короткий срок службы ремней, относительно большие размеры, высокую нагрузку на валы и подшипники, непостоянство передаточного числа из-за неизбежно проскальзывающего ремня.

Ременные передачи применяются обычно для передачи мощности до 30 ... 50 кВт. Наибольшее распространение получили тканевые прорезиненные ремни и капроновые ремни с пленочным покрытием. Нормальные клиновые ремни выбирают по ГОСТу.

Критериями работоспособности ременных передач являются надежность сцепления ремня со шкивами (тяговая способность) и долговечность, определяемая в основном сопротивлением усталости ремня [24].

На рис. 6.3, *д* показано устройство зубчатого ремня.

Бесступенчатые передачи

Бесступенчатые передачи применяются для плавного изменения передаточного числа, т. е. отношения частоты вращения ведущего звена к частоте вращения ведомого. Бесступенчатое регулирование скорости по сравнению со ступенчатым повышает производительность машин, облегчает автоматизацию и дает возможность управления на ходу. Обычно бесступенчатая передача входит в состав вариатора, который состоит из одной или нескольких бесступенчатых передач и устройств, обеспечивающих их функционирование.

Различают механические, гидравлические и электрические бесступенчатые передающие устройства. Гидравлические и электрические регуляторы скоростей рассматриваются в соответствующих разделах.

В зависимости от вида передающих звеньев механические бесступенчатые передачи бывают с гибким (ременные и цепиные) и с жестким звеньями. По характеру работы те и другие делятся на фрикционные (трения) и зацепления, непрерывного действия и импульсные.

Фрикционные бесступенчатые передачи с гибким звеном и раздвижными коническими шкивами (рис. 6.4) обеспечивают малое изменение передаточного числа при изменении нагрузки, отличаются высокой надежностью, но имеют большие габаритные размеры.

Передаточное число у этих передач может изменяться: а) принудительным согласованием сближением одной пары конусов и раздвижением другой при помощи механизма управления (рис. 6.4, *а*); б) осевым перемещением одной пары конусов принудительно, а другой под действием пружин (рис. 6.4, *б*); изменением межосевого расстояния (*А*) при одном подпружиненном и другом закрепленном шкиве (рис. 6.4, *в*).

Бесступенчатые передачи зацепления с гибким звеном (рис. 6.5) отличаются высокими эксплуатационными качествами, но сложны в изготовлении. Они состоят из раздвижных зубчатых конусов 3 и пластинчатой цепи 1, в поперечные окна звеньев которой вставлены пакеты тонких пластин 2. Против выступов одного конуса расположены впадины другого так, что при перемещении в осевом направлении пакеты пластины принимают форму зубьев, осуществляя зацепление.

Фрикционные бесступенчатые передачи с жестким звеном компактны и имеют жесткую механическую характеристику, но требуют значительных усилий для создания необходимого трения между рабочими телами, чтобы избежать проскальзывания.

Схема работы простейшей бесступенчатой передачи с жестким звеном — лобового вариатора представлена на рис. 6.6. Окружное усилие от ролика 1 к диску 2, передаваемое за счет сил трения, равно

$$P_0 = \mu N, \quad (6.2)$$

где N — прижимное усилие; μ — коэффициент трения.

Надежная передача окружного усилия может быть обеспечена увеличением прижимной силы N и коэффициента трения μ . Максимальное значение силы ограничивается величиной допустимых контактных напряжений для данных материалов и условий работы. Для увеличения коэффициента трения применяют так

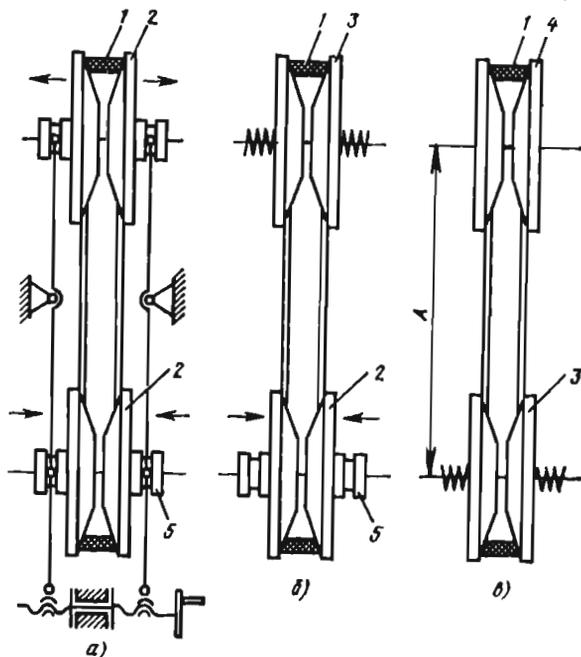


Рис. 6.4. Фрикционная бесступенчатая передача с гибким звеном и раздвижными шкивами:

1 — гибкое звено; 2 — управляемый шкив; 3 — пружиненный шкив; 4 — постоянный шкив; 5 — цапфы

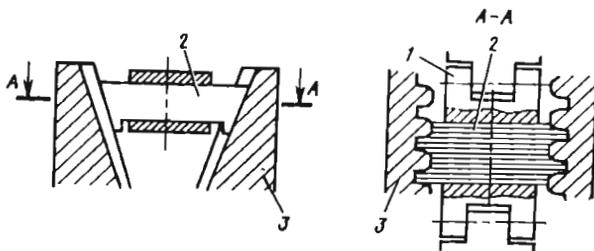


Рис. 6.5. Бесступенчатая передача зацепления с гибким звеном:

1 — пластинчатая цепь; 2 — пластина; 3 — зубчатый конус

фрикционные материалы, как текстолит или феродо. В то же время применение закаленных стальных контактирующих элементов сокращает габаритные размеры передачи вследствие возможности применения высоких усилий прижима N .

Регулирование передаточного числа производят путем перемещения ролика вдоль оси и изменения радиуса качения R . Совпадение окружных скоростей V_0 ролика и диска происходит не обязательно в середине ролика шириной b . Величина

радиуса качения k , а следовательно, и передаточного числа $i = r/R$ зависит также от величины передаваемого крутящего момента.

По длине линии контакта b ролика и диска происходит относительное проскальзывание из-за разного характера эпюр скоростей для сопряженных тел: для диска эпюра окружных скоростей имеет форму треугольника (см. рис. 6.6), а для ролика — прямоугольника. Поэтому, если в точке скорости совпадают, то у краев ролика они различны, что и вызывает проскальзывание (рис. 6.6), уменьшение КПД передачи, увеличивающее износ контактирующих деталей, колебание передаточного числа.

У рассмотренной передачи с целью упрощения конструкции не предусмотрена регулировка силы прижима в зависимости от величины передаваемой нагрузки, что приводит к излишнему износу контактирующих поверхностей.

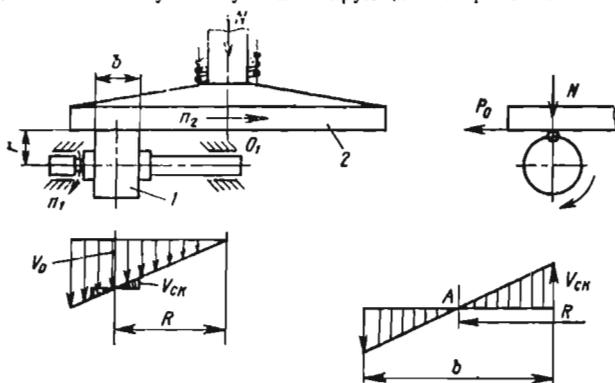


Рис. 6.6. Схема работы лобового вариатора:

— ролик; 2 — диск

Для лобовых вариаторов данного типа диапазон регулирования определяется крайними значениями рабочего радиуса диска:

$$D = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{R_{\max}}{R_{\min}} \quad (6.3)$$

и на практике не превышает обычно 4.

Основным параметром, характеризующим фрикционные вариаторы, являются контактные напряжения на фрикционных поверхностях, так как от их величины в первую очередь зависит долговечность передачи.

Необходимое окружное усилие P_0 определяется по требуемой величине крутящего момента. Нормальная сила прижатия

$$N = k \frac{P_0}{\mu}, \quad (6.4)$$

где $k = 1,25 \dots 1,5$ — коэффициент запаса; для стальных и чугунных поверхностей при работе со смазкой принимается $\mu = 0,04 \dots 0,05$, без смазки $\mu = 0,12 \dots 0,15$; для текстолита $\mu = 0,20 \dots 0,25$.

Формула (6.4) соответствует только моменту начала движения при трении скольжения, а в процессе работы передач и действуют уже силы трения качения. Контактные напряжения определяют по формулам Герца для начального касания в точке или по линии, а допускаемые напряжения выбирают по общей методике.

Карданные передачи

Карданная передача представляет собой механизм, обеспечивающий вращение двух валов, расположенных не соосно по отношению друг к другу благодаря их шарнирному соединению. Простым карданным механизмом является шарнир Гука

(рис. 6.7). Оси вращения *I*, *II*, *III*, *IV* пересекаются под углом α в неподвижной точке *O* центра сферы с радиусом $OB = OB' = OC = OC'$, поэтому при любом значении угла в пределах $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ шарниры *B*, *B'* и *C*, *C'* попарно описывают окружность того же радиуса в плоскостях, перпендикулярных осям *I* и *II*. При этих условиях возможна передача вращения с меняющимся углом α .

Недостатком простого карданного механизма является неравномерность частоты вращения ведомого вала при постоянной частоте ведущего; при этом изменение скорости ведомого вала тем больше, чем больше угол α . При $\alpha > 90^\circ$ передача вращения с помощью простого карданного механизма становится невозможной.

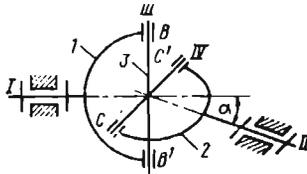


Рис. 6.7. Схема простого карданного механизма:

1, *2* — вилки; *3* — крестовина; *B*, *B'* и *C*, *C'* — шарниры; *I*, *II*, *III*, *IV* — оси вращения

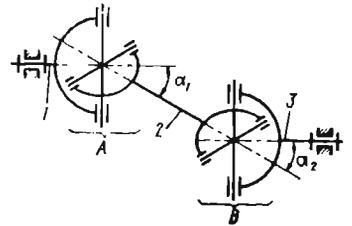


Рис. 6.8. Схема двойного карданного механизма:

1 — ведущий вал; *2* — промежуточный вал; *3* — ведомый вал; *A*, *B* — универсальные шарниры

Для обеспечения равномерности вращения ведомого вала применяют двойной карданный механизм (рис. 6.8), в котором углы α_1 и α_2 равны, а вилки на валу *2* расположены в одной плоскости. Если в процессе работы требуется изменение относительного расположения валов *1* и *3*, один из них должен иметь с сопрягаемой деталью шлицевое соединение.

Двойной карданный механизм широко применяется в технологических машинах, когда, например, от стационарного двигателя требуется передать вращение перемещающемуся валу (валковые, роликовые станки и т. п.).

При небольших углах наклона валов (3 – 5°) применяют упругий карданный механизм (с шарнирным пальцем), гибкие элементы которого выполняют из прочного эластичного материала.

Для аналогичных целей, но при сравнительно малых крутящих моментах применяются гибкие, например проволочные, валы, имеющие в сечении проволочный сердечник с многослойной проволочной навивкой в разных направлениях. Такие валы легко изгибаются в любом направлении и в то же время обладают большой жесткостью на кручение. Гибкие валы стандартизованы и широко используются, например, в приводах ручного инструмента от стационарного двигателя, а также для дистанционного управления и контроля.

Муфты

Муфты, применяемые в приводах машин, передают вращательное движение с одного вала на другой, обычно соосно расположенный с первым, или с вала на свободно сидящую на нем деталь (шкив, зубчатое колесо и т. п.) без изменения крутящего момента. При этом различные муфты приводов выполняют следующие функции:

- компенсацию небольших монтажных отклонений;
- разъединение валов;
- автоматическое управление;
- бесступенчатое регулирование передаточного числа;
- предохранение машин от поломок в аварийном режиме и др.

Многообразие способов передачи вращательного движения и функций, выполняемых муфтами, обусловило большое число типов. Наиболее распространенные муфты стандартизованы, они подбираются при проектировании машин по характеристикам и основным параметрам.

Для передачи вращающего момента муфты могут иметь следующие виды замыкания:

- а) геометрическое — передача момента механической связью между деталями, выполняемой в виде неподвижных соединений или кинематических пар;
- б) силовое — передача момента за счет сил трения или магнитного притяжения;
- в) динамическое — передача момента за счет сил инерции или индукционного взаимодействия электромагнитных полей.

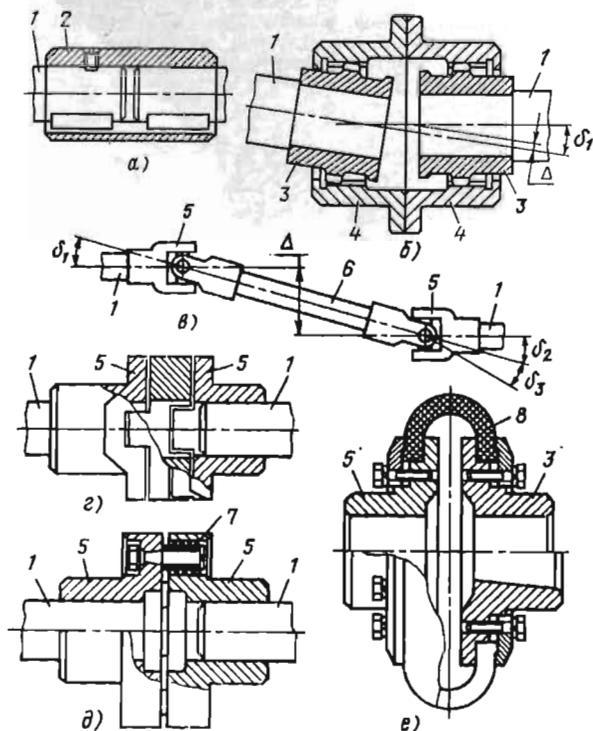


Рис. 6.9. Постоянные соединительные муфты:

а — жесткая некомпенсирующая втулочная; б — жесткая компенсирующая зубчатая; в — сочетание двух одинарных шарнирных асинхронных муфт с промежуточным валом (двойной карданный механизм); г — плавающая кулачково-дисковая; д — втулочно-пальцевая; е — с торообразной оболочкой; 1 — соединяемые валы; 2 — втулка муфты; 3 — втулка с наружными зубьями; 4 — оболочка с внутренними зубьями; 5 — полумуфты; 6 — промежуточный вал; 7 — промежуточный диск; 8 — торообразная эластичная оболочка; Δ — поперечные смещения валов; δ — угловое смещение; δ_1 и δ_2 — углы перекоса шарнирных муфт

По характеру работы и основному назначению различают муфты:

- а) постоянные соединительные;
- б) управляемые (цепные), позволяющие соединять и разъединять валы;
- в) самоуправляемые (автоматические), соединяющие и разъединяющие валы в процессе работы в зависимости от изменения режима;
- г) предохранительные, разъединяющие валы при опасном нарушении нормальных условий работы машины;
- д) муфты скольжения, передающие момент лишь при частоте вращения ведомого вала, меньшей частоты вращения ведущего вала.

Постоянные соединительные муфты имеют геометрическое замыкание и делятся на несколько типов. Жесткие некомпенсирующие или глухие

муфты (рис. 6.9, а) соединяют валы без возможности относительного их перемещения. Жесткие компенсирующие муфты допускают небольшие отклонения от соосного расположения валов. Среди них наиболее распространены зубчатые (рис. 6.9, б). Жесткие подвижные муфты фактически представляют собой шарнирные соединения; сдвоенные шарнирные соединения с промежуточным валом, называемые карданными механизмами (рис. 6.9, в), были рассмотрены ранее. К синхронным жестким подвижным муфтам относятся также плавающие или крестовые муфты, иногда называемые также кулачково-дисковыми муфтами (рис. 6.9, г). Конструкция этих муфт допускает значительные смещения осей валов, компенсацию небольших перекосов и осевых смещений. Как компенсирующие используются также упругие и упругодемпфирующие муфты, к которым относятся втулочно-пальцевые муфты (рис. 6.9, д), широко

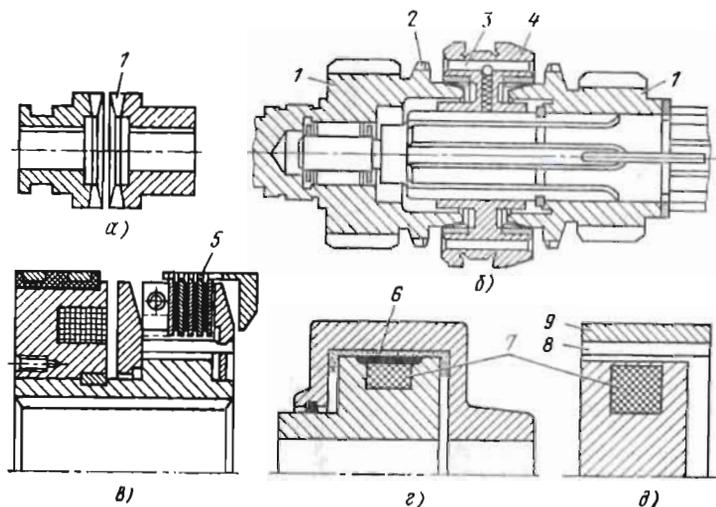


Рис. 6.10. Управляемые муфты:

а — кулачковая; б — зубчатая с синхронизатором; в — фрикционная с электромагнитным управлением; г — с ферромагнитной смесью; д — синхронная электроиндукционная; 1 — полумуфта; 2 — внешний зубья; 3 — кокические фрикционные поверхности; 4 — передвижное кольцо с внутренними зубьями; 5 — диски полумуфт; 6 — ферромагнитная смесь; 7 — катушка возбуждения; 8, 9 — магнитопроводы полумуфт с разделенными полюсами

применяемые для соединения вала электродвигателя с валом исполнительного механизма, а также муфты с торообразной оболочкой (рис. 6.9, е) и некоторые другие, компенсирующие те или иные погрешности.

Управляемые или сцепные муфты выполняются с геометрическим или силовым замыканием. К муфтам с геометрическим замыканием относятся кулачковые (рис. 6.10, а), зубчатые и другие, отличающиеся компактностью конструкции, но не допускающие включения на быстром ходу при большой разности угловых скоростей сцепляемых полумуфт. Этому недостатка не имеют зубчатые муфты с синхронизаторами (рис. 6.10, б). Они обеспечивают безударное включение на холостом ходу, так как сначала в соприкосновение входят фрикционные поверхности, благодаря чему происходит выравнивание скоростей вращения полумуфт перед введением в зацепление зубьев.

К управляемым муфтам с силовым замыканием механической связью относятся фрикционные муфты, которые допускают включение на ходу и под нагрузкой. Конструкция этих муфт может быть выполнена с одним или несколькими дисками, а также с другими фрикционными элементами. Они могут иметь механическую, пневматическую, гидравлическую или электромагнитную (рис. 6.10, в) систему управления. Такие муфты применяют в дистанционных автоматических управляющих системах.

К управляемым муфтам с силовым замыканием электромеханической связью принадлежат муфты с жидкой или порошкообразной ферромагнитной смесью (рис. 6.10, а), в которых при прохождении тока в катушке возбуждения возникает магнитный поток, в результате чего ферромагнитная смесь, заполняющая зазор между полумуфтами, намагничивается, что обеспечивает сцепление обеих полумуфт. Эти муфты широко применяются в копировальных металлообрабатывающих станках и других технологических машинах. К этому виду муфт относятся синхронные электроиндукционные муфты, которые имеют магнитопроводы с разделенными полюсами на обеих полумуфтах (рис. 6.10, б).

С а м о у п р а в л я е м ы е или автоматические муфты включаются и выключаются в зависимости от изменения режима работы машины. К ним относятся:

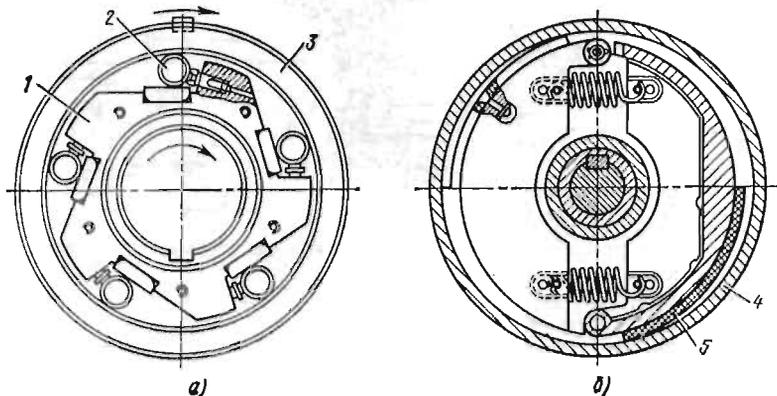


Рис. 6.11. Самоуправляемые муфты:

а — свободного хода; б — центробежная; 1 — ведущая звездочка; 2 — ролики; 3 — ведомая обложка; 4 — корпус; 5 — фрикционная обложка

однооборотные муфты, срабатывающие после каждого оборота вала (широко применяются в механических прессах для остановки ползуна в верхнем положении); обгонные муфты или муфты свободного хода (рис. 6.11, а), передающие момент только при одном направлении вращения ведущей полумуфты относительно ведомой и проворачивающиеся при обратном направлении вращения (применяются для одностороннего перемещения на шаг, в частности, в валковых автоматических подачах непрерывного материала); центробежные муфты (рис. 6.11, б), срабатывающие в зависимости от скорости вращения ведущей полумуфты (обычно используют я в качестве пусковых в приводах машин). К этой категории муфт следует отнести также предохранительные муфты, служащие для разъединения валов при недопустимом увеличении передаваемого момента (перегрузке) или скорости вращения. Они предохраняют машину от поломки в случае нарушения нормального режима работы. Различают следующие виды п р е д о х р а н и т е л ь н ы х муфт: муфты предельного момента с разрывающимися элементами (например, срезными штифтами или сайбами у механических прессов), подлежащими замене после срабатывания муфты; кулачковые, шарнирные и другие муфты зацепления, которые удерживаются ю включенном состоянии пружинами, пока возрастающий момент не создаст силы, способной преодолеть усилие пружины и нарушить зацепление; фрикционные муфты, которых давление между поверхностями трения создается пружинами, отрегулированными на передачу предельного момента.

Муфты скольжения передают момент только при отставании ведомой олумуфты от ведущей, т. е. при наличии скольжения. По устройству они делятся а гидродинамические и электроиндуктивные асинхронные. Муфты скольжения спользуются в качестве управляемых, пусковых, а иногда как вариаторы скорости.

Большинство видов муфты стандартизованы, их технические характеристики зиводятся в справочной литературе [24].

Направляющие

Направляющие служат для обеспечения точности перемещения подвижных узлов технологической машины. От точности их изготовления, износостойкости, жесткости и виброустойчивости во многом зависит качественная работа всей машины.

По форме траектории перемещения подвижных узлов направляющие делают на п р я м о л и н е й н ы е (для направления движения столов, ползунов, траверс суппортов) и к р у г о в ы е (для поворота планшайб, револьверных головок, поворотных столов).

В большинстве конструкций технологических машин применяются направляющие скольжения, однако по мере совершенствования машин все большее распространение получают направляющие качения.

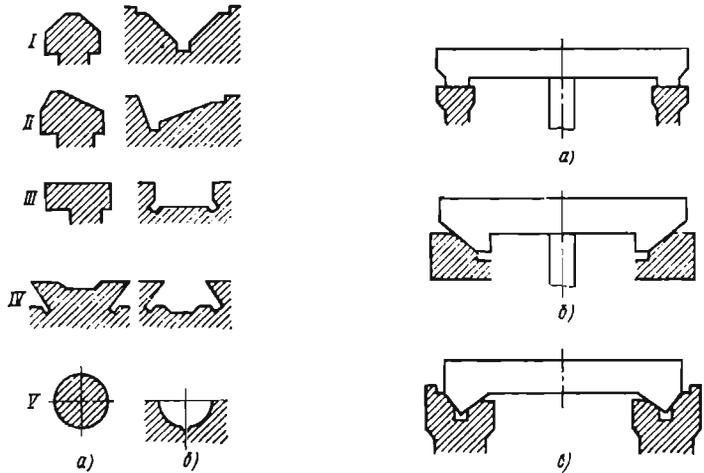


Рис. 6.12. Типы направляющих скольжения:

а — охватываемые для малых скоростей перемещения; *б* — охватываемые для больших скоростей перемещения; *I* — треугольные симметричные; *II* — треугольные несимметричные; *III* — прямоугольные; *IV* — остроугольные двусторонние типа ласточкина хвоста; *V* — круглые

Рис. 6.13. Типы круговых направляющих:

а — плоские; *б* — конические; *в* — V-образные

Форма сечения направляющих скольжения весьма разнообразна. Более просты в изготовлении направляющие выпуклого профиля (рис. 6.12, *а*), на них не удерживается стружка и другие посторонние элементы. Но такие направляющие не способны удерживать смазку, поэтому они чаще применяются при малых скоростях перемещения по ним суппортов или столов. Охватываемые направляющие (рис. 6.12, *б*) устанавливают при высоких скоростях скольжения, однако требуют защиты от попадания стружки и загрязнения. Направляющие типа ласточкина хвоста (рис. 6.12, *IV*) воспринимают нагрузки во всех направлениях, включая опрокидывающие моменты, но они сложны в изготовлении и обладают относительно малой жесткостью. Используют их при малых скоростях и средних требованиях в отношении точности. Часто применяются комбинированные направляющие в виде сочетания плоской и треугольной направляющих. Они значительно упрощают конструкцию узла. Круглые направляющие (рис. 6.12, *V*) предпочтительны в сильно нагруженных узлах.

У технологических машин перемещение узлов обычно осуществляется по двум направляющим, установленным строго параллельно на максимальной, конструктивно приемлемой базе. Для перемещения суппортов и столов тяжелых машин иногда необходимо более двух направляющих.

Для вращения планшайб и столов применяются круговые направляющие плоской, конической и V-образной формы сечения (рис. 6.13). Плоские направляющие (рис. 6.13, а) наиболее просты в изготовлении, и их устанавливают в тех случаях, когда на них не действуют радиальные усилия. Конические направляющие (рис. 6.13, б) относительно просты в изготовлении, они вместе с подшипником оси вращающегося узла воспринимают радиальные нагрузки; некоторые трудности представляет обеспечение соосности направляющих и подшипника оси вращения. Технология изготовления V-образных направляющих (рис. 6.13, в) более сложна. Основная нагрузка возлагается на внутреннюю пологую грань направляющих, а между наружными гранями направляющих вращающегося узла и станины предусматривается небольшой зазор для температурных деформаций.

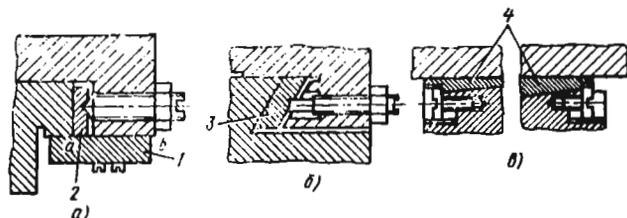


Рис. 6.14. Схемы методов компенсации износа направляющих

Смазка направляющих производится несколькими способами. Простейшим, но менее совершенным методом является смазка вручную поливкой или при помощи индивидуальных масленок. Непрерывная подача масла может осуществляться специальными роликами, помещенными в масляных карманах станины, при помощи насоса или масляной ванны. Для распределения масла по всей поверхности трения направляющие должны иметь специальные канавки. Гидростатические и другие более совершенные способы смазки обеспечивают жидкостное трение во всем диапазоне скоростей и нагрузок.

В технологических машинах наряду с направляющими скольжения все большее применение получают направляющие качения, у которых между закаленными направляющими (планками) неподвижной и подвижной частей машины помещаются шарики или ролики. Благодаря этому значительно уменьшаются силы трения, обеспечивается плавность движения, уменьшается износ сопрягаемых поверхностей. При этом материалы элементов сопряжения подбираются таким образом, что более интенсивно изнашиваются тела качения, которые легко могут быть заменены. В некоторых случаях в качестве направляющих используются обычные или специальные подшипники качения.

Для устранения возникающих при износе направляющих зазоров применяются различные способы, основные из которых показаны на рис. 6.14. Нерегулируемая планка 1 (рис. 6.14, а) требует периодической шпательной или шлифовальной обработки поверхности *a—b*. Регулируемые планки 2 и 3 (рис. 6.14, б), укрепленные на салазках с помощью штифтов, позволяют изменять зазор при помощи винтов, установленных вдоль планки на некотором расстоянии друг от друга. Недостатком этой конструкции является малая жесткость. Наибольшее распространение получил способ компенсации износа с помощью клиньев 4 (рис. 6.14, в) с уклоном от 1 : 40 до 1 : 100. Некоторую сложность при выполнении такого сопряжения представляет обработка поверхности салазок под углом.

Направляющие скольжения работают обычно в условиях малых и средних скоростей скольжения (до 1—1,5 м/с) с небольшими удельными давлениями (обычно до 1 МПа).

В тех случаях, когда направляющие составляют одно целое со станиной, суппортом, столом и т. п., для повышения износостойкости их упрочняют токами высокой частоты, напылением твердыми сплавами и другими способами. Материалами направляющих, выполненных в виде планок, служат закаленные легированные стали 20X или 40X; в менее напряженных конструкциях используются цветные сплавы и пары чугуном. Все большее применение в качестве материалов накладок планок

получают текстолит, кордолокнит, винипласт, а также полиамиды (капрон, нейлон и др.). При выборе материала для направляющих следует учитывать комплекс требований, отражающих условия эксплуатации. Методика выбора типа направляющих и порядок их расчета содержатся в основном в литературе по металлообработке станкам [15].

Подшипники

В технологических машинах опорами вращающихся исполнительных органов, валов исполнительных механизмов могут быть как подшипники качения, так и подшипники скольжения.

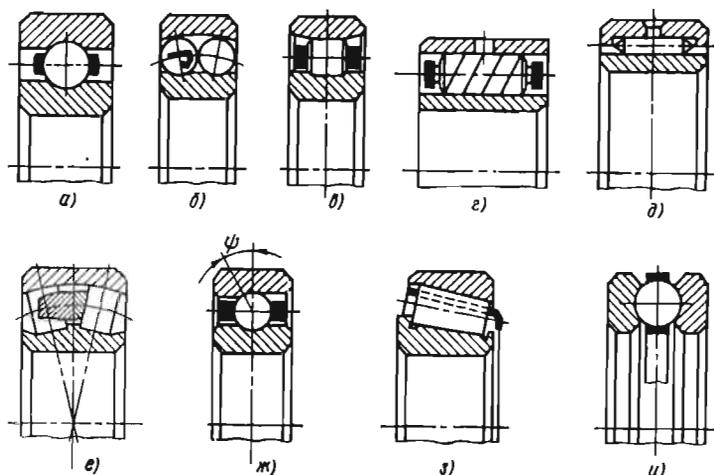


Рис. 6.15. Основные типы подшипников качения:

a — шарикоподшипник радиальный однорядный; *б* — шарикоподшипник радиальный двухрядный сферический (самоустанавливающийся); *в* — роликоподшипник с короткими цилиндрическими роликами радиальный однорядный без бортов на наружном кольце; *г* — роликоподшипник с витыми роликами радиальный однорядный; *д* — роликоподшипник с игольчатыми роликами радиальный с бортами на наружном кольце; *е* — роликоподшипник сферический с асимметричными роликами радиальный двухрядный; *ж* — шарикоподшипник радиально-упорный однорядный; *з* — роликоподшипник с коническими роликами радиально-упорный однорядный; *и* — шарикоподшипник упорный однорядный

Подшипники качения, работающие в условиях преобладающего трения качения, обычно состоят из внутреннего и наружного колец, тел качения и сепаратора, разделяющего тела качения и направляющего их движение (рис. 6.15). Подшипники предохраняются от загрязнения и вытекания смазки уплотнениями. В зависимости от режима работы узла машины применяются шариковые и роликовые (с различной формой роликов) подшипники качения. Бессепараторные роликовые (игольчатые) подшипники, имеющие большое число тел качения и, следовательно, обладающие большой грузоподъемностью, устанавливаются в сильно нагруженных узлах машин, имеющих относительно невысокие частоты вращения.

По направлению действия воспринимаемой нагрузки подшипники качения разделяют на четыре группы: радиальные, предназначенные для восприятия только радиальных сил (например, игольчатые подшипники, рис. 6.15, *д*) или радиальных и ограниченных осевых нагрузок (например, шарикоподшипники радиальные однорядные, рис. 6.15, *а*); радиально-упорные — для восприятия как радиальных, так и осевых нагрузок (например, подшипники с коническими роликами, рис. 6.15, *з*); упорно-радиальные — для восприятия в основном осевых и незначительных радиальных нагрузок (в технологических машинах имеют ограниченное применение); упорные — для восприятия только осевых нагрузок, рис. 6.15, *и*).

К подшипниковым опорам исполнительных органов машин предъявляются особенно высокие требования. Для повышения жесткости этих опор и устранения зазоров между телами качения и кольцами применяют предварительный натяг подшипников. Для этого подшипниковый узел нагружают осевой силой при помощи винта или гайки. В шариковых и роликовых упорных, шариковых радиально-упорных и роликовых конических подшипниках предварительный натяг может быть создан в процессе сборки без дополнительных устройств.

При проектировании машин подшипники качения обычно не конструируют, а выбирают из ряда стандартных. Методика выбора подшипников качения стандартизована (ГОСТ 18854—82 и ГОСТ 18855—82). Критериями выбора являются динамическая и статическая грузоподъемности. При выборе типоразмера подшипника для заданных условий работы необходимо учитывать величину, направление и

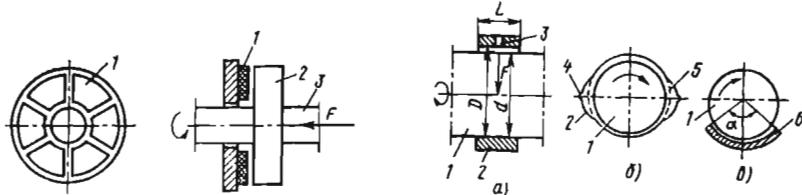


Рис. 6.16. Схема осевого подшипника скольжения:

1 — подушки; 2 — упорный диск; 3 — вал; F — осевая сила

Рис. 6.17. Схема узла с радиальным подшипником скольжения:

ϕ — с подавом смазки через отверстие во вкладыше; b — разрез подшипникового узла с масляными карманами; θ — с вкладышами частичного охвата; 1 — вал; 2 — втулка (вкладыш); 3, 4 — отверстия для подачи смазки; 5 — масляные карманы; 6 — вкладыш с углом охвата α ; F — радиальная нагрузка; L — ширина вкладыша; D — внутренний диаметр вкладыша; d — диаметр шейки вала

характер действующей нагрузки; частоту вращения кольца подшипника; необходимую долговечность (в часах или миллионах оборотов); специфику работы, зависящую от конструкции узла или машины и условий их эксплуатации; стоимость подшипника; проверочные расчеты подшипников качения по общей методике [24]. Особенностями расчета подшипников исполнительных органов машины является необходимость учета характера технологических нагрузок, а также влияния на подшипник предварительного натяга [15].

Подшипники скольжения, применяемые в конструкциях технологических машин, делятся на осевые (упорные) и радиальные.

Осевые подшипники скольжения (подпятники) состоят (рис. 6.16) из неподвижных или качающихся опорных секторных подушек 1 и упорного диска 2 на вращающемся валу 3.

Радиальные подшипники скольжения обычно выполняются в виде втулки, двух или более вкладышей, полностью или частично охватывающих вращающийся вал. Такие подшипники работают главным образом в режиме жидкостного или полужидкостного трения. Смазка поступает через отверстия (рис. 6.17, а), кольцевые или местные винтовые капавки и карманы, находящиеся в зоне разбега (рис. 6.17, б).

В скоростных узлах вращения устанавливаются газо- или гидродинамические подшипники, работающие в режиме, при котором поверхности трения разделяются слоем газа или жидкости, увлекаемых вращающимся валом. В газо- и гидростатических подшипниках скольжения полное разделение поверхностей трения осуществляется смазочным материалом (жидкостью или газом), поступающим от насоса высокого давления в зазор между поверхностями. Поэтому внешняя нагрузка уравновешивается давлением в кольцевом зазоре при любой частоте вращения.

У рабочих органов типа шпинделей с большой частотой вращения (порядка 12 000 ... 16 000 об/мин) применяются гидродинамические или гидростатические подшипники скольжения, а также прецизионные радиально-упорные шарикоподшипники. В опорах и шейках валов механических прессов устанавливаются подшипники скольжения, работающие в режиме полужидкого трения. Опоры валков

листогибочных машин выполняются в виде подшипников скольжения с бронзовыми вкладышами; с учетом прогиба валков в некоторых случаях подшипники монтируются в самоустанавливающихся корпусах. В многороликовых профилировочных и многовалковых правильных станках из-за больших суммарных потерь на трении опоры целесообразнее выполнять подшипниками качения. Вследствие невозможности размещения обычных шариковых или роликовых подшипников устанавливаются игольчатые подшипники с обоймами или с контактированием игл непосредственно с закаленной поверхностью цапфы.

Подшипники скольжения изготавливают из антифрикционных сплавов или специальных неметаллических материалов.

У большинства технологических машин применяется централизованная автоматическая система смазки, иногда в сочетании с ручной смазкой в отдельных точках консистентными смазочными материалами.

Допустимая работоспособность подшипников скольжения, работающих в условиях полужидкого трения, оценивается по удельному давлению в подшипнике с учетом скорости скольжения [15]. Проверочный расчет подшипников скольжения, работающих в режиме разделения поверхностей трения смазочным слоем, производится на основе гидродинамической теории смазки. При этом определяются толщина смазочного слоя, давление, температура и расход смазочных материалов.

Станины

Станина является основной, обычно неподвижной частью технологической машины, на которой размещаются все другие ее узлы и механизмы. Для поступательного перемещения узлов на станине имеются направляющие, а для вращающихся узлов установлены подшипники. При работе машины станина воспринимает технологические нагрузки от исполнительных органов и механизмов. В машинах ударного действия (молотах) энергия падающих частей воспринимается массивным основанием станины — шаботом, масса которого в 10–15 раз больше массы падающих частей.

Станины тяжелых машин устанавливаются и закрепляются на фундаменте. Они отливаются из чугуна или свариваются из стальных элементов проката. Массивные станины делаются составными, их части обычно соединяются стяжными болтами. У некоторых мощных современных прессов станины выполняют армированными предварительно напряженными лентами или проволокой. Сечения элементов станины, как правило, имеют сложную, часто закрытую коробчатую форму с перегородками, ребрами и окнами.

Основными требованиями, предъявляемыми к станинам, наряду с прочностью, являются высокая жесткость, виброустойчивость, длительность сохранения точности, технологичность конструкции, минимально возможная масса и металлоемкость, удобное взаимное расположение связанных со станиной узлов, обеспечение свободного доступа к местам обслуживания машины, ремонтоспособность и др.

В зависимости от назначения машины и ее конструктивной схемы станины бывают вертикальными или горизонтальными. Некоторые типы технологических машин строятся как в вертикальном, так и в горизонтальном исполнении. По конфигурации станина с корпусными деталями может образовывать незамкнутый (открытый) или замкнутый (закрытый) контур. Открытые станины обеспечивают более свободный доступ к местам обслуживания машины, закрытые станины обладают большей жесткостью.

Деформации станины под нагрузкой должны быть минимальными и по возможности не сказываться на взаимном расположении частей машины и инструмента. Элементы открытой станины (рис. 6.18, а, б) под действием технологических нагрузок на консоли подвергаются не только растяжению, но и изгибу вследствие эксцентрисности нагрузок по отношению к центру тяжести сечения стойки, что влечет за собой перекос осей рабочих органов и инструмента. У закрытых станин (рис. 6.18, в) равнодействующая усилий проходит через центры тяжести стоек станины, и при осесимметричном расположении технологической нагрузки соосность не нарушается.

Кроме технологических нагрузок на станину действуют также весовые нагрузки узлов машины и оснастки, доля которых среди других может оказаться значительной. В соответствующих случаях необходимо также учитывать и инерционные силы.

Главным критерием оценки работоспособности станины является ее жесткость. Из-за большого разнообразия и сложности конструктивных форм станин аналити-

ческое определение деформаций под действием технологических и других нагрузок весьма затруднительно и возможно лишь при определенных допущениях и упрощениях. В общем случае расчет на жесткость состоит в выборе расчетной схемы станины с определением действующих усилий, определении деформаций и сравнении полу-

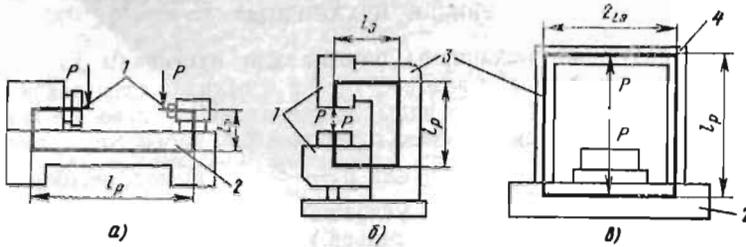


Рис. 6.18. Расчетные схемы станин:

a — горизонтальная открытая; *б* — вертикальная открытая; *в* — закрытая; *1* — консоли; *2* — основание; *3* — стойка; *4* — поперечина; *P* — нагрузка на станину; l_p — эксцентриситет силы *P* по отношению к стойке или основанию; l_p — расчетная длина

ченных величин деформаций с допустимыми, исходя из степени влияния их на точность взаимного расположения исполнительных органов машины.

Конкретно устройство станин рассматривается при изучении типовых представителей групп технологических машин.

Фундаменты

Фундаменты технологических машин воспринимают и передают на основание статические, а также возникающие вследствие неуравновешенности движущихся частей динамические нагрузки. По характеру динамических нагрузок различают две основные группы технологических машин — с периодическими возмущающими силами, вызывающими вынужденные колебания фундаментов, и с ударными воздействиями, обуславливающими свободные колебания фундаментов; некоторые машины передают на фундаменты нагрузки обоих видов.

К машинам с периодическими возмущающими силами относятся технологические машины с частями, равномерно вращающимися (валковые и роликовые гибочные станки, ротационные станки и т. п.) и движущимися возвратно-поступательно (прессы общего назначения, различные поршневые машины и т. п.). К машинам с ударным воздействием относятся машины с падающими исполнительными органами (например, листоштамповочные молоты).

По конструктивному устройству фундаменты технологических машин делятся на массивные, стенчатые и рамные. Массивные фундаменты представляют собой сплошной монолит, полностью опирающийся основанием на специально подготовленный грунт. Стенчатые и рамные фундаменты, как правило, образуют подвал, в котором размещаются агрегаты машины (например, насосная станция у гидравлических прессов).

Материалом для фундаментов обычно служит бетон или железобетон. В некоторых случаях применяются сборные железобетонные конструкции фундамента. Их применение целесообразно главным образом при установке машин с хорошо уравновешенными движущимися частями.

Небольшие технологические машины нередко устанавливаются без специальных фундаментов — непосредственно на бетонный пол, который в этом случае конструктивно усиливается арматурой.

Для уменьшения вредного влияния колебаний в конструкцию фундаментов машин включают упругие амортизаторы (например, пружины, резиновые прокладки) и демпферы (поглотители энергии колебаний).

При расчете фундамента машин учитывают упругие свойства грунта, величины статических и динамических нагрузок от машин, конструктивные особенности основания станины и другие факторы.

В каталогах технологических машин обычно указываются размеры фундамент в плане, размерная схема расположения фундаментных болтов, глубина залегания фундамента в зависимости от вида грунта.

6.4. ПРЕОБРАЗУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ

Преобразующие механизмы служат для изменения характера движения, их ведущее и ведомое звенья в отличие от передающих механизмов имеют разные виды движения. При преобразовании вращательного движения в поступательное или наоборот передаточные отношения $b = \frac{\omega_1}{v_2} [l^{-1}]$ или $b = \frac{v_1}{\omega_2} [l]$ имеют размерность длины. (Здесь ω_1 ; v_1 и ω_2 ; v_2 — угловая и линейная скорости соответственно ведущего и ведомого звеньев.) При преобразовании непрерывного вращательного движения в периодическое преобразующий механизм характеризуется относительным углом поворота ведомого звена за один оборот ведущего. Другие виды преобразующих механизмов имеют свои, специфичные для них коэффициенты трансформации.

В связи с тем, что привод большинства технологических машин осуществляется от электродвигателей, наибольшее распространение получили преобразующие механизмы, трансформирующие вращательное движение вала электродвигателя в поступательное, возвратно-поступательное, периодическое вращательное и другие виды движения исполнительного органа.

Преобразующие механизмы входят в состав исполнительных механизмов машин и систем управления самостоятельно или вместе с передающими механизмами.

Кинематические пары винт — гайка

Кинематические пары винт—гайка применяются для преобразования вращательного движения ведомого вала привода в поступательное перемещение с постоянной скоростью суппортов, столов и других рабочих органов технологических машин. Механизм, состоящий из ходового винта и гайки, применяется для медленных точных перемещений столов, суппортов и кареток по направляющим у многих машин с отсчетом в необходимых случаях по лимбу, установленному на ходовом винте, линейных перемещений этих рабочих органов.

Наиболее часто применяют трапецидальный профиль резьбы с углом 30° , который более технологичен и допускает использование разъемных маточных гаек, укрепленных в перемещаемом узле и позволяющих включать и выключать механизм. В высокоточных механизмах применяют также прямоугольную резьбу.

Ходовые винты изготавливают из закаленных сталей 40X, 45X или 50X; если требуется повышенная твердость ($HRC\ 54 - 56$), применяют стали типа ХВГ или ХГС. Для гаек применяют оловянистые бронзы ОЦС6-6-3 и др., а также безоловянистые алюминиевожелезистые бронзы типа БрАЖ9-4. Для особо точных механизмов гайки ходовых винтов иногда изготавливают из легированного антифрикционного чугуна.

Проверочный расчет пары ходовой винт—гайка производят в первую очередь по удельным давлениям в витках, так как необходимо обеспечить высокую износостойчивость пары. Удельное давление p не должно превышать допустимых величин:

$$p = \frac{Q}{\pi d_{cp} h n} \leq p_{доп} \quad (6.5)$$

где Q — тяговое усилие; d_{cp} — средний диаметр резьбы; h — рабочая высота витка; n — число витков в гайке. Значение $p_{доп}$ принимают в пределах 2 ... 3 МПа для

точных ходовых винтов и 5...12 МПа для обычных случаев. Более высокие значения допускаемых удельных давлений относятся к бронзовым гайкам.

Длинные ходовые винты следует проверять на продольную устойчивость. Для точных передач необходимо также определять ошибки в перемещении возникающие в результате деформации винта.

Пары винт — гайка качения

Пары винт—гайка качения применяют в станках с программным управлением и в прецизионных станках, где требуется особо высокая точность, недопустимы большие потери на трение. В этих парах трение скольжения заменено трением качения шариков, помещенных между винтом и гайкой. КПД такой передачи составляет 0,90 0,95.

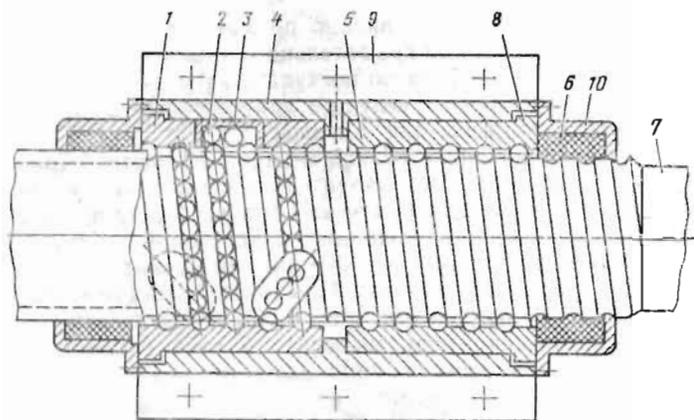


Рис. 6.19. Пара винт—гайка качения

На рис. 6.19 показана одна из наиболее распространенных конструкций пары качения винт—гайка. В корпусе 4, установленном на перемещаемом узле, вмонтированы две гайки 1 и 5. Резьба гаек вместе с резьбой винта 7 образует винтовую канавку круглого сечения, в которой находятся шарики 2. Циркуляция шариков по замкнутому контуру происходит через каналы возврата во вкладышах 3, вставленных в сквозные окна тела гайки. Обычно каждая гайка имеет три рабочих витка и соответственно три вкладыша. Гайки 1 и 5 имеют зубчатые венцы 8, входящие в установочное зацепление с внутренними зубчатыми венцами корпуса 4. Количество зубьев венцов гаек отличается друг от друга на единицу, благодаря чему можно производить поворот одной гайки относительно другой на очень малый угол и, следовательно, осуществлять точную регулировку натяга. Возникающие при регулировке усилия натяга воспринимаются внутренним буртом 9 корпуса 4. Для защиты передачи от загрязнений служат уплотнения 6.

У других конструкций пар винт—гайка качения исключен зазор и натяг осуществляются с помощью пружины или другими способами.

Винты передачи обычно изготавливаются из легированных сталей типа ХВГ с объемной закалкой до HRC 60, гайки и вкладыши — из сталей типа 9ХС и 18ХГТ.

Расчет пары винт—гайка качения ведут на контактную прочность по формулам Герца. Допускаемое напряжение при твердости контактирующих поверхностей HRC 60 принимается равным $(2,5 \text{ } 3,0) \cdot 10^3$ МПа. Допустимую статическую нагрузку на один шарик $P_{\text{доп}}$ можно определить по приближенной формуле [15]

$$P_{\text{доп}} = 20d^2, \text{ Н}, \quad (6.6)$$

где d — диаметр шарика, мм.

Суммарная допускаемая статическая нагрузка на винт

$$Q_{\text{доп}} = P_{\text{доп}z} \sin \alpha, \quad (6.7)$$

где z — число шариков в гайке; α — угол контакта шариков с дорожкой винта (обычно $\alpha = 45^\circ$).

При необходимости производят расчет пары качения на усталостную прочность [15].

Для преобразования вращательного движения в поступательное перемещение протяженностью свыше 2 м обычно применяется зубчатая рессная передача; у тяжелых станков для этой цели используются гидростатические пары винт—гайка.

Кривошипные механизмы

Кривошипные механизмы широко применяются в механических прессах для преобразования вращательного движения кривошипного вала в прямолинейное возвратно-поступательное движение ползуна. У насосов и компрессоров с ведущим кривошипным валом ведомым звеном является поршень или плунжер.

При ведущем кривошипе вблизи мертвых положений (рис. 6.20) кривошипный механизм дает значительный выигрыш в силе, что используется в прессах для получения больших усилий на ползуне в конце его хода. Кроме кривошипных валов (рис. 6.21, а) в качестве ведущих звеньев применяются также эксцентриковые (рис. 6.21, б) и коленчатые (рис. 6.21, в) валы. Простейший механизм имеет три звена: вал—шатун—ползун (см. рис. 6.20), в более сложных механизмах кинематическая цепь включает в себя систему рычагов.

Основным видом расчета кривошипного механизма является определение допускаемых усилий на шатуне, исходя из прочности опасных сечений кривошипного вала. Местонахождение опасных сечений определяется в зависимости от конструкции кривошипного механизма.

В механизмах с консольным расположением кривошипа (рис. 6.22) следует рассмотреть три сечения: $a-a$ по месту перехода кривошипа во вторую опору, $b-b$ во второй опоре и $c-c$ по месту

перехода средней части вала, имеющей диаметр d_0 , в опору диаметром d_{011} .

Максимальный изгибающий момент будет в сечении $b-b$ во второй опоре вала. Однако диаметр d_{011} вала в этом сечении, обусловливаемый равенством $d_{011}/2 = e_k$, получается настолько большим, что прочность вала здесь заведомо выше, чем в остальных его сечениях. Из

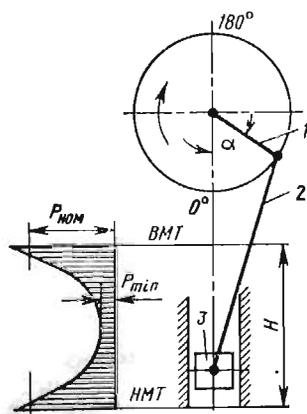


Рис. 6.20. Схема кривошипно-ползунного механизма:

1 — кривошип; 2 — шатун; 3 — ползун; H — ход ползуна; ВМТ, НМТ — верхняя и нижняя мертвые точки; $P_{\text{ном}}$, P_{min} — номинальное и минимальное усилия

двух остальных сечений ($a-a$ и $c-c$) в наиболее трудных условиях находится сечение $a-a$, по которому как показывают наблюдения, поломки валов наиболее часты.

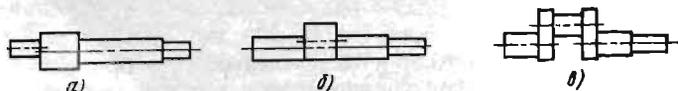


Рис. 6.21. Типы валов кривошипных механизмов:
 a — кривошипный; b — эксцентриковый; v — коленчатый

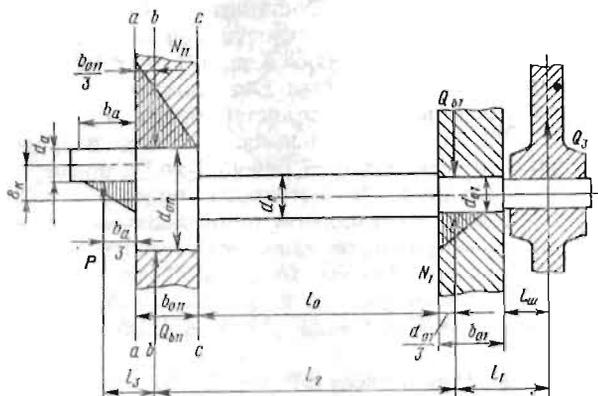


Рис. 6.22. Механизм с консольным расположением кривошипа

Допускаемое усилие на шатуне по прочности кривошипного вала в сечении $a-a$ равно [10]

$$P_{да} = \frac{0,07d_a^3\sigma_{-1н}}{k_3 n_n \sqrt{0,11b_a^2 + \left[\epsilon_3 \left(\sin \alpha - 0,5\lambda \sin 2\alpha + \mu \frac{r_a - r_b}{l} \cos \alpha \right) + r_3 \mu \right]^2}} \quad (6.8)$$

где d_a — диаметр шипа кривошипного вала; $\sigma_{-1н}$ — предел выносливости для симметричного цикла при изгибе материала вала; k_3 — коэффициент эквивалентной нагрузки, $k_3 = 0,8$; n_n — коэффициент запаса прочности относительно предела выносливости (для сталей $n_n = 1,3$); b_a — длина вкладыша большой головки шатуна; ϵ_3 — эксцентриситет эксцентриковой втулки относительно пальца кривошипа; α — угол поворота кривошипного вала; $\lambda = (\epsilon_n + \epsilon_3)/l$; r_3 — внешний радиус эксцентриковой втулки; r_b — радиус малой головки шатуна; l — длина шатуна между осями головки; μ — коэффициент трения в малой и большой головках шатуна.

В тех случаях, когда в кривошипном механизме регулирование величины хода с помощью эксцентриковой втулки отсутствует,

$\epsilon_1 = 0$, и вместо r_1 в формулу (6.8) следует поставить r_a . Тогда допустимое усилие будет равно

$$P_{\text{доп}} = \frac{0,07d^3\sigma_{-1\text{н}}}{k_{\text{н}} n_{\text{н}} 0,11b_a^2 - \mu^2 r_a^2} \quad (6.9)$$

Из анализа формул (6.8) и (6.9) следует, что при регулировке величины хода допустимое усилие изменяется и будет наименьшим при наибольшей длине хода; у механизмов, не имеющих регулировки величины хода, усилие, допускаемое прочностью вала по сечению $a-a$, не зависит от угла поворота вала.

В других конструкциях кривошипных механизмов при определении допускаемых усилий по прочности кривошипного вала также устанавливается наиболее слабое сечение, и усилие на рабочем органе сравнивается с допустимым для этого сечения усилием.

Анализ опасных сечений позволяет выбрать оптимальную схему кривошипного механизма в зависимости от его назначения. Так, если требуется получить большой рабочий ход с примерно постоянным усилием (например, у вытяжных прессов), целесообразно применять механизмы с установкой приводных шестерен непосредственно на щеках коленчатого вала; если требуется иметь максимальное усилие в конце рабочего хода (например, у прессов, применяемых для гибки с калибровкой и других подобных по характеру нагрузки операций), привод вала лучше располагать за его опорными шейками.

Кроме расчета валов производят также соответствующие расчеты шатуна, подшипниковых и других узлов, входящих в состав механизма.

Кулачковые механизмы

Кулачковые механизмы предназначены для преобразования вращательного движения кулачка в качательное (рис. 6.23, *а*) или возвратно-поступательное (рис. 6.23, *б, в*) движение толкателя, связанного непосредственно или через промежуточные звенья с рабочим органом машины. Кулачковые механизмы осуществляют почти любой практически требуемый закон движения ведомого звена — толкателя при непрерывном движении ведущего звена — кулачка соответствующего профиля (в пределах допустимого угла давления [15]); они компактны, могут легко включаться в общую схему машины.

К недостаткам кулачковых механизмов следует отнести повышенный износ в двухподвижной кинематической паре и склонность к размыканию, особенно при высоких скоростях. Для уменьшения износа звенья кулачкового механизма изготавливают из высококачественных сталей, закаливают и тщательно обрабатывают, а толкатель снабжают роликом. Для обеспечения надежного контакта между кулачком и толкателем применяют силовое замыкание пары, которое выполняют при помощи пружин, постоянно прижимающих толкатель к кулачку, или геометрическое замыкание, при котором кулачку придают форму, исключающую отход толкателя от ку-

лачка (например, кулачок выполняют с пазом, в который входит ролик толкателя, см. рис. 6.23, *в*).

Кулачковые механизмы широко применяют в различных машинах, осуществляя программирование хода технологического процесса, в машинах-автоматах, где они выполняют функции управления, включая и выключая рабочие органы в соответствующий момент. В копировальных системах с вращающимся копиром-кулачком копирующий палец совершает поступательные движения в соответствии с профилем копира; профиль прямолинейно перемещающейся копирной линейки также задает закон движения копировального пальца.

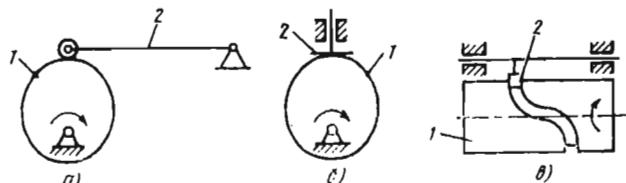


Рис. 6.23. Кулачковый механизм:

а — с качающимся толкателем; *б* — с прямолинейно движущимся толкателем; *в* — с цилиндрическим кулачком, имеющим паз для направления толкателя; 1 — кулачок; 2 — толкатель

Радиальный пазовый копир управляет движением рабочих органов роторных машин.

Кинестатические расчеты и расчеты на контактную прочность кулачковых механизмов приводятся в специальной литературе [18].

Храповые механизмы

Храповые механизмы используются для преобразования возвратно-вращательного или возвратно-поступательного движения в периодическое (прерывистое) вращательное движение в одном направлении. Они часто применяются в механизмах шаговых подач.

Основным достоинством храповых механизмов является простота устройства. К недостаткам следует отнести высокие контактные напряжения при значительных величинах передаваемых усилий.

Храповой механизм для преобразования возвратно-вращательного движения в прерывистое вращательное состоит из храпового колеса 1 (рис. 6.24), собачки 2, которая прижимается к зубчатому колесу под действием пружины или собственного веса, и ведущего рычага 3. При повороте рычага против часовой стрелки собачка 2 оворачивает храповое колесо на некоторый угол; при повороте рычага по часовой стрелке собачка проскальзывает на один или несколько зубьев, храповое колесо удерживается от обратного вращения дополнительной собачкой 4, установленной на оси стойки *О*. Храповой механизм для преобразования возвратно-поступательного движения в прерывистое вращательное (рис. 6.25, *б*) отличается от предыдущего тем, что ведущим звеном является совершающий возвратно-поступательное движение ползун 3 с собачкой 2.

Зубья храпового колеса должны обладать достаточной прочностью, а также износоустойчивостью, особенно в прецизионных станках. При определении усилий, действующих в храповом механизме, следует учитывать, что при быстрых поворотах колеса и связанных с ним деталей большой массы могут возникать подлежащие учету значительные динамические нагрузки. Так как для гарантии захвата очередного зуба собачкой угол ее качания φ_1 (см. рис. 6.24) должен быть всегда больше угла между зубьями ψ , собачка пр

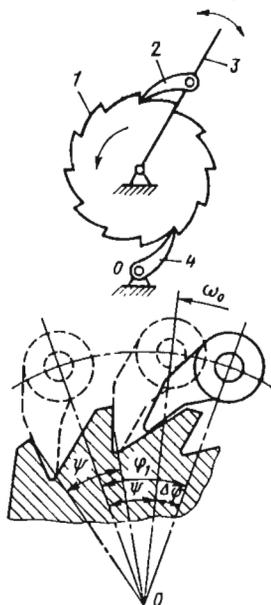


Рис. 6.24. Схема работы храпового механизма

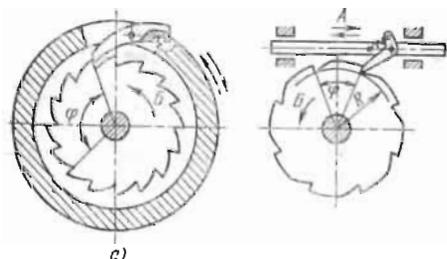


Рис. 6.25. Схемы храповых механизмов:

а — с возвратно-вращательным движением обоймы; б — с возвратно-поступательным движением ползуна

движении с некоторой скоростью ω_0 встречая на своем пути зуб храповика, вынуждена преодолевать инерцию всех ведомых звеньев. Если считать, что сила инерции и жесткость ведомых звеньев являются в этот момент основными нагрузками, действующими на систему, то, согласно принципу Даламбера, можно получить следующее дифференциальное уравнение движения [22]:

$$J_{\Pi} \frac{d^2\varphi}{dt^2} + k\varphi = 0. \quad (6.10)$$

где J_{Π} — приведенный к валу храповика момент инерции ведомых масс; φ — текущий угол поворота; k — коэффициент жесткости на кручение ведомой кинематической цепи.

Это уравнение, как известно, описывает гармонические колебания системы и удовлетворяется решением

$$\varphi = a \sin \lambda t, \quad (6.11)$$

где a — амплитуда (наибольший угол закручивания системы); $\lambda = \sqrt{\frac{k}{J_{\Pi}}}$ — собственная частота крутильных колебаний.

Из условия, что при $\varphi = 0$ $\dot{\varphi} = \omega_0$, можно определить величину амплитуды:

$$a = \omega_0 \sqrt{\frac{J_n}{k}}. \quad (6.12)$$

Наибольший динамический крутящий момент на храповом колесе равен наибольшему углу закручивания $a = \varphi_{\max}$, умноженному на коэффициент жесткости при кручении k :

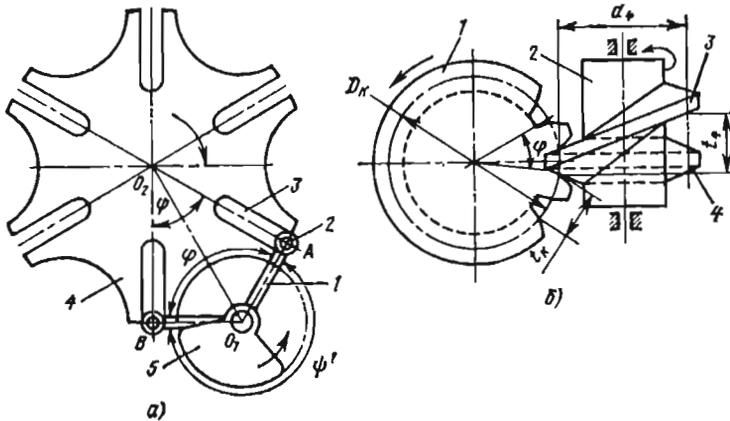
$$M_{\max} = ak = \omega_0 \sqrt{J_n k}. \quad (6.13)$$

Из выражения (6.13) видно, что динамические нагрузки на зубья храпового колеса возрастают при увеличении скорости поворота, перемещении более массивных ведомых звеньев и при повышенной жесткости кинематической цепи.

Следует отметить, что храповые механизмы применяются также для предотвращения обратного вращения вала, когда насаженное на него храповое колесо удерживается собачкой. Такую роль храповой механизм выполняет, например, в лебедках, где предотвращает обратное вращение барабана под действием груза.

Мальтийские механизмы

Мальтийский механизм предназначен для преобразования непрерывного вращения в прерывистое. Он входит в состав механических систем станков-автоматов и установок, в которых необходимы периодические остановки в движении, например для выполнения определенной технологической операции, шаговой подачи и т. п.



с. 6.26. Схема мальтийского механизма

Применяются мальтийские механизмы как с внешним, так и с внутренним зацеплением. В мальтийском механизме с внешним зацеплением (рис. 6.26, а) при вращении ведущего звена (кривошипа) 1 его палец 2 в точке А входит в прорезь 3 ведомого звена (креста) 4 и, скользя в ней, проворачивает крест. В точке В палец выходит из прорези. После этого крест останавливается и остается неподвижным, а палец кривошипа, продолжая свое движение, не переместится снова в точку где войдет в следующую прорезь креста, и т. д. Для фиксации креста, т. е. предотвращения самопроизвольного поворота креста во время остановки, кривошип

имеет выступ 5, заходящий в выемку креста. Угол поворота креста ψ определяется выбором числа прорезей n :

$$\psi = \frac{2\pi}{n}. \quad (6.1)$$

Угол поворота кривошипа φ , соответствующий углу поворота креста на угол определяется по формуле

$$\varphi = \pi - \psi = \frac{\pi(n-2)}{n}. \quad (6.1)$$

Угол поворота кривошипа за период выстаивания

$$\varphi' = 2\pi - \varphi = \frac{\pi(n+2)}{n}. \quad (6.1)$$

При определенной скорости вращения кривошипа время выстаивания пропорционально отношению φ'/φ .

В устройствах автоматизации заготовительно-штамповочного производства применяются мальтийские механизмы с числом прорезей креста от четырех до двенадцати.

Среди других устройств, преобразующих непрерывное вращательное движение в периодическое, как и мальтийские механизмы обеспечивающих постоянный перегулируемый угол поворота ведомого звена за один оборот ведущего, применяются также получервячные механизмы (рис. 6.26, б). Для поворота червячного колеса на угол φ червяк 2 выполняется двухзаходным, т. е.

$$t_{11} = \frac{t_2}{2}, \quad (6.17)$$

где t_{11} — шаг червячного колеса; t_2 — шаг червяка.

При повороте червяка 2 на первые пол-оборота колесо 1, находясь в зацеплении с наклонной гранью червяка 3, поворачивается на угол φ . При повороте червяка на следующие пол-оборота зацепление с колесом происходит по прямой грани 4, которая фиксирует колесо 1 в неподвижном положении. Число зубьев червячного колеса z_{11} следует выбрать, исходя из условия

$$z_{11} = \frac{2\pi}{\varphi}. \quad (6.18)$$

В общем случае прерывное вращение ведомого вала при непрерывно вращающемся ведущем вале обеспечивают соединяющие их периодически выключаемые муфты различных конструкций.

ГЛАВА 7

ДВИГАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Развитие современных технологических машин в значительной степени определяется широким использованием электрической энергии. Обычно природные виды энергии преобразуются генераторами в электрическую, которая, поступая в электрические двигатели, установленные на технологических машинах, преобразуется в механическую энергию исполнительных механизмов.

Двигатели, в которых электрическая энергия непосредственно преобразуется в механическую, называются простыми. К ним относятся электродвигатели, электромагниты и др. Двигатели,

в которых электроэнергия преобразуется в механическую с использованием промежуточного вида энергии, называются комбинированными. Используя промежуточные виды энергии, комбинированные двигатели приобретают качественно иные свойства по сравнению с простыми. Примерами комбинированных двигателей являются системы: электродвигатель—гидронасос—цилиндр у гидропрессов плунжерного типа, электродвигатель—компрессор—пневмоцилиндр (или пневмотурбина) у пневматических машин и др.

У бесплунжерных гидравлических прессов (прессов прямого действия) энергоносителем является жидкость под давлением, подаваемая (обычно через мультипликатор) насосом с приводом от электродвигателя на эластичную мембрану, воздействующую на деформируемую заготовку.

В некоторых машинах и установках, применяемых в заготовительно-штамповочном производстве, электрическая энергия воздействует на обрабатываемую заготовку непосредственно или через среду (машины для электрофизических и электрохимических способов резки, прессы для электрогидравлической штамповки и др.). В установках для магнитоимпульсной штамповки электрическая энергия генерируется в быстроменяющееся магнитное поле, воздействующее на штампуемую заготовку.

В прессах и установках для штамповки взрывом носителем энергии служит взрывчатое вещество, быстрое химическое превращение которого образует механическую энергию.

7.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

Различают двигатели постоянного и переменного тока. Основным преимуществом двигателей постоянного тока является возможность экономичной и плавной регулировки частоты вращения, что позволяет широко использовать их в качестве управляемых двигателей. Двигатели постоянного тока дороже двигателей переменного тока, требуют больших затрат на обслуживание. Электродвигатели переменного тока делятся на синхронные, у которых частота вращения жестко связана с частотой питающего тока, асинхронные, частота которых уменьшается с ростом нагрузки, и коллекторные электродвигатели с плавной регулировкой частоты вращения в широких пределах.

В качестве источника энергии у технологических машин наиболее широко применяются асинхронные электродвигатели. Они просты в производстве и надежны в эксплуатации (особенно короткозамкнутые). Главным их недостатком является значительное потребление реактивной мощности и невозможность прямого плавного регулирования частоты вращения. Поэтому в обычном виде они применяются в качестве неуправляемых двигателей, а изменение частоты вращения осуществляется в исполнительном механизме технологической машины. Синхронные электродвигатели используют только в мощных электроприводах. Коллекторные электродвигатели относительно дороги и менее надежны в работе.

Создание регулируемых статических полупроводниковых преобразователей частоты существенно расширяет область применения асинхронных двигателей в автоматически регулируемых электрических приводах. Представителями такого типа двигателей являются асинхронные электродвигатели, режим работы которых регулируется изменением частоты и амплитуды напряжения, подводимого к статору, с помощью тиристоров.

Все большее распространение получают высокомоментные электродвигатели, применение которых во многих случаях позволяет отказаться от промежуточных передач и повысить точности перемещения исполнительных органов машины [15].

Высокомоментные двигатели не имеют традиционной обмотки полюсов и поэтому не перегреваются при многократных перегрузках (в 10—15 раз) во время пуска. Материалом магнитов у них служат спеченные материалы (магниты получают спеканием порошка окиси железа с окисью бария). В комплект высокомоментного двигателя входят: датчик скорости — тахогенератор, датчик пути — резольвер и узел температурной защиты. Имея высокие номинальные моменты при малых габаритных размерах и низкую частоту вращения, эти двигатели обладают высокой демпфирующей способностью и расширенным диапазоном регулирования (до 1/10 000).

Применение высокомоментных двигателей для получения поступательных движений исполнительных органов машины сокращает кинематическую цепь исполнительного механизма до пары винт—гайка, а вращательное движение исполнительному органу может передаваться непосредственно (обычно через муфту) от вала двигателя. В результате повышается жесткость кинематической цепи, возрастает быстрдействие и точность перемещения исполнительного органа, появляется возможность принципиально новых компоновок машины, сокращается время рабочего цикла.

Низкие частоты вращения высокомоментных двигателей способствуют снижению шума и повышению надежности работы.

В замкнутых системах программного управления датчик обратной связи может быть установлен непосредственно на вал высокомоментного двигателя, что повышает надежность работы цепи обратной связи.

7.2. НАСОСЫ

Насосы входят в состав комбинированных двигателей гидравлических прессов и других технологических машин и установок. Привод насосов обычно получают от электродвигателя, а жидкость под давлением подают в гидродвигатель (гидравлический цилиндр, гидромотор или гидротурбину). В гидравлических прессах прямого действия давление жидкости непосредственно используется для воздействия на заготовку.

Наиболее широко в гидропрессовых установках применяют ротационно-плунжерные насосы с радиальным расположением плунжеров (радиальные плунжерные) и ротационно-плунжерные

насосы осевого типа (аксиальные плунжерные). Эти насосы, работающие обычно на минеральном масле, компактны, приводятся непосредственно от электродвигателя без редуктора; они обеспечивают равномерную подачу жидкости.

Схема действия радиально-плунжерного насоса показана на рис. 7.1. Плунжеры 3, расположенные в каналах ротора 4, являющихся цилиндрами, постоянно прижимаются пружинами (на рисунке не показаны) к внутренней поверхности обоймы 1. Внутри распределительной оси 2 находятся всасывающий и нагнетательный каналы.

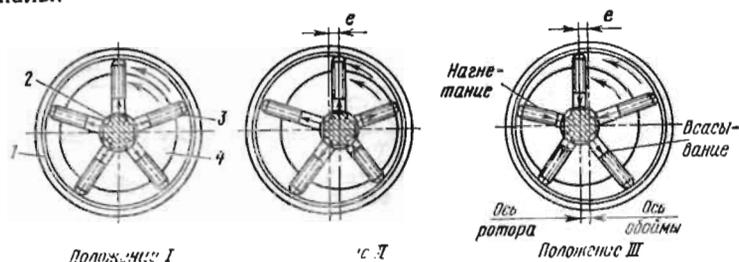


Рис. 7.1. Схема действия радиально-плунжерного насоса:

1 — обойма с кольцами; 2 — распределительная ось; 3 — плунжер; 4 — ротор

Ось вращения обоймы относительно оси вращения ротора 4 может занимать различные положения. При совпадении осей, когда эксцентриситет $e = 0$ (рис. 7.1, I), плунжеры 3, совершая вместе с ротором круговое движение, возвратно-поступательных перемещений в цилиндрах не имеют. Следовательно, при концентрично расположенных обойме и роторе всасывания и нагнетания не происходит.

При смещении оси обоймы в одном из направлений (рис. 7.1, II и III) образуется эксцентриситет, соответственно равный $+e$ и $-e$, плунжеры 3 при вращении ротора совершают возвратно-поступательные перемещения, благодаря чему происходит всасывание и нагнетание жидкости для осуществления соответственно рабочего или обратного хода.

Величину эксцентриситета можно изменять вручную или от специального привода и тем самым регулировать подачу насоса. Насосы с ручной регулировкой имеют марку НР, с электрогидравлическим дистанционным управлением — НПМ, со следящим гидравлическим управлением — НПС и с автоматическим управлением подачи в зависимости от изменения давления в гидросистеме — НПД [9].

Радиально-плунжерные насосы имеют высокий КПД (до 0,9); выпускаемые насосы создают давление до 24,5 МПа (250 кгс/см²) обеспечивают подачу до 400 л/мин. Нерегулируемые насосы этого типа могут развивать давление до 49,0 МПа (500 кгс/см²) при подаче 5 л/мин.

Объем вытесняемого плунжерами масла за один оборот ротора

$$\frac{\pi d^3}{4} n z, \quad (7.1)$$

где q — объем вытесняемого масла, л; d — диаметр поршня, дм; h — ход плунжера, дм; z — число поршней.

Минутная теоретическая подача насоса

$$Q_T = qn = \frac{\pi}{2} d^2 e z n, \quad (7.4)$$

где q — минутная теоретическая подача, л/мин; e — эксцентриситет насоса, л ($2e$ — ход плунжера); n — частота вращения ротора, об/мин.

Действительная или эффективная подача

$$Q_3 = \eta_0 Q_T, \quad (7.5)$$

где η_0 — объемный КПД насоса, принимаемый равным 0,75 ... 0,80 при максимальном давлении.

Мощность на валу ротора насоса

$$N = \frac{p Q_3}{6000 \eta_0 \Phi_M}, \quad (7.6)$$

где N — мощность, кВт; p — давление, МПа; $\eta_M = 0,94 \quad 0,96$ — механический КПД насоса.

Для поддержания постоянной мощности, развиваемой насосом, необходимо подачу изменять в зависимости от давления p по закону

$$Q = \frac{N}{k} \frac{1}{p}, \quad (7.7)$$

где N — мощность, развиваемая насосом; k — коэффициент, зависящий от размерности p и Q .

Ротационно-плунжерные насосы с осевым расположением плунжеров (аксиально-плунжерные) подразделяются по способу управления подачей на следующие виды: ручные НАР; следящие НАС; электрогидравлические, настраиваемые на различные подачи, НАМ; с регулятором давления НАД1; с регулятором мощности НАД; нерегулируемые НА.

Широкое применение в гидросистемах прессов для давлений 32, 40, 50, 64 МПа получили поршневые насосы типа Н с клапанным распределением и приводом от эксцентрикового вала.

Для вспомогательных гидросистем, не требующих высоких давлений, применяют пластинчатые насосы типа Г. Они часто используются в сочетании с насосом высокого давления (например, с аксиально-плунжерным), образуя комбинированные насосы типа НК. Шестеренные насосы могут применяться в главном приводе прессов как самостоятельно, так и в сочетании с насосами высокого давления и малой подачи.

Описание конструкций насосов различных типов и расчеты, связанные с их работой, приводятся в специальной литературе [9]. При проектировании технологических машин насосы подбираются из каталогов по основным параметрам: подаче, развиваемому давлению, потребляемой мощности с учетом КПД.

7.3. КОМПРЕССОРЫ

Компрессоры применяются для сжатия и подачи воздуха под давлением в пневмодвигатели. Степень повышения давления в компрессорах более 3. Для подачи воздуха с повышением его давления

менее чем в 2—3 раза служат воздуходувки, а при напорах до 10^{-2} МПа — вентиляторы.

По принципу действия и основным конструктивным особенностям различают компрессоры поршневые, ротационные, центробежные и осевые. По создаваемому давлению их разделяют на компрессоры низкого давления — от 0,3 до 1 МПа, среднего — до 10 МПа и высокого — выше 10 МПа. Компрессоры также характеризуются объемом сжатого (или всасываемого) воздуха (производительностью) в единицу времени, частотой вращения и потребляемой мощностью.

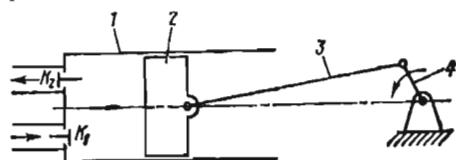


Рис. 7.2. Принципиальная схема поршневого компрессора:

1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — шатун; 4 — коленчатый вал; K_1 — всасывающий клапан; K_2 — нагнетательный клапан

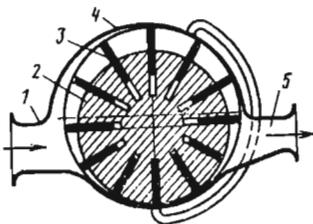


Рис. 7.3. Схема ротационного пластинчатого компрессора

Поршневой компрессор (рис. 7.2) состоит из рабочего цилиндра 1 и поршня 2, имеет всасывающий K_1 и нагнетательный K_2 клапаны, расположенные обычно в крышке цилиндра. Для сообщения поршню возвратно-поступательного движения в большинстве поршневых компрессоров служат кривошипно-шатунные механизмы.

Поршневые компрессоры бывают одно- и многоцилиндровые, с вертикальным, горизонтальным, V-образным или W-образным и другим расположением цилиндров, одинарного и двойного действия (когда поршень работает обеими сторонами), а также одноступенчатого или многоступенчатого сжатия.

При сжатии газа в компрессоре его температура значительно повышается. Для предотвращения самовозгорания смазки компрессоры оборудуют системой водяного или воздушного охлаждения. При этом процесс сжатия приближается к изотермическому, теоретически наиболее выгодному.

Одноступенчатый поршневой компрессор, исходя из условий безопасности и экономичности его работы, целесообразно применять со степенью повышения давления при сжатии до 7—8. Для получения больших степеней сжатия применяют многоступенчатые компрессоры, в которых, чередуя сжатие с промежуточным охлаждением, можно получать очень высокие давления газа — 10 МПа и выше.

В поршневых компрессорах обычно предусматривается автоматическое регулирование производительности в зависимости от расхода сжатого газа для обеспечения постоянного давления в нагнетательном трубопроводе. Простейшим способом регулирования является изменение частоты вращения коленчатого вала.

Ротационные компрессоры имеют один или несколько роторов с приводом от электродвигателя. Значительное распространение получили пластинчатые компрессоры (рис. 7.3), имеющие ротор с пазами, в которые свободно входят пластины 3. Ротор расположен в цилиндре корпуса 4 эксцентрично. При вращении ротора по часовой стрелке объемы, ограниченные пластинами и поверхностями ротора и цилиндра корпуса, в левой части компрессора будут возрастать, что обеспечивает всасывание газа через отверстие 1. В правой части компрессора объемы уменьшаются, газ сжимается и подается в нагнетательный трубопровод 5.

Степень повышения давления в одной ступени пластинчатого ротационного компрессора обычно бывает от 3 до 6. Двухступенчатые пластинчатые ротационные компрессоры с промежуточным охлаждением газа обеспечивают давление до 1,5 МПа.

Принципы действия ротационного и поршневого компрессоров в основном аналогичны и отличаются лишь тем, что в поршневом все процессы происходят в одном и том же месте (рабочем цилиндре), но в разное время (что потребовало установки клапанов), а в ротационном компрессоре всасывание и нагнетание осуществляются одновременно, но в различных секторах цилиндра.

У центробежных и осевых компрессоров частицам газа вращающимися рабочими колесами с лопатками сообщается ускорение, а затем кинетическая энергия преобразуется в потенциальную энергию сжатия. Степень повышения давления у центробежных компрессоров не превышает 8...12, у осевых компрессоров — 1,2...1,3. Эти компрессоры обычно выполняются многоступенчатыми. Осевые компрессоры имеют самый высокий КПД. Особенностью центробежных и осевых компрессоров является зависимость давления сжатого газа, потребляемой мощности, а также КПД от их производительности. Регулирование работы этих компрессоров производится путем изменения частоты вращения ротора или дросселированием газа на стороне всасывания.

Подробные сведения о рабочих характеристиках различных типов компрессоров приводятся в специальной литературе.

На заводах летательных аппаратов компрессоры отделены от приемников сжатого воздуха. Централизованная компрессорная установка монтируется обычно в отдельном специальном здании и называется компрессорной станцией. В таких установках осуществляют одноступенчатое или многоступенчатое сжатие воздуха.

Основными элементами компрессорной установки с одноступенчатым сжатием воздуха являются (рис. 7.4) фильтр, компрессор, двигатель, воздухопровод. Кроме того, компрессорная установка оснащается вентилями и задвижками, измерительными приборами (манометрами, термометрами и др.), предохранительными и обратными клапанами, а также приборами автоматики, сигнализации и управления. В компрессорные установки с многоступенчатым сжатием входят промежуточные воздухоохладители. Основные агрегаты компрессорной установки имеют циркуляционную систему

смазки, подаваемой шестеренным насосом через фильтр и маслоохлаждатель.

Выработанный компрессорной установкой сжатый воздух под давлением около 0,7 МПа подается по магистральным трубопроводам в цехи-потребители. К пневмодвигателям стационарных машин цеха сжатый воздух подводится по металлическим трубопроводам

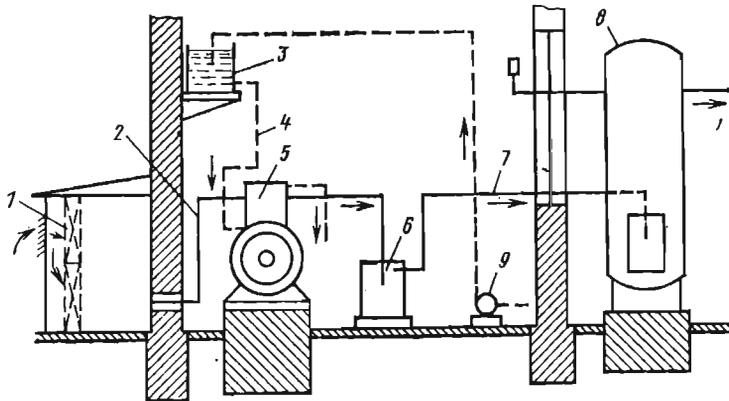


Рис. 7.4. Схема компрессорной установки:

1 — воздушный фильтр; 2 — всасывающий воздухопровод; 3 — напорный бак; 4 — трубопровод для воды; 5 — компрессор; 6 — влагомаслоотделитель; 7 — воздухопровод; 8 — воздухохранилище; 9 — насос для подачи охлаждающей воды

(давление 0,5 — 0,6 МПа), а к передвижным пневмоагрегатам и переносному пневмоинструменту — по гибким шлангам (давление 0,45 — 0,5 МПа).

7.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

Гидравлический двигатель входит в состав комбинированных двигателей; у технологических машин он преобразует энергию потока жидкости в механическую энергию ведомого звена (вала, штока).

Все существующие гидравлические двигатели по принципу действия делятся на р о т а ц и о н н ы е, в которых ведомое звено перемещается вследствие изменения количества движения потока жидкости (гидротурбины), и о б ъ е м н ы е, действующие от гидростатического напора, создаваемого в рабочих камерах, и вызывающие перемещение вытеснителей (поршня, плунжера и др.).

В гидравлических двигателях ротационного типа ведомое звено совершает только вращательное движение. Они в основном применяются для вращения роторов генераторов электрического тока.

В объемных гидравлических двигателях ведомое звено может совершать как возвратно-поступательное или возвратно-поворотное (гидроцилиндры), так и неограниченное вращательное движение (гидромоторы). Гидроцилиндры подразделяются на моментные и иловые. В моментном гидроцилиндре вал совершает возвратно-

поворотное движение относительно корпуса на угол, меньше 360° , при подаче жидкости попеременно с обеих сторон лопасти вала (рис. 7.5). Широкое применение в качестве главного привод гидравлических прессов получили силовые цилиндры плунжерного типа (рис. 7.6). Цилиндры плунжерного типа имеют более надежное уплотнение, чем цилиндры поршневого типа, которые работают достаточно удовлетворительно только у прессов с индивидуальным приводом от масляных ротационных насосов. В этом случае износ уплотнения поршня, скользящего по поверхности цилиндра, заполненного маслом, значительно уменьшается.

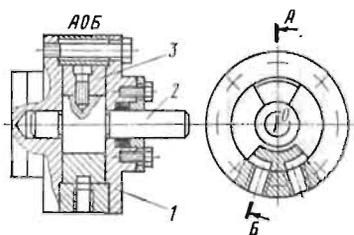


Рис. 7.5. Моментный гидроцилиндр:

1 — корпус; 2 — вал; 3 — лопасть

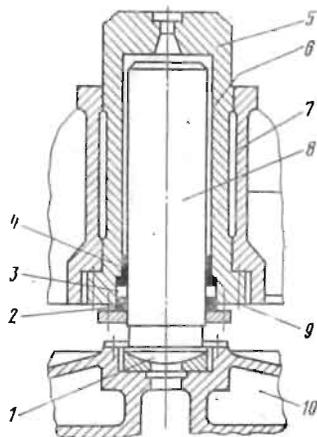


Рис. 7.6. Цилиндр плунжерного типа:

1 — шаровая опора; 2, 4 — уплотнения; 3 — направляющая втулка; 6, 6 — цилиндр; 7 — неподвижная траверса; 8 — плунжер; 9 — болт; 10 — подвижная траверса

В рабочий цилиндр плунжерного типа жидкость подводится через отверстие, расположенное в центре дна (см. рис. 7.6). Для торможения в конце хода при подъеме подвижных частей пресса жидкость дросселируется с помощью штыря, перекрывающего отверстие в днище. Для установки в неподвижной траверсе 7 пресса цилиндр 6 имеет посадочные пояски. Крепится цилиндр к траверсе фланцем с помощью болтов. В нижней части внутренней поверхности цилиндра имеет расточку для уплотнения 2, прижимного кольца и направляющей втулки 3 плунжера 8. В прессах с центральным приложением усилия штамповки плунжер жестко соединяется с подвижной траверсой 10. Если возможны эксцентричные нагрузки, применяют соединение плунжера с подвижной траверсой через шаровую опору 1.

Цилиндры обычно изготовляют ковкой из стали 35 или 45, также стали, легированной никелем (Ni 1,5 %). При жесткой заделке и тяжелых условиях работы плунжеры изготовляются из углеродистой или легированной стали, а при отсутствии внецентренных нагрузок — из чугуна. Рабочую поверхность плунжера тщательно шлифуют и полируют для лучшей работы уплотнения. У крупных прессов плунжеры делают пустотелыми.

Внутренний диаметр $D_{\text{вн}}$ цилиндра выполняется на 10–15 мм больше диаметра плунжера. Наружный диаметр $D_{\text{н}}$ цилиндра определяют по формуле

$$D_{\text{н}} = D_{\text{вн}} \sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - p\sqrt{3}}}, \quad (7.6)$$

где $D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр цилиндра, м; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение на разрыв материала цилиндра, МПа; p — давление жидкости в цилиндре, МПа.

Учитывая, что внутренний диаметр $D_{\text{вн}}$ цилиндра мало отличается от диаметра плунжера D будем иметь

$$D_{\text{вн}} \approx D_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}}, \quad (7.7)$$

где P — усилие плунжера от давления на него жидкости, МН.

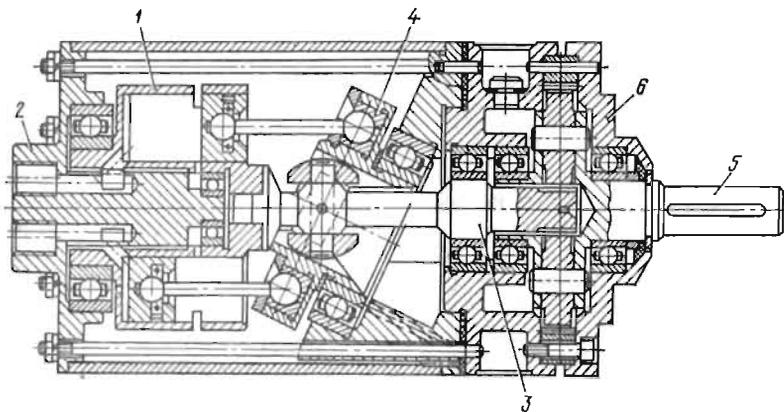
Наружный диаметр цилиндров будет наименьшим при соотношении [9]

$$\gamma \approx 0,29 [\sigma]. \quad (7.8)$$

Величина допускаемого напряжения для кованных цилиндров из стали 35 $[\sigma] = 110 \dots 150$ МПа, для кованных цилиндров из низколегированных сталей (1,5–2 % Ni) $[\sigma] = 150 \dots 180$ МПа.

7.5. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

Пневматические двигатели являются частью комбинированного привода, входящей в состав технологической машины. Они преобразуют энергию сжатого воздуха, вырабатываемую компрессором, механическую энергию ведомого звена (вала, штока и др.).



7.7. Реверсивный пневматический двигатель:

1 — блок цилиндров; 2 — распределительный золотник; 3 — главный вал; 4 — качающаяся ба; 5 — выходной вал; 6 — планетарный редуктор

По принципу действия различают турбинные и объемные пневматические двигатели. В турбинных пневматических двигателях используется кинетическая энергия потока воздуха под воздействием его на лопатки турбины. Они применяются, в частности, в ручных машинах типа дрелей, гайковертов и другого переносного оборудования. В объемных пневматических двигателях работа совершается в результате расширения сжатого воздуха в цилиндрах с поршнем, т. е. используется потенциальная энергия сжатого воздуха. У этих пневмодвигателей ведомое звено совершает возвратно-поступательное движение (пневмоцилиндры) или вращательное движение (пневмомоторы или собственно пневмодвигатели).

Пневматические цилиндры широко применяются в оснащении заготовительно-штамповочного производства как в качестве основных приводов технологических машин (пневматические пресс-пневматические молоты), так и для других целей (прижимные буферные устройства, средства автоматизации и др.). Они рассматриваются в соответствующих разделах.

Схема пневматического двигателя с вращающимся ведомым звеном приведена на рис. 7.7. Двигатель имеет вращающийся семицилиндровый блок 1 и неподвижный распределительный золотник 2. Возвратно-поступательное движение поршней преобразуется во вращательное движение главного вала 3 при помощи специального механизма — качающейся шайбы 4. Планетарный редуктор 6 уменьшает частоту вращения выходного вала 5.

ГЛАВА 8

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ И НОСИТЕЛИ ЭНЕРГИИ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И УСТАНОВОК

Общей отличительной особенностью технологических машин, предназначенных для электрохимических и электрофизических методов обработки, является использование электрической энергии в качестве рабочего агента, непосредственно или через передающую среду воздействующего на заготовку.

Большинство первичных источников электрической энергии вырабатывает ток переменного направления. Генераторы (и двигатели) переменного тока по сравнению с машинами постоянного тока при равной мощности проще по устройству, меньше по габаритным размерам, надежнее в работе и дешевле в изготовлении. Благодаря простоте трансформации напряжения почти без потерь мощности для передачи и распределения электрической энергии также преимущественно используется переменный ток.

Однако для эффективной обработки с использованием электрической энергии в качестве рабочего агента, как правило, требуется

ток постоянного направления с определенными вольт-амперными и другими характеристиками. Для выработки необходимых характеристик переменный ток, полученный от сети, преобразуется в источниках питания (ИП), в состав которых входят выпрямители, генераторы, электрические фильтры, трансформаторы, конденсаторы и другие устройства в зависимости от вида обработки. Эти устройства, синтезированные в ИП, являются элементами общей рабочей электрической цепи технологических машин и установок для электрохимических и электрофизических методов обработки.

Для относительного перемещения инструмента и заготовки (обычно без силового механического их взаимодействия) в этих машинах применяются обычные двигатели (электрические, гидравлические и др.).

8.1. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ АНОДНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ РЕЗКИ

В качестве источников питания (ИП) станков для анодно-механической резки используют чаще всего преобразователи переменного электрического тока в униполярный импульсный (рис. 8.1, а). В зависимости от особенностей электрохимической обработки источники питания могут вырабатывать и другие формы напряжения (рис. 8.1, а, б).

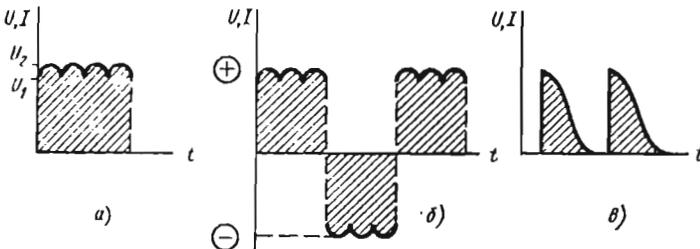


рис. 8.1. Формы напряжений, вырабатываемые источниками питания для электрохимической обработки напряжением:

— униполярное постоянное; б — постоянное с изменяющейся полярностью; а — постоянное униполярное импульсное

В станках для электрохимических методов обработки применяются два типа источников питания; электромеханические (машинные), имеющие в основе схему электродвигатель — генератор, статические (полупроводниковые) преобразователи переменного напряжения от электрической сети в постоянное. Статические преобразователи не имеют недостатков, присущих машинным источникам питания (шум, вибрации, большие габаритные размеры), они обладают высоким КПД и по мере развития полупроводниковой техники находят все более широкое применение.

Плавное регулирование и поддержание в процессе обработки требуемых величин тока и напряжения, возможность быстрого отклю-

чения от электрической сети в аварийных ситуациях (например при коротком замыкании) могут обеспечить ИП, синтезированные по двум принципиально различным схемам (рис. 8.2) [2].

При первой схеме (рис. 8.2, а) переменное напряжение электрической сети 380 В сначала понижается трансформатором 1 до 24 В, а затем блоком 2 одновременно с выпрямлением регулируется по величине в пределах 3...24 В. Выпрямленное напряжение подводит к катоду-инструменту 3 и аноду-заготовке 4. Главным элементом блока 2 является тиристор — полупроводниковый прибор, обладающий способностью пропускать электрический ток лишь при оди-

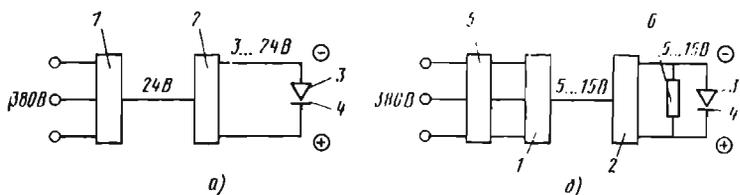


Рис. 8.2. Структурные схемы статических преобразователей:

а — типа ВАК; б — типа ВАКР; 1 — понижающий трансформатор; 2 — выпрямитель; 3 — электрод-инструмент; 4 — обрабатываемая заготовка; 5 — специальный блок короткозамыкатель

полярности. По этой схеме синтезируются источники питания типа ВАК — выпрямительные агрегаты кремниевые. В зависимости от схемы подвода управляющего напряжения от специального мало мощного источника тиристоры ИП этого типа могут вырабатывать разную форму напряжения (см. рис. 8.1). Источники питания, дающие напряжение с изменяющейся полярностью (рис. 8.1, б), называют реверсивными (ВАКР).

В зависимости от схемы соединения обмоток трансформатора 1 (см. рис. 8.2, а) источники питания этого типа могут работать на двух режимах. При работе в первом режиме они обеспечивают стабилизацию электрического тока; при работе во втором режиме — стабилизацию его напряжения. Первый режим работы ИП применяется для процессов электрохимической обработки с неподвижными электродами-инструментами, когда стабилизация тока с увеличением межэлектродного промежутка не уменьшает производительность обработки. Для процессов с подвижными электродами-инструментами источник питания работает по второму режиму. В этом случае стабилизация напряжения обеспечивает более высокую точность обработки.

Источники питания, синтезированные по второй схеме (рис. 8.2, б) (ИПТУ), имеют специальный блок тиристорного управления 5, включенный в электрическую цепь перед понижающим трансформатором 1 для стабилизации и регулирования электрического тока и напряжения, а также для аварийного отключения. Преобразование пониженного переменного напряжения в постоянное производится блоком 2, который состоит из полупроводниковых электрических вентилях, пропускающих ток одной полярности, но, в отли-

чие от тиристоров, не обладающих способностью регулировать напряжение. ИПТУ имеют специальный блок — короткозамыкатель *б*, служащий для защиты электродов-инструментов от оплавления в момент их касания обрабатываемой поверхности, не защищенной пассивированной пленкой.

Конструктивно ИП типа ВАК, вырабатывающие электрический ток до 1600 А, монтируются в одном шкафу-корпусе, на пульте которого располагаются вольтметр, амперметр, кнопки включения и выключения, сигнальные лампочки, информирующие о включении и аварийном отключении ВАК, потенциометры для регулирования напряжения и силы тока, а также тумблер для установки способа (ручной или автоматический) стабилизации напряжения и силы тока. Воздушное охлаждение трансформатора и выпрямительных элементов ИП осуществляется вентилятором, расположенным внутри корпуса. ИП имеет клеммы для соединения с шинами-токопроводами станка и клеммы для подвода электроэнергии от сети. ИП типа ВАК питания станков током более 1600 А, как правило, имеют многокорпусную конструкцию с размещением в отдельных шкафах трансформатора, выпрямителя и системы управления.

ИП типа ИПТУ независимо от мощности имеют шкаф, в котором располагаются трансформатор, выпрямитель, тиристорный регулятор напряжения, короткозамыкатель и блоки управления. Контрольная и сигнальная аппаратура, а также ручки управления размещаются на пульте. Охлаждение трансформаторов, вентиля и тиристоров может быть естественное или принудительное воздухом, водой или маслом, а также комбинированное.

8.2. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ МЕТОДОВ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Источниками питания электроэрозионных станков служат генераторы импульсов (ГИ) для формирования импульсов напряжения до 200...300 В при силе тока в несколько тысяч ампер и длительности импульсов от 10^{-1} до 10^{-7} с.

Различают релаксационные, машинные, магнитонасыщенные, электронные и полупроводниковые ГИ. Релаксационные генераторы в общем случае синтезируются из токоограничивающего зарядного резистора (R), индуктивности (L) и накопительного конденсатора (C) в различном сочетании. RC -генератор (рис. 8.3) состоит из последовательно соединенных источника постоянного напряжения с ЭДС $E = 80...200$ В, ключа K , токоограничивающего зарядного резистора R и накопительного конденсатора C , подключенного параллельно межэлектродному промежутку (МЭП). Простой по устройству RC -генератор имеет низкий КПД (обычно менее 25 %); частота повторения вырабатываемых им импульсов, а также амплитуда и длительность зависят от величины и физического состояния МЭП. LC -генератор (рис. 8.4) и другие релаксационные генераторы (RCC , C , CC , $RLCC$ и др.) имеют по сравнению с RC -генератором улучшен-

ные показатели по некоторым параметрам, но также формируют импульсы тока повышенной длительности и небольшой величины; их мощность недостаточна для размерной обработки больших заготовок.

Машинные генераторы, в которых для вращения ротора используются электрические двигатели, преобразуют механическую энергию в электрические импульсы большой энергии. При этом униполярные импульсы формируются, например у коммутаторных генераторов, коллекторным выпрямителем, встроенным в машину. Необходимая скважность (отношение периода повторения к длительности) импульсов обеспечивается выбором размеров магнитной цепи машины и соответствующим выполнением обмотки якоря. Машинный генератор

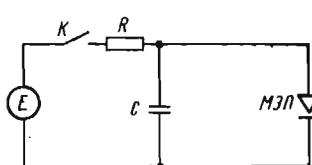


Рис. 8.3. Схема RC-генератора

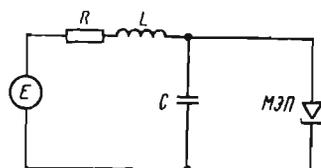


Рис. 8.4. Схема RLC-генератора

униполярных импульсов с двухполупериодным выпрямлением (рис. 8.5) имеет переменноплюсную магнитную систему с узкими полюсами, смонтированную на статоре, и обмотку вращающегося якоря, в которой генерируется знакопеременное импульсное напряжение. С коммутатора, состоящего из двух изолированных частей, при помощи щеток снимается униполярное импульсное напряжение [23].

Магнитонасыщенные генераторы импульсов построены на принципе использования нелинейности кривой намагничивания магнитомягких материалов, и в частности прямоугольной формы петли гистерезиса. Знакопеременные импульсы напряжения на нагрузке преобразуются затем в униполярные выпрямителем.

Для устранения основного недостатка релаксационных ГИ — зависимости частоты импульсов напряжения от параметров МЭП — в разрядную цепь вводят управляемый специальным генератором прибор, который подсоединяет к МЭП накопительный конденсатор в заданные моменты времени. Из полупроводниковых генераторов этого типа широкое применение получили генераторы типа ШГИ (широкодиапазонные ГИ), которые выпускаются серийно. В них производятся переключения в цепи МЭП с помощью транзисторов, благодаря чему становится возможным усовершенствование, например, релаксационных генераторов.

На рис. 8.6 представлена упрощенная схема ГИ, в котором блоки силовых и поджигающих импульсов подключены параллельно МЭП и срабатывают последовательно (без перерывов). В рабочем контуре МЭП включены параллельно ветви из балластных резисторов R_0 и транзисторные ключи T_1 , T_2 и т. д., управляемые от задающего генератора ЗГ. Напряжение источника питания U_0 силового блока выбирается равным 60...70 В, напряжение блока поджигающих им-

пульсов U_n составляет 100 ... 300 В. От ЗГ на базу транзисторов силового и поджигающего блоков поступают импульсы, включающие последовательно соединенные транзисторы ключа K (на схеме не показаны). К МЭП прикладывается высокое напряжение U_n от малоомощного блока поджигающих импульсов. После пробоя напряжение на МЭП снижается до 25 ... 40 В, и через МЭП идет ток от силового блока. Длительность импульсов этого тока определяется временем пребывания транзисторов силового блока в открытом состоянии, что, в свою очередь, задается длительностью импульсов ЗГ.

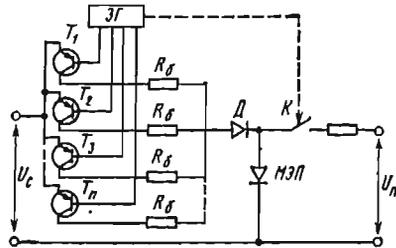
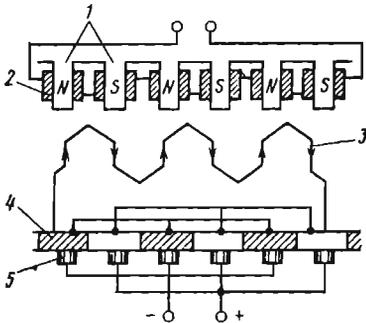


Рис. 8.5. Схема развертка однофазного ГИ с двухполупериодным выпрямителем: 1 — узкие полюсы; 2 — обмотка возбуждения; 3 — обмотка якоря; 4 — сегмент коммутатора; 5 — щетки

Рис. 8.6. Упрощенная схема широкодиапазонного генератора импульсов

Во всех генераторах импульсов предусматриваются блоки защиты от коротких замыканий. При разработке новых типов ГИ стремятся к их дальнейшей унификации, автоматизации управления ими, а также к простоте их устройства и универсальности применения.

8.3. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ РЕЗКИ ПРОНИКАЮЩЕЙ ДУГОЙ И ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

Источником энергии плазменных горелок (плазмотронов) у станков для плазменной обработки служат стандартные сварочные источники постоянного тока с падающей внешней характеристикой, в которых используются генераторы постоянного тока с приводом от асинхронных двигателей переменного тока.

На рис. 8.7 показана принципиальная схема питания плазменной горелки. С помощью тумблера T включается реле P_1 , замыкающее контакты в цепи газовых клапанов, и обмотки промежуточного реле РП, которое включает контактор КТ. Кратковременным нажатием на кнопку включается высокочастотный разрядник и зажигается вспомогательная дуга. Наряду с постоянным электрическим током к горелке также подводится газ для образования плазмы, воздух и вода для дроселирующего охлаждения. Низкотемпературная ($T \approx 10^4$ К) плазма генерируется дугowymi плазмотронами, представляющими собой газоразрядное устройство, состоящее из одного

(катода) или двух (катода и анода) электродов, разрядной камеры, систем подачи плазмообразующего вещества и охлаждающих агентов.

В плазмотроне с одним электродом создается внешняя плазменная дуга — дуговой разряд горит между катодом плазмотрона и обрабатываемой заготовкой, служащей анодом (рис. 8.8). Эти плазмо-

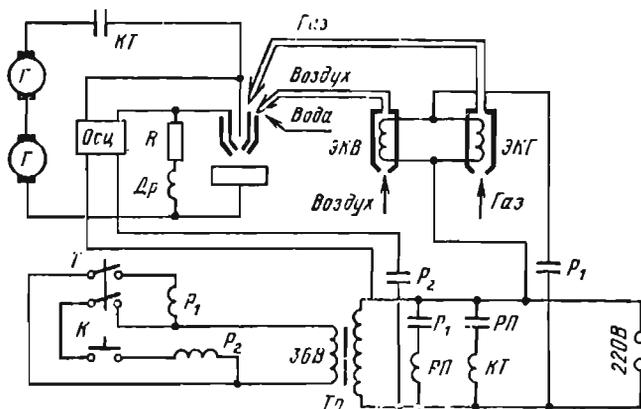


Рис. 8.7. Принципиальная электрическая схема питания плазменной горелки:

Г — генераторы; Осц — осциллятор; Др — дроссели; Т — тумблер; ЭЛВ, ЭЛГ — электроклапаны

троны могут иметь и второй вспомогательный электрод (анод), мало-мощный разряд на который с катода (кратковременный или постоянно горящий) «поджигает» основную дугу между катодом и заготовкой.

В плазмотронах, создающих плазменную струю, плазма, образующаяся в разряде между катодом и выходным торцом сопла горелки (анод), отделяясь от дуги, истекает из разрядной камеры в виде узкой длинной струи, воздействуя на необязательно токопроводящий материал заготовки.

Для обеспечения устойчивой работы плазмотрона и повышения долговечности сопел горелок электрическая дуга должна стабилизироваться вдоль оси горелки. Способы стабилизации представлены схематично на рис. 8.9. При стабилизации вихрем обжатие дуги производится потоком плазмообразующего газа, подаваемого тангенциально в дуговую камеру.

При стабилизации газовым слоем газ течет аксиально, образуя слой, ограничивающий сечение

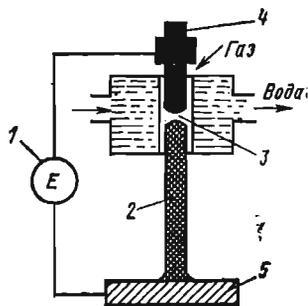


Рис. 8.8. Схема плазмотрона с внешней плазменной дугой:

1 — источник постоянного тока; 2 — дуговой разряд; 3 — разрядная камера; 4 — электрод (катод); 5 — обрабатываемая заготовка (анод)

дуги. При стабилизации стенками диаметр канала выбирается соизмеримым с диаметром столба дуги.

В качестве плазмообразующего газа применяются Ar, N₂, NH₃ и их смеси. Для интенсификации процесса резки металлов исполь-

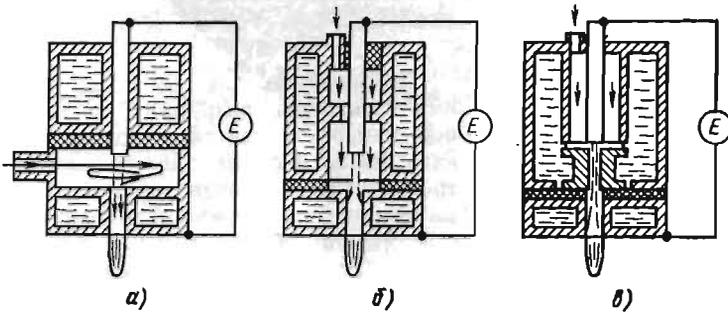


Рис. 8.9. Схемы стабилизации дуги:
а — вихрем; б — газовым слоем; в — стенками сопла

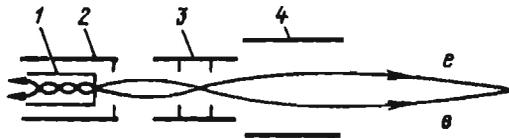
зуется также химически активная плазма. Например, при резке воздушной плазмой O₂, окисляя металл, дает дополнительный энергетический вклад в процесс резки.

8.4. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ РЕЗКИ

Источниками питания станков для электронно-лучевой резки служат электронные пушки, представляющие собой устройства для формирования высокоинтенсивных электронных лучей в ограниченном объеме, из которого удален воздух (в вакууме). Электроны в электронной пушке вылетают из катода и ускоряются электрическим

Рис. 8.10. Схема электронной пушки:

1 — катод; 2 — модулятор; 3 — первый анод; 4 — второй анод;
5 — траектории электронов



полем высокого напряжения, приложенного между катодом и анодом (рис. 8.10). Геометрические и энергетические параметры образующегося пучка электронов определяются формой и положением фокусирующего электрода, установленного в прикатодной области, и величиной ускоряющего напряжения. Сформированные в пучок электроны устремляются к аноду, пролетают через отверстие в нем далее к обрабатываемой заготовке.

Для увеличения плотности энергии, подводимой к зоне обработки, управления направлением электронного пучка за анодом располагают фокусирующие и отклоняющие элементы (рис. 8.11) [20].

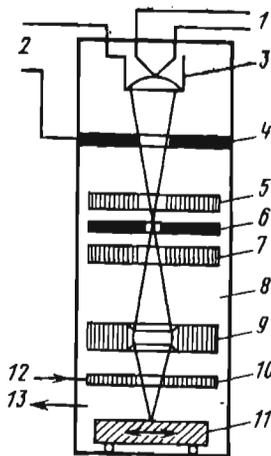


Рис. 8.11. Принципиальная схема установки для электронно-лучевой резки:

1 — питание накала; 2 — высокое напряжение; 3 — электронный прожектор; 4 — анод; 5 — устройство регулирования луча; 6 — диафрагма; 7 — стигматор; 8 — вакуумная камера; 9 — линза; 10 — отклоняющая линза; 11 — заготовка; 12 — от регулятора отклонения; 13 — к вакуумному насосу

Необходимое для свободного движения электронов разрежение в герметичной камере создается и поддерживается вакуумным насосом с приводом от электродвигателя. Производительность вакуумного насоса должна быть согласована с величиной объема камеры и интенсивностью газовыделения в процессе резки.

Управление режимом работы электронной пушки и перемещение заготовки с помощью манипуляторов при обработке могут осуществляться в зависимости от типа установки вручную, а также с приводом от двигателя полуавтоматически или автоматически с применением системы числового программного управления.

8.5. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Источниками питания для лазерной резки служат лазеры, которые генерируют непрерывные или импульсные световые лучи, обладающие очень высокой плотностью энергии и когерентностью (строгой направленностью).

Наиболее эффективное применение в технологических установках для лазерной резки получили твердотельные и газовые лазеры. В твердотельных лазерах активной средой служит кристаллическая или стеклянная матрица, в которую введена примесь ионов активатора (активных центров). В качестве активных центров используются ионы переходных металлов (например, Cr) или редкоземельных элементов. Наиболее широкое применение в технологических установках получили рубин, различные сорта стекол, активированные ниодимом, и иттривоалюминиевый графит, активированный ниодимом (ИАГ) [20].

Выполненная в виде цилиндрического стержня матрица с активными центрами располагается рядом с газоразрядной лампой накачки, возбуждающей активное вещество матрицы. Энергия, необходимая для работы импульсных ламп, запасается в емкостных или индуктивных накопителях, питаемых от сети электрического тока. Включение импульсных ламп производится высоковольтным импульсом малой длительности, формируемым системой поджига. Пусковой импульс обеспечивает начальную ионизацию газоразрядного промежутка лампы накачки, после чего становится возможным разряд накопителя через лампу.

Схема излучающей головки рубинового лазера со спиральной лампой-вспышкой показана на рис. 8.12. Рубиновый стержень, заключенный внутри стеклянной трубки, через которую непрерывно прокачивается охлаждающая среда, помещен вдоль оси спиральной лампы накачки. Стержень внутри стеклянной трубки фиксируется пружиной. Световой луч, возникающий в результате возбуждения рубина, выходит в направлении заготовки с торца стержня.

Наряду со спиральной конструкцией ламп, возможно применение также ламп коаксиальной и П-образной формы, но наибольшее рас-

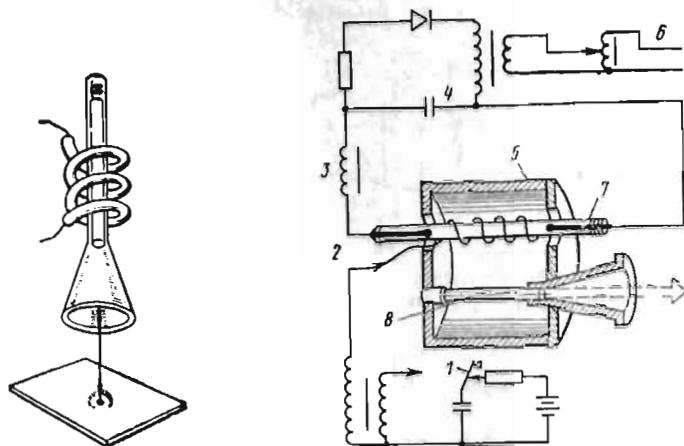


Рис. 8.12. Схема излучающей головки рубинового лазера со спиральной лампой-вспышкой

Рис. 8.13. Принципиальная схема твердотельного лазера

пространение в современных конструкциях лазеров получили прямолинейные трубчатые лампы с цилиндрическими отражателями. На рис. 8.13 показана принципиальная схема твердотельного лазера. Рубиновый стержень 8 расположен внутри эллиптического отражателя 5 с полированной внутренней поверхностью. Параллельно стержню 8 во второй фокальной плоскости отражателя помещена ксеноновая импульсная лампа 7, питаемая импульсами тока от контура, состоящего из конденсатора 4 и дросселя 3, включенных через трансформатор в сеть промышленного переменного тока 6. Поджиг лампы осуществляется с помощью пускового устройства 2, подающего импульс напряжения на разряд конденсатора при замыкании ключа 1. Излучение концентрируется на обрабатываемой поверхности с помощью сферической или цилиндрической оптики. В последнее время активные элементы лазеров изготавливаются из стекла с ниодимом.

В газовых лазерах активной средой является газ, смесь газов или смесь газов с парами металла. В качестве активных центров в газовых лазерах используются нейтральные атомы, ионы и молекулы газов. Среди других наибольшее распространение получил метод возбуждения активной среды с помощью электрического разряда.

Для технологических целей в основном применяют молекулярные лазеры на азоте и углекислом газе, ионные лазеры на аргоне, криптоне, ксеноне и парах кадмия.

Принципиальная схема газовых лазеров аналогична схемам твердотельных — они также состоят из двух блоков: собственно лазера (лазерной головки) и блока питания. Основными узлами лазерной головки являются: активный элемент, представляющий собой газоразрядную трубку, и резонатор, образованный зеркалами, расположенными в юстировочных механизмах. Тип источника питания определяется режимом работы лазера.

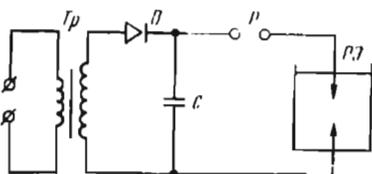


Рис. 8.14. Принципиальная схема ГИТ установок для электрогидравлической штамповки:

П — выпрямитель; С — конденсаторная батарея; Р — разрядник; РЭ — рабочие электроды

Лазеры непрерывного действия имеют высоковольтные стабилизированные или нестабилизированные источники питания с системой поджига. Импульсные лазеры, работающие в режиме возбуждения высоковольтным импульсом тока, оснащаются генераторами высоковольтных импульсов, коммутирующими элементами в которых служат тиратрон или искровой разрядник [20].

8.6. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ И МАГНИТОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ

Источниками питания установок для электрогидравлической штамповки служат генераторы импульсных токов (ГИТ). Типовая схема ГИТ приведена на рис. 8.14. ГИТ включает в себя повышающий трансформатор, выпрямитель, емкостный накопитель энергии в виде батарей конденсаторов, коммутирующее устройство (разрядник) с запускающим блоком (система поджига). В результате электрического пробоя межэлектродного промежутка в жидкости образуется токопроводящий канал разряда, быстрое расширение которого вызывает ударную волну.

В качестве жидкой передающей среды в установках для штамповки обычно используют воду, для осуществления пробоя в которой требуется напряжение величиной в несколько десятков киловольт.

Для направления и облегчения инициирования разряда межэлектродный промежуток закорачивают металлической провололочкой. При прохождении через такую провололочку разрядного тока происходит электрический взрыв, течение которого можно разбить на три стадии. На первой стадии провололочка взрывается и испаряется, в результате чего межэлектродный промежуток становится непроводящим. Затем наступает пауза тока, которая длится до тех пор, пока

плотность газа в расширяющемся после взрыва канале не упадет настолько, что окажется возможным пробой газа под действием запасенного на конденсаторах напряжения. В третьей стадии процесса происходит разряд по ионизированному газовому каналу, быстрое расширение которого вызывает ударную волну в жидкости, причем скорость распространения ударной волны значительно выше скорости расширения канала разряда.

Предельные энергетические возможности электрического разряда ограничиваются допустимым напряжением зарядки и емкостью конденсаторных батарей. Запасаемая энергия большинства ГИТ установок для электрогидравлической штамповки не превышает 100 ... 150 кДж.

Электрическая схема импульсных токов установок для магнитоимпульсной штамповки во многом сходна со схемой ГИТ установок для электрогидравлической штамповки. Принципиальная схема генератора импульсных магнитных полей показана на рис. 8.15. От

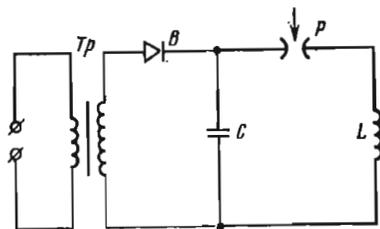


Рис. 8.15. Принципиальная схема ГИТ импульсных магнитных полей

сети электрического тока через повышающий трансформатор Тр и выпрямитель В осуществляется зарядка конденсаторной батареи С. При достижении заданного уровня энергии с помощью разрядника Р осуществляется мгновенная разрядка конденсаторов, но не на межэлектродный промежуток, как при электрогидравлической штамповке, а на рабочий индуктор L, создающий сильное импульсное магнитное поле, воздействующее на заготовку.

8.7. НОСИТЕЛИ ЭНЕРГИИ УСТАНОВОК ДЛЯ ШТАМПОВКИ ВЗРЫВОМ

Источниками энергии установок для штамповки взрывом являются энергоносители в виде бризантных взрывчатых веществ (БВВ), порохов и газовых смесей. Все взрывные процессы по своему характеру и скорости распространения делятся на горение, взрыв и детонацию. Скорость распространения процесса горения не превышает нескольких десятков метров в секунду, скорость процесса взрыва измеряется тысячами метров в секунду, скорость процесса детонации превышает скорость звука в данном веществе [5].

Бризантные взрывчатые вещества

Бризантные взрывчатые вещества относятся к вторичным ВВ, взрывчатое превращение которых протекает в форме детонации. Они широко применяются как энергоносители в установках для взрывной штамповки.

Бризантные ВВ выпускаются в виде порошка, прессованных брикетов (шашек), литых зарядов различной формы, пластичных или

эластичных листов и шнуров. Для взрывной штамповки целесообразно применять ВВ с относительно малыми скоростями детонации (5000 м/с). К таким веществам относятся, например, аммиачно-селитровые смеси (аммониты).

Детонацию бризантных ВВ вызывают с помощью специальных детонирующих устройств, называемых детонаторами. Детонатор представляет собой гильзу с запрессованным в нее небольшим количеством инициирующего ВВ, обладающего способностью легко и быстро переходить из состояния горения в детонацию. Заряд инициирующего ВВ поджигают с помощью электрического разряда или электропроводного шнура соответственно с электродетонатором и капсуль-детонатором. Взрыв детонатора, присоединенного к основному заряду бризантного ВВ, возбуждает детонацию всего заряда.

Наиболее распространенной передающей средой при взрывной штамповке является вода. Образующиеся при детонации заряда БВВ газы резко сжимают воду вблизи заряда, инициируя ударную волну, воздействующую на заготовку.

Пороха

Пороха довольно широко применяются в качестве энергоносителя в технологических машинах для приведения в движение исполнительного органа, а в некоторых случаях также для штамповки путем непосредственного (через среду) воздействия на заготовку.

Различают нитроцеллюлозные (бездымные) и смесевые пороха. Типичным представителем нитроцеллюлозных порохов являются пироксилиновые пороха, получаемые воздействием летучего растворителя на пироксилин.

Основным видом взрывчатого превращения порохов является горение, не переходящее (в отличие от бризантных ВВ) в детонацию. Процесс горения пороха можно разделить на три фазы; зажигание, воспламенение и собственно горение. Бездымные пороха загораются примерно при 200 °С, дымные — при 300 °С. Скорость воспламенения зависит в основном от давления газов, окружающих порох, а также от чистоты поверхности зерен пороха, его природы, формы заряда, состава газов и продуктов горения воспламенителя. На последней стадии реакция горения распространяется в толщу зерен пороха. Скорость горения зависит в основном от давления газов и природы пороха. Скорость воспламенения порохов больше скорости их горения. Так, скорость горения при атмосферном давлении составляет у дымных порохов около 10 мм/с, у бездымных — от 1 до 2 мм/с, а скорость воспламенения соответственно — от 1000 до 3000 мм/с и от 2 до 5 мм/с [5].

Газовые смеси

Горючие газовые смеси характеризуются высоким энергосодержанием, что позволяет эффективно использовать их в некоторых технологических машинах и установках.

Химическое превращение газовых смесей в форме взрыва может происходить по двум режимам — нормального горения и газовой

детонации. Воспламенение газовой смеси можно осуществлять путем подогрева или местного зажигания. При подогреве химическая реакция протекает одновременно во всем объеме сосуда, в котором заключен газ; при местном зажигании возникает пламя, распространяющееся либо в форме нормального горения, либо в форме детонации.

Режим горения может быть использован лишь для формообразования деталей, не требующего значительных усилий деформирования. Более пригодным для применения в технологических установках является режим взрывного химического превращения газовых смесей в форме газовой детонации, для появления которой необходимо возникновение ударной волны, способной поджечь газовую смесь ударным сжатием. Ударная волна в газовой смеси может инициироваться достаточно сильным электрическим разрядом, взрывом заряда конденсированного ВВ и другими импульсными источниками энергии.

В установках для деформирования листовых заготовок применяют способ получения детонации, основанный на предварительном получении детонационной волны в трубке с последующим выпуском этой волны в объем любой формы. При определенных условиях может быть осуществлен промежуточный между горением и детонацией режим нестационарного быстрого горения.

ЧАСТЬ II

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В современном производстве средства автоматизации и механизации применяются уже на стадии его подготовки. В частности, при технологической подготовке производства (ТПП) для проектирования технологических процессов и их оснащения инструментом, приспособлениями и оборудованием используется электронно-вычислительная техника. В ходе осуществления производственного процесса средства автоматизации и механизации применяются на стадиях складирования, транспортировки полуфабрикатов и оснастки, установки инструмента и приспособлений на технологической машине, подачи и закрепления в рабочей позиции обрабатываемого полуфабриката, выполнения основных и вспомогательных технологических операций, удаления из рабочей зоны деталей и отходов. Во многих случаях изготовление детали осуществляется на нескольких рабочих местах, следовательно, возникает потребность в средствах автоматизации и механизации межоперационной транспортировки обрабатываемых полуфабрикатов.

В системах управления работой машин в заготовительно-штамповочном производстве широко применяются копировальные устройства, следящие приводы, системы числового программного управления и другие средства автоматизации.

ГЛАВА 9

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНО- ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В общей структуре автоматизированной подготовки производства важную часть составляет система технологической подготовки производства, включающая в себя совокупность методов, алгоритмов, программ математического обеспечения, технических средств и организационных мероприятий, используемых при проектировании, прежде всего, технологических процессов, так как все остальные вопросы подготовки производства решаются в зависимости от принятого варианта технологического процесса.

§.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

От времени, затрачиваемого на технологическую подготовку производства, во многом зависят сроки запуска новых изделий в производство. Основным средством сокращения этого времени является автоматизация и механизация процессов ТПП.

Технологическая подготовка заготовительно-штамповочного производства включает в себя проектирование и изготовление плазов, шаблонов и объемной контрольной оснастки, разработку технологических процессов, проектирование и изготовление технологической оснастки, включая средства автоматизации и механизации, выбор оптимального оборудования, подготовку программного обеспечения и другие работы, обеспечивающие качественное и экономичное изготовление деталей.

Технические средства автоматизации технологической подготовки заготовительно-штамповочного производства следует выбирать согласно ГОСТ ЕС ТПП. Комплекс технических средств АС ТПП включает в себя ряд машин, аппаратов и других устройств, выполняющих самые разнообразные функции [6].

В качестве основного исполнителя при решении всех вычислительных, логических и геометрических задач, встречающихся при технологическом проектировании, применяются электронно-цифровые вычислительные машины универсального типа («Минск-32», СМ-3, СМ-4 и др., а также все ЭВМ серии ЕС ЭВМ) со штатными устройствами ввода и вывода.

Комплекс устройств информационно-поисковой системы (ИПС) может использоваться или по прямому назначению, или как долговременное запоминающее устройство. Для преобразования исходной информации, заданной в текстовой или графической форме, в буквенно-цифровые коды и ввода ее в ЭВМ служат автокодировщики. Ввод исходной информации в форме текстов и таблиц осуществляется печатающими устройствами типа АЦПУ, а информации в виде чертежей, эскизов, схем, графиков и т. п. — выполняется чертежными автоматами рулонного и планшетного типа.

Визуальное наблюдение за результатами проектирования на промежуточных этапах производится с помощью устройств отображения графической, текстовой и цифровой форм информации типа дисплей. Сбор и передача информации во всех ее формах (текст, изображение, звуковой или электрический сигнал и др.) внутри АС ТПП и вне ее выполняет аппаратура связи. Для размножения технической документации используется множительная печатающая аппаратура различных типов (электрографический аппарат Эра, ротарпринт, светокопировальные аппараты, аппаратура для микрофильмирования и др.).

Следует отметить, что степень и объем автоматизации работ, связанных с проектированием технологических процессов, по мере освоения АС ТПП могут нарастать постепенно, начиная с решения математических и логических задач на ЭВМ. Другие операции (ко-

дирование, выполнение чертежей оснастки и инструмента, пооперационных эскизов, схем графиков и т.п.) в этих случаях выполняются вручную по данным, полученным от ЭВМ. При выборе технических средств для АС ТПП следует учитывать практическую необходимость в них и экономическую эффективность их использования.

Одной из важных задач подготовки заготовительно-штамповочного производства, которая без особых затруднений может решаться с помощью ЭВМ, следует считать выбор оборудования для основной (обрабатывающей) операции. Выбор оборудования (кроме основной) предопределяет также подготовительные, контрольные и другие вспомогательные операции, инструмент и оснастку, разряд работы и нормы времени.

На выбор оборудования влияют параметры, характеризующие изготавливаемую деталь, а также вид заготовки и серийность производства. В качестве примера в табл. 9.1 приведена общая исходная матрица соответствия для определения вида оборудования, на котором возможно и целесообразно изготовление плоских деталей. Входную информацию составляют: марка материала, вид полуфабриката (заготовки), контур и габаритные размеры детали, точность размеров, шероховатость поверхности кромок, серийность производства. Выходной информацией является вид оборудования. Матрица содержит все возможные оптимальные варианты сочетаний входных и выходных параметров (таких сочетаний 92), однозначно определяющих один из десяти видов оборудования.

Применительно к конкретному производству (цеху) матрица трансформируется, в нее вносятся данные о номенклатуре изготавливаемых деталей, наличном оборудовании, его загрузке и другая информация. После ввода кодированной информации в ЭВМ для каждой детали получают инвентарный номер требуемой технологической машины.

9.2. СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ ПЛАЗОВ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАБЛОНОВ И ОБЪЕМНОЙ ОСНАСТКИ

Особенностью изготовления плазов, шаблонов и пространственной оснастки является единичный характер производства. Время изготовления этих видов оснащения ограничено сроками запуска изделия в производство.

Контурные теоретических и конструктивных плазов обычно вычерчиваются с применением координатографов — чертежных автоматов, оснащенных двухкоординатными системами числового программного управления. Для этих целей используются чертежные автоматы моделей КПУ-1, КПУ-2, «Старт» и др. [31].

Чертежный автомат представляет собой двухкоординатную автоматическую машину, имеющую стол для установки на нем заготовки плаза, продольный портал и поперечную каретку, несущую чертежное перо. Конфигурация вычерчиваемой кривой определяется скоростями перемещения по координатным осям x и y :

$$V_x = V \cos \alpha; \quad V_y = V \sin \alpha, \quad (9.1)$$

где V — результирующая скорость перемещения; α — угол наклона вектора \bar{V} к оси x .

На координатографе КПУ-1 можно вычерчивать и размечать изделия размером до 2000×1100 мм. Чертежный автомат имеет стол размером 4400×2200 мм. Кинематика и система управления автомата позволяют выставить инструмент в любую точку стола с погрешностью, не превышающей $\pm 0,05$ мм. Программа работы автомата записывается на магнитной ленте в виде сигналов, модулированных по фазе. Автомат имеет высокие (до 800 мм/мин) скорости подачи по координатным осям, чем обеспечивается достаточная производительность вычерчивания контуров.

Исходная информация для составления программы работы автомата может быть задана графически, аналитически или опорными точками. На основе информации разрабатывается программа для ЭВМ, где производятся необходимые расчеты. После кодирования в коде интерполятора последний выдает готовую управляющую программу.

Рабочие контуры шаблонов получают на двухкоординатных фрезерных станках с числовым программным управлением. Линейчатые элементы формблоков и оправок с переменной малкой обрабатываются цилиндрическими фрезами на трехкоординатных фрезерных станках с ЧПУ, а поверхности оснастки двойной кривизны — с помощью шаровых фрез.

Дальнейшее развитие математических методов задания поверхностей, совершенствование автоматизации программирования с применением ЭВМ позволяет отказаться от плаза как основного носителя форм и размеров деталей. Технологическую оснастку становится возможным изготовлять непосредственно по информации, снятой с теоретического и конструктивного чертежа. При технологических процессах заготовительно-штамповочного производства, не требующих формообразующей оснастки, конфигурация деталей определяется программой работы технологической машины, записанной по информации, исходящей от ЭВМ.

9.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Исходными данными для подготовки программ станков с ЧПУ служат сведения о геометрии и размерах детали, технические характеристики станка и системы ЧПУ, технологическая информация. В процессе подготовки программы для оборудования с ЧПУ выполняются арифметические и логические операции, кодирование и перекодирование, регистрация, контроль и передача информации.

Вычислительные машины

Для переработки заданной числовой информации служит цифровая вычислительная техника, т. е. машины дискретного действия.

По способам механизации ввода чисел и автоматизации процесса вычислений машины делятся на три основных класса;

- 1) счетно-клавишные машины (СКМ) с ручным вводом цифровых данных;
- 2) перфокарточные или счетно-аналитические машины (САМ) с автоматическим вводом цифровых данных;
- 3) электронные вычислительные машины (ЭВМ) с автоматическим вводом цифровых и программным управлением вычислениями.

Обычно расчет программ для станков с ЧПУ выполняется с использованием СКМ или ЭВМ. Счетно-аналитические машины (САМ) предназначены для автоматизации простых процессов переработки большого объема информации, в то время как при подготовке программ выполняется сложная переработка относительно небольшого объема информации. Поэтому использование САМ в подготовке программ для станков с ЧПУ нецелесообразно.

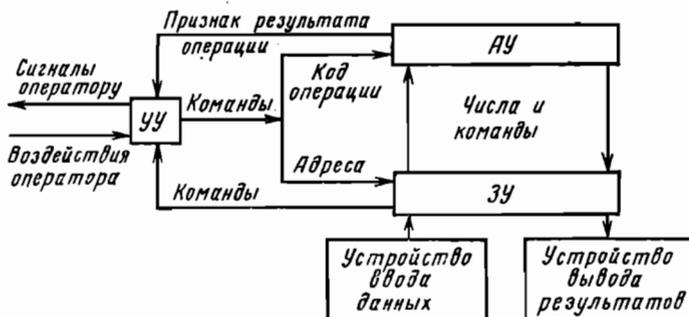


Рис. 9.1. Структурная схема ЭВМ

Среди клавишных машин наибольшее применение в программировании для станков с ЧПУ получили двухпериодные вычислительные арифмометры, автоматы типа САР, Мерседес и электронные СКМ. Арифмометры целесообразно применять для выполнения операций умножения и деления; для выполнения операций сложения и вычитания использование арифмометров малоэффективно. Клавишные арифмометры моделей ВК-1, ВК-2, ВК-2М с производительностью 130 ... 140 операций в час применяют для вычислительных работ небольшого объема.

Полноклавишные вычислительные автоматы типа САР выполняют автоматически четыре арифметических действия, а полуавтоматически — также возведение в степень и извлечение корня. На выпускаемых отечественных моделях типа САР (ВММ-2, Вятка, Вильнюс) и импортных (Рейнметалл, Суперметалл) можно производить многократно умножение без записи итогов, вычисление сумм и разностей произведений, автоматическое гашение счетчиков и ряд других вспомогательных операций.

Многоклавишные машины типа Мерседес также предназначены для выполнения четырех арифметических действий. Наиболее целесообразно их использовать при выполнении операций умножения, деления и комбинированных действий. Эти машины имеют устройство для последовательного умножения нескольких сомножителей без записи промежуточных произведений или для возведения в степень. Наиболее часто используются модели машин Мерседес М-37 и М-38.

Широкое распространение получили бесшумные и надежные в эксплуатации электронные СКМ, автоматически выполняющие четыре арифметических действия и извлечение корня. Отечественные модели этих машин ЭДВМ, Вега, Рось, Орбита и импортные Елга, Зоэнтрон 220 и др. вычисляют функции $\sin x$, $\cos x$ и $\operatorname{tg} x$.

Подготовку программ для изготовления сложных деталей на станках с контурными системами программного управления, когда требуется выполнить громоздкие расчеты, целесообразно производить с использованием ЭВМ. Независимо от назначения, быстродействия, объема памяти все ЭВМ содержат одинаковые блоки (рис. 9.1): запоминающее устройство (ЗУ), арифметическое устройство (АУ), устройство управления (УУ), устройство ввода и вывода.

Запоминающее устройство (ЗУ) предназначено для приема исходной информации, хранения промежуточных величин и выдачи результатов решения. Здесь же хранится программа вычислений, определяющая порядок работы частей машины.

ЗУ состоит из отдельных ячеек, в каждую из которых может быть помещено одно число. Каждая ячейка имеет свой порядковый номер — адрес, например 0001, 0002, 0003 и т. д.

Запоминающие устройства разделяются на оперативные (ОЗУ), внешние и долговременные (ДЗУ). ОЗУ служит для хранения программ, исходного числового материала, а также промежуточных и конечных результатов. В процессе работы машины между ее оперативной памятью и остальными устройствами происходит непрерывный обмен информацией: на регистры УУ выбираются поочередно исполнительные команды программ, в АУ вызываются числа, участвующие в выполнении машинных операций, из АУ в ОЗУ поступают результаты выполненных операций.

Внешнее ЗУ, называемое также накопителем на магнитной ленте (НМЛ), используется для хранения исходного числового материала, когда весь его объем не помещается в ОЗУ, а также для хранения промежуточных результатов, если это необходимо. НМЛ характеризуется меньшей по сравнению с ОЗУ скоростью выборки, но обладает весьма большой емкостью. НМЛ связан с оперативной памятью (обычно через АУ), что позволяет осуществлять обмен числовым материалом между ними.

Долговременное запоминающее устройство (ДЗУ) хранит постоянную информацию, которая не подвергается изменению. К числу таких сведений относятся константы и неизменные стандартные программы.

Арифметическое устройство (АУ) предназначено для выполнения арифметических и логических операций. В АУ имеются ячейки памяти для фиксации ограниченного количества чисел на время выполнения с ними арифметических операций, а также логические схемы, осуществляющие эти операции.

Устройство управления (УУ) регулирует работу остальных устройств машины. Устройства ввода и вывода служат соответственно для введения информации в память машины и вывода полученных результатов на печать или программноноситель.

Автоматическая работа машины обеспечивается программным управлением, которое определяет, в какой последовательности, над какими числами и какие операции должна выполнить машина. Программа состоит из отдельных команд, каждая из которых записывается некоторым набором цифр (числовым кодом). Таким образом, вся программа представляет собой некоторую последовательность числовых кодов.

Команда состоит из двух основных частей. В первой части указывается номер операции, выполняемой на данном шаге. Во второй части могут быть указаны адреса чисел, над которыми должны быть выполнены операции, количество чисел и адрес ячейки, в которую должен быть послан результат.

По количеству записываемых в команде адресов различают ЭВМ одноадресные (Урал-14, Урал-16), двухадресные (Минск-22, Минск-32), трехадресные (БЭСМ-4, М-20). Наиболее соответствующими по техническим характеристикам решению задач автоматизации программирования для станков с ЧПУ являются в настоящее время ЭВМ моделей Минск и ЕС.

Дальнейшее совершенствование ЭВМ идет по пути увеличения их быстродействия и объема памяти, а также оснащения их внешними устройствами, облегчающими эксплуатацию. В частности, создаются новые технические средства для ввода и вывода графической информации на экран или центральное устройство.

Наряду с вычислительными машинами к устройствам подготовки управляющих программ также относятся перфораторы, интерполяторы, печатающие устройства, координатографы и графопостроители, считывающие устройства и др.

Перфораторы

Перфоратором называют устройство, осуществляющее запись информации на носитель путем пробивки в нем отверстий. В зависимости от вида носителя перфораторы бывают ленточные и карточные. По способу пробивки различают перфораторы механические, электромеханические, электромагнитные, гидравлические, пневматические и др.

Ленточный перфоратор состоит из лентопротяжного механизма, осуществляющего периодическое (старт-стопное) перемещение ленты и фиксирование ее в позиции пробивки отверстий, и перфорационной части, имеющей пуансон и матрицу. Движением пуансона управляют специальные кодовые электромагниты. При поступлении на электромагнит сигнала соответствующий пуансон пробивает ленту, при отсутствии сигнала пробивки не происходит.

Наибольшее распространение получили электромагнитные и электромеханические перфораторы. В электромагнитных перфораторах пробивка осуществляется самим кодовым электромагнитом. У электромеханических перфораторов пуансоны имеют привод от отдельного электродвигателя, а кодовые электромагниты лишь управляют их движением.

По скорости различают ленточные перфораторы малой скорости (5 ... 20 строк/с), средней скорости (20 ... 100 строк/с) и высокой скорости (выше 100 строк/с)

На рис. 9.2 приведена схема хорошо зарекомендовавшего себя перфоратора средней скорости типа ПЛ-80, который предназначен для регистрации информации на бумажную ленту шириной 17,5 и 25,5 мм в пяти- и восьмиразрядном коде. При вращении эксцентрикового вала 1 шатун 2 передает возвратно-поступательное движение толкателю 6. Если срабатывает кодовый электромагнит 5, то якорь 4 притягивается и рычаг 3 поворачивается. При ходе толкателя через пуансон 7 с помощью матрицы 8 пробивает отверстие в ленте 9. Если кодовый магнит не срабатывает, толкатель упирается в рычаг 3, поворачивается и пробивка не происходит.

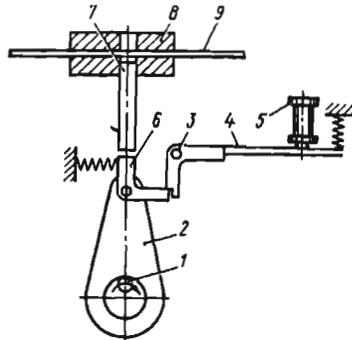


Рис. 9.2. Схема перфоратора ПЛ-80

Телеграфные аппараты (телетайпы) предназначены для передачи информации в системах связи. С развитием информационной и вычислительной техники телеграфные аппараты широко используют для связи с ЭВМ. При подготовке данных на перфолентах аппараты оснащаются дополнительными приставками для перфорирования и считывания с перфолент. В вычислительной технике получили применение рулонные телеграфные аппараты, в которых информацию печатают в виде обычного машинописного текста. Из отечественных рулонных аппаратов наиболее распространены аппараты типа РТА.

Телеграфный аппарат РТА-6 состоит из передающей и приемно-печатающей частей, имеющих общий электрический привод и смонтированных в одном корпусе. В передающей части происходит преобразование исходной информации в пятиразрядные кодовые комбинации международного телеграфного кода № 2 и последовательная передача его в линию связи. В приемно-печатающей части осуществляется прием, декодирование кодовых комбинаций, печатание соответствующих символов на бумаге и приготовление перфоленты. Узел перфоратора выполняет перфорацию кодовых отверстий на стандартной ленте в соответствии с поступающими комбинациями знаков.

Интерполяторы

Интерполяторы предназначены для преобразования записанной на перфоленте кодированной программы в декодированную, потребную для шаговых двигателей систем ЧПУ станков. Современные интерполяторы содержат кроме блока интерполирования также блоки для задания станку различных технологических команд, устройства разгона и торможения, устройства контроля, устройства для коррекции программ по скорости и по диаметру фрезы, блоки считывания программ, блоки памяти и др.

По способу аппроксимации обрабатываемого контура между опорными точками интерполяторы делятся на линейные и линейно-круговые. Линейные интерполяторы обеспечивают премолинейную траекторию перемещения исполнительного органа между опорными точками, а линейно-круговые — траекторию, состоящую из отрезков прямой и дуг окружности.

Линейный интерполятор (рис. 9.3) содержит двончный счетчик импульсов, логические элементы И и ИЛИ. Счетчик импульсов состоит из триггера — элементов, каждый из которых имеет два устойчивых состояния. Одному состоянию триггера приписывают состояние 1, второму 0. При подаче на вход триггера импульсов он переходит поочередно в одно из этих состояний. Все триггеры соединены после-

довательно, каждый из них соответствует одному разряду двоичного числа. Если на вход счетчика, состоящего, например, из четырех триггеров, поступает импульс, триггер младшего разряда переходит в состояние 0001. Следующий импульс возвращает первый разряд в исходное состояние, а из первого триггера поступает импульс на второй, и счетчик переходит в состояние 0010 и т. д.

Логический элемент И осуществляет операцию логического умножения, он имеет два входа и один выход. Единичный сигнал на выходе будет только в том случае, если на оба входа подается сигнал 1. Во всех остальных случаях сигнал на выходе отсутствует.

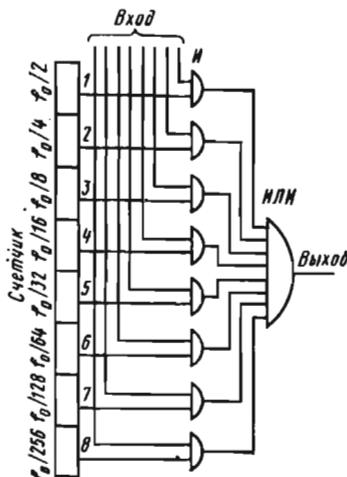


Рис. 9.3. Схема интерполятора на импульсных умножителях

на вторые входы элементов И будет подан сигнал 1. Интерполятор преобразует код программы в унитарный код, который записывается на магнитную ленту или поступает непосредственно на полюса шагового двигателя системы управления станка.

Большинство отечественных линейно-круговых интерполяторов (УМС-2, Контур 5П, Зиг-Заг, Н55, Н22 и др.) интерполируют по методу оценочной функции [29]. При линейной интерполяции обработка перемещения исполнительного органа из начальной точки x_0, y_0 в конечную точку x_k, y_k производится одиночными шагами в продольном или поперечном направлении. Величина и знак оценочной функции для промежуточной точки определяются интерполятором по формуле

$$F_{ij} = y_j x_k - x_i y_k, \quad (9.2)$$

где x_i — абсцисса промежуточной точки; y_j — ордината промежуточной точки; x_k, y_k — координаты конечной точки интерполируемого отрезка.

Последующие значения оценочной функции при шаге по оси x

$$F_{(i+1), j} = F_{i, j} - y_k, \quad (9.3)$$

при шаге по оси y

$$F_{i, (j+1)} = F_{i, j} + x_k. \quad (9.4)$$

При круговой интерполяции отрезки окружности радиуса R в случае расположения в первом квадранте обход дуги происходит против часовой стрелки от начала относительной системы координат $x_0 y_0$ до конечной точки $x_k y_k$. Ось x относительной системы координат направляется влево, а ось y — вверх.

Оценочная функция имеет вид

$$F_{i,j} = x_i^2 + y_j^2 - R^2, \quad (9.5)$$

где x_i , y_j — абсолютные координаты промежуточной точки; R — радиус окружности.

Последующие значения оценочной функции при шаге по оси x в абсолютных координатах

$$F_{(i+1),j} = F_{i,j} - 2x + 1. \quad (9.6)$$

Аналогично при шаге по оси y

$$F_{i,(j+1)} = F_{i,j} + 2y + 1. \quad (9.7)$$

От выбора типа интерполятора во многом зависит эффективность программирования. Линейно-круговые интерполяторы по сравнению с линейными сложнее по устройству, дороже и менее надежны. Однако при применении линейно-круговых интерполяторов значительно сокращается трудоемкость программирования; по сравнению с линейными интерполяторами количество информации сокращается в 1,3 ... 2 раза.

Интерполяторы бывают вынесенные и встроенные. Вынесенные интерполяторы не связаны с конкретным станком, они сосредоточены в отделении подготовки программ. Один интерполятор может обслуживать несколько станков (групповые интерполяторы Программы Л-68, ЛКИ-ФМ и др.) [29]. Встроенные интерполяторы непосредственно смонтированы в систему управления станка. Магнитная лента в этом случае не требуется, информация в унитарном коде на перфоленте с интерполятора непосредственно подается в систему управления шагового двигателя.

Современные станки проектируют со встроенными интерполяторами. Удорожание системы управления станком компенсируется расширением его технологических возможностей — программирования большого числа технологических команд; уменьшения объема программносителя и трудоемкости контроля; внесения исправлений в программу.

Линейно-круговые интерполяторы Н22, Н33, Н55 (цифры соответственно означают общее число и число одновременно управляемых координат) имеют оптические считывающие устройства. Программа записывается на восьмидорожечной перфоленте в коде ИСО [29]. Интерполяторы предназначены для управления шаговыми двигателями ШД5-Д1 с величинами рабочей подачи до 1200 мм/мин и ускоренного перемещения до 4800 мм/мин. В основу работы интерполяторов заложены интегральные схемы Логика-2. Системы управления с этими интерполяторами позволяют осуществлять смещение начала отсчета, допускают ручное управление и ручной ввод данных, имеют устройство коррекции размеров инструмента.

Интерполятор ЛКИ-ФМ состоит из считывающего устройства, блока оперативной памяти, интерполирующего устройства, преобразователя унитарного кода в синусоидальные фазомоделированные сигналы, блока задания скорости и устройства записи выходной информации на магнитную ленту.

Считываемая информация поступает в блок оперативной памяти и далее в интерполирующее устройство. Работа интерполятора в режиме линейной аппроксимации определяется заданием в программе значений направляющих косинусов со своими знаками, длины единичного участка, скорости перемещения исполнительного органа, длины тормозного пути.

Печатающие устройства

Печатающие устройства представляют собой аппараты, обеспечивающие вывод и регистрацию буквенно-цифровой информации на бумажном носителе. Они входят в состав периферийных устройств ЭВМ, в комплекты аппаратуры контроля и регистрации информации, устройств подготовки данных для лент (УПДЛ) и др.

По методу нанесения знаков на носитель различают печатающие устройства ударного и безударного действия, по способу формирования строк — устройства последовательной и параллельной печати, по режиму работы — устройства, работающие в стартовой (бумага при нанесении знаков неподвижна) и в непрерывном режимах (бумага движется непрерывно), по способу формирования контура знака—

Знакопечатающие устройства (знак печатается целиком) и знаковосинтезирующие устройства (знак формируется из отдельных элементов — точек, отрезков), по методу выбора знаков из набора — устройства статической и динамической печати.

Печатающие устройства включают в себя следующие основные узлы: механизм печати, бумагоноситель, привод, устройство управления. В общем случае механизм печати состоит из литероносителя, механизма выбора знака и механизма воздействия на носитель.

К печатающим устройствам ударного действия относятся телетайпы, пишущие машинки, печатающие устройства МПУ6-2, МП-2. Широкое применение в вычислительной технике получили пишущие машинки Консул-254, Консул-260 (ЧССР).

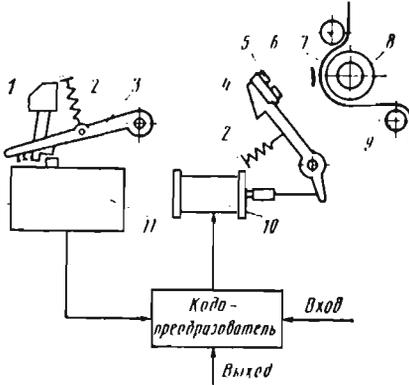


Рис. 9.4. Схема пишущей машинки

Принципиальная схема пишущей машинки приведена на рис. 9.4. При нажатии на клавишу 1 рычаг 3, преодолевая сопротивление пружины 2, отклоняется вниз и, замыкая контакты шифратора 11, формирует на его выходе восьмиразрядную параллельную кодовую комбинацию. Сигнал с шифратора поступает в кодопреобразователь, расположенный вне машинки в блоке управления, срабатывает соответствующий электромагнит 10, рычаг 4 поворачивается по часовой стрелке и литерой 5 через красящую ленту 6 наносит знак на бумагу 7. Бумага при помощи прижимного ролика 9 прижимается к барабану 8. При изменении регистра барабан 8 перемещается в вертикальном направлении.

Машинка может работать от сигналов, поступающих от ЭВМ, считывающего устройства и др., а при работе от клавиатуры сигналы о набираемой информации поступают в ЭВМ, на перфоратор и другие устройства.

Координатографы и графопостроители

Координатографами и графопостроителями называют устройства для графического отображения информации в виде графиков, чертежей и схем. По виду носителя различают планшетные и рулонные графопостроители. У планшетного графопостроителя рабочий орган с пером перемещается относительно листа, закрепленного на плоской доске, в двух взаимно перпендикулярных направлениях. У графопостроителя рулонного типа перо на движущейся с рулона бумаге фиксирует продольную подачу, а в поперечном направлении перо перемещается при движении каретки.

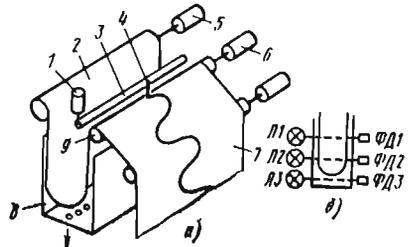
Для управления графопостроителем применяют контурную систему числового управления. Наибольшее распространение получили шагово-импульсные контурные системы с шаговыми двигателями. Программа для управления графопостроителем может быть представлена в виде записи на магнитной ленте, на перфоленте или поступать непосредственно от ЭВМ.

В качестве примера на рис. 9.5, а приведена схема рулонного графопо-

Рис. 9.5. Схема графопостроителя рулонного типа:

а — кинематическая

б — датчик



строителя типа ЕС-7052. Бумага 7 сматывается с катушки 2, вращаемой двигателем 5, образуя буферную петлю в накопителе, и транспортным валиком 9 с приводом от шагового двигателя 6 подается в направлении продольной оси. Исполнительный орган 4 получает перемещение в направлении поперечной оси от шагового двигателя 1 и тросовой системы 3. Для натяжения бумаги из полости буферного кармана 8 отсасывается воздух при помощи специального вентилятора. Оптимальная величина буферной петли регистрируется при помощи фотодатчиков (рис. 9.5, б).

Считывающие устройства

Считывающие устройства предназначены для считывания информации с перфолент, перфокарт, магнитных лент. Они являются частью практически любого комплекта оборудования, предназначенного для хранения, обработки, контроля и регистрации информации.

Одним из наиболее быстродействующих считывающих устройств с перфоленты является фотозлектрическое устройство ЕС-1501. В непрерывном режиме скорость считывания информации составляет 1500 символов в 1 с. Устройство состоит из электродвигателя, приводящего в действие лентопротяжный механизм, блока питания, включающего в себя трансформатор, выпрямитель, фильтр и стабилизатор, блока усиления и формирования сигналов, блока ввода перфоленты, состоящего из механизмов транспортирования и торможения, и узла считывания (рис. 9.6). Механизм транспортирования имеет ведущий 3 и прижимной 4 ролики.

Ведущий ролик вращается от электродвигателя через муфту 2, управляемую электромагнитом 1. Прижимной ролик закреплен на кронштейне 6; усилие прижима передается через резиновую прокладку 5. Тормоз выполнен в виде электромагнита 10, якорь которого через резиновые прокладки воздействует на ленту 9.

Узел считывания имеет осветительную лампочку 8, диафрагму 13 и блок фотодиодов 12. Нижняя часть корпуса 11 неподвижна, верхняя часть 7 выполнена откидной для заправки ленты.

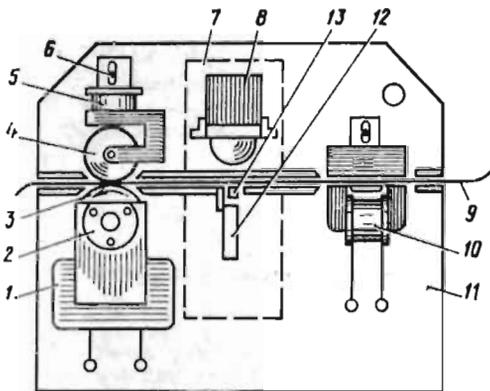


Рис. 9.6. Схема считывающего устройства

Дисплей

Использование вычислительных машин при программировании становится особенно эффективным, когда они работают в режиме диалога. Наиболее употребительными техническими средствами, обеспечивающими обмен информацией между человеком и машиной в процессе диалога, наряду с печатающими устройствами являются устройства отображения на экран электронно-лучевой трубки, называемые дисплеями. На экран дисплея информация может быть выведена в виде чертежей, схем, графиков, кинематических и электрических схем и т. д. Оператор имеет возможность контролировать выводимую информацию и при помощи клавиатуры и специального светового карандаша вносить необходимые коррективы в изображение.

Различают несколько режимов работы дисплея: точечный, векторный, режим прямолинейных отрезков, режим коротких векторов, шаговый. В точечном режиме каждое слово изображения указывает определенную точку на экране дисплея. Для изменения изображения на экране дисплея из оперативной памяти ЭВМ записывается другой измененный список изображения.

Структурная схема дисплея приведена на рис. 9.7. Дешифратор направляет значение координат X и Y , полученных от узла управления, в соответствующие регистры. Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) преобразуют в аналоговую (непрерывную) форму, т. е. в напряжение. Величины напряжения, соответствующие величинам чисел, подаются на отклоняющие пластины электроно-лучевой трубки (ЭЛТ). Напряжение, поданное от X -регистра, отклоняет луч в горизонтальном направлении, а от Y -регистра — в вертикальном направлении. Таким образом луч перемещается в ту точку экрана, которая описывается данным дисплейным словом. Далее дешифратор (при коде 1) посылает команду «яркость», и на экране возникает точка.

Для создания на экране вида непрерывной линии требуется иметь на одном миллиметре не менее четырех точек. Непрерывность изображения дисплейного списка

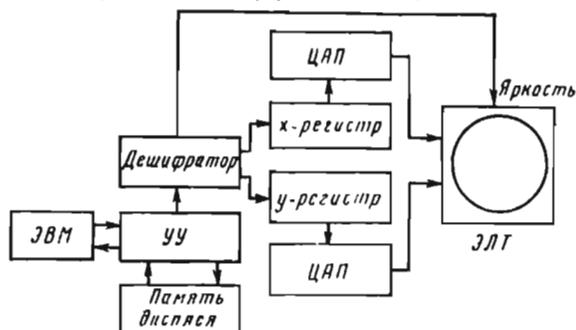


Рис. 9.7. Структурная схема дисплея

обеспечивается при подаче не менее 30–40 импульсов в 1 с. Лишние режимы работы дисплея позволяют при небольшом объеме дисплейного списка вывести на экран достаточно сложные изображения.

При наличии графических средств отображения информации с использованием режима диалога процесс программирования для станков с ЧПУ кардинально упрощается. В функции оператора входит изображение на экране контура обрабатываемой детали, введение с пульта основных размеров, отметка световым карандашом опорных точек, указание диаметра фрезы и направление обхода контура. Система выдает готовую программу обработки для конкретного станка.

При дальнейшем развитии технологические вычислительные комплексы оборудования позволяют автоматизировать проектирование деталей, технологической оснастки, изготовление конструкторской и технологической документации, расчет режимов обработки, нормирование технологических процессов, выбор оптимального варианта раскроя и другие вопросы подготовки производства.

ГЛАВА 10

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СКЛАДСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

При функционировании заготовительно-штамповочных цехов в производственном обороте одновременно находится большое количество предметов труда и средств производства: полуфабрикаты, заготовки и детали, технологическая оснастка и инструмент. Кроме того, в обращении также находится значительное количество чертежей, карт технологических процессов, листов изменений чертежей и

другой документации. Все это огромное количество грузов и документов проходит через склады и кладовые для регистрации, учета, хранения и адресной транспортировки.

Исследования показывают, что в обычных условиях мелкосерийного и серийного производства непроизводительные затраты времени на транспортировку полуфабрикатов, заготовок и деталей на рабочие места, их укладку и перегрузку составляют до 25 % сменного времени, что свидетельствует об актуальности автоматизации и механизации работ, связанных с хранением и транспортировкой грузов в цехах.

Основными путями осуществления комплексной автоматизации и механизации подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ являются: рациональная организация складского хозяйства, максимальное приближение складов к основному производству цеха, объединение транспортно-складских операций с технологическими процессами изготовления деталей, оснащение современными средствами механизации и автоматизации, применение прогрессивных транспортных средств в виде конвейеров и монорельсовых дорог с автоматическим адресованием грузов, механизация и автоматизация вспомогательных операций, связанных с застропкой и захватом транспортируемых грузов.

10.1. СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Автоматизированные склады оснащаются комплексом механизмов и машин для выполнения самых разнообразных операций: приемки, расконсервации, рассортировки, штабелирования, укладки в стеллажи, поиска, комплектования и доставки предметов хранения на рабочие места или на промежуточные склады рабочих участков.

Расконсервация и маркировка полуфабрикатов (в частности, листов) производится на специальных автоматизированных линиях конвейерного типа, оснащенных устройствами для снятия бумаги, удаления смазки, мойки, маркировки и других подготовительных операций.

Для сокращения времени поиска хранимой технологической документации применяются механизированные картотеки, запоминающие устройства и информационно-поисковые системы на базе ЭВМ. При пользовании механизированной картотеккой оператор набирает на пульте управления индекс нужной карты, и блок управления с избирательным устройством обеспечивает автоматическую подачу нужной кассеты к оператору.

На входе в склады предусматривается центральный диспетчерский пульт управления, возглавляемый старшим диспетчером. Пульт оборудован системой телефонной и громкоговорящей диспетчерской связи, узлом ввода информации и печатающим выводным устройством ЭВМ, координирующим работу склада по загрузке и комплектованию сменно-суточных заданий. Каждый стеллаж имеет свой периферийный пульт управления. С центрального

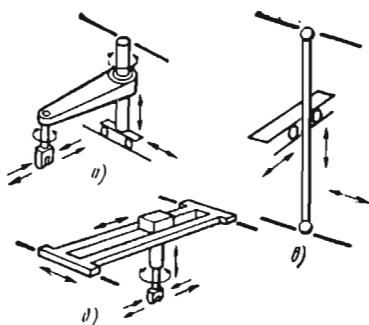


Рис. 10.1. Конструктивные схемы транспортных роботов:

а — консольный кран-манипулятор; б — мостовой кран-манипулятор; в — штабелер-манипулятор

пульты диспетчер вводит информацию о каждом поступившем наименовании груза. С другой стороны, периодически на склад поступает информация о наличии предметов труда и оснастки на рабочих местах.

Хранение мелких и средних заготовок, полуфабрикатов,

готовых деталей, оснастки средних габаритных размеров, специального инструмента осуществляют в ячеистых консольных стеллажах. Для хранения нормального режущего, измерительного инструмента, приспособлений малых габаритных размеров, рабочих чертежей, технологической документации целесообразно применять стеллажи элеваторного типа. Для вертикального хранения пруткового материала и труб применяют секционные стеллажи. Стеллажи консольные с выдвижными полками используют для хранения монолитных панелей, толстого листа, плит, хранимых на ребре. Консольные стеллажи обслуживаются кареточными штабелерами с полуавтоматическим управлением. Каждый штабелер обслуживает одну линию стеллажей, в которой хранится определенный вид предметов труда или средства производства.

Для укладки грузов в штабеля или стеллажи высотой до 8 м служат штабелеры-погрузчики с фронтальным выдвижным грузоподъемником, перемещающимся по поверхности пола. Управление штабелером производится оператором из кабины, которая в необходимых случаях может быть также подъемной. Грузоподъемность эксплуатируемых штабелеров достигает 3 т и более.

Одной из разновидностей подъемно-транспортных средств, часто применяемых на складах, являются краны-штабелеры с грузовой тележкой, имеющей поворотную колонну, несущей пакет груза на поддоне и позволяющей производить укладку и разбор штабелей. Все большее применение находят краны-штабелеры с дистанционным программным управлением. Высшей степенью автоматизации являются устройства, осуществляющие распознавание грузов, выбор места хранения и перемещение рабочих органов с помощью ЭВМ. Краны-штабелеры передают тару с предметами хранения на комплектный стол или механизированную передаточную тележку, которая перемещается в зону действия крана, установленного в приемо-отпускной зоне, а неподвижное место укладки обслуживается двумя плечами консольными кранами и другими транспортными средствами с манипуляторами (рис. 10.1).

Заготовки и полуфабрикаты транспортируются с механизированной площадки на рабочие места цеховыми подвесными или опорными кранами при помощи траверс, специальных захватов и тары, транспортерами, электрокарами и другими видами транспорта.

10.2. СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Все транспортные средства внутрицехового назначения можно разделить на две группы: машины непрерывного и периодического действия. Обе группы транспорта имеют свою специфику и могут рационально использоваться с учетом вида груза и характера производства.

Транспортными машинами непрерывного действия являются конвейеры. В заготовительно-штамповочных цехах конвейеры получили широкое применение на всех этапах производственного процесса. По типу тягового органа наиболее распространены ленточные

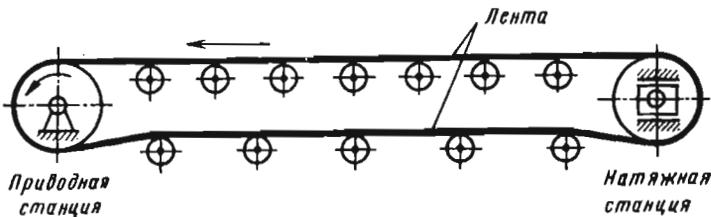


Рис. 10.2. Схема ленточного конвейера

и цепные конвейеры. Наряду с приводными применяются также гравитационные конвейеры. По виду грузонесущего органа наиболее часто используются ленточные и пластинчатые конвейеры, а также приводные и неприводные роликовые конвейеры (рольганги). К гравитационным средствам перемещения грузов следует также отнести склизы (для плоских грузов) и скаты (для грузов, близких по форме к телам вращения). В качестве источника энергии у приводных конвейеров чаще всего применяются электрические двигатели.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации используют конвейеры напольные или подвесные. Напольные конвейеры могут быть стационарными, передвижными или переносными. Последние два типа удобны в условиях частой перепланировки производственных участков. В зависимости от вида груза и несущего органа с помощью конвейера можно перемещать грузы не только в горизонтальной, но и наклонной под некоторым углом плоскости.

Ленточные конвейеры (рис. 10.2) обычно применяются для перемещения грузов небольшой массы. Тяговый и грузонесущий орган — лента движется по стационарным роlikоопорам, огибая приводной, натяжной, а иногда и отклоняющие барабаны. В зависимости от типа роlikоопор лента имеет плоскую или желобчатую форму. Ленточные конвейеры имеют высокую эксплуатационную надежность, обеспечивают производительность от нескольких т/ч до нескольких тысяч т/ч. Ширина лент в конвейерах от 300 до 2000 мм, скорость движения ленты составляет 1,5 ... 4,0 м/с.

Пластинчатые конвейеры (рис. 10.3) применяются для перемещения по горизонтали или с небольшим наклоном (до 35°) тяжелых (массой до 500 кг и более) штучных грузов. В частности, они могут

использоваться при транспортировке штампов к месту установки. Специфичной разновидностью пластинчатых конвейеров являются конвейерные столы прессов штамповки эластичной средой. Сочлененные пластины крепятся к одной или двум тяговым цепям, находящимся в зацеплении с приводными и натяжными звездочками, установленными на концах рамы. Скорость движения пластинчатых конвейеров обычно небольшая — 0,3 — 1 м/с. Типовые конструкции конвейеров имеют производительность до 2000 т/ч.

Роликовые конвейеры (рис. 10.4) служат для перемещения штучных грузов с плоской, ребристой или цилиндрической поверхностью. Система роликов смонтирована на неподвижных осях рамы

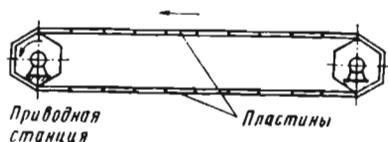


Рис. 10.3. Схема пластинчатого конвейера

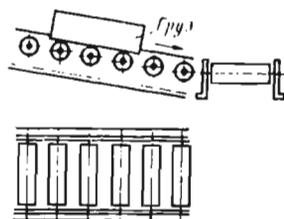


Рис. 10.4. Схема роликового конвейера

конвейера. Длина роликов должна быть несколько больше ширины или диаметра груза, а расстояние между роликами — несколько меньше половины длины груза. Мелкие грузы со сложной конфигурацией перемещают на таком конвейере в ящиках или на поддонах.

Роликовые конвейеры бывают двух типов: гравитационные и приводные. В гравитационных конвейерах, устанавливаемых с уклоном в $2 - 5^\circ$, ролики свободно вращаются под действием составляющей силы тяжести перемещаемого груза. В приводных конвейерах ролики имеют групповой привод от электродвигателя, они применяются, когда нужно обеспечить постоянную скорость движения грузов, перемещать их в горизонтальной плоскости или поднимать под некоторым углом. Роликовый конвейер обычно состоит из секций по 2 — 3 м длиной. В зависимости от требуемой траектории перемещения груза роликовый конвейер может включать в себя криволинейные и откидные секции, поворотные круги и стрелочные переводы.

Основными параметрами для выбора типа конвейера и определения его эффективности являются: производительность, величина пути транспортирования, форма трассы и направление перемещения (горизонтальное, вертикальное, наклонное, комбинированное), условия загрузки и разгрузки конвейера, размеры груза, его форма, удельная плотность, абразивность, кусковатость, влажность, температура и пр., ритм и интенсивность подачи, а также различные местные факторы.

Производительность Q любого конвейера при перемещении штучных грузов массой G кг со скоростью v м/с определяется по формуле

$$Q = 3,6 \frac{G}{a} v, \text{ т/ч}, \quad (10.1)$$

где a — расстояние между грузами на конвейере в м.

Из формулы (10.1) следует, что как производительность конвейера, так и определяющие ее параметры не зависят от расстояния, на которое перемещается груз. В этом состоит основное преимущество машин непрерывного действия, к которым относятся конвейеры, перед машинами циклического действия (например, подъемными кранами, электрокранами и др.).

Степень технического совершенства конвейера характеризуется удельным расходом мощности K_N :

$$K_N = N/Q, \quad (10.2)$$

где N — мощность в кВт; Q — производительность в т/ч.

Высокая производительность, простота конструкции и сравнительно невысокая стоимость, возможность выполнения на конвейере различных технологических операций, невысокая трудоемкость работ, обеспечение безопасности труда, улучшение его условий — все это обуславливает широкое применение конвейеров в заготовительно-штамповочном производстве, делая их во многих случаях неотъемлемой составной частью технологического процесса.

Конвейеры позволяют устанавливать и регулировать темп производства, обеспечивать его ритмичность. Являясь основным средством комплексной механизации и автоматизации транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, а также технологических операций, конвейеры вместе с тем освобождают рабочих от тяжелых и трудоемких ручных операций, делают их труд более производительным. Широкая конвейеризация составляет одну из характерных черт развитого промышленного производства. Конвейеры являются одними из основных машин, комплектующих систему автоматизированного производства.

В отличие от конвейеров производительность транспорта периодического действия зависит от расстояния транспортирования, однако достоинством такого транспорта является универсальность и большой диапазон применения. У транспортных устройств периодического действия рабочий ход чередуется с остановками и холостым ходом. Основным видом энергии, применяемой на внутрицеховом транспорте, служит электрическая. Для внутрицеховой транспортировки грузов применяются кран-балки, поворотные краны, электротельжки, электротельферы, тельжки операционные, транспортные средства на воздушной подушке и роботы-манипуляторы.

Для транспортировки длинномерных грузов, а также при работе в узких проездах применяются специальные электропогрузчики боковым расположением грузозахватов. При постоянной трассе обслуживания средства механизации могут оснащаться устройст-

вами автоматического адресования грузов и централизованного управления.

Очень широкое применение для внутрицеховых и межцеховых перевозок грузов получили э л е к т р о т е л е ж к и (электрокары) с неподвижной и подъемной платформой. Они бывают с сиденьем для оператора и с подножкой (без сиденья). Электротележка без сиденья (рис. 10.5) представляет собой самоходное шасси с приводом от электродвигателя 11, расположенного на ведущем мосту 9. Крутящий момент от электродвигателя передается через карданный вал.

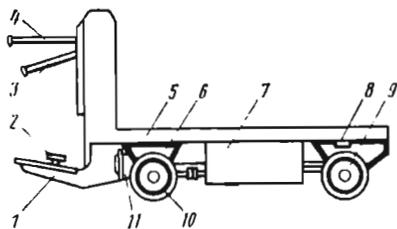


Рис. 10.5. Электротележка без сиденья

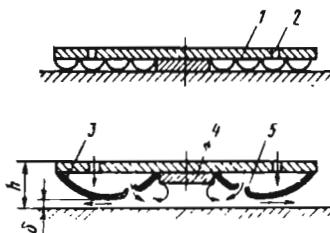


Рис. 10.6. Схема тележки на воздушной подушке

Аккумуляторная батарея 7 расположена в средней части электротележки под настилом 5. Рама тележки сварная. Передний 10 и задний 9 мосты крепятся к раме через кронштейны 6 и имеют рессорную подвеску 8. Рессорные пружины с одной стороны упираются в раму тележки, а с другой — в мосты. Аккумуляторные батареи для предохранения от толчков размещены в ящике, подвешенном к раме на четырех пружинах. Питание электросистемы осуществляется через электроразъем, который используется также для подзарядки аккумуляторов. Управление электротележкой осуществляется с платформы 1, на которой расположена педаль тормоза 2. Правой рукояткой 4 оператор управляет поворотом, а левой 3 — контроллером изменения скоростью движения.

Электротележки с сиденьем для оператора имеют аналогичную конструкцию. Электропогрузчики, скомпонованные на базе электрокара, оснащены подъемным устройством с захватами различной конструкции.

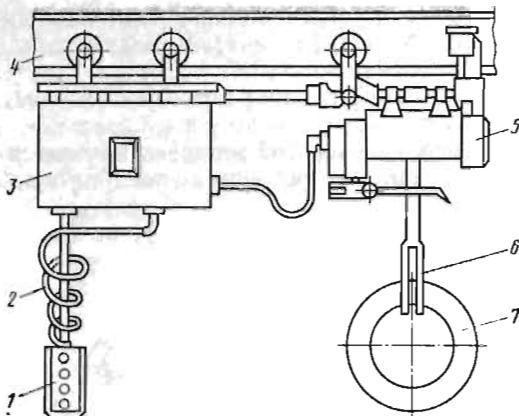
В последнее время нашли применение поддоны, платформы и тележки на воздушной и магнитной подушках, которые являются перспективным видом напольного транспорта. Схема действия воздушной подушки показана на рис. 10.6. Платформа состоит из плиты 1 с отверстиями 2 для входа воздуха, мягкой диафрагмы 3, прикрепленной к платформе фланцем 4. При повышении давления диафрагма деформируется, открываются выпускные клапаны 5, и воздух поступает в рабочую полость, где образуется зона повышенного давления (воздушная подушка). Платформа приподнимается на высоту h , и часть воздуха выходит через образовавшийся зазор δ , обычно не превышающий 0,5 мм.

Рис. 10.7. Электротельфер

Благодаря очень малому коэффициенту трения (примерно 0,004) для перемещения устройства с грузом не требуется сколько-нибудь значительных усилий. Давление подвального сжатого воздуха составляет 5–70 Па. Устройства на воздушной подушке обладают высокой маневренностью и обеспечивают равномерное распределение нагрузки на пол; они могут применяться в тесных, а также во взрывоопасных помещениях. Для нормальной работы устройства необходима ровная поверхность. Этот транспорт нашел применение при транспортировке тяжелых штампов и других массивных грузов.

К рельсовым видам транспорта периодического действия относится электротельфер для перемещения грузов по монорельсовой дороге с автоматическим адресованием. Электротельфер (рис. 10.7) состоит из электротали 5 марки ТЭ1-511, соединенной жесткой связью и силовым кабелем с прицепной тележкой блока адресования 3, которые перемещаются на колесах по монорельсовой дороге 4. Устройство имеет специальную подвеску с грузозахватным приспособлением 6 для транспортировки груза 7. Управление автоматизировано, но имеется также пульт 1 ручного управления, соединенный с тележкой блока адресования 3 кабелем 2.

Создание магнитной подушки и перемещение платформы по транспортному пути основано на взаимодействии линейных электромагнитов.



ГЛАВА 11

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ЗАГОТОВОК, ДЕТАЛЕЙ И ОТХОДОВ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ

Устройства автоматизации и механизации перемещения в рабочей зоне полуфабрикатов, заготовок, деталей и отходов определяются видами предметов обработки и технологических машин, характером производства.

11.1. УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ ШТАМПОВКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛУФАБРИКАТОВ

В отличие от штучных заготовок при штамповке из полуфабрикатов (листа, ленты, профиля, трубы, прутка, проволоки) последо-

вательно, при подаче на шаг изготавливается несколько деталей (заготовок). К полуфабрикатам следует отнести также полосы, отрезаемые от листа.

При автоматизации штамповки из листа и полосы применяются листо- и полосоукладчики. В исходном положении листовой и полосовой материал находится в стопе, первично ориентированной на основании листо- или полосоукладчика относительно

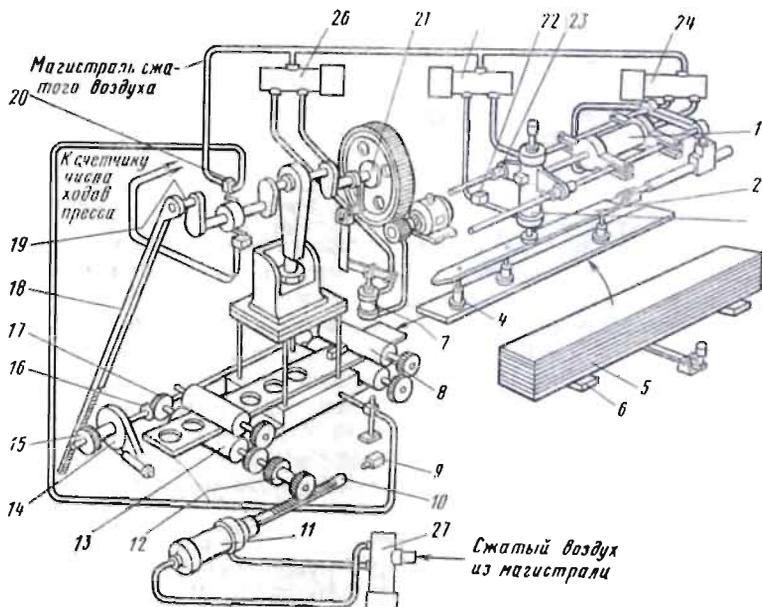


Рис. 11.1. Схема полосоукладчика с валковой подачей

захватного органа. Захват листа (полосы) осуществляется пневматическими присосами или электромагнитными захватными органами. При этом преодоление слипания и отделение листа (полосы) от стопы производится последовательным действием захватных органов, за счет использования эффекта отталкивания элементов с одинаковой полярностью и другими способами.

Подъем полуфабриката на уровень работы подающего устройства обычно выполняется с помощью пневматического цилиндра. Аналогичным способом лист (полоса) вводится в зону действия подающего устройства.

На рис. 11.1 показана схема полосоукладчика, работающего совместно с валковой подачей. Захват верхней полосы из стопы 5, уложенной на стол 6, производится присосами 4, укрепленными на траверсе 2. Опускание траверсы с присосами на стопу и подъем ее вместе с захваченной полосой на уровень валковой подачи осуществляются пневматическим цилиндром 3, управляемым электропневматическим

золотником 25. Горизонтальное перемещение полосы до захода ее в первую, толкающую пару валков производится пневмоцилиндром 1, который управляется своим электропневматическим золотником 24. В момент захода в валки упор 23 включает конечный выключатель 22, замыкание которого через электропневматический золотник 27 обеспечивает срабатывание пневматического цилиндра 11. При этом рейка 10, связанная с зубчатым колесом второй, тянущей пары валков 13 через обгонную муфту 12, поворачивает валки 13 и 8, в результате чего полоса устанавливается в положение для вырубki первой детали. Одновременно с окончанием установки полосы конечный выключатель 9, замыкаемый рейкой 10, дает сигнал через электропневматический золотник 26 к срабатыванию пневматического цилиндра 7 включающего муфту 21 пресса.

Валки 13 и 8, связанные с валом пресса кривошипом 19, шатуном-рейкой 18, через шестерню 15, обгонную муфту 14 и коническую пару 16—17 после каждого рабочего хода ползуна пресса подают полосу на один шаг. Сигнал к прекращению работы пресса и началу повторения штамповки следующей полосы дается счетчиком 20 числа рабочих ходов пресса, настроенным в соответствии с числом деталей в полосе.

Расчет полосо- и листоукладчиков в основном сводится к определению подъемной силы захватных органов и пневматических цилиндров. Минимально необходимое число присосов $z_{пр}$ определяется неравенством [19]

$$z_{пр} > \frac{G_3 + Q_{ин.з} + Q_{соп.з}}{Q_{п.з}}, \quad (11.1)$$

где G_3 — сила тяжести (вес) поднимаемой заготовки; $Q_{ин.з} = \frac{G_3}{g} a$ — сила инерции при подъеме заготовки; a — максимальное ускорение, развиваемое приводом при подъеме заготовки; g — ускорение свободного падения; $Q_{соп.з}$ — сопротивление заготовки отрыву (слипание заготовок и др.); $Q_{п.з}$ — подъемная сила одного пневматического захвата.

Если принять, что $Q_{соп.з} \approx G$ (т. е. предельный случай, когда слипание обеспечивает подъем следующей заготовки), то формула (11.1) получит следующий вид:

$$z_{пр} > \frac{G_3}{Q_{п.з}} \left(2 + \frac{a}{g} \right). \quad (11.2)$$

Усилие $Q_{п}$ привода механизма подъема определяется по формуле

$$Q_{п} = G + Q_{ин} + Q_{соп.з}. \quad (11.3)$$

где G — сила тяжести (вес) траверсы с заготовкой; $Q_{ин} = \frac{G}{g} a$ — сила инерции при подъеме траверсы.

С учетом принятых выше условий усилие подъема

$$Q_{п} = G \left(1 + \frac{a}{g} \right) + G_3. \quad (11.4)$$

Для тех же целей при штамповке из сортового проката применяются автоматизированные стеллажи, захваты которых, работающие от пневмоцилиндров, передают прокат на приводной рольганг, располагаемый на рабочем уровне. На основании полуавтоматического стеллажа связка сортового проката устанавливается краном. Далее по наклонным направляющим полуфабрикат попадает в зону действия захватного органа, движения которого осуществляются от пневмоцилиндров, управляемых системой воздухораспределения по командам от конечных выключателей. Конструкция самих захватов зависит от поперечного сечения полуфабриката. Например, для

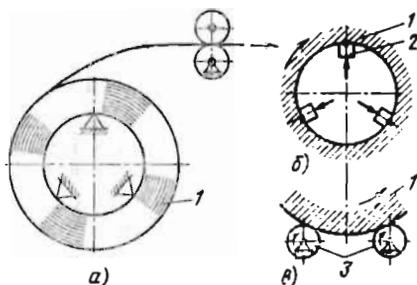


Рис. 11.2. Схемы разматывающих устройств:

а — неприводное типа катушек; *б* — приводное типа катушек; *в* — приводное с установкой рулона на катки; 1 — рулон; 2 — зажимные кулачки; 3 — приводные катки

круглого сортового проката захватом может служить простой отсекающий, обеспечивающий поштучную подачу на приводной рольганг.

При автоматизации процессов штамповки из ленты и проволоки применяются правильные устройства. Они должны быть достаточно универсальными и легко приспособляемыми к различным режимам работы обслуживаемых технологических машин.

Разматывающие и правильные устройства могут быть смонтированы на одном основании и иметь общий привод или скомпонованы отдельно. В последнем случае разматывающие устройства могут быть как приводными, так и неприводными. Тип разматывающего устройства зависит от нескольких параметров, главным из которых является масса рулона ленты или бухты проволоки. Необходимость в правильном устройстве определяется в основном требованиями к качеству изготавливаемой детали.

Для разматывания ленты из рулона и проволоки из бухты в зависимости от массы применяются: неприводные устройства типа катушек — до 100 кг (рис. 11.2, *а*), приводные типа катушек — до 150 кг (рис. 11.2, *б*), приводные с установкой рулона на катки — до 500 кг (рис. 11.2, *в*) и приводные установки барабанного типа.

Неприводные разматывающие устройства представляют собой опорный диск с тремя пальцами, установленными на нем перпендикулярно на расстоянии от центра, соответствующем внутреннему радиусу рулона (бухты). При разматывании под действием тянущего усилия подающего или правильного устройства диск свободно вращается на оси, смонтированной на стойке, укрепленной в основании (станине). Высота стойки — регулируемая.

Для лент обычно применяются разматывающие устройства с вертикальным расположением опорного диска, для проволоки — с горизонтальным.

Вращение диска у приводных разматывающих устройств осуществляется многоскоростными асинхронными электродвигателями или двигателями постоянного тока через редуктор. Передаточное число редуктора устанавливается, исходя из условия некоторого превышения скорости разматывания (окружной скорости) над средней скоростью подачи (произведение числа ходов ползуна прессы в минуту на величину шага подачи). При этом условии между разматывающим и подающим устройствами будет обеспечено необходимое для нормальной работы провисание полуфабриката, так называемая компенсационная петля. Для поддержания величины петли в пределах, обеспечивающих нормальную работу подачи, разматывающее устройство оснащается специальным приспособлением со щупом, которое при увеличенной петле отключает через конечные выключатели асинхронный двигатель или передвигает движок реостата, уменьшая частоту вращения двигателя постоянного тока. При восстановлении оптимальной величины петли двигатели работают с прежней частотой вращения. Следует стремиться к обеспечению минимального (оптимального) превышения скорости разматывания над скоростью подачи с целью уменьшения числа переключений двигателя.

В отличие от разматывающих устройств с осевым приводом, где скорость подачи ленты с уменьшением диаметра рулона уменьшается, и для стабилизации подачи необходимо регулирование скорости вращения опорного диска, у разматывающих устройств с установкой рулона на приводные катки постоянная скорость подачи ленты определяется постоянной скоростью вращения катков, независимо от изменяющегося в процессе размотки диаметра рулона.

Расчет разматывающих устройств в основном сводится к определению необходимого тягового усилия на захватном органе и выбору электродвигателя. Проектирование разматывающих устройств должно производиться комплексно с проектированием подающих устройств и устройств для удаления отхода.

В необходимых случаях для обеспечения стабильной работы подающего устройства и получения качественных деталей из разматывающего полуфабриката производят его правку, для чего применяются специальные устройства с вращающимися роликами (валками), осуществляющими знакопеременный изгиб, благодаря чему неровности полуфабриката устраняются.

Для подачи полуфабрикатов в рабочую позицию в зависимости от условий работы применяются валковые, ролико-клиновые, клещевые, крючковые и другие подачи. Одним из основных требований, предъявляемых к подающим устройствам, является обеспечение заданной точности подачи. Большинство применяемых подающих устройств обеспечивает точность подачи в пределах 0,1—0,2 мм при ускорениях 10—15 м/с². С увеличением ускорения точность подачи понижается.

Валковые подачи (рис. 11.3) могут быть односторонними, обычно толкающими с одной парой валков (рис. 11.4, а), и двусторонними, одновременно тянущими и толкающими с двумя парами валков (рис. 11.4, б). Толкающие подающие устройства применяются для подачи полос, двусторонние — преимущественно для подачи лент. Подающие валки кинематически связаны с кривошипным валом или ползуном пресса. При подъеме ползуна пресса валки, поворачиваясь на определенный угол, перемещают заготовку на заданный шаг.

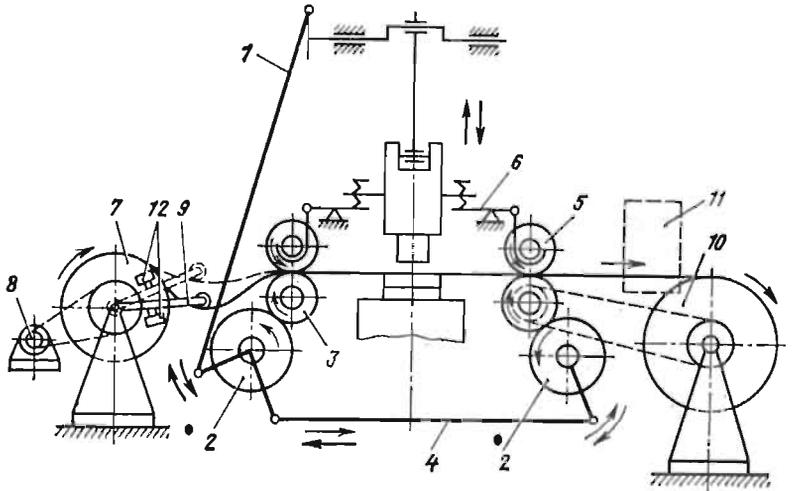


Рис. 11.3. Схема двусторонней валковой подачи:

1, 4 — рычаги; 2 — муфты; 3, 5 — валки; 6 — регулирующее устройство зазора между валками; 7 — рулон ленты; 8 — электродвигатель; 9 — следящий рычаг; 10 — рулонница; 11 — измельчитель; 12 — контакты включения и выключения двигателя

Односторонний периодический поворот приводного валка осуществляется с помощью обгонной муфты (рис. 11.4, в).

Валковые подающие устройства надежно работают при подаче материала в диапазоне толщин 0,3 — 2,5 мм. При толщине материала менее 0,3 мм его подача становится неустойчивой из-за малой жесткости, а при толщине более 2,5 мм устойчивую работу могут нарушить инерционные нагрузки. Инерционность самого подающего устройства снижают за счет уменьшения массы его подвижных элементов. В необходимых случаях механизм подачи оснащают управляемыми тормозами периодического действия, которые обеспечивают мгновенную остановку валков.

Для увеличения шага подачи без увеличения диаметра валков кривошипную передачу (рис. 11.5, а) заменяют реечной (рис. 11.5, б). При необходимости еще большего увеличения шага подачи применяют валковые подачи с индивидуальным приводом, согласованным с работой пресса.

Ролико-клиновые подачи (рис. 11.6) обычно бывают односторонними толкающего типа. Захватный орган 3 представляет

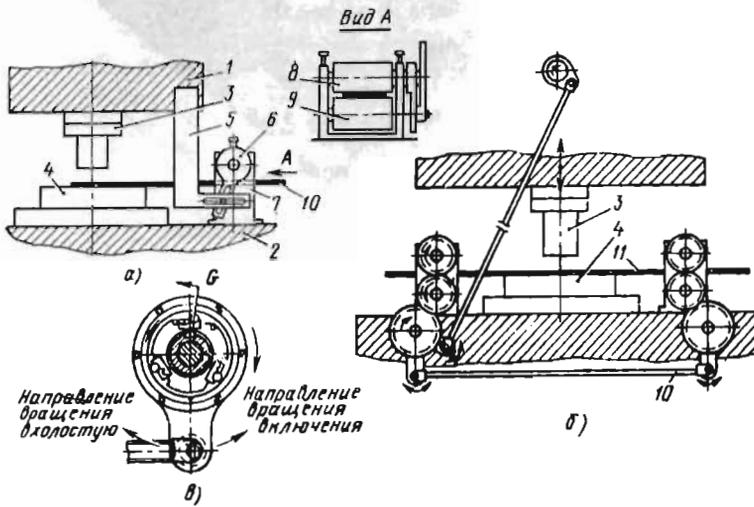


Рис. 11.4. Виды валковых подач:

a — односторонняя: 1 — полуш пресса; 2 — стол пресса; 3 — пуансон; 4 — матрица; 5 — кронштейн; 6 — муфта; 7 — корпус; 8 — приводной валок; 9 — свободный валок; 10 — полоса или лента; *б* — двусторонняя: 3 — пуансон; 4 — матрица; 10 — тяга; 11 — лента или полоса; *в* — обгонная муфта

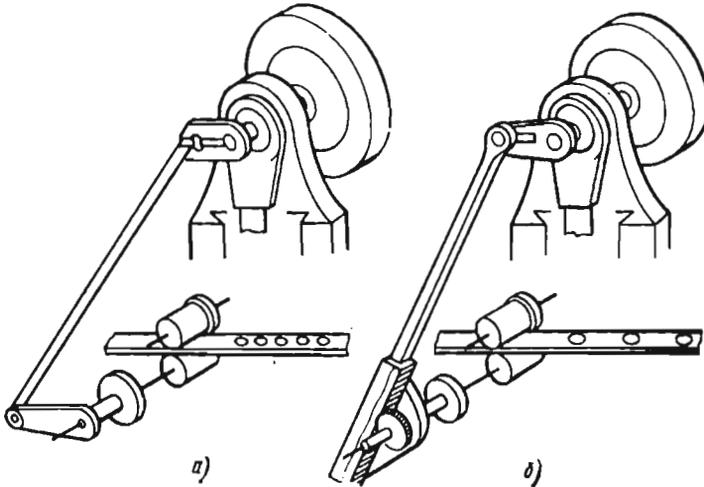


Рис. 11.5. Валковая подача с кривошипным (*a*) и реечным (*б*) приводом

собой каретку с двумя роликами, которая совершает возвратно-поступательное движение с приводом от вала или ползуна пресса. При движении ползуна вверх каретка перемещается справа налево, и подающие ролики 4, заклиниваясь, захватывают материал и подают его на шаг штамповки. При движении ползуна вниз каретка перемещается слева направо, подающие ролики 4 при этом свободно скользят по заготовке, а тормозные ролики 6 заклинивают материал, препятствуя перемещению в обратном направлении.

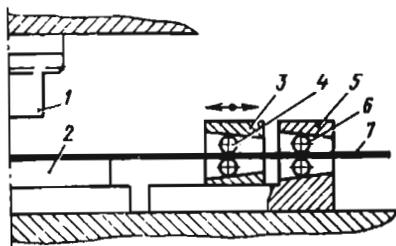


Рис. 11.6. Схема ролико-клиновой подачи: 1 — прунсон; 2 — матрица; 3 — подающая каретка; 4 — ролики; 5 — корпус тормоза обратного хода; 6 — ролики тормоза; 7 — лента

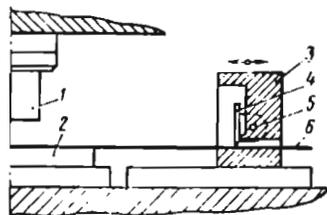
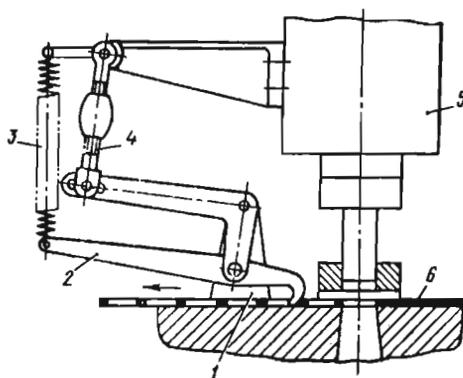


Рис. 11.7. Схема клещевой подачи: 1 — прунсон; 2 — матрица; 3 — подающая каретка; 4 — нож; 5 — ось поворота ножа; 6 — лента или полоса

К л е щ е в ы е подачи (рис. 11.7) в качестве захватного органа обычно имеют качающийся нож, который скользит по ленте при движении каретки слева направо и захватывает ленту при движении каретки справа налево. При подаче толстого материала и необходимости сохранения его поверхности неповрежденной применяются клещевые подачи с захватом по боковым кромкам. Достоинством клещевых подач является надежность работы при большом числе двойных ходов (до 600 в минуту).

К р ю ч к о в ы е подачи (рис. 11.8) могут применяться в том случае, если в отштампованной ленте (отходе) остаются прочные перемычки. Поэтому крючковые подачи могут быть только тянущими. В качестве привода обычно используется ползун пресса. Захватным



органом служит крючок, форма которого обеспечивает проскальзывание через перемычку перед очередным захватом. Крючковые подачи просты по устройству, но в сравнении с другими подачами уступают в точности, величине шага подачи и скорости. Исходными данными

Рис. 11.8. Схема крючковой подачи: 1 — неподвижный крюштейн; 2 — подающий крючок; 3 — пружина; 4 — регулируемая тяга; 5 — ползун пресса; 6 — лента или полоса

для кинематических расчетов крючковых подающих устройств служит шаг подачи, а для прочностных расчетов — тяговое усилие на захватном органе.

Для удаления отхода после штамповки из ленты применяются два вида устройств — намотывающие и укладчики (стапелирующие). При этом стапелирование после штамповки из ленты производится после предварительной разрезки отхода на отдельные куски. Конструкция и расчет намотывающих устройств во многом сходны с разматывающими устройствами. Разрезка отхода

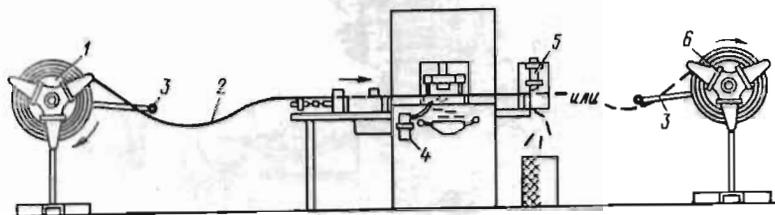


Рис. 11.9. Схема устройства для разматывания ленты и удаления отхода:

1 — рулон; 2 — компенсационная петля; 3 — следящий рычаг; 4 — пневматический сбрасыватель; 5 — ножи разрезки отхода; 6 — рулонница сматывания отхода

на отдельные куски для стапелирования производится специально установленными для этой цели ножами. В зону стапелирования куски отхода доставляются подающими устройствами (рис. 11.9).

11.2. УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ ШТАМПОВКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ШТУЧНЫХ ЗАГОТОВОК

В качестве ориентирующе-питающих устройств при штамповке из мелких заготовок простой геометрической формы применяют автоматические бункерные загрузочно-ориентирующие устройства (АБЗОУ). Заготовки загружаются в бункер насыпью, занимая в нем произвольное положение. В процессе работы устройства заготовки ориентируются во времени и пространстве, после чего подаются в рабочую зону.

АБЗОУ состоит из бункера с захватным органом, устройств ориентации и переориентации, преобразующего механизма, привода, системы управления и блокировки. В зависимости от вида захватного органа бункерные устройства делятся на крючковые, карманчиковые наклонные и вертикальные, щелевые, секторные, ножевые с неподвижными полувтулками, барабанные, вибрационные и др. На рис. 11.10 показаны конструкции некоторых АБЗОУ.

Приводом подвижных частей АБЗОУ обычно служит электродвигатель. Мощность привода может быть определена лишь приближенно, так как она зависит от многих факторов, не подлежащих точному учету. Для преобразования вращательного движения вала двигателя в соответствующие движения элементов АБЗОУ применяются

редукторы различного типа и другие виды передающих и преобразующих механизмов.

В процессе проектирования АБЗОУ устанавливают его производительность, определяют объем и форму бункера, разрабатывают способ подготовки заготовок к захвату, рассчитывают конструктивные параметры и определяют форму захватных органов, проектируют форму приемника.

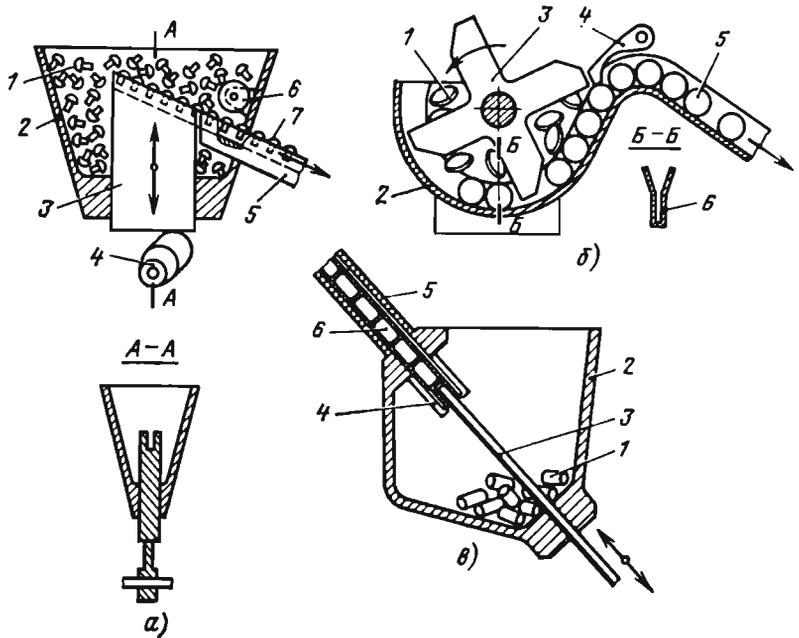


Рис. 11.10. Примеры АБЗОУ:

а — секторные АБЗОУ: 1 — заготовки; 2 — бункер; 3 — сектор; 4 — кулачок; 5 — лоток; 6 — сбрасыватель; 7 — ориентированные заготовки; *б* — лопастно-щелевые АБЗОУ: 1 — заготовки; 2 — бункер; 3 — лопастной ротор; 4 — храповик; 5 — ориентированные заготовки; 6 — щель бункера; *в* — штыревые АБЗОУ: 1 — заготовки; 2 — бункер; 3 — штырь; 4 — цапга; 5 — лоток; 6 — ориентированные заготовки

Производительность всех видов АБЗОУ с поштучной выдачей заготовок определяется по формуле

$$P = zn\eta, \quad (11.5)$$

где z — число захватных органов; n — число циклов работы (оборотов, полных ходов) в мин; η — коэффициент выдачи; для разных типов механизмов захвата и ориентации $\eta = 0,3 \dots 0,6$.

В магазинных ориентирующих устройствах первоначальная ориентация заготовок производится вручную в процессе загрузки. Основным назначением магазинного устройства является сохранение ориентации накопленных в нем заготовок в процессе их расходования. В зависимости от конструктивного исполнения различают кассетные, лотковые и штабельные магазинные уст-

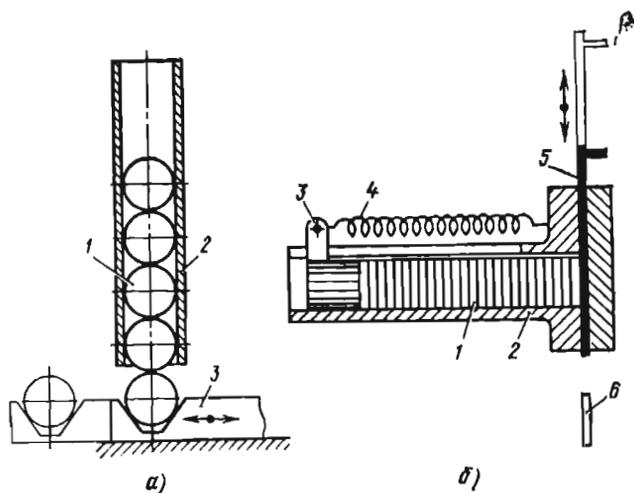


Рис. 11.11. Примеры магазинных питателей:

a — для цилиндрических и сферических заготовок; 1 — заготовки; 2 — магазин; 3 — подающий движок; *б* — для дисковых заготовок с прижимным толкателем; 1 — заготовки; 2 — кассета; 3 — толкатель; 4 — пружина; 5 — шибер; 6 — заготовка в рабочей зоне

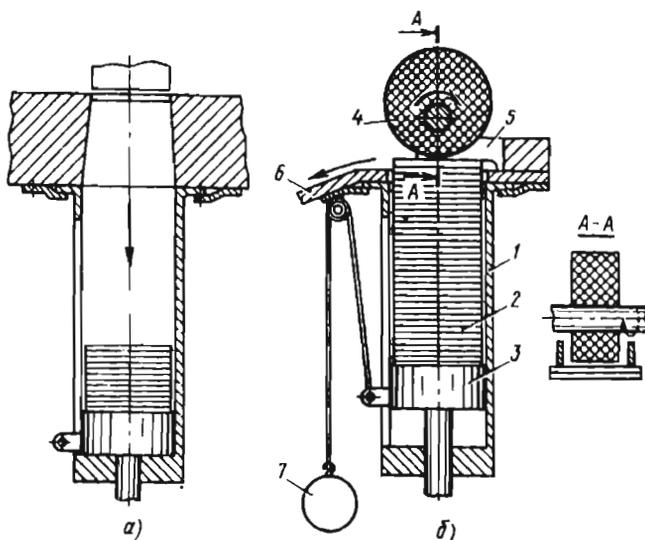


Рис. 11.12. Пример магазинного питания с предварительным штапелированием заготовок:

a — установка кассеты; *б* — питатель; 1 — кассета; 2 — заготовки; 3 — выталкиватель; 4 — подающий фрикционный эксцентрик; 5 — ограничитель; 6 — лоток; 7 — груз

ройства. На рис. 11.11 показаны примеры магазинных питателей для цилиндрических (сферических) и дисковых заготовок.

Ручная укладка в магазин заготовок может быть заменена машинным стапелированием заготовок на предыдущей, например, вырубной операции (рис. 11.12, а). В этом случае заготовка после вырубки попадает ориентированной в специальную кассету, которая затем становится магазинным питателем при выполнении последующей операции (рис. 11.12, б). На рис. 11.13 показан наклонный кассетный питатель с шиберной подачей заготовок.

Подающие устройства штучных заготовок обеспечивают их подачу после ориентации непосредственно в рабочую позицию штамповки. В отличие от подающих передающие устройства устанавливаются между рабочими позициями. Наиболее распространены шиберные, револьверные, грейферные подачи; в необходимых случаях применяются механические руки и манипуляторы. Выбор типа подачи зависит от вида заготовки, требуемой точности подачи, протяженности и характера траектории перемещения и некоторых других факторов.

Шиб е р н ы е подающие устройства имеют толкающий захватный орган, совершающий рабочий и обратный ход по плоскости, на которую опирается пакет заготовок. Приводы этих подач имеют исполнительный орган, совершающий возвратно-поступательное движение. Выбор преобразующего механизма зависит в основном от потребной величины хода захватного органа-шибера. Шиберная подача с рычажным преобразующим механизмом показана на рис. 11.13.

Расчетное усилие подачи (проталкивания) заготовки из магазина шибером определяется по формуле

$$Q = \beta \cdot 2T = 2\beta\mu G_N, \quad (11.6)$$

где Q — усилие подачи; β — коэффициент, учитывающий возможное слипание заготовок, принимаемый равным 1,5 — 2,0; T — сила трения при движении заготовки; μ — коэффициент трения, принимаемый при скольжении стали по стали со слабой смазкой равным 0,12 — 0,15; G_N — нормальная составляющая от силы тяжести заготовок,

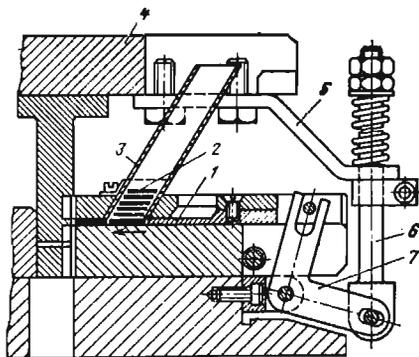
находящихся в магазине; при наклонной под углом α кассете $G_N \approx G \cos \alpha$ (G — сила тяжести заготовок).

При работе шиберных подач на быстроходных прессах следует учитывать динамические нагрузки. В этом случае формула для расчетного усилия подачи принимает вид

$$Q_{\text{д}} = Q + Q_{\text{д}}, \quad (11.7)$$

Рис. 11.13. Наклонный кассетный питатель с шиберной подачей заготовок:

1 — шибер; 2 — заготовки; 3 — кассета; 4 — верхняя плита штампа; 5 — кронштейн; 6 — тяга; 7 — рычаг



где $Q_d = \frac{G_{ш}}{g} a$ — динамическое усилие, возникающее в период разгона; $G_{ш}$ — сила тяжести шибера и жестко связанных с ним деталей; a — ускорение, развиваемое в период разгона, зависящее от типа привода; g — ускорение свободного падения.

Шиберные подачи могут использоваться и как передающие устройства при многооперационной штамповке из штучных заготовок.

Револьверные подачи (рис. 11.14) используются как для перемещения заготовок от ориентирующего устройства в рабочую

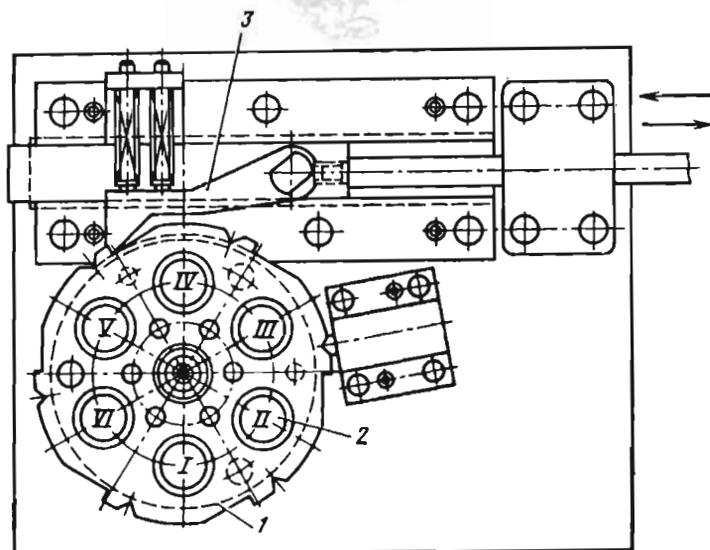


Рис. 11.14. Схема револьверной подачи:

1 — револьверный диск; 2 — гнезда; 3 — собачка

зону, так и для передачи полуфабрикатов с одной рабочей позиции на последующую. Привод револьверных подач может осуществляться от ползуна или вала пресса; они также могут иметь индивидуальный электрический, гидравлический или пневматический приводы. Для получения периодического движения захватного органа — револьверного диска применяются преобразующие устройства в виде храповых, мальтийских или получервячных механизмов. Система управления и блокировки должна обеспечивать строго синхронный с работой пресса периодический поворот револьверного диска на угол между гнездами, так как диск во время поворота перекрывает рабочую зону штампа.

Время поворота диска на один шаг определяется из условия, что средняя скорость перемещения диска по окружности центров гнезд не должна превышать $v_{ср} = 0,8 \text{--} 0,9 \text{ м/с}$, т. е. $v_{ср} = \frac{\pi D n}{60} < v_{\max} \text{ м/с}$ тогда $t = \frac{60}{\pi n}$. Здесь D — диаметр окружности центров

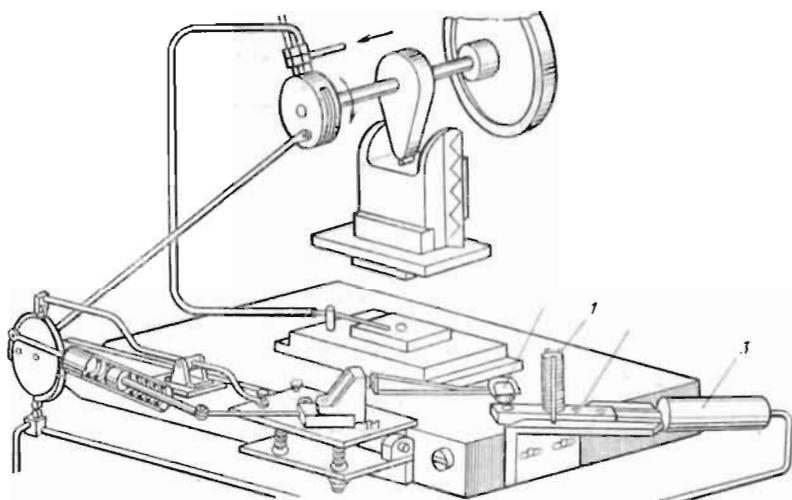


Рис. 11.15. Схема механической руки для подачи в штамп заготовок из шиберного устройства:

1 — кассета с заготовками; шибер; 3 — пневмоцилиндр; 4 — захват

гнезд револьверного диска в м; n — частота вращения револьверного диска в период движения в мин; t — время перемещения диска на шаг в с; z — число гнезд, обычно равное 6 — 12.

Грейферные подачи предназначены для транспортирования в ориентированном положении штучных заготовок размером от 40 до 400 мм в рабочую зону штампа и из штампа при работе на универсальных прессах простого и двойного действия. Они бывают приставными (одноопорными) и стационарными (двухопорными), с индивидуальным приводом или с приводом от вала пресса. Наиболее целесообразно устанавливать грейферные подачи на универсальных блоках со сменными пакетами штампов для группы деталей, близких по размерам, конфигурации и технологии штамповки.

В грейферных подачах применяются захватные органы двух типов — толкающие и клещевые. Толкающий захватный орган состоит из системы жестко взаимосвязанных продольных и поперечных планок, имеющих продольное перемещение для подачи заготовок на шаг штамповки, поперечное перемещение из исходного положения с понижением до уровня плоскости штамповки в рабочую позицию и поперечное перемещение с повышением уровня до исходного положения. Аналогичные перемещения производят клещевые захватные органы, применяемые для захвата заготовок больших габаритных размеров, с добавлением движений элементов механизма захвата.

Преобразование движения привода у грейферных подач осуществляется клиновыми, рычажными, реечными и другими механизмами. Расчеты параметров грейферных подач аналогичны расчетам параметров шиберных подач.

Механические руки применяют для подачи заготовок и полуфабрикатов сложной конфигурации и относительно крупных размеров (свыше 100 мм) по сложной траектории в одной плоскости. Для перемещения предметов труда с изменением положения в пространстве по сложной траектории в нескольких плоскостях применяются манипуляторы. Наряду с приводом от подвижных элементов пресса механические руки и манипуляторы обычно имеют также индивидуальные приводы отдельных движений.

Тип захватного органа определяется в основном характером заготовки. Обычно применяются электромагнитные, пневматические и механические (клещевые) захваты. На рис. 11.15 показана схема механической руки, работающей во взаимодействии с шиберной подачей. Заготовки из кассеты 1 поочередно подаются толкателем 2, который приводится в действие пневматическим цилиндром 3, действующим синхронно с работой пресса. Рука 4 (захват) с вакуумным присосом (для немагнитных материалов) или магнитным захватом переносит заготовку в рабочую зону штампа.

Расчетное тяговое усилие привода механической руки определяется по формуле

$$Q_{p.н} = G + Q'_{ин} + Q_3 \text{ или } Q_{p.н} = (G + \beta G_3) \left(1 + \frac{a}{g}\right), \quad (11.8)$$

где G — сила тяжести захватного органа; $Q'_{ин} = G \frac{a}{g}$ — сила инерции, развиваемая при подъеме захватного органа; $\beta = 1,5$ — коэффициент, учитывающий сцепление заготовок; G_3 — сила тяжести заготовки; a — максимальное ускорение, развиваемое при подъеме; g — ускорение свободного падения.

Удаляющие устройства, предназначенные для освобождения рабочей зоны от деталей и отходов, делятся на сбрасывающие и выносящие.

Сбрасывающие устройства заменяют ручную операцию в тех случаях, когда не происходит удаления детали из рабочей зоны в результате штамповочной операции (как это имеет место, например, при штамповке «напровал» или штамповке на прессе с наклоняемой станиной). По конструкции сбрасывающие устройства могут быть пневматическими, пружинными, шиберными, крючковыми и др.

Пневматические сбрасывающие устройства (сдуватели) удаляют деталь из рабочей зоны струей сжатого воздуха, подаваемого периодически. Они применяются для малых и средних по размеру и массе деталей. Одна из конструкций сдувателя показана на рис. 11.16. К рабочей зоне штампа (на рисунке не показана) подведено сопло 1 сдувателя, соединенное с сетью сжатого воздуха через клапан 5, который открывается при обратном ходе ползуна заклиненным на валу пресса кулачком 3 через шток 4.

Пружинные сбрасыватели удаляют деталь специальным толкателем, срабатывающим под действием пружины. Отвод толкателя в исходное положение и сжатие пружины происходят во время рабо-

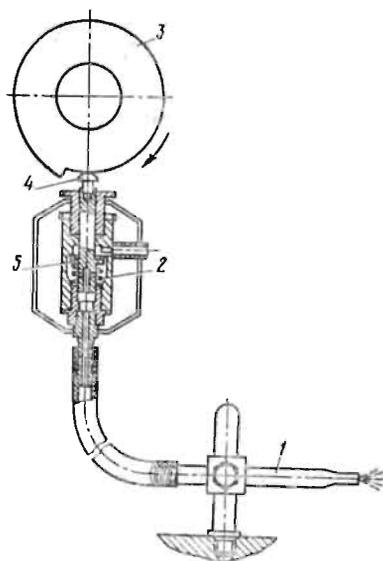


Рис. 11.16. Пневматический сбрасыватель (сдуватель):

1 — сопло; 2 — пружина; 3 — кулачок; 4 — шток; 5 — клапан

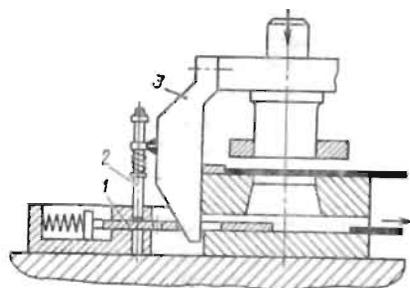


Рис. 11.17. Пружинный сбрасыватель:

1 — толкатель; 2 — палец; запирающий толкатель; 3 — клин, отводящий толкатель в исходное положение

чего хода ползуна. На рис. 11.17 показана одна из конструкций пружинного сбрасывателя. Пружинные сбрасыватели, так же как и пневматические, наиболее рационально применять при штамповке

на быстроходных прессах, имеющих 120 и более ходов в минуту.

Выносящие устройства могут быть выполнены в виде лотков, транспортера или механической руки. Лотковые выносящие устройства бывают двух типов: не приводные при штамповке напровал, где детали скатываются (соскальзывают) по наклонному лотку в тару, и приводные, когда детали попадают на горизонтально расположенный лоток, вместе с ним выносятся из рабочей зоны, где и соскальзывают с него. Приводные лотки применяются для удаления деталей средних габаритных размеров и устанавливаются на прессах с числом ходов не более

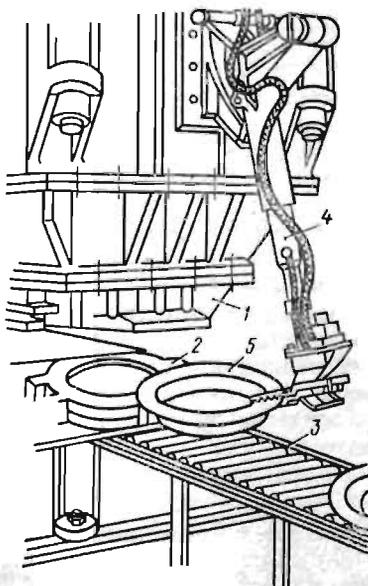


Рис. 11.18. Механическая рука для удаления деталей:

1 — ползун пресса с верхней частью штампа; 2 — матрица; 3 — ролик; 4 — механическая рука с захватным органом; 5 — деталь

40—60 в минуту. Они обычно имеют привод от ползуна прессы. При штамповке направал на прессах любой быстроходности для удаления деталей часто применяются транспортеры.

Механические руки применяются для удаления деталей сложной формы, как правило, с предварительным выемом их из полости штампа. На рис. 11.18 показана одна из конструкций механической руки, выполняющей указанные операции.

Методика определения параметров удаляющих устройств аналогична методике расчета ориентирующе-питающих и подающих устройств.

ГЛАВА 12

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

Развитием средств автоматизации вспомогательных операций при выполнении технологических процессов являются промышленные роботы (ПР). В отличие от механических рук ПР оснащены системами программного управления (СПУ). Движения рабочих органов ПР осуществляются с помощью автоматических приводов, включающих в себя двигатели, передающие и преобразующие механизмы [13].

12.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПР

Промышленные роботы можно классифицировать по назначению, специализации, мобильности, компоновке, типу привода, типу системы управления, способу программирования перемещений и другим параметрам [21]. ПР характеризуются числом степеней подвижности, грузоподъемностью, системой координатных перемещений, формой и величиной рабочей зоны, величиной погрешности позиционирования, габаритными размерами, массой и некоторыми другими показателями [21].

По назначению ПР можно разделить на два основных класса — технологические и транспортные. Технологические роботы осуществляют основные операции при сварке, литье, нанесении покрытий и других технологических процессах, не связанных со значительными усилиями обработки и сборки, когда можно обойтись без соответствующих технологических машин. Рабочие органы технологических роботов оснащаются соответствующим инструментом.

Транспортные роботы выполняют перемещение полуфабрикатов, заготовок и деталей, а также некоторые другие вспомогательные операции. Они обычно работают синхронно с технологическими машинами, осуществляющими основные операции.

Комбинированные роботы выполняют как основные, так и вспомогательные операции. В заготовительно-штамповочном производстве применяются в основном транспортные роботы.

Степень специализации роботов определяется областью их применения, которая может быть значительно расширена за счет гибкости системы управления и сменности исполнительных органов.

С точки зрения мобильности все роботы можно разделить на стационарные и передвижные. Стационарные роботы обслуживают обычно две рабочие позиции, расположенные в зоне с максимальным радиусом, примерно до 2500 мм, а чаще всего — в пределах 1000 мм. Передвижные ПР обслуживают группу технологических машин, перемещаясь по рельсовому пути или по направляющим портала. Такие роботы требуют дополнительных устройств для обеспечения точности позиционирования, приспособления рабочих органов к изменению конфигурации и ориентации предмета обработки. Обычно ПР имеют одну или две руки с одним захватом на каждой из них.

Для приведения в движение исполнительных механизмов и рабочих органов ПР применяются электрические, пневматические и гидравлические двигатели. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, поэтому нередко применяются их комбинации.

Системы управления ПР осуществляют формирование логической последовательности выполнения операций их рабочими органами в полном соответствии с работой технологической машины. К основным типам систем управления современными ПР следует отнести жестко программируемые системы и системы, работающие от микро ЭВМ и микропроцессоров. Жестко программируемые системы бывают позиционные (цикловые, аналоговые, числовые), контурные (импульсные, числовые) и комбинированные — позиционно-контурные. В жестко программируемых системах используются различные элементы управления — электрические, электронные, пневматические, комбинированные и программноносители — штекерные панели, перфоленты, магнитные барабаны и др. Системы, работающие от ЭВМ, являются более гибкими и многофункциональными, что обеспечивается самообучением, а также работой в режиме диалога с оператором.

Число степеней подвижности ПР определяется как сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно неподвижного звена (стойки, опорной системы, основания и т. п.) без учета движения зажима объекта манипулирования захватным устройством. Современные ПР имеют от 2 до 7 степеней подвижности.

Под грузоподъемностью ПР понимается наибольшее значение массы объектов манипулирования, при которой гарантируется их захватывание, удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик. Современные ПР обладают грузоподъемностью от нескольких граммов до трех и более тонн. Большинство применяемых в заготовительно-штамповочном

производстве ПР перемещает предметы обработки массой до 1 кг, грузоподъемность остальных не превышает нескольких десятков килограммов.

В зависимости от конструктивно-компоновочной схемы ПР объект манипулирования может размещаться в рабочем объеме пространства, имеющем ту или иную форму, а его перемещения осуществляются в различных системах координат. Система координатных перемещений ПР определяет кинематику основных движений подвижных элементов робота и форму рабочей зоны. При определении количества основных движений не учитываются движения захвата и освобождения объекта манипулирования, ориентирующие движения и дополнительные координатные перемещения основания передвижных ПР.

В заготовительно-штамповочном производстве наиболее частое применение имеют ПР со следующими видами координатных перемещений звеньев: прямоугольная система (плоская и пространственная), плоская полярная, цилиндрическая и сферическая. Ангулярные (угловые) системы применяются редко, так как они не обеспечивают прямолинейного радиального перемещения рабочего органа и поэтому требуют более широкой свободной зоны действия, не ограниченной элементами конструкции пресса и штампа.

У ПР с прямоугольной системой координат (плоской и пространственной) перемещение объекта манипулирования в определенную точку пространства осуществляется за счет прямолинейных перемещений звеньев соответственно по двум X , Y (рис. 12.1, а) или трем X , Y , Z (рис. 12.1, б) взаимно перпендикулярным осям.

П л о с к а я п о л я р н а я координатная система характеризуется перемещением объекта манипулирования в одной координатной плоскости в направлении радиуса-вектора r и угла φ или θ (рис. 12.1, в).

Ц и л и н д р и ч е с к а я система координат образуется перемещением объекта манипулирования в основной координатной плоскости в направлении радиуса-вектора r и угла φ , а также по нормали к ней Z (рис. 12.1, г).

С ф е р и ч е с к а я система координат характеризуется перемещением объекта манипулирования в точку пространства по радиусу-вектору r и его угловыми перемещениями φ и θ в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 12.1, д).

А н г у л я р н а я (угловая) система координатных перемещений (плоская или пространственная) осуществляется путем перемещения объекта манипулирования в направлении радиуса-вектора r за счет относительных угловых поворотов звеньев руки ПР, имеющих постоянную длину (рис. 12.1, е, ж, з).

Величина погрешности позиционирования обуславливается степенью точности движения рабочих органов робота при многократном перемещении предметов заданной массы в требуемое положение. На точность позиционирования кроме точности изготовления узлов ПР влияют также конструкция и кинематика рабочих органов, тип привода, устройство системы управления,

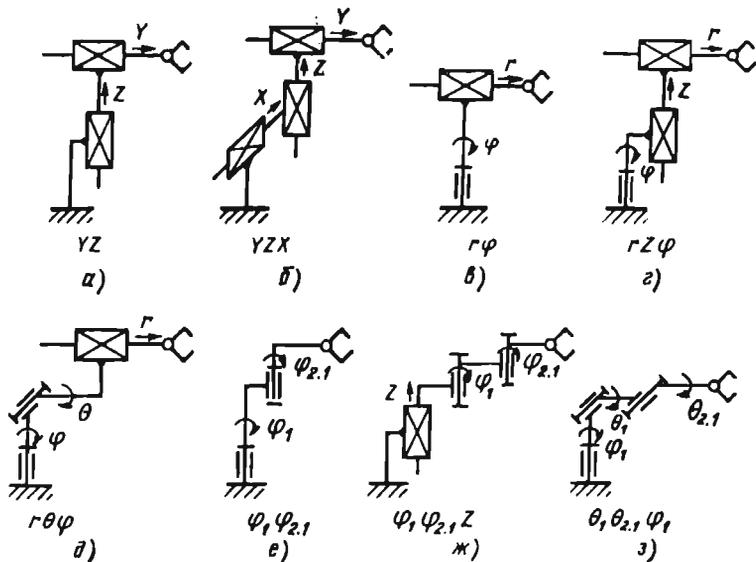


Рис. 12.1. Примеры структурных кинематических схем координатных перемещений звеньев механических систем промышленных роботов:

a — прямоугольная плоская; *б* — прямоугольная пространственная; *в* — цилиндрическая плоская; *г* — цилиндрическая пространственная; *д* — сферическая; *е, ж, з* — угловая (для роботов с шарнирной рукой)

масса груза и другие факторы. Погрешность позиционирования выпускаемых ПР находится в пределах $\pm 0,05 \pm 5$ мм.

Габаритные размеры и масса ПР в основном зависят от грузоподъемности и размеров зоны обслуживания. У многих ПР устройство управления компоуется отдельно от исполнительного устройства (манипулятора) [4].

12.2. ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПР

Захватные устройства (захваты), являющиеся рабочими органами ПР, монтируются обычно на конце руки манипулятора. Они должны обеспечивать надежный захват и удержание предметов транспортировки. Конструкция, размеры и форма захватов зависят от массы, формы, размеров, материала перемещаемого груза и ряда других факторов. Для расширения области использования ПР должны иметь сменные захватные устройства. Помимо совместного перемещения с рукой манипулятора, захваты могут совершать самостоятельные дополнительные движения, как поступательные, так и вращательные, с помощью специальных приводов, расположенных непосредственно на захвате или вне его.

Основным параметром захватных устройств является принцип действия или способ захвата изделия. У современных роботов наиболее часто применяются следующие способы захвата: механический,

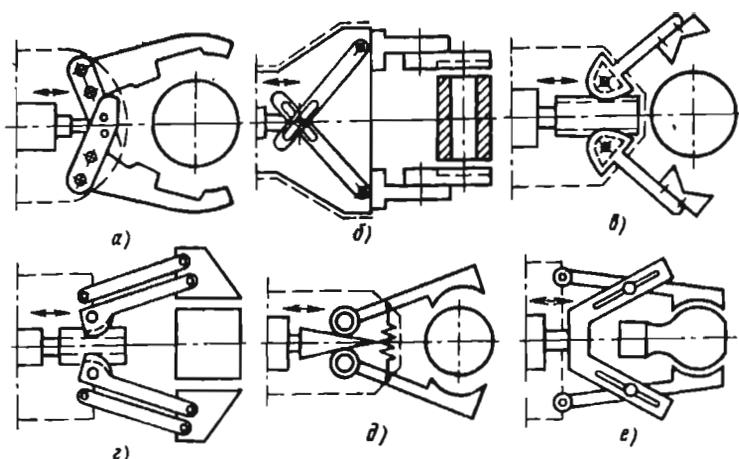


Рис. 12.2. Типовые схемы механических захватных устройств:

a — рычажные с поворотными губками; *b* — рычажные с поступательно перемещающимися губками; *в* — реечные с поворотными губками; *г* — реечные с поступательно перемещающимися губками; *д, е* — клиновые с поворотными губками

вакуумный, магнитный, упругий оболочковый, а также отдельные их комбинации. В необходимых случаях стремятся к созданию универсальных захватов с простой регулировкой в некотором диапазоне транспортируемых изделий.

Механические захваты могут иметь пружинный, пневматический, гидравлический или электромеханический привод с рычажным, реечным или клиновым исполнительным механизмом; губки захвата могут быть жестко установленными, регулируемые или упругими.

На рис. 12.2 показаны типовые схемы механических захватных устройств различных конструкций. В некоторых случаях целесообразно фиксировать деталь при захвате по неподвижной губке (рис. 12.3).

Металлические губки часто снабжаются эластичными накладками с соответствующей конфигурацией рабочей поверхности для предотвращения повреждения объекта манипулирования, а также для более надежного захвата объектов со сложным профилем.

Наряду с захватом по внешнему контуру применяются механические захватные устройства для захвата полых деталей по внутреннему контуру путем разжима губок.

Для надежного удержания объемных деталей при относительно малых усилиях зажатия применяются механические захваты с пассивными (без откачки воздуха) присосами. Важным условием на-

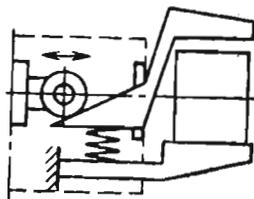


Рис. 12.3. Механическое захватное устройство с неподвижной губкой

дежного срабатывания таких захватных устройств является своевременное освобождение деталей. На рис. 12.4 приведена одна из схем механического захвата с пассивными присосами. Присосы 5 имеют осевые отверстия, сообщающиеся с внешней средой через клапаны 6. При захвате детали губками 3 клапаны перекрывают отверстия в присосах, которые надежно фиксируют деталь. При освобождении детали губки расходятся, клапаны открывают отверстия в присосах, и они освобождают деталь. Применяются и другие способы управления работой пассивных присосов.

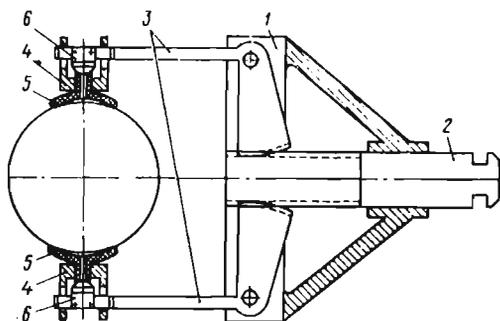
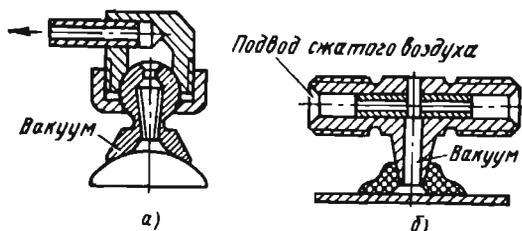


Рис. 12.4. Механическое захватное устройство с пассивными присосами: 1 — корпус; 2 — рейка; 3 — губки; 4 — обойма; 5 — присос; 6 — клапан

Рис. 12.5. Вакуумные захваты:

а — с разрежением от вакуумного насоса; б — с разрежением от эжектора



Для захвата плоских заготовок, а также куполообразных деталей целесообразно применять односторонние вакуумные захваты. Вакуумные захваты могут быть пассивные, у которых вакуум создается вследствие увеличения объема полости, ограниченной внутренней поверхностью присоса и поверхностью заготовки, за счет упругих сил манжеты, действующих по окончании прижима присоса к заготовке, и активные с принудительным поддержанием вакуума в полости присоса.

Пассивные вакуумные захваты просты по устройству, но не гарантируют надежного удержания заготовки, особенно при длительной эксплуатации. Возникает также проблема освобождения заготовки от захвата. (Один из способов освобождения был приведен на рис. 12.4.)

Разрежение у активных вакуумных захватов может создаваться или с помощью вакуумных насосов (рис. 12.5, а), или эжектором, установленным непосредственно на захвате (рис. 12.5, б).

К преимуществам вакуумных захватов по сравнению с механическими следует отнести простоту конструкции, небольшую массу,

равномерность распределения усилия захвата по площади, ограниченной манжетой присоса. Для увеличения усилия удержания массивных заготовок с большой поверхностью обычно устанавливают несколько присосов. Вакуумные захваты можно применять для заготовок из любых материалов несложной формы без повреждения захватываемой поверхности, но срок службы их относительно небольшой.

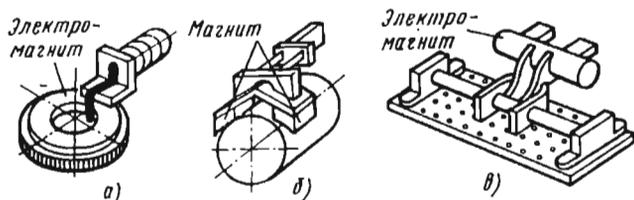


Рис. 12.6. Магнитные захватные устройства:
а, в — с электромагнитами; *б* — с постоянным магнитом

Захваты с постоянными магнитами и электромагнитами могут применяться для удержания изделий практически любой конфигурации из магнитных материалов. Некоторые схемы магнитных захватных устройств приведены на рис. 12.6. При использовании захватных устройств с постоянными магнитами необходимо преодоление их силы при освобождении изделия. Электромагнитные захваты обладают большей силой притяжения на единицу площади поверхности, но более сложны по устройству и требуют специальной системы управления. К недостаткам магнитных захватов следует отнести остаточный магнетизм и захват посторонних частей с магнитными свойствами.

Упругие оболочковые захваты обеспечивают предотвращение повреждения поверхности объекта манипулирования, а также захват объектов со сложным профилем. Варианты схем таких захватов показаны на рис. 12.7. Для захвата полых изделий по внутренней поверхности применяют захватные устройства, одна из схем которых показана на рис. 12.8. Захват осуществляется путем

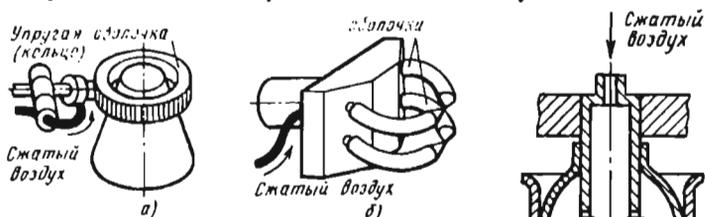
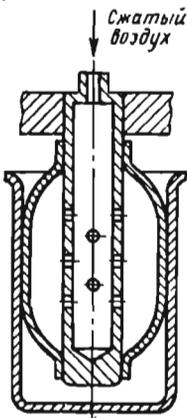


Рис. 12.7. Упругие захватные устройства с оболочками:
а — кольцевой; *б* — пальцевыми

Рис. 12.8. Оболочковое устройство для захвата по внутренней поверхности



подачи сжатого воздуха в полость упругой оболочки, выполненной из армированной резины. Оболочка, увеличиваясь в объеме, надежно удерживает изделие и в то же время сводит к минимуму возможность нарушения его конфигурации.

Выше были рассмотрены лишь некоторые примеры захватных устройств. В зависимости от вида объекта манипулирования и специфики работы они могут быть самыми разнообразными. Существуют, например, конструкции захватов, обеспечивающих отделение одной заготовки и ее захват из штапелированной в магазине стопы. Очень важно обеспечить быструю смену захватов, используя привод, заложенный в конструкции ПР.

В необходимых случаях применяются захватные устройства с контролем усилия воздействия на объект, измерением его геометрических параметров, устройством для отбраковки, коррекцией ориентирования и другими дополнительными функциями.

Расчет механических захватных устройств сводится в основном к определению усилия привода, исходя из необходимого усилия удержания груза с учетом схемы нагружения, по общепринятой методике. Особое значение при расчетах имеет правильный учет сил трения. Геометрические параметры элементов самого захвата обычно выбираются конструктивно.

При расчете вакуумных захватных устройств определяется сила вакуумного притяжения по формуле

$$F_v = kS(p_a - p_n), \quad (12.1)$$

где S — площадь вакуум-захватной камеры; $k = 0,85$ — коэффициент, учитывающий возможные изменения атмосферного давления и свойств уплотнения; p_a — атмосферное давление; p_n — давление вакуума (остаточное давление) внутри камеры присоса.

Сила вакуумного притяжения для обеспечения надежности работы должна в 2–6 раз превышать расчетную нагрузку, создаваемую массой детали. При наличии в устройстве нескольких присосов усилие вакуумного притяжения определяется как сумма усилий всех присосов с введением некоторого коэффициента запаса.

Сила притяжения электромагнита при расчете магнитных захватов может быть определена по формуле Максвелла

$$F_a = \frac{(In)^2}{25 S (R_v + R_m)^2}, \quad (12.2)$$

где In — число ампер-витков обмотки; S — площадь соприкосновения груза с полюсами электромагнита; R_v , R_m — магнитное сопротивление на воздушном и металлическом участках пути магнитного потока соответственно.

Сила притяжения электромагнита для обеспечения надежности срабатывания в зависимости от характера нагружения принимается в 2–10 раз больше прикладываемой нагрузки.

12.3. ПРИВОДЫ ПР

К приводам промышленных роботов предъявляется ряд специальных требований: большая удельная мощность; высокий коэффициент усиления управляющего сигнала, сообщаемого исполнительному механизму; достаточно большое рабочее усилие (вращающий момент) на выходе; широкий диапазон скоростей; плавность и устойчивость движений; высокое быстродействие при включении, изменении скорости, реверсировании и остановках; небольшие размеры, масса и инерция; достаточно высокая точность отработки заданных

перемещений; минимальная зона нечувствительности; высокая надежность работы; простота и безопасность в эксплуатации; невысокая стоимость.

По функциональному признаку приводы ПР делятся на переключаемые, регулируемые и следящие. Переключаемые приводы применяют в манипуляторах с цикловым программным управлением. Регулируемые приводы применяют у ПР с позиционным управлением от системы ЧПУ. Следящие приводы обеспечивают точное взаимное положение звеньев манипулятора на всей траектории движения.

Электрические приводы ПР обладают большими возможностями передачи сигналов управления, быстродействием управляющих устройств, удобством энергопитания, отсутствием проблем загрязнения, характерных для гидроприводов, сравнительной простотой обслуживания и адаптацией к обслуживаемому оборудованию. Некоторые ограничения в их применении накладываются значительно большие габаритные размеры мощных установок по сравнению, например, с гидроприводами.

Электрические приводы ПР очень разнообразны. В них используются двигатели с гладкими печатными якорями, с высокоэнергетическими постоянными магнитами, двигатели переменного тока с устройствами управления, шаговые двигатели, линейные двигатели, электромагниты.

Промышленностью выпускаются комплектные регулируемые электроприводы, в состав которых входят транзисторные или тиристорные преобразователи, исполнительный двигатель, преобразователь перемещения, тахогенератор, силовой трансформатор, дроссели и встроенный тормоз. Комплексный дискретный электропривод включает в себя шаговый двигатель, коммутатор фаз, задатчик скорости, блок питания и форсировки.

Определяющим фактором при выборе электропривода является соответствие его механической характеристики параметрам исполнительного механизма ПР. Для ПР целесообразно использовать электроприводы с регулированием частоты вращения при постоянном вращающем моменте. Широкое применение получили регулируемые электроприводы с двигателями переменного тока и частотным управлением, особенно при использовании напряжения питания повышенной частоты (400 Гц).

В ПР малых и средних типоразмеров используются высокомоментные шаговые электроприводы, в том числе со встроенной волновой передачей. Все большее применение находят линейные электроприводы, например шаговые. Для переключения рабочего органа ПР (захвата) используются быстродействующие электромагниты.

Для механизмов манипуляторов с поступательным движением применяются специальные электромеханические приводы, включающие в себя высокомоментный двигатель со встроенной передачей винт — гайка качения, силовой тиристорный или транзисторный преобразователь, тахогенератор, преобразователь положения, а также тормоз.

Шаговые приводы имеют ряд достоинств, обеспечивающих эффективное их использование в ПР: простота управления скоростью и положением рабочего органа; высокое быстродействие; сравнительно большой вращающий момент; возможность непосредственного управления от устройства ЧПУ с помощью дискретных сигналов. К недостаткам шаговых приводов следует отнести: сравнительно большую величину электрической постоянной времени; уменьшение выходного крутящего момента при увеличении частоты управляющих импульсов; снижение быстродействия при возрастании инерционной нагрузки; невысокую удельную мощность; недостаточную плавность движения, особенно при низких скоростях. В приводах ПР могут применяться следующие типы шаговых двигателей: шаговые серводвигатели совместно с гидроусилителями момента, силовые шаговые электродвигатели (при легконагруженных механизмах), линейные шаговые двигатели.

Пневматические приводы ПР применяются в тех случаях, когда не требуется большая выходная мощность. Особенности пневмоприводов являются: простота управления, невысокая стоимость, надежность, отсутствие источников загрязнения, пожаро- и взрывобезопасность. К недостаткам пневмоприводов следует отнести: невысокую жесткость, трудность поддержания заданной скорости и осуществления точного позиционирования без дополнительных устройств, малую исходную мощность и необходимость смазки механизмов для предупреждения коррозии. Пневмосистемы, работающие от общей воздушной магистрали, требуют обязательной подготовки сжатого воздуха, заключающейся в его очистке, удалении влаги, а также обеспечении постоянного давления.

Для осуществления регулируемых возвратно-поступательных перемещений исполнительных органов ПР применяются специальные пневмоцилиндры, а для выполнения поворотных движений используются поворотные пневмодвигатели. Обычные пневмоприводы, управляемые с помощью упоров, не в состоянии обеспечивать многопозиционное положение исполнительных органов. Этому недостатка лишены специальные пневмоприводы, соединенные с электромагнитным тормозом специальной системой регулирования скорости при разгоне — торможении. Для выбора момента торможения используются сигналы от импульсного преобразователя обратной связи. Такими системами оснащаются как пневмоцилиндры, так и поворотные пневматические двигатели. Для непосредственного регулирования скорости перемещения и остановки поршня пневмоцилиндра применяются пневмоклапаны, а также электромагнитные клапаны, работающие на переменном и постоянном токе и управляющие одновременно одним — пятью каналами. Скорость перемещения штоков пневмоцилиндров привода захватного органа легко регулируется установкой дроселей, а усилие плавно изменяется с помощью редукционных клапанов. У таких роботов целесообразно применять и общую систему управления комплексом также с использованием сжатого воздуха.

Роботы с гидравлическими регулируемым и приводами имеют сравнительно большую удельную мощность. Гидроприводы применяются у ПР грузоподъемностью более 10 кг, обеспечивая при этом повышенную точность позиционирования. Повышение рабочего давления от 7 до 21 МПа, а в некоторых конструкциях до 35 МПа позволяет создать гидродвигатели с вращающим моментом от 100 до 6300 Н·м при малых собственных размерах и массе. По сравнению с пневмоприводами они обеспечивают большую жесткость работы подвижных частей робота, но более сложны по устройству. К недостаткам гидроприводов следует отнести: необходимость в специальной насосной станции; возможные утечки масла; изменение скорости движения; высокую стоимость наладочных работ и др.

Регулируемые гидравлические приводы применяются в ПР с цикловым управлением и в большинстве роботов с позиционной системой ПУ. В роботах с контурной системой управления (а в некоторых случаях и позиционной системой ЧПУ) применяются следящие гидравлические приводы.

Широкое распространение получили комплектные гидравлические приводы, созданные специально для ПР. Такие приводы включают в себя исполнительный гидродвигатель или цилиндр, систему регулирования по скорости и мощности (вращающему моменту), блоки обратной связи по скорости и положению, а также надежные быстродействующие тормозные устройства и устройства гидравлического демпфирования. Для эффективного использования гидроприводов в ПР требуется снижение потерь, сокращение зоны нечувствительности и повышение жесткости их исполнительных механизмов.

В настоящее время разработана гамма гидро- и пневмоприводов для ПР, которая включает приводы вращательного и поступательного движений с широким диапазоном регулирования скорости при постоянном вращающем моменте, а также единая серия управляющей аппаратуры и унифицированных насосных станций для этих приводов.

В комбинированных приводах ПР сочетаются положительные свойства электрических, пневматических и гидравлических приводов.

Спецификой приводов ПР является органическое слияние двигателей и исполнительных механизмов. Как правило, выходное звено двигателя одновременно служит основным звеном исполнительного механизма. Другой особенностью приводов ПР является наличие у каждой машины нескольких двигателей, осуществляющих отдельные перемещения подвижных звеньев манипулятора. Поступательные движения осуществляются по прямолинейным направляющим, часто телескопического типа, вращательные — с помощью рычажно-шарнирных механизмов. Состав и конструкция исполнительных механизмов зависят главным образом от назначения ПР, вида и числа степеней подвижности, типа источника энергии, системы управления и других факторов.

При полном использовании степеней свободы, в зависимости от системы координат, между количеством звеньев m и числом степеней свободы n существуют следующие соотношения: для прямоугольных координат $m = n - 3$; для цилиндрических $m = n - 2$; для полярных $m = n - 1$; для сферических $m = n$.

Выбор привода ПР определяют следующие основные характеристики механизмов манипуляторов: 1) пределы и диапазон регулирования скорости при допустимой ее неравномерности; 2) характер регулирования скорости в данном диапазоне; 3) допустимое изменение скорости при переменном характере нагружения; 4) зависимость момента нагружения от скорости; 5) зависимость мощности или момента нагрузки от времени; 6) предельные значения времени пуска и торможения; 7) точность и стабильность позиционирования; 8) условия окружающей среды (температура, влажность, вибрация и т. п.).

Приводы для каждой степени подвижности ПР выбираются с учетом требуемой мощности, вращающего момента двигателя или усилия на штоке цилиндра, величины массовой и инерционной нагрузок, заданного быстродействия, которое определяется временем переходного процесса, связанного с точностью позиционирования рабочих органов манипулятора.

Для осуществления перестановочных движений ПР на расстояние более 1 м целесообразно применять приводы вращательного действия совместно с реечной или другой передачей, а для перемещений до 1 м допустимо использование линейных приводов. Установочные возвратно-поступательные и вращательные движения руки ПР целесообразно осуществлять соответственно приводами на базе гидро- или пневмоцилиндров и неполноповоротных гидро- или пневмодвигателей. Возможно также применение полноповоротных гидро-, пневмо- или электродвигателей в сочетании с винтовыми, реечными и другими передачами, обеспечивающими поступательные движения, а также гидро-, пневмоцилиндров в сочетании с преобразующими механизмами для осуществления вращательных движений. При этом необходимо стремиться к минимальному количеству ступеней.

Для получения сложного движения рабочего органа удобно применять приводы на базе поворотных гидроцилиндров, в которых наряду с поступательными движениями штока предусмотрена его ротация.

С целью повышения точности позиционирования рабочего органа манипулятора при больших вылетах руки (до 2 м и более) применяют электропневмодвигатели или полноповоротные гидродвигатели. Приводы на базе неполноповоротных гидродвигателей имеют недостаточную точность установки выходного звена.

Ориентирующие движения кисти манипулятора обычно осуществляют приводами на базе неполноповоротных гидро- или пневмодвигателей. В этом случае погрешность позиционирования выходного вала двигателей мало влияет на точность перемещений захвата из-за небольших размеров кисти. Для осуществления движения

схвата можно применять неполноповоротные гидродвигатели, а также короткоходовые гидро-, пневмо- или электродвигатели

Питание силовых исполнительных органов гидроприводов целесообразно осуществлять от специальных унифицированных гидростанций, обеспечивающих рабочее давление до 16—21 МПа и выше.

Большинство (как по числу моделей, так и по общему количеству выпускаемых ПР) применяемых в заготовительно-штамповочном производстве составляют настольные роботы с горизонтальной выдвижной рукой и консольным механизмом подъема.

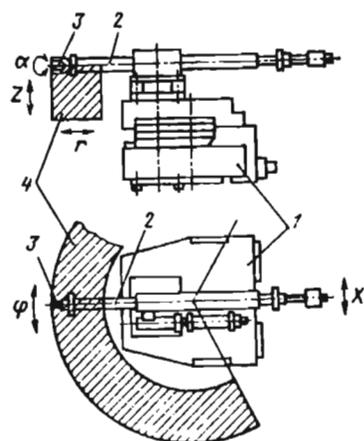


Рис. 12.9. Промышленный робот Ритм-01.01:

1 — корпус; 2 — рука; 3 — захват; 4 — рабочий объем

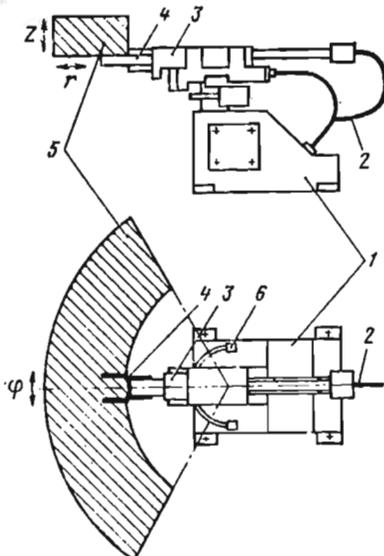


Рис. 12.10. Промышленный робот МП-9С:

1 — корпус; 2 — воздушный шланг; 3 — рука; 4 — захват; 5 — рабочий объем; 6 — упор

Характерным примером роботов этой группы, обладающих малой грузоподъемностью, может служить ПР модели Ритм-01.01 (рис. 12.9), имеющий грузоподъемность 0,1 кг. Робот имеет пневматический привод, он выполнен настольным и крепится к обслуживаемому оборудованию. Исполнительные механизмы обеспечивают 5 степеней подвижности, осуществляя 3 прямолинейных координатных перемещения, а также повороты манипулятора в горизонтальной плоскости и руки вокруг своей оси. Величины перемещений настраиваются путем установки упоров в соответствующее положение. Для торможения узлов в конце хода используются гидравлические демпферы.

Другим примером роботов этой группы может служить ПР модели МП-9С грузоподъемностью 0,2 кг и с тремя степенями подвижности. Он также имеет пневматический привод. К манипулятору от электронного циклового программного устройства (ЭЦПУ), питаемого от сети 220 В, подается напряжение тока 24 В. Сжатый воздух

давлением 0,4–0,5 МПа поступает к электропневматическим клапанам манипулятора от компрессора (заводской пневмосети) через узел подготовки воздуха, который обеспечивает регулировку необходимого давления, подачу воздуха и смазки в пневмоцилиндры. Манипулятор робота (рис. 12.10) состоит из следующих основных узлов: корпуса 1 с узлами распределения воздуха, механизмами подъема и поворота, муфты с упорами 6, руки 3, амортизаторов выдвигения и поворота руки, захвата 4.

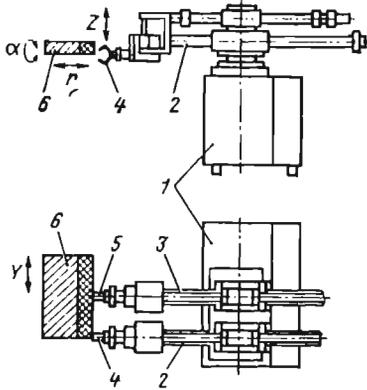


Рис. 12.11. Промышленный робот Ритм-05.01:

1 — корпус; 2 — рука 1; 3 — рука 2; 4 — захват 1; 5 — захват 2; 6 — рабочий объем

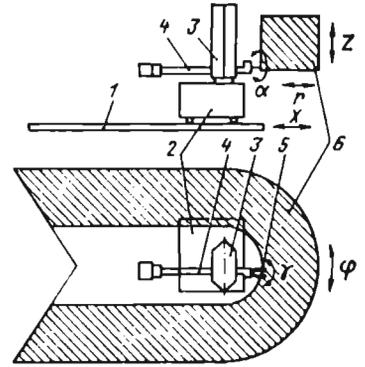


Рис. 12.12. Промышленный робот РБ-231:

1 — рельсовый путь; 2 — корпус; 3 — колонна; 4 — рука; 5 — захват; 6 — рабочий объем

К роботам средней грузоподъемности этой группы следует отнести ПР модели Циклон-3.01 также с пневматическим приводом. Он предназначен в основном для выполнения транспортно-загрузочных операций на листоштамповочных прессах усилием до 1,6 МН, имеет грузоподъемность 6,3 кг на одну из обеих рук, обладает 6-ю степенями подвижности. Останов подвижных узлов определяется регулируемыми упорами, при подходе к которым скорость гасится гидравлическими демферами. Высокий темп работы ПР этого типа определил их систему управления с контролем по времени.

Примером ПР с поперечным перемещением рук, вместо их поворота относительно вертикальной оси, может служить робот с пневматическим приводом модели Ритм-05.01 грузоподъемностью на каждую из двух рук 0,5 кг (рис. 12.11). Робот работает в прямоугольной системе координат X, Y, Z и имеет 7 степеней подвижности [21].

Напольный робот модели РБ-231 (НРБ) с горизонтальной подвижной рукой, закрепленной на подъемной каретке, имеет гидравлический привод. Робот работает в цилиндрической системе координат, обладает 6-ю степенями подвижности, имеет грузоподъемность 15 кг (рис. 12.12). Гидравлическая насосная станция размещена в основании робота. Поворот колонны осуществляется цепью, охватывающей звездочку и натянутой двумя однополостными гидро-

цилиндрами, что обеспечивает беззазорное зацепление, улучшающее точностные свойства робота. По направляющим колонны с помощью гидроцилиндра перемещается каретка, несущая выдвижную руку, которая приводится в действие реечной передачей. Движение ведущей шестерни передается через шлицевой вал от гидромотора, расположенного в верхней части колонны.

По особому заказу робот выпускается с перемещением по рельсовому пути, что позволяет обслуживать несколько технологических машин.

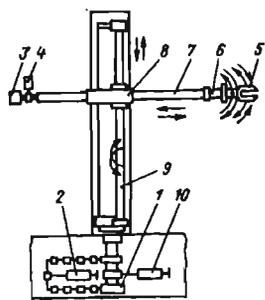


Рис. 12.13. Кинематическая схема промышленного робота УМ-1

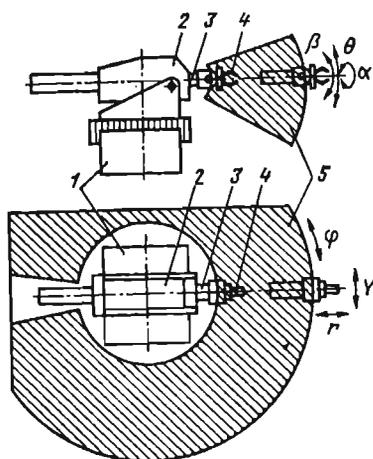


Рис. 12.14. Промышленный робот Универсал-15:

1 — корпус; 2 — каретка; 3 — рука;
4 — захват; 5 — рабочий объем

Во многом сходную конструкцию имеет ПР общего назначения с гидравлическим приводом модели УМ-1, кинематическая схема которого приведена на рис. 12.13. На раме с тележкой смонтированы блок программного управления, гидравлическая станция с приводом от электродвигателя и все другие агрегаты и механизмы.

Робот имеет пять степеней свободы, не считая движений схвата. Движение руки 7 в горизонтальном направлении ограничивается упорами, положение которых регулируется в зависимости от требуемой величины хода. Кисть 6 с захватом 5 поворачивается гидроцилиндрами 3 и 4. Манипулятор перемещается по каретке 8, которая смонтирована на колонне 9. Вертикальное перемещение руки и поворот колонны производятся гидроцилиндрами 2 через тяговую цепную передачу со звездочками 1 на валу колонны. Плавность хода обеспечивается гидроамортизатором 10.

Обучение робота — запись программы на перфорированную ленту — производится с пульта ручного управления путем пролеживания рукой робота заданных точек программы. Система управления имеет устройство синхронизации работы робота с работой обслуживаемого оборудования.

Напольные роботы с качающейся рукой работают в сферической цилиндрической системах координат. Примером ПР, работающих

в сферической системе координат, могут служить роботы моделей Универсал-15 и Универсал-60 грузоподъемностью соответственно 15 и 60 кг, выпускаемые в различных исполнениях. Привод роботов осуществляется от гидроусилителей крутящего момента, имеющих в качестве источника движения двигатели постоянного тока. Для выбора люфта в приводах установлены пары синхронно работающих приводных шестерен, одна из которых нагружена относительно другой крутящим моментом от торсионной пружины. Поворот захвата и сгибание кисти производятся за счет связанных дифференциальных механизмов, расположенных в корпусе руки. Сгибание кисти и вращение захвата происходят независимо друг от друга. Принципиальная схема ПР модели Универсал-15 показана на рис. 12.14.

Напольные роботы с многозвенной рукой при малых габаритных размерах могут обслуживать большие зоны. Обычно они работают в угловой (угловой) системе координат. Примером этой группы роботов может служить модель РПМ-25, являющаяся базовой моделью агрегатной гаммы ПР, построенных из автономных модулей. Робот имеет электромеханический привод на основе двигателей постоянного тока. Управление движением звеньев осуществляется с помощью кулачков, посредством реле и конечных выключателей.

Портальные роботы позволяют экономить производственную площадь и обеспечивают удобное обслуживание оборудования. Применение опорных систем большой длины позволяет организовывать участки с групповым обслуживанием нескольких технологических машин одним роботом при их линейном расположении.

12.4. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПР

Системы управления современными промышленными роботами выполняют функции программирования их работы, запоминания программы управления, ее хранения, воспроизведения, выдачи управляющих команд исполнительными механизмами, а также контроля их выполнения. Программа управления представляет собой зашифрованную тем или иным способом информацию о последовательности и времени выполнения управляющих команд рабочего цикла, о пространственном положении рабочих органов ПР.

По способу позиционирования рабочих органов системы управления бывают с позиционным, контурным и комбинированным (универсальным) управлением. При позиционном управлении задаются начальное и конечное положения рабочих органов ПР. При контурном управлении положение рабочих органов определено в каждый момент времени. Универсальные системы обеспечивают как позиционное, так и контурное управление.

По способу представления информации системы управления можно разделить на электромеханические, цикловые, числовые, аналоговые и гибридные.

В электромеханических системах информация представлена в виде физического аналога (задается положением

упоров, настройкой реле времени, кулачками распределительного механизма, копирами и т. п.). Подобные системы просты, но обеспечивают ограниченные функциональные возможности ПР.

В цикловых системах программного управления (ЦПУ) управляющие команды задаются в числовом виде, а геометрическая информация — положением механических упоров или подключением конечных выключателей. Перестройка рабочего цикла при использовании внутренних коммутаторов сводится к установке штекеров (переключателей, кнопок и т. п.) в определенные гнезда или положения. Рабочий цикл может также перестраиваться с помощью перфоленты, помещаемой в считывающее устройство. В настоящее время эти системы применяются для управления малофункциональными ПР шире, чем электромеханические.

В числовых системах программного управления (ЧПУ) информация, представленная в числовом виде, хранится на быстромносменном носителе — магнитной ленте, барабане, диске. Это обеспечивает наибольшие функциональные возможности ПР, активный контроль выполнения рабочего цикла, развитую индикацию параметров, а также возможность управления от ЭВМ с соответствующим внешним обеспечением.

В аналоговых системах информация обычно моделируется характеристиками постоянного тока. К преимуществам таких систем следует отнести отсутствие необходимости применения аналого-цифровых преобразователей при работе с датчиками обратной связи аналогового типа. Однако область применения аналоговых систем ограничена ввиду необходимости их перестройки при переходе на новую программу. Поэтому они применяются для управления ПР специального назначения.

В гибридных системах может использоваться информация, представленная в различном виде — числовом, аналоговом и т. д.

При обслуживании заготовительно-штамповочных машин применяются роботы с позиционными системами управления с цикловым или числовым программированием. Роботы с пневматическим приводом, как правило, оснащаются цикловыми системами программного управления. Перемещение подвижных элементов робота по каждому из направлений осуществляется по принципу «включено — выключено» без программирования траектории движения захватных органов между ограниченным числом точек (чаще всего — между двумя) позиционирования. С этой целью устанавливаются переналаживаемые упоры или конечные выключатели.

Цикловые системы управления относительно просты по устройству, компактны и достаточно надежны. Они komponуются обычно из стандартных блоков. Объем наборного поля определяется функциональным назначением и числом степеней подвижности ПР.

Примером цикловых систем может служить электронное цикловое программное управление (ЭЦПУ) промышленного робота МП-9С, обеспечивающее один из 4-х возможных режимов работы: автомат, цикл, команда и ручной. Установка режима работы устройства производится путем нажатия соответствующей кнопки переключателя.

теля режимов на пульте управления (рис. 12.15). Для вывода звена манипулятора в требуемое положение, после включения режима «Ручной», нажимается кнопка под табло индикации состояния звеньев, на котором нанесена соответствующая мнемоника.

Для запуска устройства в режимах «Автомат», «Цикл» и «Команда» нажимается кнопка «Пуск». При этом загорается табло «работа», которое горит до окончания работы устройства по программе. Кнопка «Стоп» служит для останова устройства. Для предварительной установки счетчика кадров в начальное (нулевое) состояние используется кнопка «Сброс СЧК». В процессе наладки для пуска программы с произвольного шага сначала нажимают кнопку «Сброс

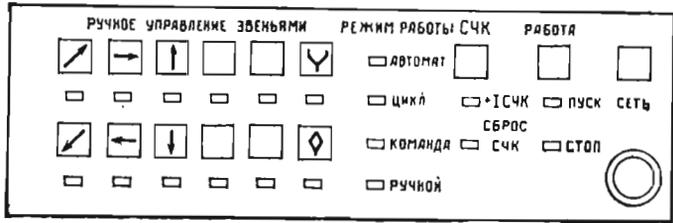


Рис. 12.15. Пульт управления роботом МП-9С

0	1	2	3	4	0	5	6	0	С	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					
0	0	0	0	0	1	2	0	0	5	6	5	4	0	0	0	0	0	0	0	С	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 12.16. Программоноситель работа МП-9С

СЧК», а затем, многократно нажимая кнопку «+СЧК», устанавливают в «СЧК» требуемый номер шага.

Включение питания устройства производится нажатием кнопки «Сеть», а выключение — нажатием специальной кнопки аварийного отключения.

Программоноситель, на котором запоминается программа, выполнен в виде двух наборных полей многопозиционных переключателей по 30 штук в каждом поле (рис. 12.16). Переключатели верхнего и нижнего полей, имеющие одинаковые порядковые номера, образуют запоминающую ячейку, в которую записывается кадр программы. На каждом шаге программируется один кадр программы, состоящий из одной или двух одновременно исполняемых команд. Все кадры в программе располагаются последовательно друг за другом, начиная с нулевого шага. Для примера на рис. 12.16 набраны команды, приведенные в табл. 12.1.

Команды 1 6; 9, 10 служат для управления звеньями манипулятора. Команды 7, 8 используются для включения и выключения прессы; команды 11, 12 являются блокировочными для работы звеньев манипулятора. Команда 13 в режиме «Автомат» служит для

Т а б л и ц а 12.1

Состав команд и их кодирование

№ по пор.	Название команды	Код	
		Верхнее поле	Нижнее поле
1	Вперед	1	0
2	Назад	2	0
3	Вправо	3	0
4	Влево	4	0
5	Вверх	0	1
6	Вниз	0	2
7	Включение ЭПК упр., прессом (ТК1)	5	0
8	Выключение ЭПК упр., прессом (ТК2)	6	0
9	Открытие захвата	0	5
10	Закрытие захвата	0	6
11	Опрос 1 состояния пресса	9	3
12	Опрос 2 состояния пресса	9	4
13	Конец программы	0	0

защелкивания программы работы робота. При выполнении этой команды счетчик кадров сбрасывается в исходное положение, после чего начинается повторное выполнение набранной программы. В режиме «Цикл» выполнение команды 13 означает останов работы.

В манипуляторе на каждое движение установлен электропневматический клапан, снабженный дросселем, установленным на входе. Их регулировкой производится изменение скоростей движения. Позиционирование подвижных элементов робота с точностью в пределах $\pm 0,05$ мм обеспечивается конечными регулируемым упорами. Последовательность и количество движений в соответствии с принятой схемой выполняются согласно набранной на пульте ЭЦПУ программе. Сигнал о выполнении каждого движения, за исключением захвата, выдают КЭМы при подходе к ним постоянных магнитов, установленных на подвижных частях. Сигнал о срабатывании захвата поступает с установленного на нем микропереключателя. Только после сигнала ответа о выполнении движения (команды) происходит выдача команды на выполнение следующего движения. При отсутствии сигнала ответа от КЭМа (микропереключателя) о выполнении движения согласно программе манипулятор останавливается, и до получения сигнала ответа последующих движений не происходит.

Автоматизация выдвигания и поворота руки манипулятора осуществляется гидравлическими демпферами. Автоматизация подъема (опускания) руки производится дросселированием подачи и отвода воздуха.

Промышленные роботы с гидравлическим приводом оснащаются как цикловыми, так и числовыми системами программного управления. Высокая жесткость гидроприводов позволяет осуществлять их работу в замкнутом режиме. С учетом этого обстоятельства координаты точек позиционирования руки обычно задаются с помощью

аналоговых устройств типа потенциометров, а последовательность движения всех звеньев робота — с помощью наборного поля. В этом случае обеспечивается высокая точность позиционирования, не зависящая от точности установки жестких упоров, в отличие от ПР с пневмоприводами. Обратная связь, построенная на потенциометрах, надежно обрабатывает сигнал рассогласования.

Позиционные системы с ЧПУ отличаются большим объемом памяти, так как в качестве запоминающих устройств обычно применяются магнитные накопители в виде магнитных барабанов или сердечников. В качестве датчиков обратной связи в роботах с системами ЧПУ, как правило, применяют кодовые датчики. Выбор типа позиционной системы управления роботом зависит от степени сложности выполняемой им работы. Так, для перемещения заготовки (детали) между двумя определенными точками следует применять более простые роботы с цикловым управлением; в случае необходимости фиксации поочередно в нескольких точках (например, при поштучной укладке деталей в многопозиционную тару) применяют роботы с системой ЧПУ.

Роботы с контурными системами управления применяются при выполнении основных технологических операций (например, при газовой сварке сложных контуров или окраске пространственных деталей), когда закрепленный в исполнительном органе робота инструмент должен перемещаться с определенной скоростью по заданной траектории.

В настоящее время все большее развитие и применение получают адаптивные роботы и роботы с искусственным интеллектом. Адаптивные роботы (роботы второго поколения) приспособляются к изменяющейся обстановке и подстраиваются с учетом этих изменений. С этой целью адаптивные роботы оснащаются соответствующими датчиками, реагирующими на реальную обстановку в зоне обслуживания. Например, с помощью датчиков определяется положение детали, и захватный орган ориентируется в соответствии с этим положением. Для нормальной работы таких роботов не требуется упорядоченное исходное положение деталей, подлежащих захвату и перемещению, и отпадает необходимость в ориентирующих устройствах.

Роботы с искусственным интеллектом (роботы третьего поколения) оснащаются устройствами обработки информации, получаемой от сенсорных систем, о предметах окружающей среды, их свойствах и взаимодействии. Такие устройства в виде ЭВМ вырабатывают оптимальные решения и вариант действия робота в данной ситуации для выполнения поставленной задачи.

12.5. РОБОТИЗАЦИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Промышленные роботы в заготовительно-штамповочном производстве могут выполнять весь комплекс вспомогательных операций: транспортировку в рабочую зону, смазку и установку в штамп

заготовок; перенос из одной рабочей позиции в другую и передачу от одного пресса к другому полуфабрикатов; удаление деталей и отходов после штамповки; укладку деталей в тару и др.

Используемые для обслуживания прессов роботы должны иметь быстродействующие приводы, надежные системы управления и блокировки, обеспечивающие синхронную работу пресса и робота, универсальные или быстросменные захватные устройства различного типа для захвата заготовок, полуфабрикатов и деталей в достаточно широком диапазоне их размеров и конфигурации, что особенно важно в условиях мелкосерийного производства.

Успешное использование ПР связано с осуществлением целого комплекса организационно-технических подготовительных работ по приспособлениям, а иногда и модернизации транспортных и технологических машин, изменением конструкции оснастки, перепланировкой оборудования в связи с изменением технологических маршрутов при многооперационной штамповке, подготовкой обслуживающего персонала и рядом других мероприятий.

Для широкого применения роботов в производстве большое значение имеет использование блочно-модульного принципа их построения. Изготовление ПР из унифицированных функциональных элементов позволяет создавать роботы различного назначения с требуемым числом степеней подвижности, упростить их конструкцию и обслуживание, сократить сроки и затраты на их изготовление и освоение.

Выполнение всего комплекса перечисленных мероприятий резко повышает технико-экономическую эффективность применения ПР и сокращает сроки их окупаемости даже в условиях мелкосерийного производства. С этой же целью должна проводиться работа по созданию технологических машин, адаптированных к работе с промышленными роботами.

Экономически наиболее целесообразно применять роботизированные штамповочные комплексы (РШК) или участки (РШУ), состоящие из различных технологических машин, связанных обслуживающими их роботами, и обеспечивающие законченный цикл изготовления детали.

В состав типового РШК могут входить: магазинное устройство, обеспечивающее выдачу плоских заготовок на исходную (загрузочную) позицию ПР; промышленный робот (обычно — двурукий); цикловым программным управлением, обеспечивающий загрузку и штамп заготовок и съем с него отштампованных деталей; комплект универсальных схватов для захвата и переноса плоских и пространственных заготовок, полуфабрикатов и деталей; комплект датчиков и датчиков информации для проверки положения заготовок в штампах, контроля выноса изделий из штамповой зоны пресса, контроля одачи в штамп только одной заготовки; ограждение, исключающее возможность проникновения в опасную зону во время работы РШК.

При необходимости в состав РШК также входит установка для подачи технологической смазки. При выполнении операций, когда кроме деталей необходимо выносить из рабочей зоны контурный

отход, между ПР и тарой для деталей дополнительно устанавливается тара для отходов.

Комплекс (участок) должен иметь возможность переналадки на штамповку различных деталей. Продолжительность переналадки комплекса (участка) не должна превышать 90 мин, что позволяет использовать РШК и РШУ в производствах, изготавливающих детали не только крупными сериями, но также в серийном и даже мелко-серийном производстве.

Заготовки должны иметь минимальные заусенцы. Во избежание слипания и выдачи в штамп одновременно двух заготовок должно быть предусмотрено их обезжиривание, а в необходимых случаях — принудительное разъединение. Коробковатость плоских заготовок не должна превышать 2 % длины или ширины.

Технологические машины необходимо оснастить датчиками, контролирующими исходное положение их рабочих органов, а также датчиками, контролирующими качественное выполнение технологической операции. Величина хода рабочего органа должна обеспечивать возможность свободного прохода схвата в рабочую зону. В распределительной электрической коробке технологических машин необходимо предусмотреть возможность установки дополнительного клеммного зажима для введения линий связи от СПУ ПР (команда на срабатывание технологической машины) и от технологической машины к СПУ ПР (блокировочные датчики).

ПР должны иметь возможность быстрой смены схватов при переходе на штамповку нового изделия, регулировку, обеспечивающую быструю перестройку их работы с новыми изделиями, а также разъемы и места подключения энергоносителей и линий связи с технологической машиной и вспомогательными устройствами.

СПУ ПР не должна выдавать команду на срабатывание технологической машины до тех пор, пока схваты робота находятся в штамповом пространстве. Системы блокировки должны обеспечивать последовательность качественного выполнения всех команд: загрузки в штамп одной заготовки, правильности ее укладки, совершения рабочего хода технологической машиной, выноса отходов из рабочей зоны, удаления детали, наличия заготовки на исходной позиции и правильности ее ориентации, исходного положения рук ПР и др.

Для обеспечения безопасности РШК и РШУ должны иметь ограждение, заблокированное с СПУ ПР. Ограждение не должно затруднять визуального контроля за работой РШК или РШУ, а СПУ ПР вместе с постами (кнопками) аварийного останова оборудования должны быть вынесены за ограждения.

Ремонт и устранение неисправностей, смена схватов и другие работы в зоне действия оборудования без снятия питания, а также отключения энергоносителя не разрешаются.

К работе по наладке и эксплуатации РШК и РШУ допускаются лица, изучившие техническое описание оборудования, инструкцию и правила техники безопасности по его эксплуатации.

12.6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Автоматические линии, применяемые при установившемся производстве, представляют собой систему машин, комплекс основного и вспомогательного оборудования, автоматически выполняющего процесс в определенной последовательности и с заданным ритмом процесса изготовления продукции. В функции оператора, обслуживающего автоматическую линию, входят: управление, контроль за работой, наладка и восстановление работоспособности, обеспечение непрерывного выпуска предмета обработки.

В отличие от автоматических полуавтоматические (автоматизированные) линии требуют непрерывного участия человека при выполнении отдельных операций, автоматизация которых по тем или иным причинам не осуществлена (например, пуск и остановка отдельных агрегатов, закрепление или перемещение предметов обработки и др.).

Различают специальные, специализированные и универсальные автоматические линии. Специальные автоматические линии строят с целевым назначением для обработки какой-либо конкретной детали. При изменении объекта обработки такие линии или полностью заменяются, или подвергаются коренной перестройке. Специализированные автоматические линии предназначены для обработки групп однотипных деталей. При переходе на изготовление другой детали данной группы производится подналадка или частичная замена отдельных узлов. Универсальные автоматические линии строят обычно на базе универсального оборудования. Они оснащаются в основном универсальными средствами автоматизации, и поэтому переход на новый объект обработки не требует значительных затрат времени и средств.

Разновидностью автоматических линий являются линии, состоящие из рабочих роторных машин, связанных между собой транспортными роторами. Особенностью роторных машин является совмещение по времени технологического воздействия инструмента на предмет обработки с непрерывным их транспортным движением.

Фрагмент автоматической роторной линии показан на рис. 12.17. В состав линии входят транспортный питающий ротор *I*, рабочий ротор *14*, съемный ротор *13*. Загрузочный транспортный ротор оснащен бункером, лотком, механизмом ориентации и выдачи предметов обработки на позицию рабочего ротора. Заготовка в зоне *II* из загрузочного транспортного ротора подается захватом *2* в рабочий ротор, смонтированный на валу *3*. В зоне *I* при вращении рабочего ротора заготовка обрабатывается, а в зоне *IV* снимается транспортным съемным ротором *13* с помощью зах-

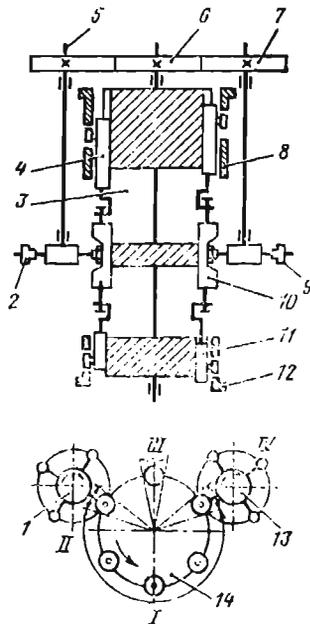


Рис. 12.17. Фрагмент автоматической роторной линии

вата 9. Синхронное вращение роторов обеспечивается находящимися в зацеплении зубчатыми колесами 5, 6 и 7. В зоне III происходит смена инструментов, которые крепятся на блоках 10. При вращении ротора инструменты совершают вертикальные перемещения от ползунов 4 и 11 под действием неподвижных кольцевых копиров 8 и 12.

В штамповочном производстве наибольшее распространение получили универсальные быстропереналаживаемые автоматические линии на базе универсального оборудования, связанного универсальными средствами автоматизации. При изменении объекта производства такая линия переналаживается без замены основного оборудования.

Связь между технологическими машинами автоматизированных и автоматических линий может быть жесткой, гибкой и смешанной. При жесткой связи связующими элементами могут быть: сам полуфабрикат, единая система подачи (например, грейферное подающее устройство), кинематические связи между машинами и др. При жесткой связи технологические машины располагаются на одинаковом или кратном расстоянии друг от друга. По существу все штамповочные автоматы, а также отдельные прессы с многопереходными штампами и с автоматической подачей являются компактными автоматическими линиями с жесткой связью.

В автоматических линиях с гибкой (управляемой) связью составные элементы не связаны между собой непосредственно, а включаются в работу обрабатываемыми полуфабрикатами, которые при движении воздействуют на соответствующие сигнальные устройства (обычно — конечные выключатели). Последние срабатывают лишь в том случае, когда полуфабрикат занял правильно ориентированное положение. Применение гибкой связи не требует равного или кратного расстояния между технологическими машинами и, следовательно, перестановки стационарного оборудования [28].

Автоматические линии со смешанной связью на отдельных участках имеют или жесткую, или гибкую связь. Такое комбинирование расширяет область применения автоматических линий.

Целесообразность перевода изготовления той или иной детали с обычной поточной линии на автоматическую определяется в результате комплексного учета экономических, технических и социальных факторов. Одним из основных условий изготовления деталей в автоматических линиях является достаточный объем производства, так как высокая производительность автоматических линий при малой серийности деталей требует частых остановок для перестройки линии на изготовление новой детали, что может привести к затратам, превышающим экономический эффект от автоматизации процесса. Для нормального функционирования переналаживаемых линий необходимо наличие групп однотипных деталей, сходных технологических процессов. Применение автоматических линий, как и других видов автоматизации, может быть оправдано только при выполнении оптимальных технологических процессов.

С учетом интенсивной и взаимосвязанной работы оборудование автоматических линий должно обладать достаточной надежностью.

Узлы и детали машин, работающих на непрерывных автоматических ходах, должны быть рассчитаны (или проверены) по номинальной нагрузке с запасом прочности, значительно большим, чем для самостоятельно работающих машин. Так, для универсальных прессов запас прочности главного вала принимается равным 1,3, а для прессов-автоматов — 1,5 ... 2,0, предельное давление в трущихся парах кривошипно-шатунного механизма автоматов допускается в 2 — 5 раз меньшим, чем у универсальных прессов, а напряжения в станинах — меньшими в 2 — 4 раза. Для бесперебойной работы машины и механизмы автоматических линий обязательно должны быть оснащены автоматическими системами смазки.

Важнейшим условием бесперебойной эксплуатации автоматической линии является оснащение системами управления и блокировки, обеспечивающими строго согласованную работу всех ее составных частей. Технологические машины, входящие в состав переналаживаемой линии, должны быть укомплектованы устройствами для быстрой замены и наладки инструмента. Сокращение времени переналадки позволяет распространить применение автоматических линий на серийное производство.

Наиболее совершенной формой автоматизации процессов штамповки деталей являются обрабатывающие комплексы (центры), представляющие собой технологические агрегаты, оснащенные не только средствами автоматизации, связанными с предметами обработки, но и механизмами автоматизированной смены штампов (до 5-ти комплектов и более), работающими по общей программе.

ГЛАВА 13

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ 13.1. КОПИРОВАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И СЛЕДЯЩИЕ ПРИВОДЫ

При обработке криволинейных поверхностей на технологических машинах, оснащенных копировальным устройством, одна или несколько подач исполнительного органа производится по копиру, форма которого соответствует конфигурации обрабатываемой поверхности. Копиром может служить модель изготавливаемой детали, специальный шаблон или даже чертеж. При некотором усложнении конструкции устройства можно применять копир в увеличенном или уменьшенном по отношению к детали масштабе.

Существующие копировальные устройства бывают двух основных типов: без усиления воздействия задающего элемента (силовые) и с усилением воздействия задающего элемента (со следящим приводом). Первый тип копировальных устройств проще по конструкции, но не всегда применим и, что самое важное, не может гарантировать стабильную высокую точность воспроизведения (повторения) изделия геометрической формы копира. Второй тип сложнее, но его работа не зависит от субъективных факторов.

Копировальные устройства

Принцип действия копировальных устройств без усиления заключается в следующем. К копиру постоянно прижимается шуп (копирный палец, ролик) с усилием, большим противодействующего реактивного усилия при обработке детали. В этом случае контакт шупа и копира не нарушается. Динамическое замыкание цепи шуп — копир создается усилием рабочего или пружиной, грузом и т. п.

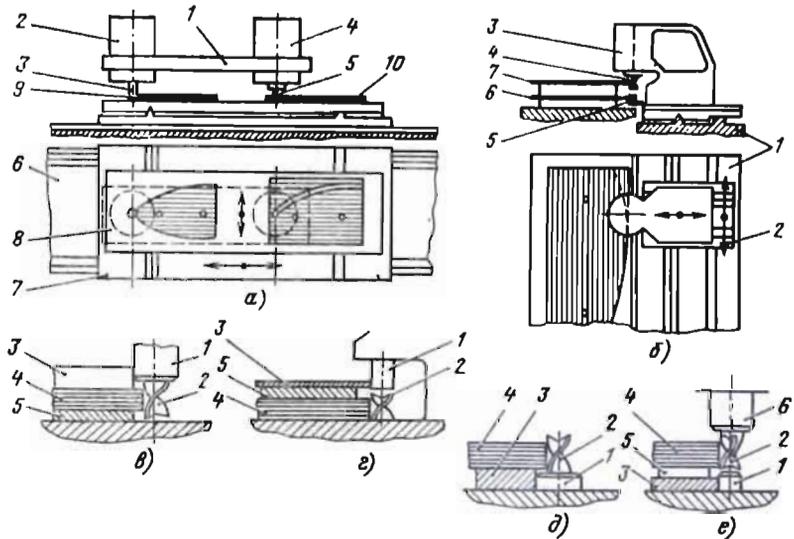


Рис. 13.1. Схемы различных способов копирования при фрезеровании пакета листовых заготовок:

a — схема копирования с отдельной установкой копира и пакета заготовок на столе станка: 1 — неподвижный портал станка; 2 — копировальная головка; 3 — копировальный палец; 4 — фрезерная головка; 5 — фреза; 6 — станина; 7 — нижний стол; 8 — верхний стол; 9 — шаблон фрезерования; 10 — пакет листов; *b* — схема копирования с совмещенной установкой копира и пакета заготовок на столе станка: 1 — станина; 2 — продольный суппорт; 3 — поперечный суппорт; 4 — фреза; 5 — копировальный палец; 6 — копир; 7 — пакет заготовок; *c, d, e* — схемы прямого копирования на вертикально-фрезерных станках: 1 — копировальный палец; 2 — фреза; 3 — шаблон; 4 — пакет заготовок; 5 — прокладка; 6 — шпиндель

На рис. 13.1 показаны схемы различных способов копирования при обработке пакета листовых заготовок на копировально-фрезерных станках. На рис. 13.1, *a* шуп и инструмент с прижимным устройством смонтированы на суппорте, а копир с обрабатываемым пакетом — на столе. Продольная подача обычно осуществляется перемещением суппорта (реже — стола); поперечная подача инструмента повторяет перемещения шупа, определяемые профилем копира. Встречаются и другие схемы компоновки.

Иногда копировальные устройства выполняются по простой схеме — на шпиндель насажена копирная втулка, а на заготовку (пакет) накладывается шаблон (ШФ) и скрепляется с ней (см.

рис. 13.1, в). Другие варианты взаимного расположения копирного пальца (втулки) и шаблона показаны на рис. 13.1, б, г, д, е. Во всех случаях контакт копирующего пальца и шаблона осуществляется вручную прижимом шпинделя (при обработке больших заготовок, которые крепятся неподвижно на столе станка) или прижимом копира к копируемому пальцу (при обработке небольших заготовок, обычно без перемещения шпинделя).

Для уменьшения усилия перемещения шпинделя некоторые конструкции станков имеют сервопривод, импульс которому дает ручное перемещение.

Несмотря на то, что щупы (пальцы, ролики) и копиры изготавливаются с повышенной поверхностной прочностью, они достаточно быстро изнашиваются, что наряду с большими затратами усилий рабочего является также серьезным недостатком рассмотренных конструкций. Поэтому силовые копирующие устройства вытесняются копирующими системами со следящим приводом.

Следящие приводы

Следящий привод состоит из следящего элемента, привода подач и системы связи (усилителя и преобразователя).

Назначение следящего элемента — непрерывно следить за правильностью положения (выходными координатами) инструмента по сравнению с задаваемым копиром нужным положением (задаваемыми координатами). Если действительное положение инструмента отклоняется от задаваемого, т. е. имеется рассогласование, следящий элемент вырабатывает воздействие для устранения этого рассогласования. Чувствительный орган следящего элемента контактирует с рабочей поверхностью копира.

Привод подач в общем случае осуществляет движение суппорта или стола с обрабатываемым изделием по трем (часто только по двум) координатам. Работой привода подачи управляет воздействие следящего элемента, усиленное и преобразованное в системе связи. Таким образом, следящий элемент через систему связи управляет приводом подач в зависимости от знака и величины рассогласования.

По виду следящего привода копирующие устройства с усилением могут быть двух основного типов — релейного и плавного действия. У копирующих устройств релейного действия распорядительное воздействие не зависит от величины рассогласования и сохраняет постоянную величину, несмотря на то, что имеется отклонение действительного положения инструмента от требуемого, но при изменении знака отклонения направление воздействия (его знак) также меняется. У копирующих устройств плавного действия величина воздействия функционально связана не только со знаком, но и со значением рассогласования.

Соответственно этому копирующие устройства релейного действия обычно работают как трехпозиционные: вперед — стоп — назад (иногда и как двухпозиционные: вперед — назад), а плавного действия — как непрерывные.

Следящий элемент копировального устройства может быть электрическим, гидравлическим, фотоэлектрическим и др.; в свою очередь, привод подачи также может быть электрическим, гидравлическим и т. д.

В оснащении технологических машин штамповочных цехов среди других чаще всего применяются гидравлические следящие приводы, обладающие целым рядом преимуществ, основными из которых являются:

а) малая инерционность, дающая возможность легко менять направление движения рабочего органа машины и, следовательно,

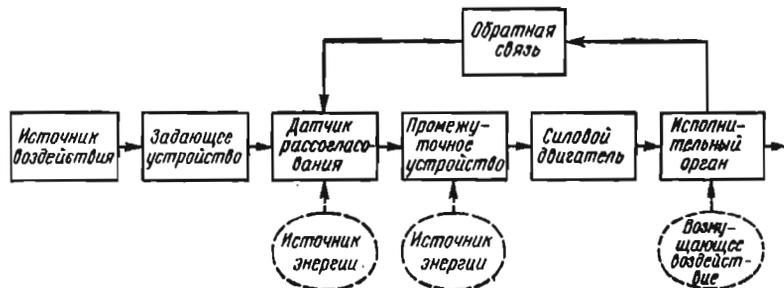


Рис. 13.2. Элементарная схема гидравлического следящего привода

позволяющая производить обработку с достаточной точностью по копиям сложной конфигурации при высоких скоростях;

б) плавность хода, обеспечивающая высокое качество поверхности обрабатываемой детали;

в) в отличие от электромеханических и электрогидравлических приводов гидравлические следящие приводы не требуют применения сложных усилителей сигналов, а в отличие от пневматических — крупногабаритных силовых агрегатов;

г) относительная простота конструкции.

К недостаткам гидравлического следящего привода следует отнести изменение вязкости рабочей жидкости вследствие колебания температуры, утечку жидкости и некоторые другие. Эти недостатки могут быть сведены к минимуму при условии правильного проектирования, изготовления и эксплуатации.

В общем случае гидравлический следящий привод состоит из следующих основных взаимосвязанных узлов (рис. 13.2):

а) источника воздействия, обычно представляющего собой привод задающей подачи копира и заготовки по одной из координат;

б) задающего устройства — копира,

в) датчика рассогласования, состоящего из осязающего устройства (копирного ролика, пальца с деталями, на которых они смонтированы) и чувствительного элемента (управляющего золотника). Датчик рассогласования воспринимает информацию о перемещении копировального ролика (пальца) определяемым профилем копира, и о действительном положении исполнительного органа,

составляет их и вырабатывает сигналы рассогласования, преобразуя последние в командные импульсы;

г) промежуточных устройств, в которые могут входить распределитель, усилитель и преобразователь командных импульсов (некоторые из перечисленных элементов могут отсутствовать);

д) силового двигателя (обычно — гидроцилиндра), получающего командные импульсы и создающего усилия, необходимые для осуществления следящей подачи исполнительного органа;

е) исполнительного органа (с инструментом), перемещаемого силовым двигателем. Исполнительный орган в совокупности с силовым двигателем составляют управляемый объект;

ж) обратной связи, получающей информацию о действительном положении исполнительного органа с инструментом и передающей ее датчику рассогласования для сопоставления с информацией, поступающей от задающего устройства;

з) источника энергии — насосной станции.

Устройство и работа следящих приводов, установленных на применяемых в заготовительно-штамповочном производстве технологических машинах, подробно рассматриваются в соответствующих разделах книги при описании конструкции и работы этих машин.

13.2. СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

По существу, все современные автоматизированные технологические машины работают по заданной программе. Широкое применение нашли такие способы автоматизации, как работа по упорам, копирование по шаблонам, кулачковые схемы и т. п. Все они в известной степени обеспечивают надежную работу оборудования без непосредственного непрерывного участия человека в процессе изготовления изделия. Эти системы связаны с размерной настройкой элементов технологической машины, определяющих размеры изготавливаемой детали; во время настройки машина простаивает, требуются затраты на изготовление оснастки.

Для условий массового производства, когда настройка производится на большие партии деталей, подготовительное время составляет малую долю всего времени, приходящегося на изготовление каждой детали, и системы размерной наладки будут еще долго оставаться основными средствами автоматизации технологических машин. Для условий мелкосерийного производства относительная затрата времени на размерную настройку и подготовку весьма значительна, что обуславливает достаточно широкое применение универсального оборудования с ручным управлением.

Числовое программное управление сводит к минимуму наладку оборудования, а во многих случаях она полностью исключается.

Эффективность применения числового программного управления видна из следующих примеров. При изготовлении обтяжных пуансонов по существующей технологической схеме: ШКК — изготовление рубильников с применением плаз-кондуктора — изготовление эталона поверхности — получение пескослепка — изготовление

обтяжного пуансона затрачивается при средних размерах изделия около 5000 нормо-часов; достижимая точность изготовления составляет $\pm 0,5$ мм. При изготовлении такого же пуансона с применением программного управления по схеме: конструктивно-технологический чертеж — обработка на станке с ЧПУ трудоемкость составляет 160 нормо-часов при практически достижимой точности $\pm 0,1$ мм.

При обработке пакета листовых заготовок на копировально-фрезерном станке с учетом проектирования и изготовления шаблона средняя трудоемкость составляет примерно 400 нормо-часов при точности обработки $\pm 0,1$ мм. На станке с числовым программным управлением трудоемкость обработки пакета не превышает 10 нормо-часов при точности $\pm 0,05$ мм.

Основные виды систем числового программного управления

По закону управления системы ЧПУ делятся на позиционные (координатные), контурные (непрерывные) и комбинированные (универсальные). П о з и ц и о н н ы е системы обеспечивают перемещение инструмента в заданную точку по незапрограммированной траектории (чаще всего по кратчайшему пути). Типичным примером применения таких систем являются операции сверления или растачивания отверстий, координаты которых заданы программой. Контурные системы обеспечивают получение с помощью интерполятора заданной траектории движения инструмента между двумя заданными точками. Характерным примером является операция фрезерования.

К о н т у р н ы е системы ЧПУ по типу интерполяции разделяются на линейные, линейно-круговые, параболические и др. Наиболее распространенной является линейно-круговая интерполяция, обеспечивающая получение практически любого контура за счет аппроксимации его отрезками прямых и дугами окружности, координаты сопряжения которых задаются программой.

По типу управляемого системой привода они делятся на разомкнутые и замкнутые (следящие). Р а з о м к н у т ы е системы, в которых обычно применяются шаговые двигатели, проще по устройству, но обладают ограниченной точностью, определяемой точностью исполнения силовых элементов станка (редукторов, ходовых винтов и т. п.). З а м к н у т ы е системы сложнее за счет наличия обратной связи, которая, осуществляя коррекцию положения инструмента, способствует повышению точности обработки.

Системы с обратной связью могут быть импульсными, фазовыми и кодовыми. И м п у л ь с н ы е датчики наиболее просты, но относительно чувствительны к различным помехам. К о д о в ы е датчики обладают надежной помехозащищенностью, но сложнее по устройству. Ф а з о в ы е (аналоговые) датчики в виде вращающихся трансформаторов или индуктосинов обладают повышенной надежностью по сравнению с импульсными, а по конструкции — проще кодовых.

По методу задания координат бывают системы абсолютного и системы относительного отсчета. Первые чаще всего применяются

при позиционной обработке, вторые, с заданием приращения координат — при контурной обработке.

Существуют системы непосредственного управления станком (со встроенным интерполятором) и с промежуточным программно-носителем в виде магнитной ленты.

Системы ЧПУ характеризуются еще целым рядом параметров, число которых увеличивается в связи с непрерывным развитием и совершенствованием систем управления.

Импульсная система числового программного управления

При импульсной системе осуществляется преобразование числа, выражающего величину перемещения в последовательный ряд импульсов, каждый из которых эквивалентен перемещению на один шаг. Величина перемещения рабочего органа соответствует числу импульсов и их цене. При цене импульса 0,01 мм для перемещения

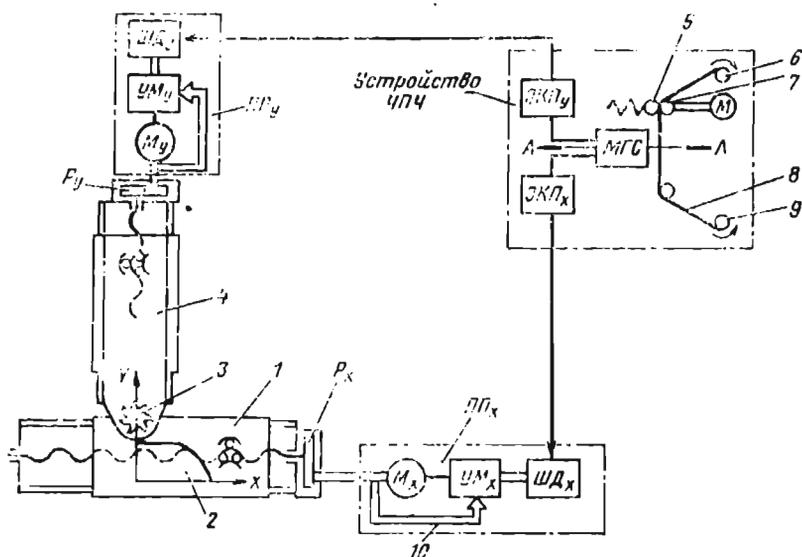


Рис. 13.3. Схема импульсной системы ЧПУ фрезерного станка

рабочего органа станка, например, на величину 10 мм надо подать 1000 импульсов. Скорость движения рабочего органа зависит от скорости ввода импульсов.

При импульсном вводе числовой программы функция привода состоит в восприятии электрических импульсов и обработке их с усилением, необходимым для перемещения рабочего органа станка.

Схема импульсной системы числового программного управления двухкоординатным фрезерным станком показана на рис. 13.3 [26]. Перемещения стола 1, на котором укреплена заготовка 2, по оси X и ползуна 4, несущего фрезерную головку с фрезой 3, по оси Y независимо управляются от одной магнитной ленты 8.

Магнитная лента с записанными на ней элементарными магнитиками движется с постоянной скоростью (например, 200 мм/с). Сигналы координат X и Y располагаются на параллельных дорожках. Движение магнитной ленте сообщается тонвалом 7, приводимым во вращение электродвигателем M . Слабину ленты выбирает подпружиненный ролик 5. Лента наматывается на бобины 6 и 9, причем электродвигатели, соединенные с их осями, осуществляют непрерывную подмотку ленты, не допуская ее ослабления.

Магнитная головка МГС считывает с магнитной ленты импульсы по каждой дорожке по линии $A - A$, которые усиливаются и преобразовываются в электронных кодовых преобразователях ЭКП $_X$ и ЭКП $_Y$ в форму, необходимую для управления электрическими шаговыми двигателями ШД $_X$ и ШД $_Y$. При последовательной подаче импульса на полюса статора ротор ШД каждый раз поворачивается на определенный угол (например, на $1,5^\circ$ в модели ШД-4). Малый на выходном валу ШД крутящий момент увеличивается усилителем момента, например УМ $_X$, по координате X . Двигатель M_X , оснащенный механической обратной связью 10 , повторяет движения вала шагового двигателя и через редуктор Р $_X$ и шариковую пару винт-гайка сообщает продольное перемещение столу 1 станка. Аналогично действует привод подачи ПП $_Y$ ползуна 4 по координате Y .

При поступлении одного импульса привод перемещает рабочий орган станка на величину, равную цене импульса. При большой частоте подачи импульсов передвижение рабочего органа становится плавным вследствие инерционности элементов привода станка.

Фазовая система числового программного управления

В основе фазовой системы числового программного управления лежит моделирование линейных перемещений величиной сдвига фаз электрического тока. Схема фазовой системы ЧПУ фрезерным двухкоординатным станком показана на рис. 13.4. Перемещения ползуна 1 с укрепленной на нем шпиндельной головкой с инструментом — фрезой 2 по оси Y и каретки 3 с заготовкой 4 независимо управляются системами управления и приводами аналогичной конструкции от одной магнитной ленты 5.

Числовая форма программы выражается через величину φ фазового сдвига сигналов синусоидальной формы, причем фазовому сдвигу $\varphi = 2\pi$ соответствует определенное число импульсов $n_{ин}$ (обычно $n_{ин} = 64$) и величина перемещения t_ϕ (например, $t_\phi = 0,64$ мм при цене импульса $t_n = 0,01$ мм), составляющие цену оборота фазы. Переход от импульсов к фазе совершается специальным импульсно-фазовым преобразователем, находящимся в запоминающем устройстве, который сдвигает начальную фазу рабочего сигнала относительно опорного на небольшой фиксированный угол при поступлении каждого нового импульса.

На магнитную ленту, движущуюся с постоянной скоростью, например 50 мм/с, нанесен опорный сигнал ОС (рис. 13.5) синусоидальной формы, определенной частоты, например 250 Гц; на парал-

лельных дорожках нанесены рабочие сигналы PC_Y и PC_X . Многоканальная магнитная головка МГС (см. рис. 13.4) считывает величины сигналов на каждой дорожке по линии $A - A$ (рис. 13.5). Движение магнитной ленты сообщается тонвалом $б$ (см. рис. 13.4).

Опорный ОС и рабочие сигналы PC_X и PC_Y , считанные с магнитной ленты, представляют собой импульсы переменного тока частотой

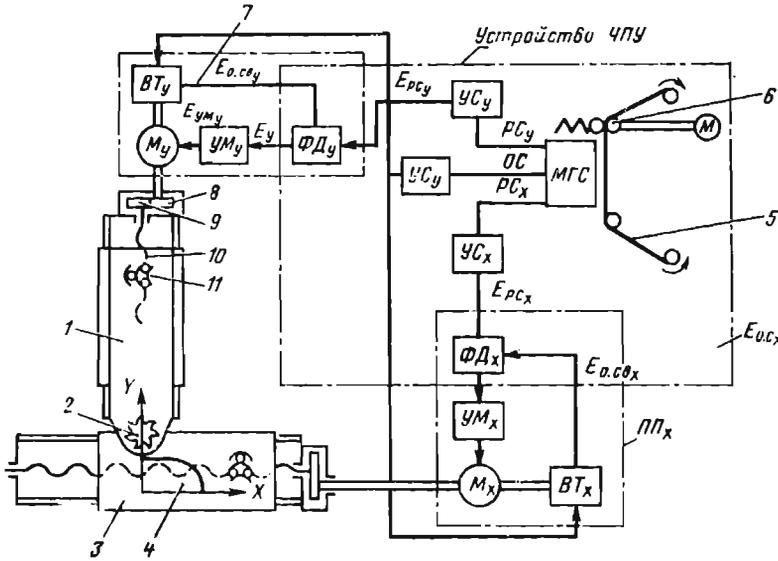


Рис. 13.4. Схема фазовой системы ЧПУ фрезерного станка

порядка 250 Гц и напряженном до 5 ... 10 МВ. Они увеличиваются в усилителях сигналов $УС_0$, $УС_X$ и $УС_Y$, поступают соответственно во вращающиеся трансформаторы $ВТ_X$ и $ВТ_Y$ и фазовые дискриминаторы $ФД_X$ и $ФД_Y$.

Ввиду аналогии по осям X и Y рассмотрим работу привода подач по координате Y . Опорный сигнал ОС от магнитной головки считывания МГС (см. рис. 13.4), увеличиваясь в усилителе $УС_0$, поступает в фазовый дискриминатор $ФД_Y$ не непосредственно как рабочий сигнал PC_Y , а через вращающийся трансформатор $ВТ_Y$. Вращающийся трансформатор представляет собой датчик положения, на выходе которого электрический угол изменяется пропорционально углу поворота его вала. При повороте ротора $ВТ$ на угол α выходное напряжение будет сдвигаться на равный этому повороту электрический угол α'

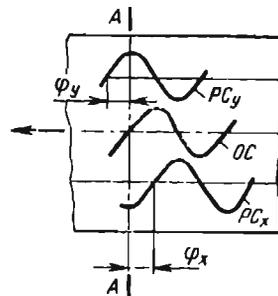


Рис. 13.5. Схема записи сигналов на магнитной ленте

При нулевом положении вала вращающегося трансформатора $ВТ_{\gamma}$ опорный сигнал без изменения поступает по каналу 7 (см. рис. 13.4) в фазовый дискриминатор $ФД_{\gamma}$, на выходе которого формируется управляющий сигнал E_{γ} постоянного тока, величиной, пропорциональной разности фаз ψ_{γ} между опорным и рабочим сигналами переменного тока, а знак определяется знаком сдвига фазы. Увеличенный в усилителе мощности $УМ_{\gamma}$ управляющий сигнал поступает в приводной двигатель $М_{\gamma}$.

На выходе усилителя мощности $УМ_{\gamma}$ образуется количество энергии, пропорциональное величине сигнала E_{γ} , а значит, разности фаз ψ_{γ} между рабочим и опорным сигналами на магнитной ленте, причем его знак соответствует знаку ψ_{γ} . Вследствие этого вал двигателя $М_{\gamma}$ (см. рис. 13.4) будет вращаться. Вращение вала передается зубчатой паре 8—9, а с помощью винта 10 и гайки 11 преобразуется в поступательное движение ползуна 1 с фрезой 2. В процессе движения поворачивается вал вращающегося трансформатора $ВТ_{\gamma}$, в связи с чем в канал 7 поступает сигнал обратной связи по положению, равный опорному сигналу $ОС$, сдвинутому на угол α'_{γ} .

Замкнутый контур, состоящий из фазового дискриминатора $ФД_{\gamma}$, являющегося элементом сравнения управляющего сигнала с сигналом обратной связи, т. е. сравнения заданного перемещения с фактически отработанным, усилителя мощности $УМ_{\gamma}$, двигателя $М_{\gamma}$, вращающегося трансформатора $ВТ_{\gamma}$, являющегося датчиком обратной связи, и линии обратной связи 7, образует следящий по положению привод подачи.

С увеличением угла α'_{γ} и приближением его к величине φ_{γ} соответственно будут уменьшаться управляющий сигнал E_{γ} на выходе фазового дискриминатора, а значит, и мощность на выходе усилителя мощности $УМ_{\gamma}$. В результате наступает момент, когда величины фаз φ_{γ} и α'_{γ} выравниваются настолько, что мощность, подводимая, к двигателю, станет недостаточной для вращения двигателя $М_{\gamma}$, и поперечная подача прекратится. Таким образом, величина пути ползуна будет пропорциональна сдвигу фаз между рабочим и опорным сигналами.

Системы числового программного управления со встроенным интерполятором

Принцип действия системы числового программного управления со встроенным интерполятором и программноносителем в виде перфоленды существенно не отличается от систем управления с программноносителем в виде магнитной ленты. Различие состоит лишь в том, что при перфоленде устройство ЧПУ станка оборудуется своим интерполятором с соответствующими преобразователями, в то время как при вводе в систему управления станка магнитной ленты они находятся вне станка. Переход от вынесенного к встроенному интерполятору позволяет существенно улучшить работу станка.

Основными преимуществами систем с непосредственным управлением от перфоленды являются:

1) повышение надежности работы станка, так как магнитная лента при многократном использовании в производственных условиях подвержена растяжению, замасливанию, стиранию информации, обрыву;

2) снижение стоимости программносителя;

3) возможность непосредственного введения технологических команд, таких, как смена инструмента, фиксирование координат и т. п.;

4) возможность повышения скоростей подач до 10 м/мин и более путем введения специального дополнительного управления по скорости;

5) возможность внесения оператором коррекции с учетом износа и переточки инструмента;

6) повышение точности и снижение шероховатости обрабатываемой поверхности в результате исключения погрешностей, связанных с записью и считыванием программы на магнитной ленте;

7) быстрота обнаружения участка записи программы на перфоленте с целью контроля и внесения изменений.

Типовая схема системы управления фрезерным двухкоординатным станком с программносителем в виде перфоленты показана

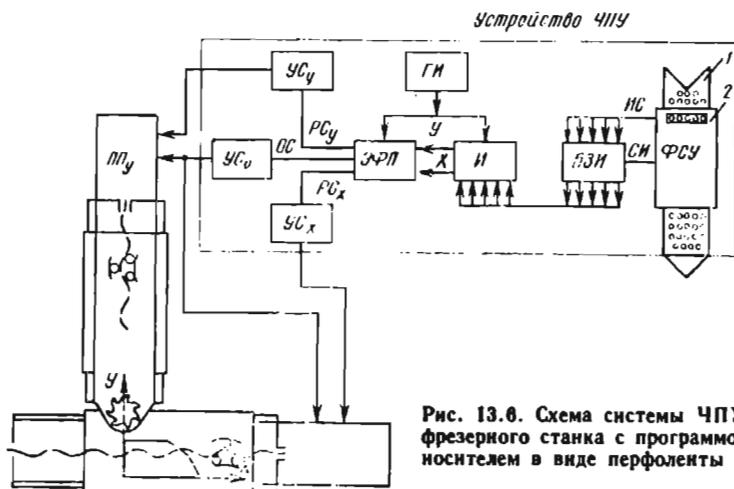


Рис. 13.6. Схема системы ЧПУ фрезерного станка с программносителем в виде перфоленты

на рис. 13.6 (на схеме для упрощения изображена пятидорожечная перфолента). Перфолента 1 с записанной на ней информацией протягивается в фотоэлектрическое считывающее устройство ФСУ на величину одного кадра, содержащего информацию об обработке одного участка контура, со скоростью 200—300 строк в секунду. Записанная в кадре информация со строки ИС последовательно, строка за строкой, считывается блоком фотоэлементов 2, количество которых соответствует количеству дорожек, и передается в блок запоминания информации БЗИ, где она запоминается в соответствующих регистрах, количество которых равно максимальному коли-

честву строк в кадре. В конце считывания кадра протяжка ленты фазовым считывающим устройством заканчивается, и подается сигнал на передачу информации из регистров БЗИ в интерполятор И.

Сигналы с выхода интерполятора в виде импульсов унитарного кода могут подаваться на шаговые приводы подачи. Шаговый привод суммирует импульсы таким образом, чтобы общее перемещение было равным произведению цены импульса на их количество. При использовании следящего привода с фазовым управлением импульсы предварительно преобразуются с помощью электронного фазового преобразователя ЭФП в скачкообразное изменение фазы переменного тока, которая затем обрабатывается обычным фазовым следящим приводом.

Применение систем ЧПУ в заготовительно-штамповочном производстве

Получив широкое распространение в механообработке, системы ЧПУ в области заготовительно-штамповочных работ находятся в стадии все большего развития и применения.

Рассмотренные выше типовые системы ЧПУ ближе всего подходят к устройствам управления фрезерными станками для раскроя листового материала (станки РФП-1 и др.). Числовое программирование применяется при автоматизации подачи листов в рабочую зону гильотинных ножниц и перемещении на шаг при отрезке полос.

При штамповке деталей из полуфабрикатов (полос, лент и др.) и штучных заготовок с помощью числового программного управления легко автоматизируются и синхронизируются все транспортные операции в рабочей зоне прессы, в том числе с применением промышленных роботов, работающих по программе.

Все большее распространение получают механические прессы с револьверными головками, оснащенные системами ЧПУ и применяемые для пробивки большого числа отверстий разной конфигурации, расположение которых определяется системой координат.

Большие перспективы имеют системы числового программного управления работой элементов привода гидравлических прессов и установок.

С помощью ЧПУ кардинально могут быть решены вопросы учета пружинения при гибке деталей на валковых и роликовых гибочных станках. Получили применение микропроцессоры с ЧПУ в листогибочных машинах с поворотной балкой, когда программирование осуществляется с помощью клавиатуры, а в запоминающее устройство вводится величина угла изгиба, положение заднего упора и прижимной балки, толщины материала и другие необходимые параметры, определяющие форму изгибаемой детали.

Новые системы ЧПУ с многомодульными микропроцессорами, соединенными информационными каналами, позволяют осуществлять управление одновременно несколькими параметрами технологического процесса и элементами обрабатывающей системы. Особенно эффективно применение подобных устройств управления в таких обрабатывающих системах, где форма детали в основном опреде-

ляется кинематикой исполнительных органов технологической машины. Примером таких технологических процессов являются некоторые процессы гибки и ротационной вытяжки.

Современные станки для ротационной вытяжки, оснащенные системами ЧПУ, снабжены дополнительным боковым суппортом, несущим внутренний ролик, поддерживающий заготовку в процессе вытяжки, взамен ранее применявшейся оправки. Система ЧПУ перемещениями основного и вспомогательного суппортов определяет образующую детали и устанавливает оптимальные углы давления роликов на заготовку в процессе формообразования.

В операциях, у которых конфигурация деталей определяется в основном формой инструмента, система управления оказывает ограниченное влияние непосредственно на процесс формообразования. Применение ЧПУ в таких процессах имеет целью обеспечение оптимальных условий формообразования через быстродействующие алгоритмы управления. В этих условиях программируются усилие воздействия на заготовку инструмента, скорость движения исполнительного органа, изменение усилия прижима при вытяжке и другие параметры ведения процессов. Полученные эмпирически оптимальные параметры, записанные в памяти, используются при переналадке оборудования и оснастки для перехода на изготовление партии деталей в автоматическом режиме. Тем самым увеличивается гибкость применяемого оборудования и коэффициент его использования.

Особое значение применение систем ЧПУ приобретает при организации автоматизированных штамповочных комплексов, линий и участков. Системы ЧПУ в этом случае обеспечивают работу по заданной программе как отдельных технологических машин, так и автоматизированное связывание их синхронно работающими вспомогательными устройствами (транспортёрами, рольгангами, системой направляющих, упоров, отсекающих и др.).

ЧАСТЬ III

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Современные технологические машины должны обеспечивать получение качественных деталей, иметь высокую производительность, быть долговечными в работе, ремонтпригодными, дешевыми и технологичными, иметь высокий коэффициент полезного действия, удовлетворять требованиям техники безопасности, быть удобными в обслуживании.

Специализированные технологические машины и установки заготовительно-штамповочных цехов заводов летательных аппаратов должны также быть достаточно универсальными в пределах изготовления данной группы деталей, обеспечивать изготовление сложных по форме взаимозаменяемых деталей в широком диапазоне габаритных размеров из самых разнообразных материалов, не требовать дорогостоящей специализированной оснастки, обладать быстрой переналадкой на изготовление другой детали данного типа, иметь небольшие размеры.

Для удобства рассмотрения все технологические машины и установки заготовительно-штамповочных цехов разделены по конструктивно-технологическому признаку на группы, типовые представители которых разбираются более подробно с учетом изложенных в предыдущих разделах сведений о структуре технологических систем и средствах автоматизации и механизации.

ГЛАВА 14

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Для выполнения разделительных операций в заготовительно-штамповочных цехах заводов летательных аппаратов применяются ножницы, фрезерные станки, пилы, станки для электрохимических и электрофизических методов резки. Вырубка заготовок и пробивка отверстий производится в штампах на прессах. Круглые отверстия небольшого диаметра получают также на сверлильных станках. Каждый из этих видов машин обладает своей спецификой и имеет определенную область применения.

14.1. НОЖНИЦЫ

Ножницы в заготовительно-штамповочном производстве предназначены для резки листового материала методом сдвига с последующим отрывом. Существуют ножницы с ручным, электрическим и гидравлическим приводом. По конструкции инструмента различают ножницы с прямолинейными, круглыми и специальными ножами. У большинства ножниц ножи являются неотъемлемой частью конструкции, поэтому правильнее их называть рабочими органами машины. По характеру движения исполнительных органов различают ножницы с возвратно-поступательным, возвратно-поворотным движением одного из ножей и с вращательным движением обоих ножей.

Ножницы с ручным приводом

Ножницы с ручным приводом имеют малую производительность и требуют затрат физического труда. Поэтому они применяются при выполнении единичных раскройных работ, обрезке припусков,

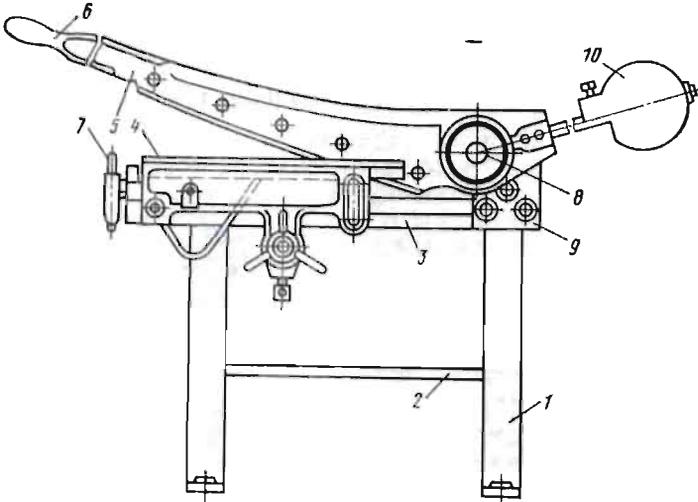


Рис. 14.1. Рычажные (маховые) ножницы

при доработке заготовок и т. п. Резка обычно производится по разметке, механизмы упоров, направляющих и прижимов используются редко.

Существует несколько конструкций ножниц с ручным приводом, отличающихся друг от друга в основном устройством рычажной системы и приемами работы — ударом, при значительной инерционной массе подвижного исполнительного органа, и статическим воздействием, с увеличением усилия только за счет рычажной системы.

Показанные на рис. 14.1 рычажные ножницы, называемые также маховыми или балансирными, имеют чугунную литую станину, состоящую из двух стоек 1, связанных внизу поперечной 2, а сверху

столом 3, к боковой стороне которого прикреплен винтами с потайными головками неподвижный нож 4. Верхний нож 5 укреплен на рычаге 6, который может поворачиваться на оси 8, установленной в проушине 9 стола. Для уравнивания рабочего плеча рычага, а также для увеличения массы (работа производится ударом) на рычаге укреплен противовес 10. Ход рычага 6 ограничивается в конце хода резиновым буфером 7.

Режущая кромка верхнего ножа обычно делается криволинейной для того, чтобы обеспечить примерно постоянный (около 15°) угол створа ножей на всем протяжении резки. Ножи изготавливают из сталей У7А и У8А с термической обработкой до твердости HRC 58 ... 60.

Маховые ножницы обычно изготавливаются с ножами длиной не более 2 м; на них можно резать листовый материал (сталь с пределом прочности $\sigma_n = 450 \dots 500$ МПа) толщиной не более 1,5–2 мм с точностью, не превышающей ± 1 мм.

Большое распространение на заводах летательных аппаратов имеют рычажные ножницы с ручным приводом самых разных конструкций для статической резки листового материала.

Кривошипные листовые ножницы с наклонным ножом

Кривошипные ножницы предназначены для прямолинейной резки листового материала. В основном они применяются для раскроя листов на полосы и резки полос на карточки.

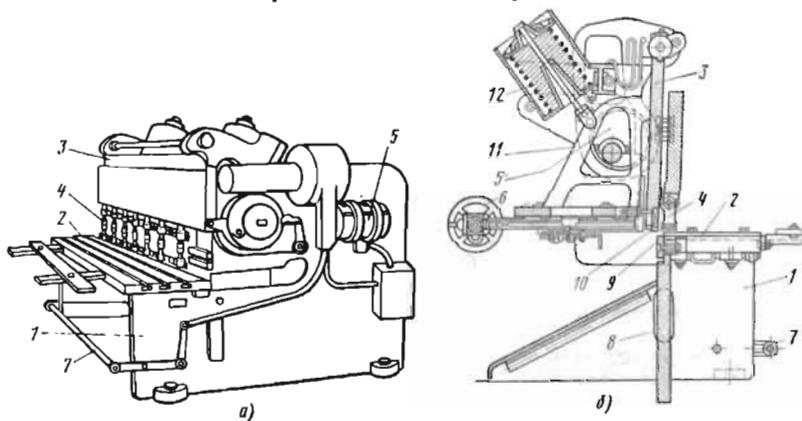


Рис. 14.2. Кривошипные листовые ножницы:
а — общий вид; б — поперечный разрез

Все узлы и механизмы кривошипных ножниц (рис. 14.2) смонтированы на литой чугунной или сваренной из толстых стальных плит станине 1. Массивная опорная плита 8 обеспечивает конструкции большую жесткость в направлении усилия резки. Чугунный стол 2, служащий опорой разрезаемых листов, имеет Т-образные

пазы, в которых устанавливаются болты для крепления боковых и передних упоров.

Нижний неподвижный нож 9 укреплен горизонтально на торце стола. Верхний нож 10 закреплен наклонно по отношению к нижнему на ползуне 3, являющемся исполнительным органом и совершающим вместе с рамой 11 возвратно-поступательное движение. Угол наклона верхнего ножа с целью уменьшения длины мгновенного реза может достигать $3 \text{--} 5^\circ$. Зазор между ножами в зависимости от толщины и механических свойств разрезаемого материала устанавливается в пределах $0,05 \text{--} 0,2$ мм. Для уменьшения инерционных нагрузок масса движущихся частей уравнивается буферным устройством 12.

Простой неуправляемый электродвигатель 5 соединен с главным валом зубчатой или клиноременной передачей. Эксцентриковый или кривошипный механизм преобразует вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение ползуна. Таким образом, исполнительный механизм гильотинных ножниц является двухступенчатым: на первой ступени (передаточный механизм ПМ_{const}) передаточное число $i = \omega_{\text{дв}}/\omega_{\text{в}}$, на второй ступени (преобразующий механизм ПрМ_{var}) передаточное отношение $b_2 = \frac{\omega_{\text{в}}}{v_{\text{полз}}} [t^{-1}]$.

Механизм включения хода, состоящий из педали 7, системы тяг с рычагами и сцепной муфты, при настройке может быть установлен как на одиночные ходы, так и на непрерывную работу при автоматической подаче полуфабриката на шаг. При установке на одиночные ходы, независимо от продолжительности нажатия на педаль, ползун сделает только один ход, после чего муфта автоматически выключается. При установке на непрерывную работу в течение всего времени, пока нажата педаль, муфта остается включенной.

Фиксация заготовки на столе во время резки осуществляется прижимами 4, расположенными вдоль линии реза. Прижимы опускаются на разрезаемый лист в начале рабочего хода ползуна. Механизм прижима (исполнительный механизм положения) бывает эксцентриковым, пружинным и гидравлическим. Привод от эксцентрика главного вала обеспечивает лишь определенное положение прижимной гребенки. Точная регулировка такого жесткого прижимного устройства и равномерный прижим к столу заготовки по всей длине реза практически невозможны, что приводит к смещению заготовки при резке и, следовательно, к понижению точности реза. Гидравлическое прижимное устройство представляет собой ряд вертикально расположенных гидравлических цилиндров, поршни которых соединены штоками с прижимными пятками. Они равномерно и надежно прижимают лист при любых отклонениях его толщины по длине реза и не пружинят, что уменьшает по сравнению с пружинными устройствами утяжку листа в процессе резания.

Задний упор устанавливается в процессе наладки ножниц на расстоянии от линии реза, равном ширине отрезаемой полосы, по шкале на направляющих упора вращением маховичка 6. У совре-

менных конструкций больших ножниц для перемещения задних упоров используют маломощные электродвигатели, причем установка упоров контролируется по циферблату с ценой деления 0,1 мм. Задним упором 4 (рис. 14.3, а) пользуются при резке листа на полосы относительно небольшой ширины. Если деталь имеет форму трапеции или треугольника, пользуются сочетанием боковых и задних упоров (рис. 14.3, б). Боковые и передние упоры представляют собой линейки 1 (рис. 14.3, в), закрепляемые болтами 2 в Т-образных пазах стола 3 или на его кронштейнах 5. Передними упорами

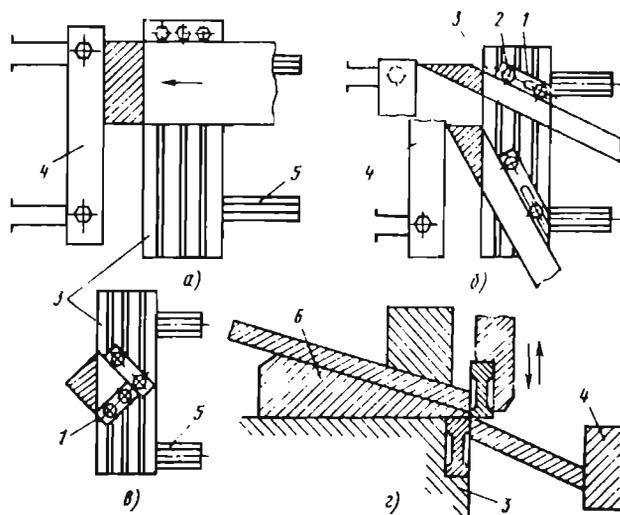


Рис. 14.3. Схемы настройки кривошипных листовых ножниц

пользуются при отрезке материала от широких полос и карточек. Расстановка упоров может производиться по шаблонам (ШРД, ШЗ, ШК и др.). Для получения неперпендикулярной к плоскости листа кромки применяются специальные клинья (рис. 14.3, г).

Точность резки на кривошипных ножницах зависит от точности установки упоров, типа прижима заготовки, толщины листа, ширины отрезаемой полосы, состояния режущих кромок ножей и степени износа машины. С учетом указанных факторов допуск на ширину отрезаемой полосы может находиться в пределах 0,25 — 3,0 мм.

Выбор ножниц производится по двум основным параметрам — длине реза и толщине разрезаемого материала. В паспортах и каталогах ножниц приводится максимальная толщина разрезаемого листа для стали с пределом прочности $\sigma_b = 500$ МПа (50 кгс/мм²). В случае резки материала с другой величиной σ_b следует произвести перерасчет максимально допустимой толщины листа.

Для обрезки материала толщиной 50 — 60 мм и более обычно применяются гильотинные ножницы с гидравлическим приводом при угле наклона верхнего ножа 15° и более.

Резка высокопрочных материалов производится на станках для электрохимических и электрофизических способов разделения материала, обесечных станках и других специализированных видах оборудования.

Определение усилия, работы и мощности при резке на ножницах с параллельными и наклонными ножами

Усилие резки является функцией площади среза и сопротивления материала срезу. С учетом дополнительных затрат усилия (из-за притупления ножей, изменения зазора, колебания толщины листа и др.), составляющих до 30 % от расчетного, полное усилие резки на ножницах с параллельными ножами будет равно

$$P = 1,3Bs\sigma_{ср}, \text{ Н}, \quad (14.1)$$

где B и s — соответственно ширина и толщина листа, м; $\sigma_{ср}$ — сопротивление срезу, Па.

Усилие резки на ножницах с наклонными ножами определяется по формуле

$$P = 1,3 \frac{\sigma_{ср}s^2}{2\lg \varphi}, \quad (14.2)$$

где φ — угол между режущими кромками (угол створа ножей).

Наклон ножей позволяет во много раз уменьшить усилие резки, так как процесс резки производится не по всей ширине листа сразу, а постепенно, причем при установившемся режиме ($P = P_{const}$) почти на всей длине реза (исключая участки у самых кромок листа) (рис. 14.4). Наклонные ножи обеспечивают смягчение удара в момент контакта подвижного ножа с листом и уменьшение инерционных нагрузок в конце резки, что значительно облегчает работу элементов конструкции машины (станины, исполнительного механизма, двигателя и др.).

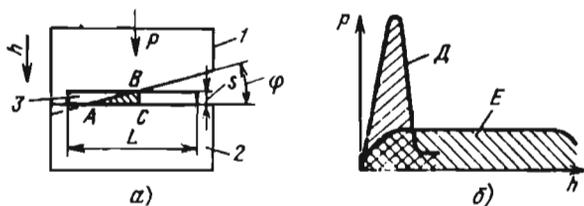


Рис. 14.4. Схема резки на ножницах:

a — резка с наклонным верхним ножом; b — графики усилий при резке: на ножницах с параллельными (D) и наклонными (E) ножами; 1 — верхний нож; 2 — нижний нож; 3 — заготовка

Работа резания в том и другом случае равна площади диаграммы усилие — ход (см. рис. 14.4). При резке одного и того же листа она в обоих случаях будет одинакова, однако при резке параллельными ножами большее усилие P_{max} действует на коротком пути (P_{max} — при $H = (0,3 \dots 0,5) s$; $H_{раб} = s$), а при резке наклонными ножами — меньшее усилие P_{const} на большом протяжении ($P \approx P_{const} < P_{max}$; $H_{раб} = B \lg \varphi + s$). Таким образом, при наклонных ножах требуется больший рабочий ход рабочего органа, однако потребляемая мощность привода значительно уменьшается.

К недостаткам резки на ножницах с наклонными режущими кромками следует отнести возможность изгиба и закрутки узких полос, а при резке очень хрупких материалов — образованием трещин на кромках.

Работа резания A на ножницах с параллельными ножами определяется по формуле

$$A = \frac{P_{ср}снs}{1000} = \frac{\lambda P_{max}s}{1000}, \text{ кДж}. \quad (14.3)$$

Здесь коэффициент λ представляет собой отношение среднего усилия $P_{\text{средн}}$ к максимальному P_{max} или, что то же самое, — отношение равновеликой площади прямоугольника $F_1 = P_{\text{средн}} s$ к площади прямоугольника $F_2 = P_{\text{max}} s$. На основании экспериментальных данных с достаточной для практики точностью можно рекомендовать [11]: для материалов толщиной $s < 2$ мм $\lambda = 0,75 \dots 0,55$; толщиной $s = 2 \dots 4$ мм $\lambda = 0,55 \dots 0,45$ и толщиной $s > 4$ мм $\lambda = 0,45 \dots 0,30$. Для мягких и наиболее тонких материалов следует брать значения коэффициента λ , близкие к верхним пределам, а для твердых и более толстых — близкие к нижним пределам.

Мощность, снимаемая с ползуна ножиц (полезная мощность), определяется по формуле

$$N_{\text{пол}} = \frac{An}{60}, \text{ кВт}, \quad (14.4)$$

где n — частота вращения главного вала ножиц (число двойных ходов ползуна в минуту).

Для получения полезной мощности $N_{\text{пол}}$ на ползуне необходимо на приводном шкиве иметь мощность

$$N_{\text{шк}} = \frac{a_0 N_{\text{пол}}}{\eta} = \frac{a_0 An}{60\eta}, \text{ кВт}, \quad (14.5)$$

где a_0 — коэффициент, зависящий от режима работы (скорость деформации, длительность и относительная величина пиковой нагрузки и т. д.) и колеблющийся в пределах 1,1 — 1,4; η — средний коэффициент полезного действия ножиц, который для кривошипных (эксцентриковых) ножиц равен 0,5 ... 0,7.

Приближенная величина мощности двигателя определится, если учесть коэффициент полезного действия передаточного механизма (от двигателя к главному валу машины) $\eta_{\text{пер}}$:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{шк}}}{\eta_{\text{пер}}} = \frac{a_0 An}{60\eta\eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт}, \quad (14.6)$$

При подборе мощности двигателя по каталогу следует брать ближайшую большую величину.

Значения КПД передающего механизма можно принимать для ременной передачи $\eta_{\text{пер}} = 0,95 \dots 0,97$; каждого подшипника $\eta_{\text{зпер}} = 0,98$; каждой пары цилиндрических зубчатых колес $\eta_{\text{зпер}} = 0,95 \dots 0,96$. В общем случае

$$\eta_{\text{пер}} = \eta_{1 \text{ пер}} \eta_{2 \text{ пер}} \eta_{3 \text{ пер}} \dots \eta_{n \text{ пер}}. \quad (14.7)$$

Формула (14.6) справедлива для машин без маховика. Для машин, имеющих маховик, мощность двигателя, подсчитанная по формуле (14.6), будет завышенной, так как у них значительную часть работы совершает маховик. Мощность двигателя ножиц с маховиком приближенно можно определить по формуле

$$N_{\text{дв}}^{\text{м}} = \frac{a_0 An K_{\text{м}}}{60\eta\eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт}. \quad (14.8)$$

Здесь $K_{\text{м}}$ — коэффициент, выражающий отношение длительности рабочего хода $t_{\text{р}}$ к длительности холостого хода $t_{\text{х}}$, т. е.

$$K_{\text{м}} = t_{\text{р}}/t_{\text{х}}.$$

У ножиц с наклонным ножом путь ножа в процессе резания приближенно равен $H = B \operatorname{tg} \varphi$. Работа определяется по формуле

$$A = \frac{PH}{1000} = \frac{PB \operatorname{tg} \varphi}{1000}, \text{ кДж}. \quad (14.9)$$

Полезная мощность на ползуне, мощность на приводном шкиве, а также мощность двигателя определяется по тем же формулам.

В заключение отметим, что приведенная методика энергетических расчетов применима и при расчете некоторых других технологических машин, в частности механических прессов.

Высечные ножницы

Высечные ножницы предназначены для прямолинейной и криволинейной резки по наружному и внутреннему контуру высокопрочных материалов путем высечки или отсечки отдельных элементов заготовки последовательно вдоль контура детали с последующей зачисткой кромок на фрезерном станке или другим способом.

На высечных ножницах моделей Н532, Н533 и Н536 можно раскраивать листы из сплавов титана и высокопрочных сталей толщиной соответственно до 2,5; 4 и 6,3 мм. Работа на ножницах производится по разметке или по шаблонам. Некоторые конструкции высечных ножниц имеют вращающийся стол и расположенный соосно с ним центр-прижим. На таких ножницах можно вырезать без разметки круглые детали.

Ножницы этого типа имеют С-образную сварную станину, на которой смонтированы стол с неподвижным ножом (матрицей) и ползун с подвижным ножом (пуансоном). Привод ползуна осуществляется от простого электродвигателя через клиноременную передачу со ступенчатыми шкивами и эксцентриковый вал.

Более совершенными и производительными машинами, предназначенными для указанных целей, являются обесчные станки с программным управлением.

Станина такого станка представляет собой сварную скобу, на которой смонтированы почти все механические его узлы. Кинематическая схема привода ползуна (рис. 14.5) включает в себя кривошипно-коленный механизм с пусковой 5 и тормозной 7 электромагнитными муфтами. Вращение коленчатому валу 6 от трехскоростного электродвигателя 1 передается через упругую муфту 2, коробку передач 3 и клиноременную передачу 4. Шатун 8, соединенный шарнирно одним концом с валом, а другим — с рычагами 9 и 10 кривошипно-коленного механизма, преобразует вращательное движение коленчатого вала в возвратно-поступательное движение ползуна 14. Для изменения величины хода ползуна шарнирная опора верхнего рычага выполнена подвижной. При вращении маховичком 11 винта 13 и перемещении гайки 12 с опорой верхнего рычага влево от нулевой линии АА ход ползуна вниз увеличивается, при обратном перемещении — уменьшается.

На шейке коленчатого вала насажена эксцентриковая втулка (на схеме не показана), позволяющая менять суммарный эксцентриситет. При установке, когда эксцентриситет втулки складывается с эксцентриситетом вала, ход ползуна достигает максимального значения. При положении шарнирной опоры верхнего рычага вправо от нулевой линии АА и достаточном ходе шатуна рычаги переходят через «мертвую» точку, и число двойных ходов ползуна удваивается при неизменной частоте вращения коленчатого вала. Коленчатый вал с вращающимся шкивом соединяется с помощью пусковой электромагнитной муфты 5. Для прекращения движения ползуна при оложении коленчатого вала, соответствующего н. м. т., с помощью бесконтактного датчика отключается пусковая электромагнитная

муфта 5 и включается тормозная электромагнитная муфта 7, которая и останавливает ползун в верхнем крайнем положении.

На нижней консоли станины станка смонтирован стол с двумя координатными каретками. Поперечная каретка перемещается с помощью привода поперечной подачи по направляющим станины. На поперечной каретке смонтирована продольная каретка с гидрозажимами для листа.

Гидравлическая схема привода кареток 9 и 12 (рис. 14.6) включает в себя насосную станцию, гидроусилители моментов 5 и 6,

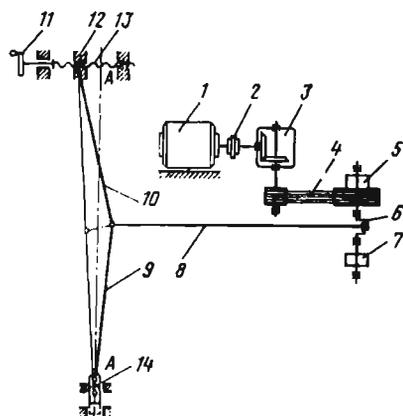


Рис. 14.5. Кинематическая схема привода ползуна обсечного станка

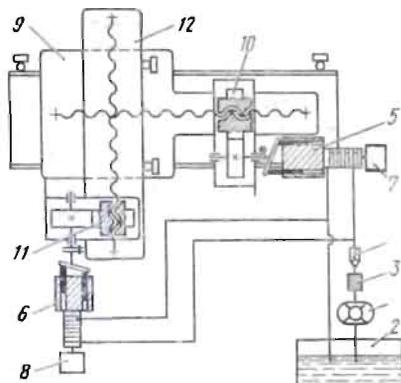


Рис. 14.6. Гидрокинематическая схема привода кареток обсечного станка

гидрозажимы (на рисунке не показаны) и гидроаппаратуру. Лопастной насос 1 подает из бака 2 через пластинчатый фильтр 3 и обратный клапан 4 масло к гидроусилителям 5, 6 и к гидрозажимам.

Каждый из гидроусилителей моментов состоит из двигателя и следящего устройства, жестко соединенного с валом двигателя. Выступающий конец кранового золотника соединен с шаговым двигателем 7 и 8. При повороте кранового золотника относительно втулки следящего устройства одна из полостей двигателя сообщается с напорной полостью, а другая — со сливом. Создающийся перепад давления в полостях двигателя вращает его вал в ту же сторону, что и крановый золотник. С поворотом вала гидродвигателя поворачивается и втулка следящего устройства, соединенная с ним, до тех пор, пока не займет положение относительно кранового золотника, при котором момент, развиваемый двигателем, уравновешивает приложенную нагрузку. Таким образом, крановый золотник с втулкой является по существу следящим золотником, расположенным по окружности. Выходной вал гидроусилителя моментов с незначительной ошибкой повторяет все движения входного вала.

С выходного вала гидродвигателя вращение передается через зубчатую передачу шестерне-гайке (10 и 11), которая с помощью шарикового винта, скрепленного с координатной кареткой, преоб-

разует вращательное движение выходного вала гидроусилителя в поступательное движение координатной каретки, а следовательно, и обрабатываемого листа.

Прерывистая подача листа в процессе обесчки осуществляется следующим образом. При подходе пуансона к листу бесконтактный датчик, получив сигнал от якоря, сидящего на коленчатом валу, прерывает импульсы, подаваемые в шаговый двигатель от программного управления, и координатные каретки с обрабатываемым листом останавливаются. При движении пуансона вверх в положение, когда он вышел из обрабатываемого листа, другой бесконтактный датчик, получив сигнал от якоря, сидящего на коленчатом валу, дает команду на подачу импульсов в шаговый двигатель от программного управления, и координатные каретки перемещают обрабатываемый лист на заданный шаг. Далее цикл прерывистой подачи повторяется.

Основным рабочим режимом станка является работа по программе, записанной на перфоленте шириной 17,5 мм для пятиторочечной записи. Программа составляется и наносится на перфоленту либо для раскроя всего листа, согласно карте раскроя, либо для вырезки одной детали или группы деталей, исходя из возможного непрерывного движения. Кроме перемещений поперечной и продольной кареток, необходимых для образования требуемого контура деталей, и скорости подачи, программируются включение привода кривошипа на выбранное число двойных ходов и его отключение, включение и отключение движения ползуна не только в начале и в конце раскроя, но и в процессе движения по контуру для образования технологических переемычек.

На станке принята разомкнутая (без обратной связи) двухкоординатная импульсно-шаговая система программного управления с гидроусилителями в качестве исполнительных органов и шаговыми электродвигателями с управлением от встроенного линейного интерполятора, имеющего промежуточную память. Для получения прерывистого (стартстопного) движения кареток с остановками во время просечки листа при вводе программы, записанной для непрерывного движения, в интерполятор вводится дополнительная управляющая команда, характеризующая положение инструмента относительно поверхности листа, закрывающая выход интерполятора перед входом инструмента в тело листа и открывающая — после выхода инструмента из листа. Соответственно этому перед входом инструмента в металл прекращается движение кареток и возобновляется после выхода инструмента из металла.

Считывание программы осуществляется фотодиодными быстродействующими считывающими устройствами последовательного (потрочного) считывания со скоростью 600 строк в секунду.

Вибрационные ножницы

Вибрационные ножницы применяются главным образом для резки кромок отштампованных деталей и частично — для резки ю криволинейному контуру. Такая ограниченность их применения

объясняется необходимостью приложения большого физического усилия при осуществлении ручной подачи на отгиб отрезаемой части, что и лимитирует ее ширину.

По приводу вибрационные ножницы бывают двух типов — электрические и пневматические. В качестве преобразующего механизма используется эксцентриковое или кулачковое устройство. У ножниц с кулачковым преобразующим механизмом холостой ход подвижного ножа осуществляется под действием пружины. Исполнительный орган — ползуны с подвижным ножом имеет прерывное движение с двухчастковым интервалом перемещения симметричного (у кулачкового механизма) вида; он совершает до 2000 двойных ходов в минуту.

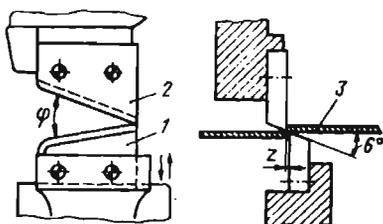


Рис. 14.7. Схема работы вибрационных ножниц:
1 — нижний нож; 2 — верхний нож; 3 — заготовка

Длина ножей составляет обычно 35—40 мм, а угол створа режущих кромок φ — до 25° (рис. 14.7). Это обеспечивает очень небольшую длину одиночного реза (3—15 мм), что, в свою очередь, позволяет производить резание по криволинейному контуру. Длина одиночного реза у некоторых конструкций ножниц регулируется изменением величины перекрытия ножей.

Подача материала при резке производится вручную со скоростью 3—5 м/мин при толщине разрезаемого материала s до 2...3 мм. Для облегчения процесса резки зазор между ножами составляет примерно $0,25s$.

У некоторых конструкций ножниц имеется возможность отвода одного из ножей, что позволяет производить вырезку отверстий радиусом ≥ 15 мм внутри заготовки. Встречаются также конструкции вибрационных ножниц с отклоняемыми (подпружиненными) ножами, что обеспечивает как бы автоматическую установку оптимального зазора между ножами.

Общий вид вибрационных ножниц показан на рис. 14.8. В верхней части С-образной станины 1 расположен вал 2, приводимый во вращение электродвигателем 3. На другом конце вала имеется эксцентрик, сообщающий ползуну 4 с укрепленным на нем верхним ножом 5 возвратно-поступательное движение. Нижний нож 6 укреплен неподвижно на головке 7. Для вырезки отверстий нажатием педали 8 нижний нож отводится вниз, что позволяет предварительно завести заготовку между ножами.

Наряду со стационарными существуют также ручные (переносные) вибрационные ножницы с пневматическим и электрическим приводом, которые применяются для доработки деталей крупных габаритных размеров и для обрезки при сборочных работах. Ножи вибрационных ножниц могут быть заменены другим инструментом, и тогда на них можно производить соот-

ветственно подсежку, профилирование, зиговку и тому подобные операции.

Расчет силовых и энергетических параметров вибрационных ножниц производится по обычной методике, исходя из усилия реза-

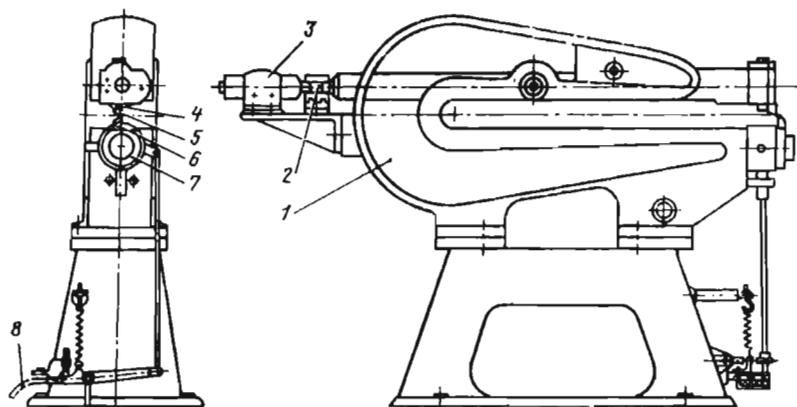


Рис 14 8 Вибрационные ножницы

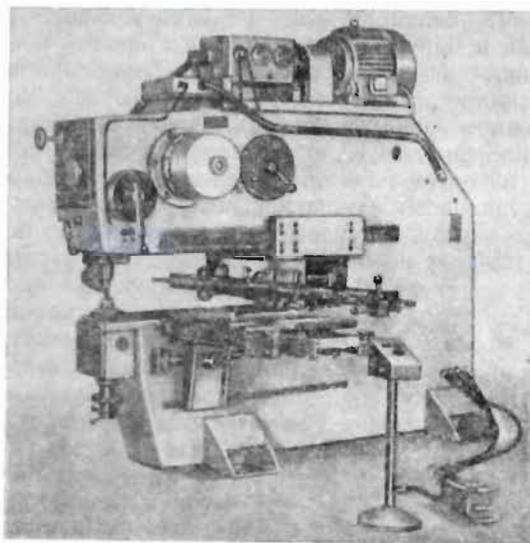


Рис. 14.9. Универсальный вибрационный станок

ния, равного произведению сопротивления срезу на мгновенную площадь среза, которая определяется из геометрических соотношений.

Развитием конструкций вибрационных ножниц является универсальный вибрационный станок (рис. 14.9), предназначенный для

обработки листовых материалов с пределом прочности до 1500 МПа. На станке могут выполняться следующие операции: прямая, круговая и фигурная резка, высечка, гибка, отбортовка, зиговка, прорезка пазов, резка и формовка вентиляционных щелей и некоторые другие операции.

Станок оснащен копирувальным устройством и копирувальным столом для обработки фасонных деталей по копиру. Общее устройство станка и его кинематическая схема во многом сходны с рассмотренным выше обесечным станком.

Дисковые (роликовые) ножницы

Двухдисковые ножницы (рис. 14.10) в основном предназначены для криволинейного раскроя листов по разметке, а также для обрезки припуска после штамповки. Резка производится вращающимися круглыми ножами — дисками (роликами) (рис. 14.11), являющимися рабочими органами непрерывного движения. Приводными могут быть или оба диска, или один из них. В последнем случае второй, неприводной диск вращается благодаря наличию трения между ним и перемещающейся также за счет трения заготовкой.

Захват и перемещение заготовки происходят в том случае, если угол захвата $2\varphi \leq 14^\circ$ (рис. 14.11, а), что обеспечивается при диаметре дисков D , равном не менее 20—25 толщин s разрезаемого материала. Как и при резке наклонными прямыми ножами, на дисковых ножницах резка происходит постепенно при относительно небольшом усилии.

При наклонном расположении осей ножей, имеющих форму конических дисков (рис. 14.11, в), поворот листа при криволинейном раскрое значительно облегчается по сравнению с раскроем на ножницах с вертикальным расположением цилиндрических дисков вследствие того, что контакт кромки листа происходит по конической поверхности. На этих ножницах можно вырезать заготовки с большей кривизной.

Двухдисковые ножницы обычно имеют скобообразную станину с различной величиной вылета. В заготовительно-штамповочных цехах применяются дисковые ножницы как с большим вылетом станины для раскроя, так и с малым вылетом для обрезки небольших припусков. На заводах летательных аппаратов эксплуатируются дисковые ножницы

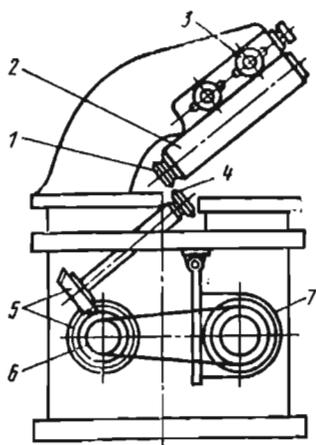


Рис. 14.10. Схема дисковых ножниц с малым вылетом станины:

1 — верхний нож; 2 — корпус верхнего ножа; 3 — болт установки положения верхнего ножа; 4 — нижний нож; 5 — конические зубчатые шестерни; 6 — шкив клиноременной передачи; 7 — электродвигатель

для резки листов толщиной до 2—3 мм, а на общемашиностроительных предприятиях также более мощные, для толщин до 15—20 мм.

В общем случае резка на дисковых ножницах производится по разметке. Но для осуществления параллельных резов ножницы оснащаются направляющей линейкой, а для вырезки круглых заготовок — подшипниковыми центрами. В последнем случае необходимо сначала «врезаться» в заготовку и вывести ножи на линию реза, затем выключить привод ножниц, закрепить заготовку центрами и, включив привод, осуществить резку.

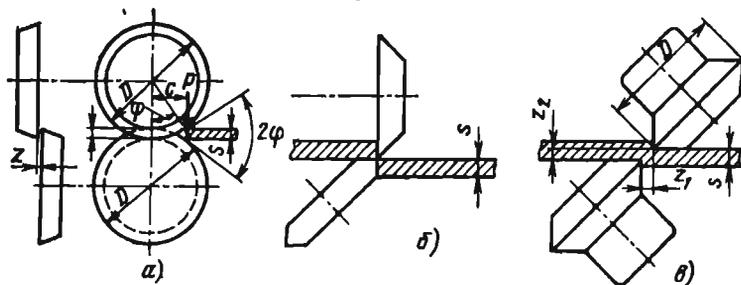


Рис. 14.11. Схемы работы дисковых ножниц:

а — с вертикальными роликами; б — с наклонным пижним роликом; в — с обоими наклонными роликами

При работе на дисковых ножницах нет необходимости в приложении усилия для осуществления подачи в процессе резки, так как подача осуществляется благодаря трению между вращающимися дисками и заготовкой. Однако это затягивание материала затрудняет выдерживание точности при резке по разметке и требует достаточно высокой квалификации рабочего.

Зазор z между вертикальными ножами (рис. 14.11, а) берется равным $(0,05 \dots 0,07) s$; перекрытие ножей $h = (0,2 \dots 0,6) s$. При наклонном расположении конических ножей (рис. 14.11, в) зазор между дисками z_2 по вертикали выбирают в пределах $(0,25 \dots 0,30) s$, а зазор z_1 по горизонтали принимают равным $0,2s$.

Роликовые ножницы иногда используют и для других операций — подсечки листового материала, профилирования и др. В этих

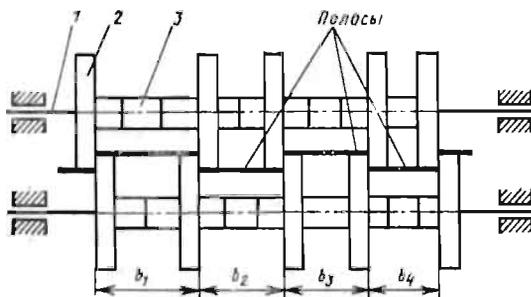


Рис. 14.12. Схема много-дисковых ножниц

случаях ножи заменяют роликами с соответствующей конфигурацией рабочей поверхности.

При массовом и крупносерийном производстве для прямолинейного раскроя (роспуска) листов на полосы применяют многодисковые (многороликовые) ножницы. Одновременный раскрой листа на несколько полос осуществляется несколькими парами ножей — дисков (роликов) 2 (рис. 14.12), расстояние между которыми b устанавливается с помощью калиброванных по длине колец 3. Для настройки валы 1 снимаются с ножниц.

Определение усилия, работы и мощности при резке на дисковых (роликовых) ножницах

Усилие резки на дисковых (роликовых) ножницах с некоторыми допустимыми для практики упрощениями можно определить по формуле

$$P = \frac{0.5s^2\sigma_{ср}}{2 \operatorname{tg} \varphi}, \quad (14.10)$$

где φ — угол захвата (рис. 14.11, а); $0.5s$ — наибольшая глубина внедрения каждого ножа; $\frac{s}{2 \operatorname{tg} \varphi}$ — проекция длины мгновенного реза на горизонтальную плоскость.

С учетом коэффициента запаса $k \approx 1,3$ расчетное усилие

$$P_p = kP \approx 1,3P. \quad (14.11)$$

Необходимый для вращения каждого диска момент будет равен

$$M = Pc = P \frac{D}{2} \sin \varphi, \text{ Дж}, \quad (14.12)$$

где c — плечо равнодействующей силы P относительно оси диска в м; D — диаметр диска в м.

Подставив в уравнение (14.12) значение силы P , с учетом коэффициента k получим формулу для определения крутящего момента диска

$$M = 0,125ks^2\sigma_{ср}D \cos \varphi. \quad (14.13)$$

Мощность, необходимая для выполнения работы A (Дж) при разрезке полосы длиной L (м), определяется по формуле [11]

$$N = \frac{A}{75\eta} \frac{v}{L} = \frac{2M}{75\eta} \frac{2v_0}{D}. \quad (14.14)$$

Здесь v_0 — окружная скорость в м/с; $v_0 = \frac{\pi Dn}{60}$; n — частота вращения диска в мин; v — скорость движения материала в м/с, равная $v_0 \cos \varphi$; η — коэффициент полезного действия дисковых ножниц, в среднем равный 0,7 ... 0,8 и зависящий от конструкции ножниц.

Подставив в уравнение (14.14) значение M из формулы (14.13), определим мощность привода дисковых ножниц по формуле

$$N = \frac{0,65s^3\sigma_{ср}v}{75\eta} \text{ Дж/с} \approx \frac{0,064s^3\sigma_{ср}v}{\eta}, \text{ кВт}. \quad (14.15)$$

По каталогу выбирается нужный, ближайший больший по мощности электродвигатель или проверяется работоспособность существующего двигателя.

14.2. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Раскрой плоских деталей с криволинейным контуром на ножницах не обеспечивает гарантированной взаимозаменяемости; этот процесс малопроизводителен, так как во многих случаях необходима предварительная разметка; качество кромок деталей, вырезанных на ножницах, часто не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Этим и ряда других недостатков, обусловленных субъективными факторами, можно избежать, применяя способ раскроя фрезерованием, при котором вырезка производится пальцевой фрезой обычно из пакета листов (карточек) по шаблону. К недостаткам раскроя фрезерованием следует отнести неизбежные отходы материала в стружку.

Способ фрезерования и тип станка выбираются в зависимости от размеров заготовки и объема производства.

Вертикально-фрезерные станки

Вертикально-фрезерные станки предназначены для раскроя по накладному шаблону заготовок из пакета карточек, нарезаемых предварительно на кривошипных ножницах. На этих станках вырезаются заготовки небольших размеров при серийном и опытном производстве.

В процессе фрезерования пакет карточек со скрепленным с ним шаблоном (ШФ) перемещается вручную таким образом, чтобы не нарушался контакт между шаблоном и копирным пальцем (втулкой), расположенным соосно с фрезой.

Существует несколько схем относительного расположения фрезы и копировального пальца (втулки) (см. рис. 13.1, *в, г, д, е*). На рис. 14.13 показан вертикально-фрезерный станок с верхним расположением фрезы, работающий по схеме рис. 13.1, *е*. Для подвода и вывода фрезы из рабочей зоны фрезерная головка имеет вертикальную подачу. При фрезеровании пакет карточек, укрепленный на шаблоне, перемещают по столу вручную, прижимая рабочую поверхность шаблона к копирному пальцу, расположенному снизу соосно с фрезой.

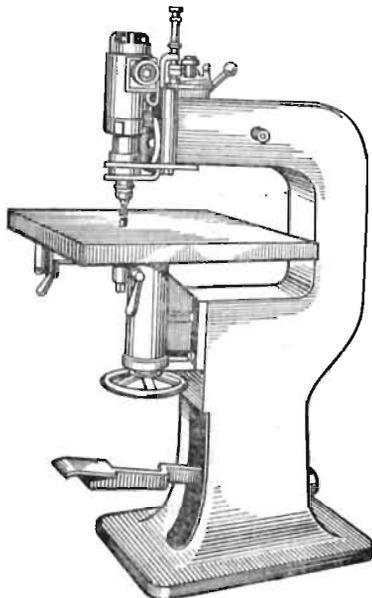


Рис. 14.13. Вертикально-фрезерный станок с верхним расположением шпинделя и нижним расположением копирного пальца

Станки с нижним расположением шпинделя работают по схеме рис. 13.1, z или d . В зависимости от расположения копирного пальца (втулки) меняется взаимное положение шаблона и пакета.

Вертикально-фрезерные станки обеспечивают достаточно высокую точность и чистоту кромок деталей, особенно при фрезеровании в два перехода. В этом случае при первом, черновом переходе при подаче 0,3—0,5 м/мин оставляется припуск 0,8 мм на сторону под второй, чистовой переход, который выполняется с подачей 1,2—1,8 м/мин. При фрезеровании в два перехода предварительно на копировальный палец надевается втулка с толщиной стенки 0,8 мм. Перед чистовым проходом эта втулка удаляется из рабочей зоны, и шаблон обкатывается по копирному пальцу, что обеспечивает снятие припуска.

При фрезеровании в один переход часто возникает необходимость в снятии заусенцев и наплывов, которое производится вручную шабером или напильником, или на зачистных станках.

Шпиндель вертикально-фрезерных станков приводится во вращение непосредственно (без передаточного механизма) пневматической турбиной, совершающей при давлении воздуха в сети 0,55 МПа (5,5 кгс/см²) вхолостую до 22 000, а под нагрузкой — до 16 000 оборотов в минуту. Вместо пневматической турбины применяются также высокочастотные электродвигатели, частота вращения которых при частоте тока 200 Гц достигает 16 000 в минуту. В этом случае для всех таких станков раскройного отделения устанавливается один общий преобразователь частоты.

Толщина пакета карточек из цветных сплавов при обработке на вертикально-фрезерных станках из-за ручной подачи ограничивается до 8—12 мм; масса пакета, а следовательно, его габаритные размеры также лимитируются физическими возможностями рабочего. Более широкие возможности в этом отношении имеют радиально-фрезерные станки, у которых в процессе фрезерования перемещается не пакет заготовок с шаблоном, а фрезерная головка.

Радиально-фрезерные станки

Для группового раскроя стандартных листов из алюминиевых сплавов применяются радиально-фрезерные станки марок РСФ, ОС-6, ОС-86, во многом сходные по своей конструкции. На этих станках удобно совмещаются операции раскроя и сверления технологических отверстий [8].

У радиального сверлильно-фрезерного станка РСФ (рис. 14.14) на цилиндрической стойке 1, установленной на фундаменте и расчлененной четырьмя подкосами 2, смонтирована свободно поворачивающаяся ступица 3, с которой шарнирно соединены два хобота 4 и 6. Каждый хобот состоит из двух шарнирно соединенных звеньев. Благодаря наличию двух шарниров фрезерная 5 и сверлильная 7 головки имеют возможность вручную перемещаться по любой траектории в горизонтальной плоскости в пределах описываемой хоботом окружности максимального радиуса.

Станку обычно придается два стола, на которых последовательно сначала в пакете листов сверлятся технологические отверстия (ШО, ИО, НО, СО и др.) и производится фрезерование. Отверстия сверлятся по шаблонам сверления (ШС) или по шаблонам группового раскроя (ШГР), пакет фрезеруется по ШФ, ШЗ или ШРД.

Шаблоны вместе с пакетом листов по краям крепятся к столу струбцинами. Для предотвращения расслаивания пакета в месте фрезерования крепление дополнительно может быть осуществлено с помощью винтов или шурупов через технологические отверстия.

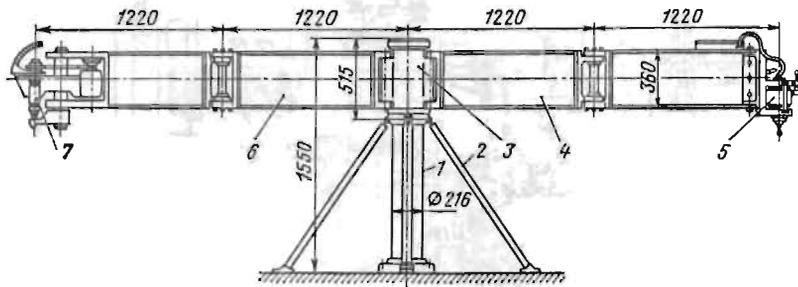


Рис. 14.14. Радиальный сверлильно-фрезерный станок РСФ

На рис. 14.15 показана фрезерная головка 11, имеющая возможность перемещения по вертикальным направляющим 6 с помощью эксцентрика 5 или ходового винта 7. Эксцентриковый механизм используется для быстрого подъема и опускания фрезерной головки, а с помощью ходового винта регулируется положение головки по высоте в зависимости от высоты стола и толщины пакета.

Фрезерная головка имеет высокочастотный электродвигатель, вал 12 которого одновременно является шпинделем головки. Фреза 15 крепится на нижнем конце шпинделя с помощью цанги 14. На верхнем конце на шлицах насажен диск 10, используемый для быстрой остановки шпинделя, а также для его стопорения при смене инструмента. Торможение шпинделя производится нажатием рукоятки 8. При этом тормозная шайба 9 прижимается к диску 10 и останавливает шпиндель. Во время смены инструмента при вращении гайки 2 цангового патрона 3 нажимается кнопка 17 фиксатора, шток 19 фиксатора заходит в одно из отверстий, расположенных по периферии диска 10, и тем самым препятствует проворачиванию диска и шпинделя. При прекращении давления на кнопку шток возвращается в исходное положение пружиной 18. Направляющая втулка 1 может составлять одно целое с наконечником 13 или монтируется в ней на подшипнике 16. Наконечник ввинчивается в корпус головки или крепится винтами 4.

Вместо высокочастотного электродвигателя на станке может быть установлена воздушная турбинка.

На втором хоботе станка смонтирована сверлильная головка (рис. 14.16). Основными ее узлами являются корпус 2, электродвигатель 1, шпиндель 4 и кондуктор 12 с пневматическим приводом. Шпиндель благодаря четырехступенчатой клиноременной передаче имеет четыре скорости вращения. Кондуктор уменьшает биение сверла в процессе работы. Подвижная часть кондуктора, направляемая втулками 8 и 9, состоит из корпуса 7, плунжера 5, направляющего штифта 10 и втулки 6. При подаче воздуха в цилиндр 11

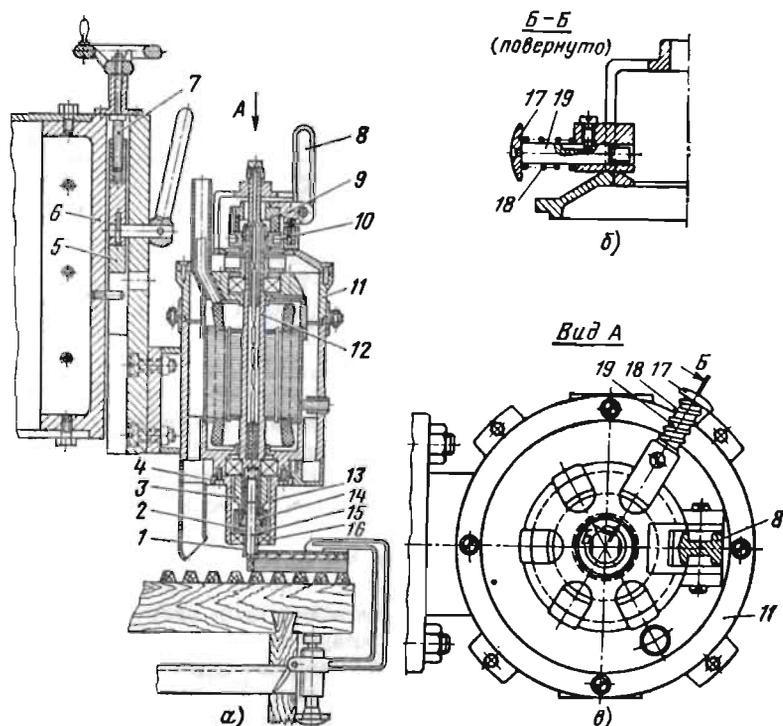


Рис. 14.15. Фрезерная головка станка РСФ

подвижная часть опускается и кондукторной втулкой прижимает пакет к столу. Подъем подвижной части производится пружиной 3. При сверлении коническая часть кондукторной втулки заходит в отверстие шаблона и центрирует сверло.

При работе на этих станках руки рабочего наряду с усилием подачи испытывают воздействие вибрационных нагрузок, что крайне неблагоприятно для здоровья. Этого недостатка нет у радиального фрезерно-копировального станка с гидравлическим усилителем РФК-1 (рис. 14.17), у которого усилие подачи фрезы создается не руками рабочего, а совместным действием двух гидроцилиндров 1, управляемых переключением золотников с помощью рукоятки 2.

Траектория движения головки по рабочей поверхности шаблона складывается из поступательного и поворотного движений хобота станка.

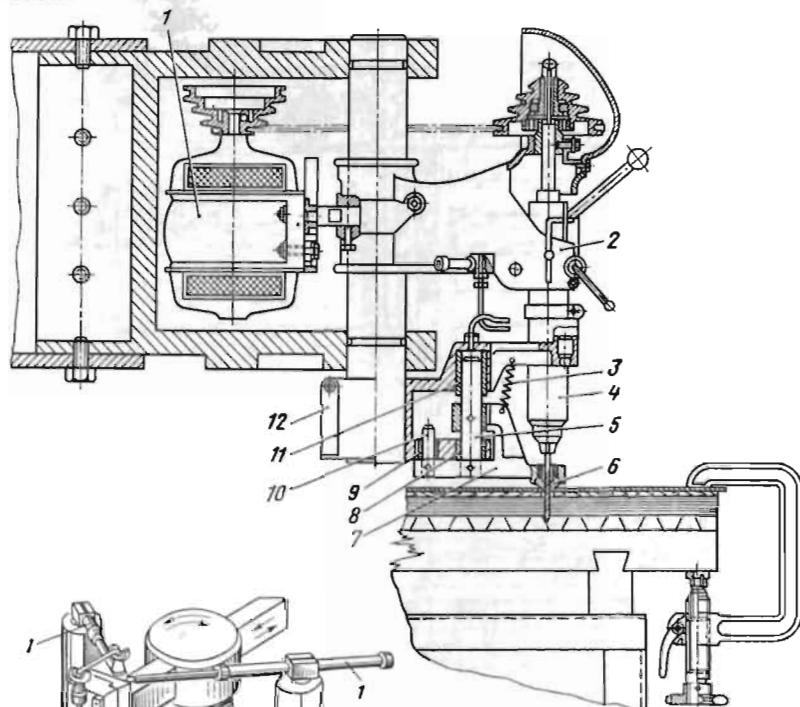


Рис. 14.16. Сверлильная головка станка РСФ

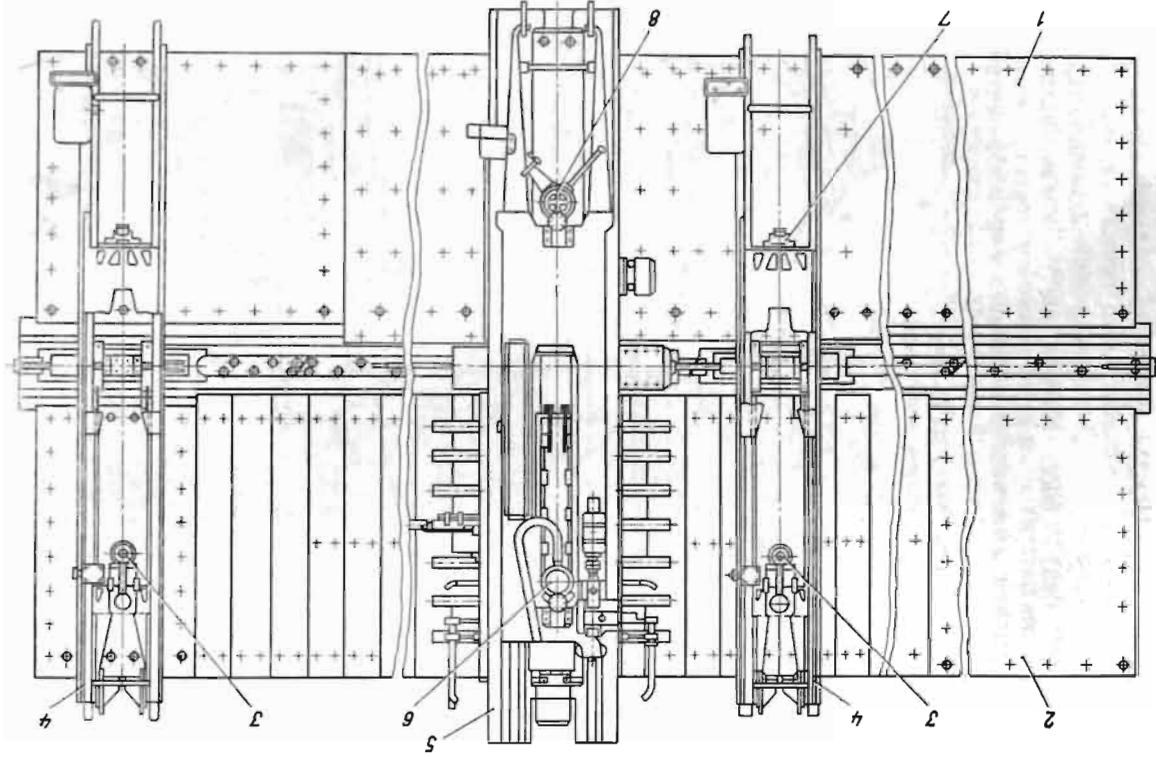
Рис. 14.17. Станок РК-1

На радиально-фрезерных станках раскраиваются пакеты листов из алюминиевых сплавов толщиной до 12 мм, с габаритными размерами, соответствующими вылету хоботов (2000—2900 мм), сверлятся отверстия диаметром до 8 мм.

Копировально-фрезерные полуавтоматы

Фрезерные станки с ручной подачей не обеспечивают стабильной точности и чистоты поверхности кромок вырезаемых деталей, так как при работе на них не гарантирован постоянный надежный кон-

Рис. 14.18. Расположение основных узлов станка КСФ-1М



такт копирующего ролика с шаблоном. Эти станки имеют ограниченную производительность.

Более совершенными являются копировально-фрезерные полуавтоматы, у которых автоматически обеспечивается надежное слежение шупом за контуром шаблона, дублируемое перемещением фрезерной головки. Примером конструкции таких станков является копировальный сверлильно-фрезерный станок КСФ-1М, предназначенный для группового раскроя фрезерованием листов из алюми-

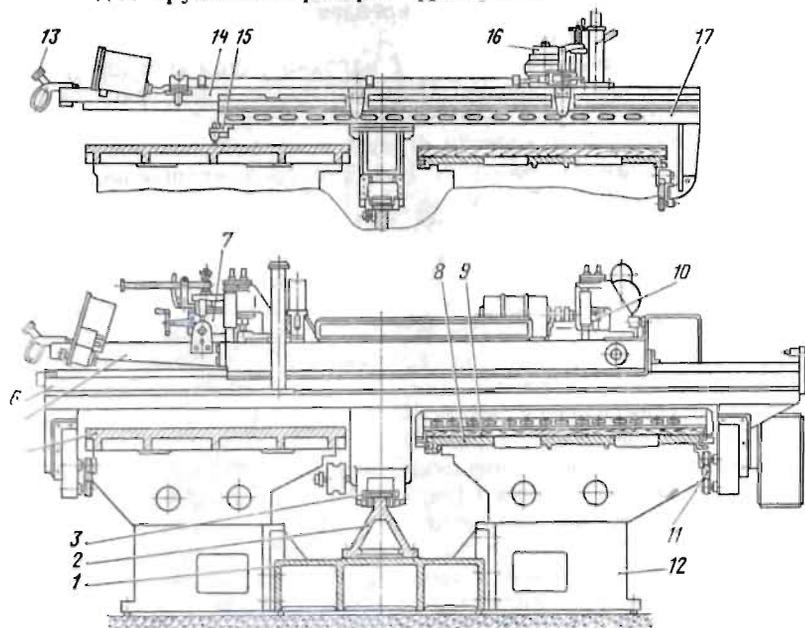


Рис. 14.19. Станок КСФ-1М (вид с правой стороны)

ниевых сплавов в пакете толщиной до 10 мм и сверления в них отверстий диаметром до 8 мм. Станок дает возможность вырезать детали суммарной протяженностью по длине до 7000 мм и ширине до 1200 мм.

Фрезерование деталей производится фрезой диаметром 8 мм с точностью $\pm 0,25$ мм по отношению к контуру шаблона при чистоте обрабатываемой поверхности не ниже 3-го класса шероховатости по ГОСТ 2789—73. На станке можно в автоматическом режиме вырезать детали с любым криволинейным выпуклым или вогнутым контуром, но при условии, что внешние выпуклые углы контура не меньше 60° , а радиусы вогнутых закруглений не меньше радиуса копировального пальца.

Станок КСФ-1М состоит из следующих основных механизмов и узлов (рис. 14.18 и 14.19): сборной станины, стола шаблонов (копирный стол), рабочего стола, двух сверлильных агрегатов, фрезерного агрегата и механизма шагающих прижимов.

Станок смонтирован на двенадцати чугунных стойках 12 (рис. 14.19), расположенных в два ряда; шесть из них служат опорой для копирного стола 4, на шести других установлен рабочий стол 8. Над столами расположены нижняя каретка 6 и верхняя каретка 5 с копировальной 7 и фрезерной 10 головками. В плитах копирного стола 4 имеется координатная сетка резьбовых отверстий, расположенных с шагом $100 \pm 0,1$ мм и предназначенных для крепления шаблонов. Рабочий стол 8 собран из чугунных плит, поверх которых уложен деревянный настил 9 для крепления пакетов листов и выхода концевой части фрезы.

По укрепленным на постели 1 направляющим 2 с планками 3 перемещаются два (одинаковых) сверлильных 4 (см. рис. 14.18) и один фрезерный 5 агрегата, имеющих средние ведущие ролики. Поддерживающие ролики кареток агрегатов перемещаются по направляющим планкам 11 (см. рис. 14.19), расположенным на передней и задней сторонах станины.

Сверлильные агрегаты 4 (см. рис. 14.18) размещены по бокам от фрезерного агрегата 5. Каждый агрегат имеет две жестко связанные между собой головки — копировальные 7, 8 и рабочие 3, 6. Сверлильный агрегат (см. рис. 14.19) состоит из продольной 17 и поперечной 14 кареток. Продольная каретка перемещается вдоль станка по трем направляющим станины, поперечная каретка — поперек станка по направляющим продольной каретки. Перемещение кареток осуществляется вручную с помощью двух рукояток 13. На верхней каретке смонтированы две головки — копировальная 15 и сверлильная 16; расстояние между ними постоянно и равно 1550 мм. С помощью ходового винта 1 (рис. 14.20) сверлильная головка может быть предварительно настроена на глубину сверления. Опускание головки в процессе сверления осуществляется с помощью пневмоцилиндра 2; подъем головки производится под действием пружины 4 при стравливании из цилиндра сжатого воздуха. Высокочастотный электродвигатель 3 привода сверлильной головки имеет 12 000 и 6000 об/мин. Для уменьшения биения и увода сверла, а также для прижима пакета к фланце сверлильной головки имеется кондукторная насадка.

Копировальная головка сверлильного агрегата (рис. 14.21) пружиной 1 все время удерживается в нижнем положении; в верхнем положении она удерживается плунжером 3; регулировка предельного нижнего положения пальца производится винтом 11. Подъем головки осуществляется нажатием кнопки 4 пневматического золотника, расположенной на рукоятке 5. Копировальный палец для облегчения западания в отверстие шаблона имеет на конце конусную часть. С помощью рукояток 6 и 5 копировальный палец 2 сверлильного агрегата подводится к отверстию шаблона, и после освобождения кнопки 4 под усилием пружины 1 конусная часть пальца западает в отверстие. Для полного западания пальца требуется некоторое дополнительное перемещение каретки. По окончании этого процесса оператор нажатием кнопки 7 опускает сверлильную головку и производит сверление отверстия в пакете.

Фрезерный агрегат (см. рис. 14.21) имеет жестко связанные между собой на определенном расстоянии фрезерную 19 и копировальную 8 головки, смонтированные на поперечной каретке 20, которая может перемещаться по направляющим продольной каретки 17. В свою очередь, продольная каретка имеет возможность передвигаться вдоль столов станка. Перемещение кареток в двух взаимно перпендикулярных направлениях может осуществляться автоматически или вручную с помощью рукояток 15 и 14.

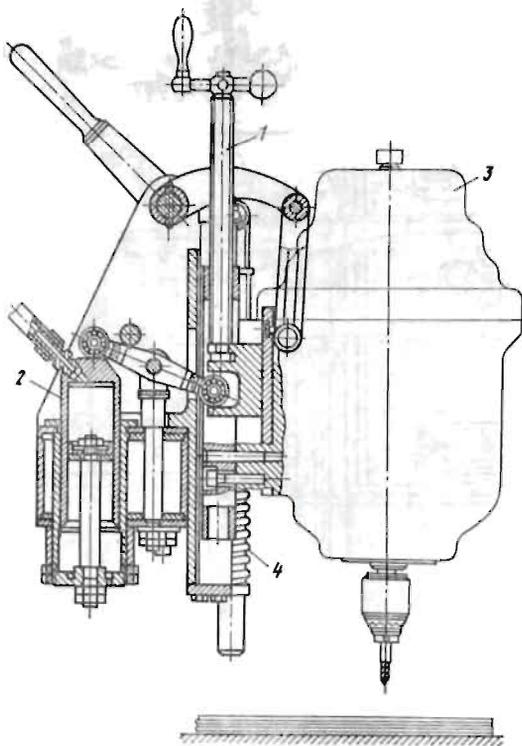


Рис. 14.20. Узел сверлильной головки

Фрезерная головка (рис. 14.22) имеет в качестве привода высокочастотный электродвигатель, вал которого является шпинделем, несущим зажимную цангу 1 с фрезой 2. Электродвигатель фрезерной головки, аналогично электродвигателям сверлильных головок, питается переменным током от сети напряжением 220 В с преобразованием частоты до 200 Гц. Мощность двигателя при 12 000 об/мин — 2 кВт. Головка может перемещаться по вертикальным направляющим 16 (см. рис. 14.21) поперечной каретки с помощью пневмоцилиндра 18; управление перемещением производится с помощью крана 13, расположенного на пульте управления. Ход головки вниз

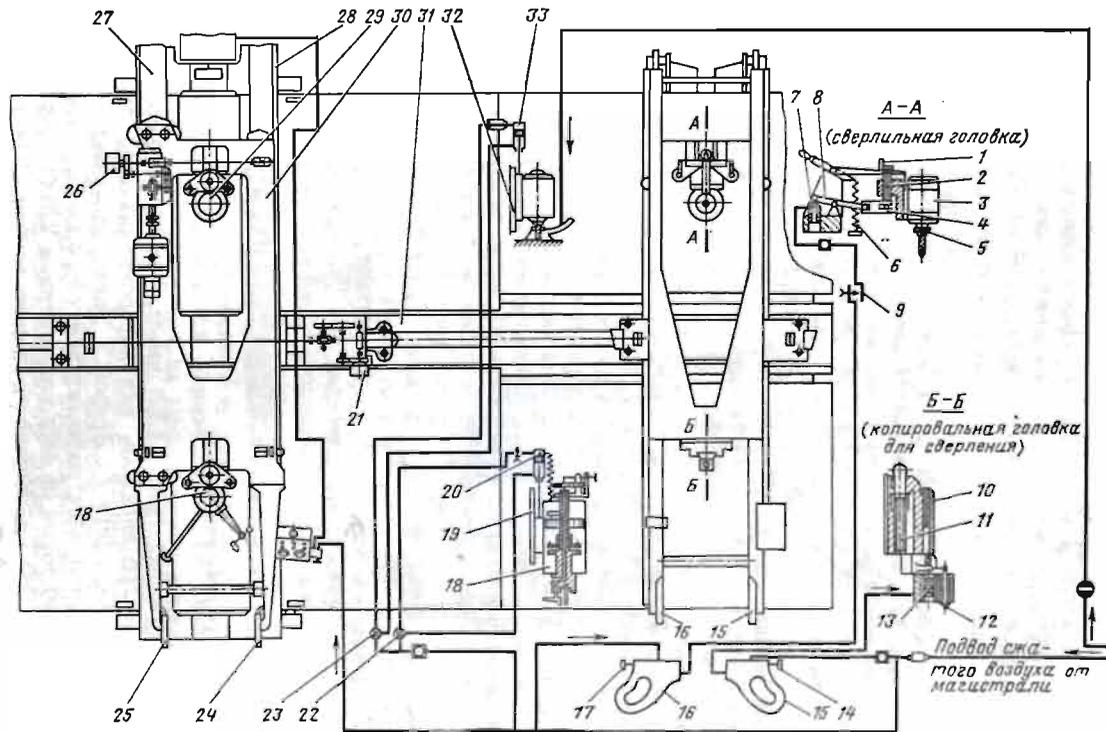


Рис. 14.21. Пневматическая схема станка КСФ-1М

ограничивается упорами, которые устанавливаются таким образом, чтобы при крайнем нижнем положении головки фреза врезалась в фанерную прокладку стола на 1,5 ... 2 мм. Стружка из зоны фрезерования отсасывается эжектором, работающим от цеховой сети сжатого воздуха.

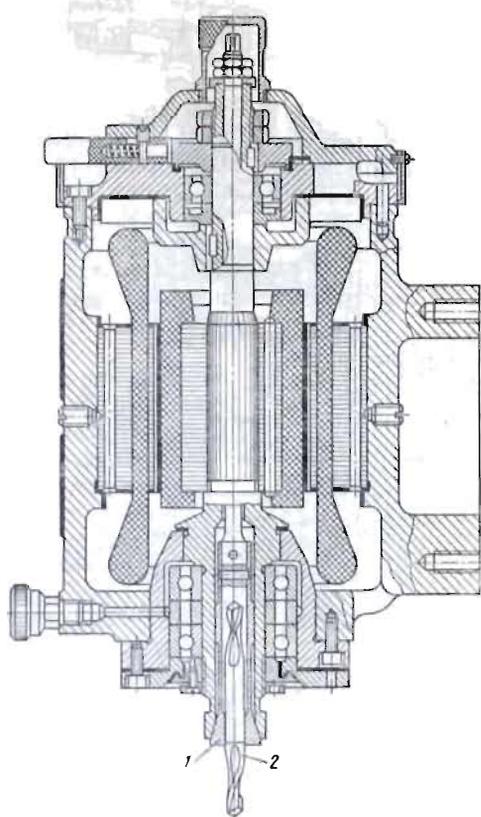


Рис. 14.22. Фрезерная головка

Копировальная головка 8 фрезерного агрегата (см. рис. 14.21) может перемещаться с помощью пневмоцилиндра 10 по вертикальным направляющим 9 поперечной каретки; управление производится пневматическим краном 12. Копировальная головка (рис. 14.23) имеет два копирующих пальца 1 и 2 (палец 2 называется «разведчиком»). Палец 1 расположен соосно с головкой, а палец 2 связан с делителем напряжения (потенциометром) 6, щетки 7 которого проворачиваются в зависимости от взаимного расположения пальцев. Пружина 4, связанная с разведчиком, заводится вращением рукоятки 19, связанной с обоймой 5 коническими шестернями 15 и 16. Обратному повороту рукоятки 19 препятствуют собачка 17

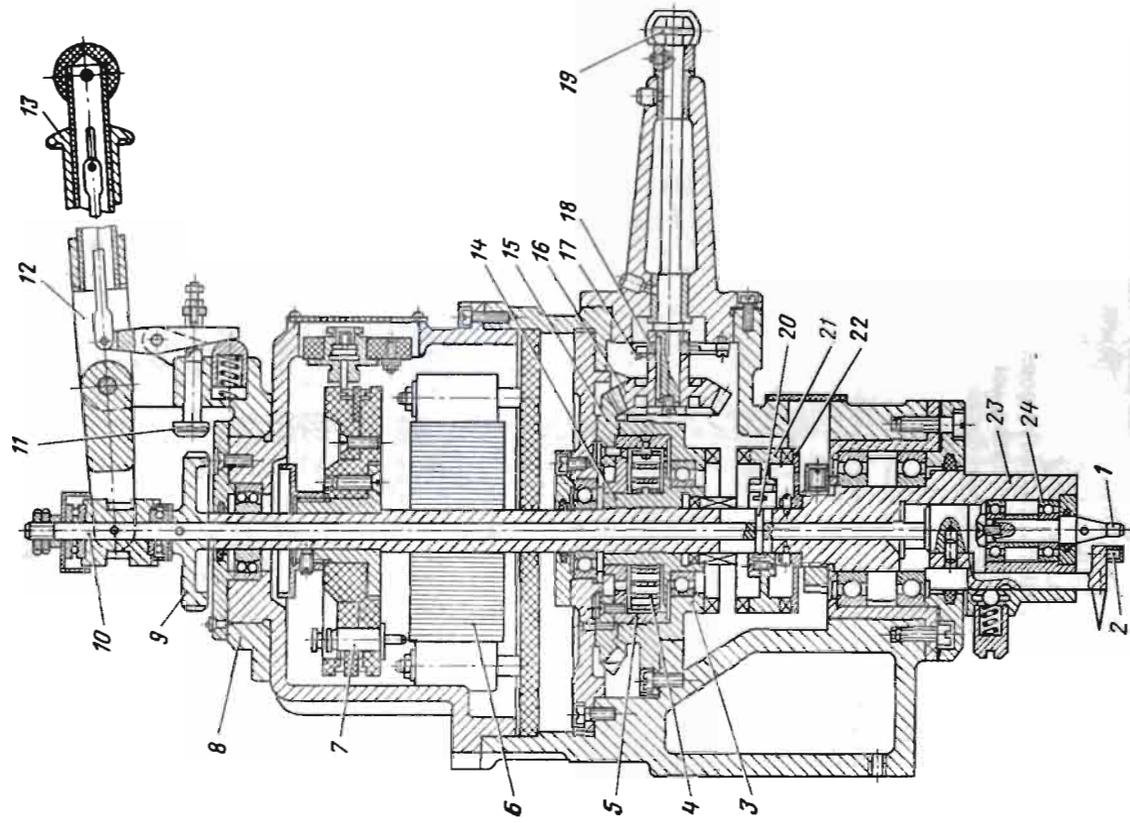


Рис. 14.23. Копировальная головка фрезерного агрегата

и храповик 18. Внутренний конец пружины крепится к верхней части 14 кулачковой муфты. От пружины к шпинделю крутящий момент передается через верхнюю 14, среднюю 21 и нижнюю 22 части муфты. Средняя часть муфты соединена с осью 10 штифтом 20 и может перемещаться в вертикальном направлении с помощью рукоятки 12. В нижнем положении средняя часть муфты сцепляет пружину со шпинделем, который поворачивается под действием пружины до прижатия разведчика к контуру шаблона. В верхнем положении средняя часть муфты сцепляется с обоймой 3, жестко закрепленной на корпусе, и удерживает пружину от раскручивания. Палец 1 свободно может вращаться в подшипниках 24, запрессованных в шпинделе 23 головки, поэтому он может оставаться неподвижно прижатым к шаблону во время поворота шпинделя и разведчика.

При обводе контуров шаблонов с внутренними радиусами менее 20 мм автоматическое копирование затруднено, и разведчик поворачивают вручную вращением рукоятки 12 вместе с кольцом 8, для чего оттягиванием кнопки 13 вправо зашелку 11 сцепляют с шестерней 9, заклиненной на оси 10.

Конфигурация вырезаемого контура определяется соотношением скоростей продольной и поперечной подач, а следовательно—соотношением частот вращения электродвигателей приводов подач фрезерной головки. Частота вращения электродвигателей изменяется путем изменения напряжения на их якорях. На станке это напряжение изменяется в зависимости от положения щеток А и В делителя напряжения 3 (рис. 14.24), размещенных на траверсе под углом 90°. Положение щеток определяется взаимным расположением копирующего пальца 1 и разведчика 2, которое, в свою очередь, определяется величиной и знаком радиуса кривизны воспроизводимого участка шаблона (см. рис. 14.24, а и б).

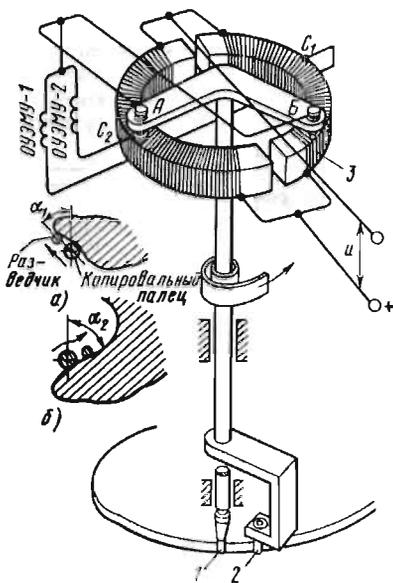


Рис. 14.24. Схема копирования на станке КСФ-1М

Делитель напряжения состоит из двух текстолитовых колодок с намотанным на них изолированным проводом из константана, на который подается ток от селенового выпрямителя. На верхней стороне колодок изоляция провода зачистена в виде кольцевой дорожки, по которой скользят щетки А и В. Точки C_1 и C_2 (см. рис. 14.24 и 14.25, а) имеют нулевой потенциал. В зависимости от угла поворота траверсы α от исходного положения потенциал щеток А и В будет изменяться от $u/2$ до 0. Как следует из схемы, при $\alpha = 0$ щетка А и обмотка управ-

ления электромеханического усилителя ОУЭМУ-2 будут находиться под напряжением

$$u_1 = \frac{u}{2} \sin \alpha = \frac{u}{2} \sin 0 = 0, \quad (14.16)$$

а щетка *Б* и обмотка ОУЭМУ-1 — под напряжением

$$u_2 = \frac{u}{2} \cos \alpha = \frac{u}{2} \cos 0 = \frac{u}{2}. \quad (14.17)$$

При промежуточных положениях напряжение на щетках *А* и *Б* соответственно будет изменяться по закону

$$u_1 = \frac{u}{2} \sin \alpha \text{ и } u_2 = \frac{u}{2} \cos \alpha. \quad (14.18)$$

Графически эти закономерности показаны на рис. 14.25, б. Изменяющиеся по законам синуса и косинуса напряжения с обмоток ОУЭМУ-1 и ОУЭМУ-2 подво-

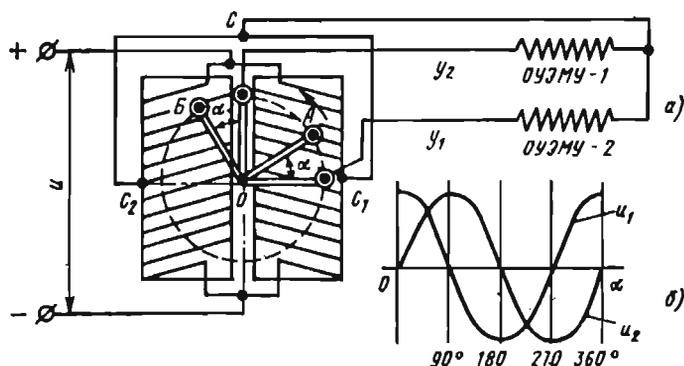


Рис. 14.25. Схема работы делителя напряжений

дятся к якорям электродвигателей подачи. При существующем постоянном возмущении этих двигателей соответственно изменяется частота их вращения, т. е. изменяются величины продольной и поперечной подач. Таким образом, суммарный вектор скорости копирующего пальца будет направлен по касательной к контуру шаблона, характеризуемого углом α , а вектор скорости оси фрезерной головки, кинематически связанный с копирующей головкой, будет коллинеарен вектору копирующего пальца (рис. 14.26):

$$v_x = v \sin \alpha; \quad v_y = v \cos \alpha. \quad (14.19)$$

Вследствие того, что кроме усилий подачи на подвижную систему станка действуют силы инерции, а также усилия сопротивления движению фрезы, которые меняются по величине и направлению и в конечном счете способны вызвать дополнительную скорость, направленную под различными углами к касательной к контуру (в том числе и на отрыв копирующего пальца от шаблона), необходимо, чтобы копирующий палец был постоянно прижат к шаблону с усилием, превосходящим наибольшее усилие отрыва. Это требование можно удовлетворить, если направить суммарную скорость не по касательной (рис. 14.26), а под некоторым углом β к ней внутрь контура (рис. 14.27). Тогда составляющие скорости подачи будут определяться уравнениями

$$v'_x = v' \sin (\alpha + \beta); \quad v'_y = v' \cos (\alpha + \beta). \quad (14.20)$$

Для получения таких зависимостей между скоростями подачи следует сдвинуть щетки делителя напряжений вперед по направлению подачи на угол β , называемый

углом опережения сигналов. Если скорость v' разложить по направлениям касательной и радиуса кривизны в данной точке, получим

$$v_n = v' \sin \beta. \quad (14.21)$$

Таким образом, благодаря сдвигу щеток делителя напряжений на угол опережения β возникает некоторая составляющая скорости, направленная к мгновенному центру кривизны и вызывающая соответствующее усилие прижатия копирующего пальца к шаблону (рис. 14.28). Для приведения направления результирующей

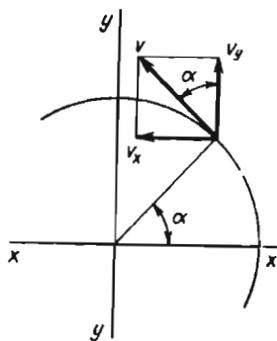


Рис. 14.26. Диаграмма скоростей электродвигателей

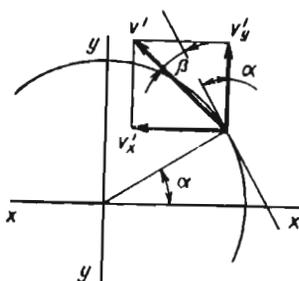


Рис. 14.27. Диаграмма результирующей скорости, направленной внутрь контура

скорости подач, задаваемой двигателями, в соответствие с касательной к контуру в кинематические цепи подач включены электромагнитные муфты скольжения.

Станок имеет три скорости подачи: 1,0; 1,5 и 2 м/мин. Изменение скоростей осуществляется введением сопротивлений в цепь питания делителя напряжения, что влечет за собой изменение напряжения на якорях двигателей подачи и, следовательно, изменение скорости подачи.

Механизм автоматического прижима заготовок (рис. 14.29) предназначен для предотвращения расслаивания пакета заготовок в месте фрезерования, так как крепление пакета прихватами по его углам является недостаточным. Система зажимов автоматически перемещается вместе с фрезерной головкой, что обеспечивает прижатие к столу участков пакета, непосредственно прилегающих к месту фрезерования (в 17-ти точках).

Четыре подвижные балки механизма 3, 4, 6, 8 расположены над рабочим столом станка, опираются на ролики 12 и могут перемещаться по направляющим вдоль стола. На каждой балке смонтировано восемь или девять скоб-прихватов 2, приводимых в действие пневматическими прижимными цилиндрами 10. Жестко соединенные

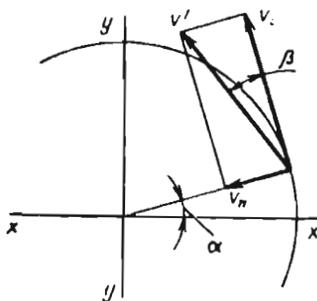
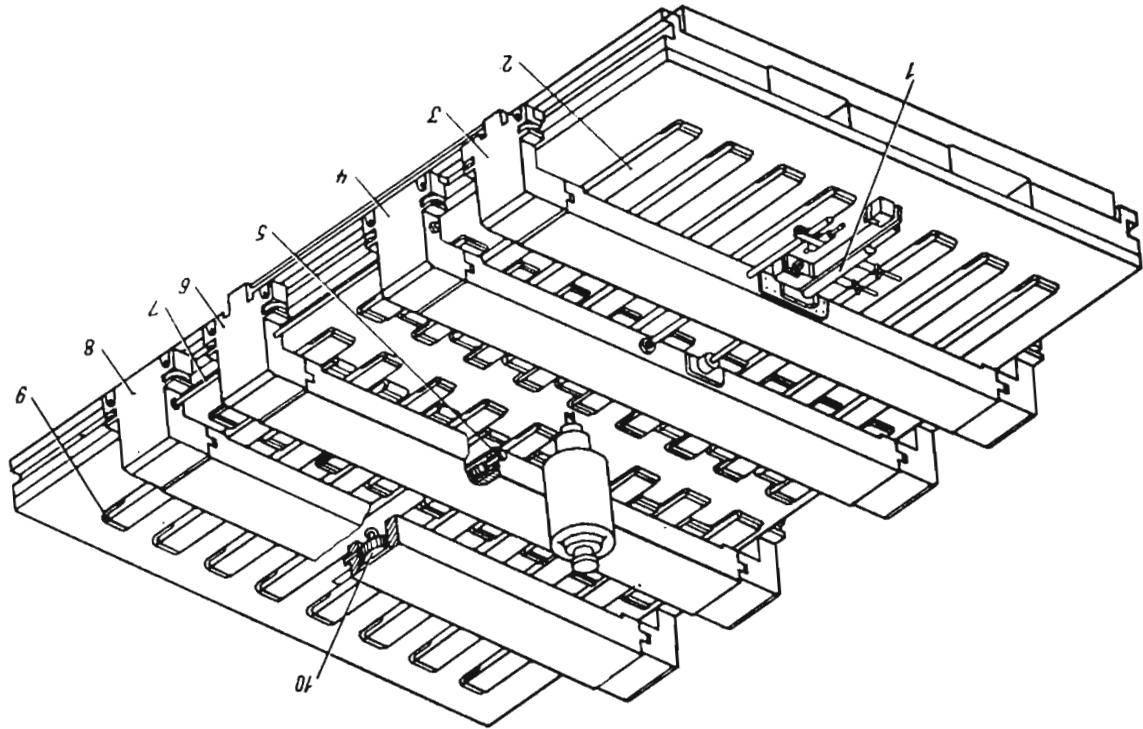
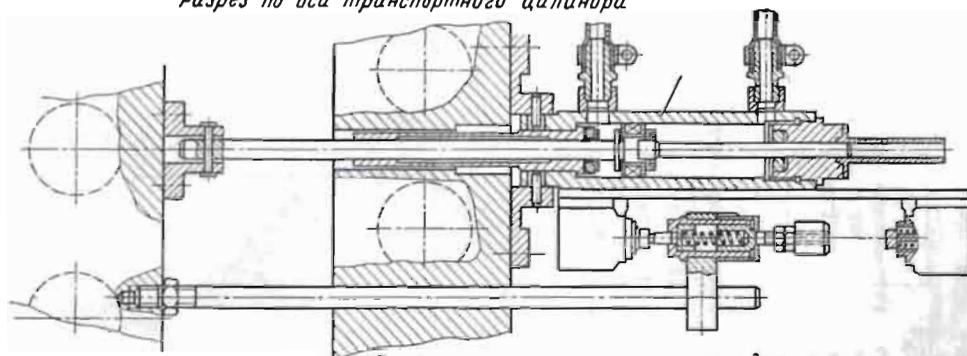


Рис. 14.28. Диаграмма скорости, направленной к мгновенному центру кривизны

Рис. 14.29, а. Общий вид шарошечных приемов станка КФ-1М



Разрез по оси транспортного цилиндра



Разрез по оси прижимного цилиндра

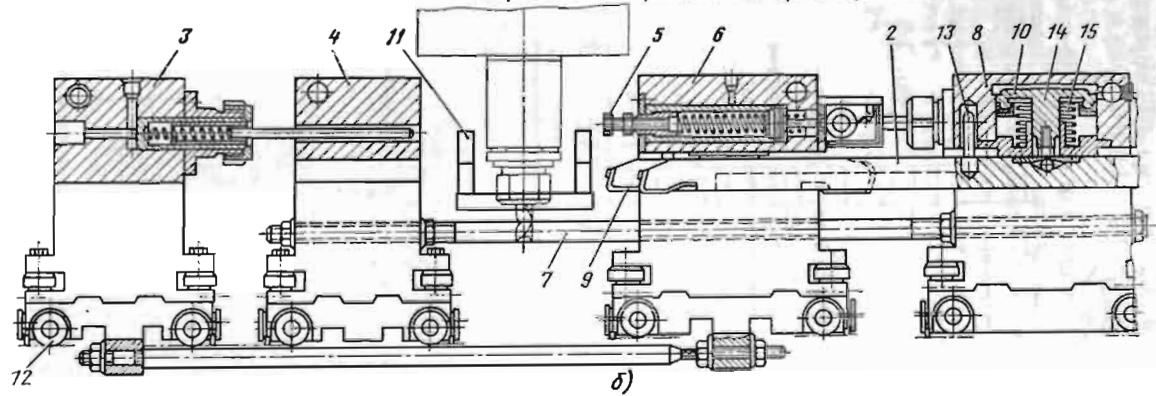


Рис. 14.29, б. Узлы шагающих прижимов станка КСФ-1М

попарно (первая с третьей, вторая с четвертой) тягами 7 балки при фрезеровании перемещаются шагами транспортным пневматическим цилиндром 1 вдоль рабочего стола. Работой транспортного цилиндра, и прижимных цилиндров 10 управляют упоры 11 фрезерной головки

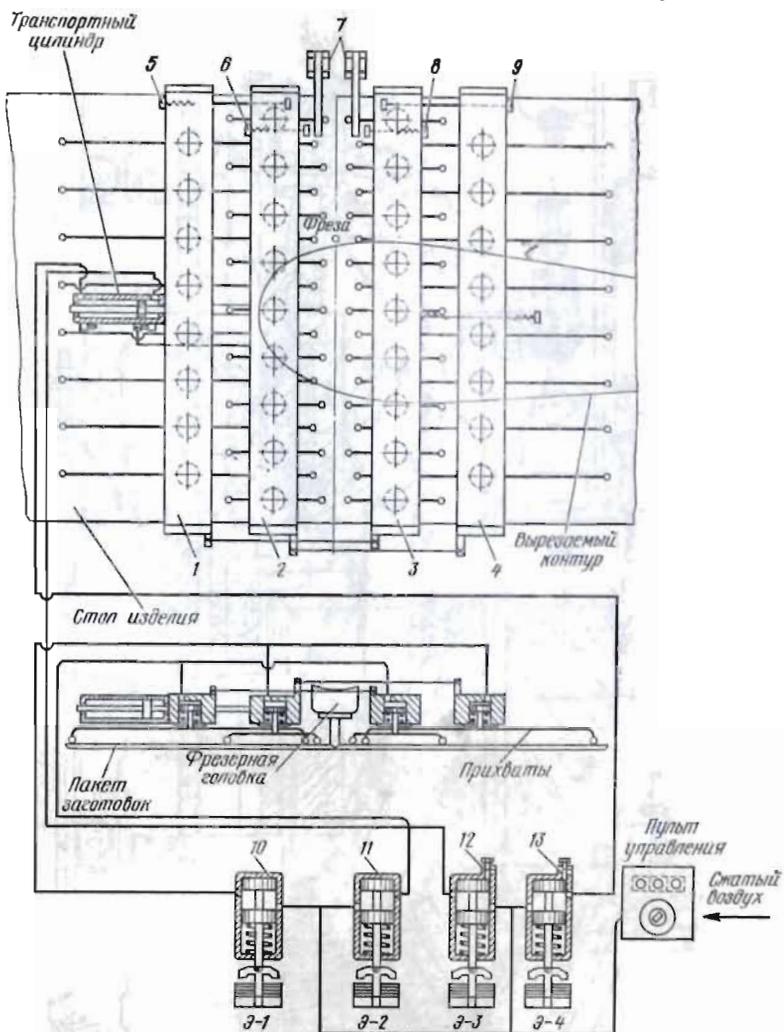


Рис. 14.30. Принципиальная схема управления шагающими прижимами

через переключатели 5 и золотники. Скобы-прихваты в местах соприкосновения с пакетом имеют прокладки 9 из прорезиненной ткани. Для обеспечения касания всей рабочей поверхностью скоб-прихватов пакета они крепятся на штоках поршней 14 шарнирно.

Повороту скобы в горизонтальной плоскости препятствует палец 13, подъем скобы и поршня происходит под действием пружины 15.

Подачей воздуха в транспортный и прижимные цилиндры управляют золотники 10, 11, 12, 13 (рис. 14.30), имеющие электромагнитные приводы, работой которых, в свою очередь, управляют путевые переключатели 5, 6, 8 и 9.

Задатчиком импульсов управления является воздействие упоров 7 фрезерной головки на кнопки путевых переключателей. Специфика схемы управления состоит в том, что, когда зажимы балок 1 и 3 перемещаются, зажимы балок 2 и 4 прижимают пакет и освободят его только после того, как на пакет снова опустятся прихваты балок 1 и 3, и т. д. Такое перекрытие обеспечивает постоянную фиксацию вырезаемых заготовок, что достигается включением в электро-схему управления прижимами ряда взаимно блокирующих реле.

Фрезерные станки с программным управлением

Процесс раскроя листового материала на фрезерных станках с числовым программным управлением выполняется в автоматическом режиме и не требует применения шаблонов, так как траектория движения инструмента определяется программой, записанной на магнитной ленте.

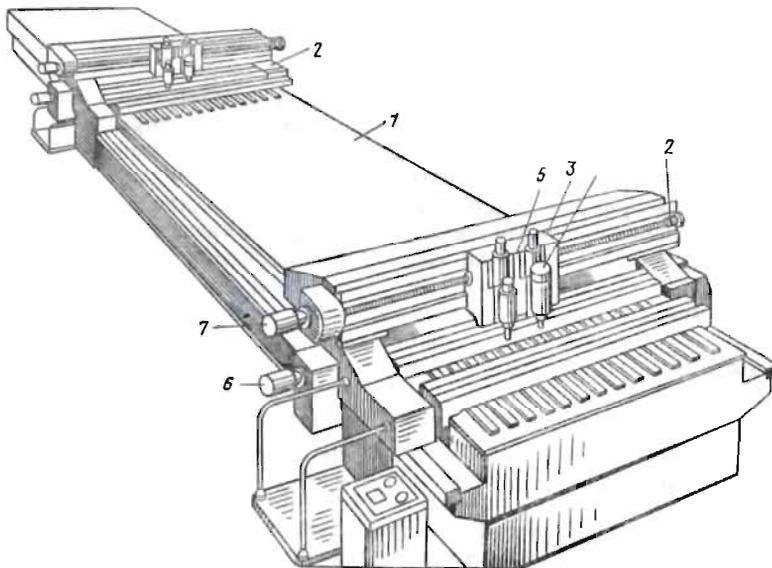


Рис. 14.31. Раскройный фрезерный станок с программным управлением РФП-1

Типовым представителем раскройных фрезерных станков с программным управлением может служить станок марки РФП-1, являющийся базовой моделью станков этой группы. Станок РФП-1 (рис. 14.31) предназначен для раскроя фрезерованием листовых

заготовок из алюминиевых сплавов в пакете толщиной до 15 мм по криволинейному паружному и внутреннему контурам, а также для сверления отверстий до 8 мм в крупногабаритных заготовках. Станок имеет два портала, работающих независимо друг от друга. При работе одним порталом на станке можно обрабатывать по программе, записанной на магнитную ленту, детали длиной до 11 000 и шириной до 2000 мм; при работе двумя порталами можно одновременно обрабатывать по программе две различные детали длиной до 5500 и шириной до 2000 мм [27].

Запись программы на магнитную ленту для операций раскроя и сверления отверстий производится с помощью интерполятора. Кроме того, предусмотрена возможность записи программы на ленту непосредственно на станке методом копирования по шаблону или эталонной детали. Операции сверления и фрезерования производятся последовательно одной и той же фрезерно-сверлильной головкой.

Рабочий стол 1 станка покрывается деревянным настилом и фанерой для выхода инструмента. Над столом передвигаются два одинаковых фрезерно-сверлильных агрегата, состоящих каждый из портала 2, осуществляющего продольную подачу, и поперечной каретки 3, несущей фрезерно-сверлильную головку 4 и копировальный прибор 5, используемый в случае записи программы на станке по эталонной детали. Движения портала и поперечной каретки во время обработки полностью автоматизированы с помощью системы программного управления. Подача портала в продольном направлении осуществляется с помощью реечного механизма; подача каретки в поперечном направлении — с помощью шариковой пары винт—гайка. При движении портала вдоль стола он опирается на шесть роликов, смонтированных на подшипниках качения. В поперечном направлении портал удерживается восемью роликами, катящимися по боковым плоскостям направляющих. Поперечная каретка перемещается вдоль портала по направляющим скольжения. В качестве источников энергии применены электродвигатели постоянного тока с тиристорным управлением 6 и 7. Опускание и подъем инструмента и копирного пальца осуществляются перемещением салазок по вертикальным направляющим поперечной каретки с помощью сжатого воздуха, поступающего в соответствующие полости пневмоцилиндров; величина хода ограничивается жесткими упорами.

Для прижима материала во время обработки станок снабжен автоматическими шагающими прижимами, состоящими из четырех попарно соединенных траверс, несущих на себе четыре пары прижимных башмаков. Траверсы перемещаются синхронно таким образом, что по мере перемещения портала пакет листов всегда оказывается прижатым к столу по обе стороны фрезы.

Для записи программы на магнитную ленту непосредственно на станке на стол укладываются шаблоны обрабатываемых деталей и производится обход пальца копирного прибора по их контуру. Траектория движения портала и каретки при этом записывается на магнитную ленту, запроваленную в записывающее устройство системы

ЧПУ станка. В станке применена фазовая система программного управления по двум координатам.

Станина станка состоит из четырех одинаковых секций, представляющих собой чугунные отливки, которые служат основанием для крепления деревянного настила, образующего стол для пакета листовых заготовок. В целях использования станка для крепления и обработки деталей типа монолитных панелей и длиномерных криволинейных пресованных профилей станина под деревянным покрытием имеет продольные и поперечные Т-образные пазы. Сверху, на передней и задней сторонах станины укреплены стальные, термически обработанные направляющие, по которым перемещаются порталы. Рейки приводов продольного перемещения прикреплены к передней стенке станины. Направляющие балок шагающих прижимов смонтированы по обе стороны станины. На торцах станины расположены воздухоприготовительные панели.

Портал представляет собой коробчатую сварную траверсу равного сопротивления с ребрами жесткости. Передним и задним концами портал опирается на каретки. В передней каретке смонтированы четыре горизонтальных несущих ролика (2 нерегулируемых и 2 регулируемых) и 8 вертикальных направляющих роликов (2 нерегулируемых и 6 регулируемых), ограничивающих поворот портала в горизонтальной плоскости. В задней каретке смонтированы два горизонтальных опорных регулируемых ролика. Снизу к передней и задней кареткам на кронштейнах крепятся по два поддерживающих регулируемых ролика. Все ролики смонтированы на конических роликоподшипниках. Регулируемые ролики установлены на эксцентриковых осях, поворачивая которые можно выбрать зазоры между роликами и поверхностью направляющих.

Направляющие для перемещения поперечной каретки укреплены на лицевой стороне траверсы. На переднем торце траверсы смонтирован привод поперечного перемещения; снизу передней каретки укреплен привод продольного перемещения портала. В нишах передней и задней кареток расположены панели электрооборудования. Подвод пневмо- и электропитания к порталам осуществляется снизу через заднюю каретку. Два отсека траверсы заполнены эмульсией, предназначенной для охлаждения статора и подшипников высокочастотных электродвигателей.

Помимо указанных, на портале смонтированы следующие системы и узлы: система отсоса стружки, блок воздухораспределителей шагающих прижимов, шариковый винт поперечного перемещения фрезерно-сверильной головки.

Вертикальное перемещение салазок фрезерно-сверильной головки и копировального прибора по направляющим поперечной каретки осуществляется одинаковыми пневмоцилиндрами с гидравлическими амортизаторами, с помощью дросселей которых регулируется скорость перемещения; величина перемещения ограничивается жесткими упорами. На верхней площадке поперечной каретки установлены электропневматические клапаны, управляющие опусканием и подъемом фрезерно-сверильной головки и копировального при-

бора, а также кнопки включения установки масляного тумана для смазки подшипников шпинделя и цепи подвода пневмоэлектропитания.

Исполнительный механизм продольной подачи смонтирован внутри чугунного корпуса и представляет собой систему шестерен, с помощью которой осуществляется передача вращения от электродвигателя постоянного тока к шестерне, входящей в зацепление с зубчатой рейкой.

Привод поперечного перемещения каретки осуществляется от электродвигателя постоянного тока через редуктор с двумя парами шестерен с помощью шариковой пары винт—гайка.

Фрезерно-сверлильная головка представляет собой скоростной электрошпиндель, смонтированный на вертикальных салазках поперечной каретки. На конце шпинделя имеется насадка, в которой с помощью цапгового зажима закрепляется инструмент. Для уменьшения вылета сверла в момент начала сверления головка снабжена подвижной кондукторной быстросменной втулкой. К фрезерно-сверлильной головке снизу крепится стружкоприемник, направляющий поток стружки из зоны резания в систему отсоса стружки.

Траверсы прижимного устройства перемещаются на роликах по специальным направляющим станины. Укрепленные на штоках пневмоцилиндров, установленных на траверсах, стальные облицованные резиной прижимы опускаются под действием сжатого воздуха, а поднимаются пружинами. При перемещении портала его упоры нажимают на толкатель, пластина которого, войдя в щель бесконтактного конечного выключателя, тем самым включает его. По этой команде происходит выпуск воздуха из пневмоцилиндров одной из пар траверс. В результате этого прижимы соответствующих траверс поднимаются пружинами в верхнее положение. С выдержкой времени, требуемой на подъем прижимов, сжатый воздух подается в пневмоцилиндр механизма перемещения траверс, и свободная от прижима пара траверс перемещается относительно неподвижной пары траверс. Таким образом, в то время как одна пара траверс прижимает пакет, другая перемещается на шаг.

Следует отметить, что механизм автоматического прижима заготовок станка РФП-1 аналогичен применяемому у станка КСФ-1, рассмотренному ранее (см. рис. 14.29 и 14.30).

На базе станка РФП-1 с широкой унификацией узлов и деталей был разработан раскройный фрезерный станок с программным управлением РФП-2. В отличие от станка РФП-1 станок РФП-2 является однопортальным с соответствующим уменьшением габаритных размеров обрабатываемых заготовок. Назначение, принципиальное устройство и работа этих станков идентичны.

Фрезерно-обрезные станки

Фрезерно-обрезные листовые станки предназначены для раскроя крупногабаритных толстых листов, обрезки кромок обшивок одинарной и двойной кривизны, вырезки в них окон; они могут также использоваться для фрезерования полок профилей.

Типовым представителем этой группы оборудования является станок ФОЛ-2М, на котором можно обрабатывать детали из алюминиевых сплавов длиной до 7500, шириной до 1000 и толщиной до 35 мм. Станок состоит (рис. 14.32) из станины 1, двух стоек 2 и траверсы 3, образующих жесткую раму. По направляющим 4 с помощью ходового винта 5 имеют возможность перемещаться вдоль станины два суппорта — 6 горизонтально-фрезерной или 7 вертикально-фрезерной головок.

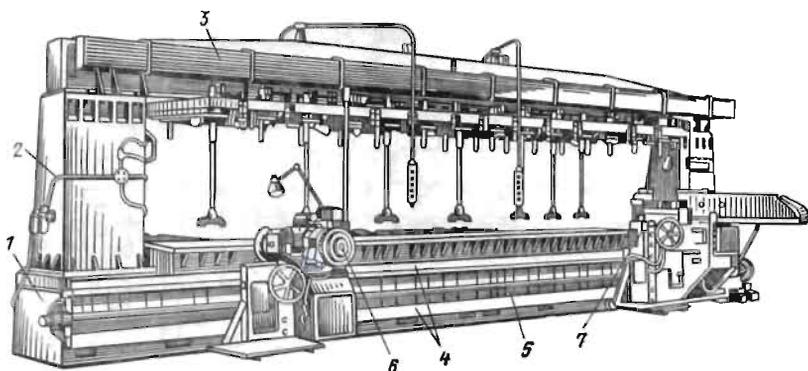


Рис. 14.32. Фрезерно-обрезной станок ФОЛ-2М

Кинематическая схема станка представлена на рис. 14.33. Шпиндель 9 горизонтально-фрезерной головки приводится во вращение от фланцевого электродвигателя 1. Головка имеет четыре движения: продольное (рабочее), поперечное, вертикальное и поворотное (установочные). Рабочая подача головки вдоль станины станка производится с помощью ходового винта 8 и однозаходной гайки 5, соединенной с корпусом суппорта. Перемещение головки в вертикальном направлении (установочное движение) осуществляется вращением маховичка 7, связанного с винтом 6 коническими шестернями. В поперечном направлении (установочное движение) головка перемещается с помощью червяка 4 и червячной шестерни 3, которая, в свою очередь, связана с рейкой 2 головки. Поворотное движение осуществляется съемной рукояткой, надеваемой на квадрат 10 вала червяка 11, находящегося в зацеплении с червячным сектором 12, который жестко связан с поворотной частью головки.

Вертикально-фрезерная головка, как и горизонтально-фрезерная, перемещается вдоль станины с помощью винта 8, в зацеплении с которым находится гайка, жестко связанная с суппортом головки. Поперечная подача осуществляется от электродвигателя 26 через кинематическую пару винт 13 — гайка 18 и коробку поперечных подач, обеспечивающую две скорости — рабочую и холостого хода.

Передача движения при холостом ходе осуществляется по кинематической схеме: шкив вала электродвигателя — клиновидный ремень — шкив вала 1 коробки — зубчатая пара — муфта 16 вал 11 —

зубчатая пара—гайка 18 и винт 13. Холостой ход может быть также осуществлен вручную с помощью маховичка 14. В этом случае движение передается по цепи: маховичок 14 — кулачковая муфта 15 — коническая зубчатая пара — вал III — кулачковая муфта 16 — вал II — зубчатая пара—гайка 18 и винт 13.

Для включения медленной рабочей подачи выключается муфта 16 и включается муфта 17, при этом кинематическая цепь от вала I будет включать звенья: пара—вал IV—кулачковая муфта 17 — зубчатая пара—вал V—пара сменных шестерен А и Б — вал II — зубчатая передача — гайка 18 и винт 13. Переключение с быстрой

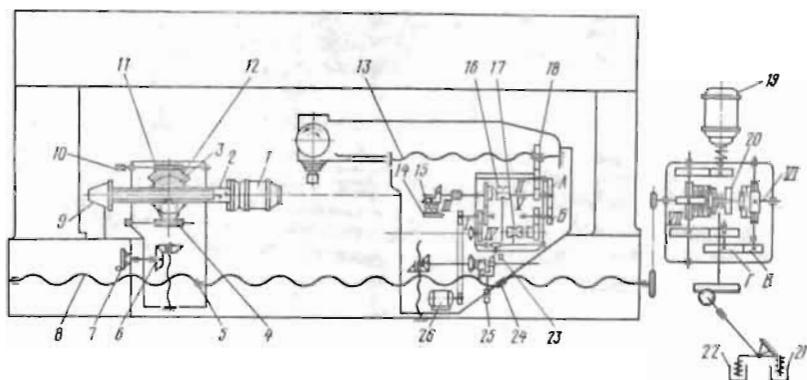


Рис. 14.33. Кинематическая схема станка ФОЛ-2М

подачи на медленную производится рукояткой 23. Реверсирование движения осуществляется путем переключения полюсов питания электродвигателя. Подъем и опускание шпинделя головки могут быть произведены вручную с помощью рукоятки 25 через коническую пару 24 или от электропривода поперечной подачи 26 через цепную передачу.

Вращение шпинделя вертикально-фрезерной головки осуществляется электродвигателем мощностью 4,5 кВт с частотой вращения 930 об/мин. Ходовой винт 8 станка приводится во вращение от электродвигателя 19 мощностью 4,5 кВт с частотой вращения 1500 об/мин через коробку продольных подач, имеющую две кинематические цепи — рабочего (медленного) и холостого (быстрого) ходов. Кинематическая цепь рабочего хода: вал электродвигателя — две пары шестерен — сменные шестерни В и Г — червячная пара — вал VI — дисковая муфта 20 — вал VII — цепная передача. Кинематическая цепь холостого хода: вал электродвигателя — зубчатая пара — пара винтовых шестерен — дисковая муфта 20 — вал VII — цепная передача. Для переключения дисковой муфты 20 служат электромагниты 21 и 22.

Пневматическая схема станка представлена на рис. 14.34. Для прижима заготовок к столу на траверсе станка смонтировано 28 пневматических цилиндров, расположенных в два ряда. Цилиндры

ряда 1 укреплены постоянно цилиндры ряда 2 в процессе наладки могут быть передвинуты в поперечном направлении. Цилиндры объединены в группы (по 2 или 3), каждая из которых имеет общий кран включения 3; кроме этого, кран имеет каждый цилиндр. Давление в цилиндрах устанавливается с помощью редуктора 5. В штоки цилиндров вставляются (по мере надобности) штанги, оканчивающиеся внизу прижимными башмаками соответствующей конфигурации.

Сжатый воздух на станке применяется также для подъема шаровых опор, смонтированных в столе и необходимых для облегче-

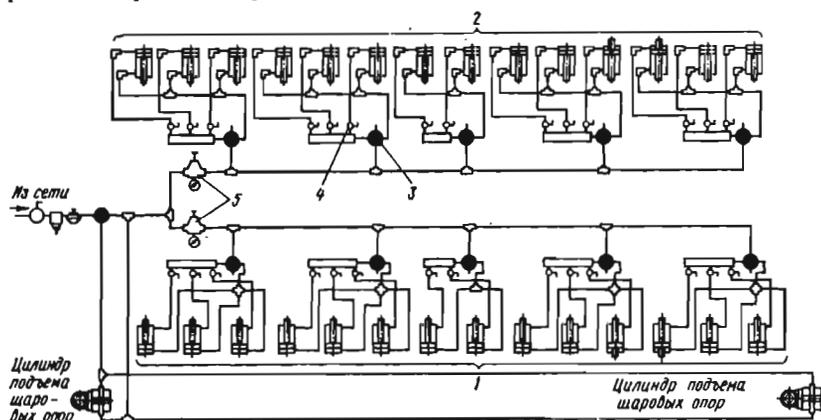


Рис. 14.34. Пневматическая схема станка ФОЛ-2М

ния перемещения устанавливаемых на столе болванок, служащих ложементами для обрезаемых обшивок.

На модифицированном станке ФОЛ-2М можно также производить фрезерование обшивок одинарной и двойной кривизны по криволинейному контуру с помощью накладных шаблонов. Перпендикулярность обрабатываемых кромок к поверхности обшивки обеспечивает поворотная вертикальная фрезерная головка. Увеличены толщина (до 50 мм) и ширина (до 1500 мм) обрабатываемых листов. На станке модифицированы некоторые узлы и механизмы.

14.3. ПИЛЫ

Раскрой профилей на небольшие по длине заготовки может производиться в штампах на прессах или на пресс-ножницах. Короткие и сравнительно толстостенные (длиной до 200 мм и толщиной стенки от 2 мм), особенно стальные, заготовки труб отрезаются на обычных токарных станках.

Наиболее распространенным способом раскроя профилей и труб является резка дисковыми фрезами на маятниковых или на универсальных дисковых пилах. В некоторых случаях резка труб и профилей производится на ленточных пилах.

Дисковые пилы

Применяемая в заготовительно-штамповочных цехах маятниковая (балансирная) пила имеет следующее устройство (рис. 14.35). На чугунной составной стойке 23, 24 помещен поворотный стол 6, который может вместе с пилой поворачиваться вокруг вертикальной оси. Пильный диск 7, в свою очередь, может наклоняться под углом от вертикального положения. Сочетание этих двух поворотов позволяет отрезать детали по плоскостям, расположенным под любым углом к оси заготовки. На столе смонтирован узел маятника, со-

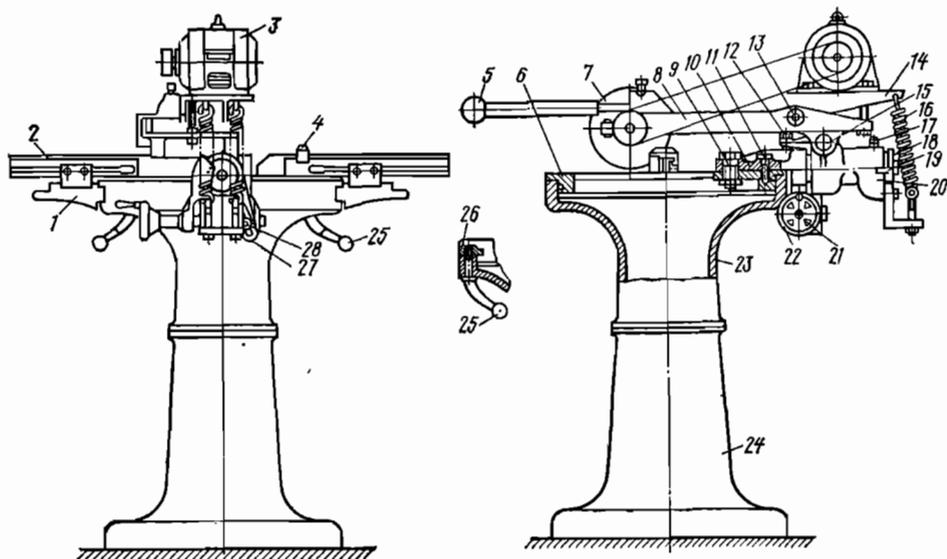


Рис. 14.35. Схема маятниковой дисковой пилы

стоящий из рычага 8, на котором крепятся пильный диск 7 и электродвигатель 3. Вся система имеет возможность поворота вокруг оси 15, что и обеспечивает подачу пильного диска на заготовку в процессе резки. подача осуществляется вручную с помощью рукоятки 5. При прекращении нажатия на рукоятку две растянутые пружины 16 возвращают рычаг с пильным диском в исходное положение. Диапазон поворота рычага ограничивается регулируемыми упорами 12 и 17. Шкив электродвигателя связан со шкивом пильного диска клиновым ремнем. Натяжение ремня производится теми же пружинами 16, поворачивающими площадку 14 электродвигателя на оси 13. Рычаг 8 вместе с пильным диском, электродвигателем и литой чугунной втулкой 20 могут поворачиваться на оси кронштейна 10, укрепленного на столе 6 болтами 9 и 11. Это позволяет наклонять пильный диск относительно плоскости стола в одну сторону на угол до 45° . Для определения угла наклона на кронштейне 10 имеется неподвижная градусная шкала 18, а на поворотной втулке 20 закреплен указатель 19. Поворот осуществляется вращением маховичка 22, заклиненного на ходовом винте 21, связан-

ном с рычагом 27 качающейся гайкой 28. Стол 6 вместе со всем узлом при настройке станка может поворачиваться относительно вертикальной оси на угол $\pm 70^\circ$. Перед поворотом необходимо освободить рукоятки 25, стягивающие с помощью сухарей 26 основание стойки 23 и поворотный стол 6.

На кронштейнах 1 верхней части стойки крепятся линейки 2 с упорами 4, которые настраиваются на длину отрезаемых заготовок. При раскрое длинных профилей на уровне основного стола пилы пристраивается дополнительно узкий длинный стол с направляющими.

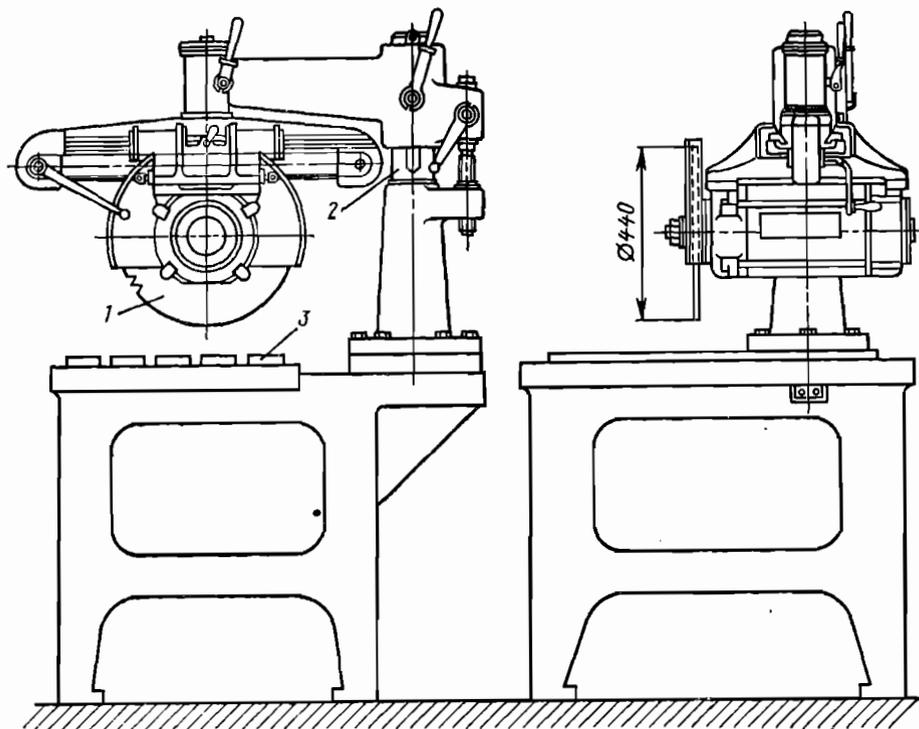


Рис. 14.36. Универсальная дисковая пила

Для резки полуфабрикатов из алюминиевых сплавов используются обычные дисковые фрезы. При резке профилей и труб из углеродистых сталей, а также легированных сталей и титановых сплавов применяются абразивные диски различных марок.

Для резки профилей применяются также универсальные дисковые пилы, общий вид одной из которых представлен на рис. 14.36. Предварительно пильный диск 1 у таких пил может быть установлен на определенном уровне по высоте перемещением всего подвижного узла по колонне 2, а также повернут в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Рабочая подача диска производится в горизонтальном направлении. Упоры, по которым осуществляется установка заготовки, крепятся в Т-образных пазах стола 3.

Универсальные дисковые пилы применяются в основном при установившейся номенклатуре; они имеют более высокую производительность и обеспечивают большую, чем маятниковые пилы, точность распила.

Ленточные пилы

На ленточных пилах режут профили и трубы, раскраивают толстолистовой материал, а также обрезают припуски у отштампованных деталей.

На С-образной станине 1 пилы (рис. 14.37) укреплен стол 2, в котором имеется отверстие с направляющей для пильной ленты 3. В нижней части станины установлен электродвигатель 4 с насаженным на его вал ведущим шкивом 5. В верхней части станины над столом расположен ведомый шкив 6 такого же диаметра, имеющий возможность вертикального перемещения для натяжения огнбьющей оба шкива пильной ленты. Пильная лента во время работы нагревается и удлиняется, поэтому вал ведомого шкива снабжен противовесом, поддерживающим постоянное ее натяжение. В некоторых конструкциях ленточных пил верхний шкив, как и нижний, не имеет вертикального перемещения, а пильная лента натягивается с помощью специального подпружиненного нажимного ролика 7. Для направления пильной ленты во время работы в конструкции предусмотрены роликовые упоры 8, устанавливаемые вблизи места резки.

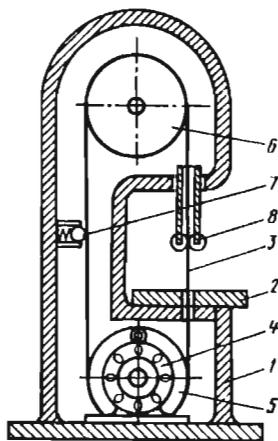


Рис. 14.37. Упрощенная схема ленточной пилы

Обычно ленточные пилы не оснащаются какими-либо технологическими приспособлениями, и резка производится по разметке при ручной подаче обрабатываемой заготовки. Под воздействием усилия подачи полотно может, упруго изгибаясь, отклоняться к стороне, и точность обработки нарушается. По указанным причинам ленточные пилы применяются в заготовительно-штамповочных цехах сравнительно редко.

14.4. СТАНКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ РЕЗКИ

Спецификой станков для электрохимических и электрофизических способов резки является отсутствие силового (механического) воздействия инструмента на заготовку. Основной функцией этих станков является обеспечение превращения твердого состояния материала заготовки в зоне обработки в жидкое (или газообразное) состояние. Эту функцию выполняют источники питания (преобразователи электрического тока) и соответствующий каждому способу инструмент (электроды, горелки, сопла и др.), рассмотренные в соответствующих разделах. Остальные функции станков этой группы сходны с функциями станков классической схемы — осуществление движения инструмента и заготовки — рассматриваются на примерах типовых станков, применяемых для различных способов электрохимической и электрофизической резки.

Станки для анодно-механической резки

Станки для анодно-механической резки делятся на две группы— дисковые и ленточные. Основными узлами анодно-механических станков являются: привод главного движения, привод подачи, регулятор автоматической подачи (может отсутствовать), источник питания. В качестве источника энергии привода главного движения применяется асинхронный электродвигатель, от которого вращение с помощью ременной или цепной передачи сообщается шпинделю с электродом-инструментом (ЭИ) для дисковых станков или приводному шкиву с лентопротяжным механизмом для ленточных анодно-механических станков. Привод подачи может быть электромеханическим, реже — гидравлическим. От источника питания к ЭИ (катод) и заготовке (анод) подводится ток до 600—2000 А напряжением 22—30 В.

Электролит подается в зону обработки поливом, некоторые станки имеют встроенные ванны. Электролитом может служить водный раствор силиката натрия (жидкого стекла), иногда с добавлением солей других кислот. При резке заготовок из жаропрочных сплавов применяют раствор, содержащий азотнокислый калий (150 кг/м^3) и хлористый калий (30 кг/м^3), для титановых сплавов — раствор хлористого натрия и азотнокислого калия. Наибольшая производительность достигается при температуре электролита $40 \dots 45^\circ \text{C}$.

Материалом для электродов-инструментов служат малоуглеродистые стали (08кп, 10, 20 и др.) или латуни.

Под действием электрического тока металл заготовки растворяется, и на его поверхности образуется пассивированная пленка, которая снимается движущимся инструментом. При этом возникает электрический разряд, тепловое воздействие которого вызывает местное расплавление металла. Образующийся шлак выносится из межэлектродного промежутка (МЭП) инструментом при очень незначительной нагрузке, в отличие от резки на обычных металло-режущих станках, у которых узлы сильно нагружены от сопротивления резанию. Интенсивность съема металла практически не зависит от механических свойств обрабатываемых металлов и инструмента (твердости, вязкости, прочности), поэтому анодно-механическую обработку наиболее целесообразно применять для резки заготовок из коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сплавов и других труднообрабатываемых материалов.

На дисковых анодно-механических станках обычно разрезают профили, прутки и трубы. Размеры диска выбирают соответственно размерам сечения заготовки. Например, резку заготовок диаметром до 150 мм производят дисками диаметром 500—800 мм и толщиной 1,5 мм; заготовки диаметром 200—300 мм режут дисками диаметром 800—1100 мм и толщиной 1,75—2,0 мм.

Современные отрезные станки помимо вращения диска имеют привод вращения круглых заготовок; фасонные заготовки закрепляются в пневматических тисках. Диски имеют направляющие для

уменьшения ширины реза. Диск и зона резания закрываются общим кожухом. Станки оснащаются вентиляцией и устройством промывки горячей водой для удаления электролита. Нашей промышленностью выпускаются также станки-полуавтоматы для анодно-механической резки, у которых рабочая подача оснащена следящей системой.

Типовым представителем дисковых анодно-механических станков является станок модели 4А821, на котором можно разрезать заготовки диаметром до 160 мм и длиной до 8 м дисками диаметром 520 ... 800 мм. Производительность станка при резке коррозионно-стойких сталей при вращении заготовки составляет 3000 мм²/мин.,

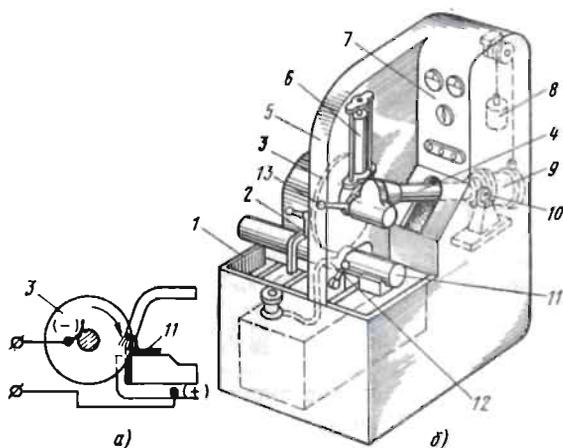


Рис. 14.38. Анодно-механический станок АМО-14:
а — схема процесса; б — схема станка

а без вращения заготовки — 1500 мм²/мин. Станок имеет источник питания мощностью 35 кВт [20].

Представителем станков с нежесткой подачей диска-электрода является простой по устройству анодно-механический станок марки АМО-14, схема которого показана на рис. 14.38 [8]. Заготовка 11 крепится на станке с помощью зажимного устройства 2. Диск-электрод 3, закрытый кожухом 5, закреплен на оси коромысла 4, качающегося на оси 10. На другом конце коромысла установлен электродвигатель 9, вращающий диск-электрод. Коромысло уравновешивается противовесом 8. Для смягчения колебаний коромысла установлен демпфер-регулятор 6. Внутри станины 1 расположен резервуар с электролитом, который подается в МЭП насосом через сопло 12. Электропитание подводится к зажимному устройству 2 и через меднографитные щетки к контактному кольцу диска 3. После включения электропитания на панели 7 цепи резания и электродвигателя 9 диск 3 подается на заготовку вручную нажатием рукоятки 13.

На ленточных анодно-механических станках помимо прямой резки возможно осуществление вырезки деталей по криволинейному контуру. Электродом-инструментом у этих станков слу-

жит бесконечная стальная лента толщиной 0,8 ... 1,4, шириной 15 ... 40 мм. Ширина реза обычно в 1,2 ... 1,5 раза больше толщины ленты. компоновка станков выполняется как с вертикальным, так и горизонтальным расположением ленты. Некоторые станки оснащаются переносными ваннами, применение которых повышает производительность, уменьшает загрязнение окружающей среды газообразными продуктами, уменьшает уровень шума и способствует искрогашению.

Типовым представителем ленточных анодно-механических станков может служить отрезной станок модели 4450, предназначенный

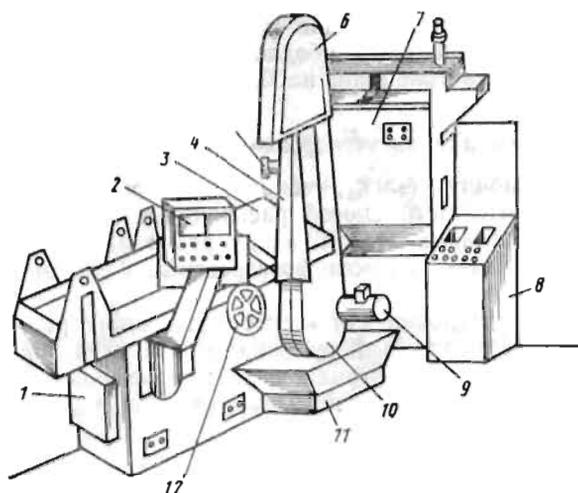


Рис. 14.39. Анодно-механический отрезной станок модели 4450

для отрезки заготовок различного профиля из труднообрабатываемых сталей и сплавов. На станке можно разрезать заготовки диаметром до 400 и длиной до 6000 мм [2].

Станок (рис. 14.39) имеет литую станину 1, на которой смонтирован стол для установки на нем заготовки. В процессе наладки стол вместе с заготовкой может перемещаться в продольном направлении относительно ленточного электрода-инструмента, расположенного под кожухом 4, с помощью маховика 12. Рабочая подача ленты производится поперечным перемещением каретки с верхним и нижним шкивами, на которых натянута лента. Механизм перемещения каретки помещен в колонне 7 станка. Движение ленты осуществляется при вращении от электродвигателя 9 нижнего шкива, закрытого крышкой 10. Ведомый шкив предохранен крышкой 6. Для удержания отрезаемой части заготовки станок имеет дополнительный стол 3. Подача в рабочую зону электролита производится через сопло 5. Отработанный электролит стекает в поддон 11 станка, откуда насосом откачивается в бак. Система управления станком размещена

в шкафу 8, в верхней части которого расположен пульт управления. Для удобства эксплуатации станок имеет дополнительный пульт 2, на котором сдублированы все органы управления. В качестве источника питания импульсным напряжением служит выпрямительный агрегат. В комплект станка входит также бак для электролита емкостью 500 л.

Инструмент представляет собой стальную бесконечную ленту шириной 30 и толщиной не менее 0,8 — 1,0 мм. Скорость перемещения ленты составляет 18 м/с. Ширина реза обычно не превышает 2 мм. Производительность станка при резке коррозионно-стойкой стали составляет 30 см/мин. Ослабление натяжения ленты в процессе эксплуатации устраняется перемещением верхнего шкива, а «сбегание» ленты предотвращается его наклоном. В случае обрыва ленты во время резки для свободного входа в прорез устанавливается новая лента толщиной на 0,2 — 0,3 мм меньше вышедшей из строя.

Станки для электроэрозионной обработки

Электроэрозионную (электроискровую) обработку применяют как высокопроизводительный способ раскроя листов из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей, когда резка на гильотинных или роликовых ножницах, а также фрезерование в пакете практически невозможны.

Простейшая установка для электроэрозионного раскроя состоит из стола с ванной для рабочей жидкости и электрододержателя, в который вставляется электрод-лента. Такая установка имеет только одно движение подачи — вниз. Применяют крепление ленты при помощи пальцев по разметке, по шаблону с последующим его снятием и непосредственно на шаблоне, который крепится к электрододержателю. При определении контура шаблона следует учитывать, что вырезанная заготовка получается меньше шаблона на удвоенную величину межэлектродного зазора, величина которого составляет 0,25 мм на сторону.

Электродом-инструментом служит медная лента толщиной 1 — 1,5 мм и шириной 50 — 70 мм. Такая лента относительно меньше изнашивается. В качестве рабочей среды применяют минеральное масло или воду, однако при водной рабочей среде производительность процесса уменьшается в 2 ... 3 раза. Процесс ведется при напряжении в контурах 15 — 25 В и силе тока 15 ... 30 А.

Одним из основных недостатков электроэрозионной обработки по описанной выше схеме является интенсивный износ электрода-инструмента. Одним инструментом в таких условиях можно изготовить лишь 5 — 10 деталей. Этого недостатка не имеет способ вырезки деталей сложного контура непрофилированным электродом, которым может быть непрерывно движущаяся тонкая проволока или лента. В таких условиях в значительной мере устраняется влияние эрозии инструмента на точность обработки. Движение проволоки способствует лучшему удалению из рабочего зазора продуктов эрозии, а при направлении движения снизу вверх производительность

обработки значительно выше, так как действие движущегося инструмента усиливается образующимися в процессе обработки газовыми пузырьками.

Принципиальная схема работы электроэрозионного станка приведена на рис. 14.40. В качестве инструмента — рабочего органа станок имеет тонкую натянутую медную, латунную или вольфрамовую проволоку 3, которая перематывается с нижней катушки на катушку 4. Заготовка 2 укрепляется на рабочем столе с каретками 6 и 8, перемещающимися соответственно по координатам X и Y приводами 7 и 1, работающими по командам от системы управления 9. К электроду-инстру-

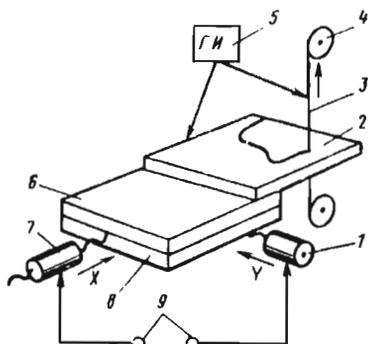


Рис. 14.40. Схема работы электроэрозионного станка

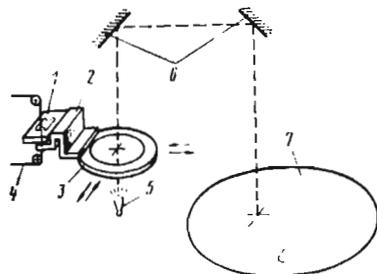


Рис. 14.41. Схема координатной оптической установки ЭКОУ-1

менту 3 подсоединен один зажим генератора импульсов 5 (чаще всего — отрицательный), а к электроду-заготовке — второй.

Большинство станков с электродом-инструментом в виде проволоки оснащены электроконтактной копировальной системой, у которой в качестве шупа используется сам электрод-инструмент. Электрическая цепь электрод — проволока — деталь и цепь электрод — проволока — копир питаются от разных источников питания. Копир, изготовленный из токопроводящего материала, изолируется от заготовки. Автоматическое регулирование скоростей подачи осуществляется регулятором рабочей подачи и регулятором копировальной подачи. Регулятор рабочей подачи изменяет скорость двигателя в зависимости от отклонений напряжений на рабочем промежутке от напряжения на копировальном промежутке. Копировальный промежуток (электрод — проволока — копир) питается от низковольтного источника питания малой мощности, имеющего падающую характеристику, что обеспечивает практически отсутствие износа копира. Нарушение контакта между электродом-проволокой и копиром создает значительное изменение величины сигнала на входе регулятора копировальной подачи даже при незначительном изменении величины МЭП между электродом-проволокой и копиром, что способствует получению высокой точности копирования.

В случае короткого замыкания МЭП схема регулятора подачи предусматривает отвод электрода-проволоки на определенное рас-

стояние. Ограничение отвода электрода-проволоки важно потому, что при повторном прохождении по уже прорезанной щели возможно увеличение шероховатости поверхности кромок в этом месте.

Более точными и высокопроизводительными являются станки с числовым программным управлением, а также станки со следящей системой, позволяющие вырезать детали непосредственно по увеличенному их чертежу. Для этой цели может служить, например, координатная оптическая установка ЭКОУ-1 (рис. 14.41). Электрод-заготовка 1 закрепляется на кронштейне 2, связанном с координатным столом 3 проектора. Стол вместе с электродом-заготовкой относительно электрода-инструмента 4 может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Источник света 5 через оптическую систему 6 проектирует на экран 7 перекрестие со стекла стола. Оптическая система позволяет воспроизводить контур вырезаемой детали, увеличенный на чертеже до 50 раз. Обеспечивая движением стола слежение за контуром, изображенным на экране 7, можно вырезать детали с очень высокой точностью ($\pm 0,005$ мм). Приводом подачи обычно управляют автоматические устройства [20].

Для качественной работы станка необходимо обеспечить максимально возможное натяжение проволоки с учетом прочности ее материала, а также износа в процессе обработки. С этой целью приемная бобина имеет частоту вращения, несколько большую, чем тянущие ролики, что позволяет через тормозное устройство наматывать проволоку с натяжением. На устойчивость режима обработки также влияет нарушение плавности перемотки проволоки, которое возникает при некачественной намотке ее на катушку. Намотка проволоки должна быть равномерно плотной и рядной.

В промышленности применяются также вырезные координатные станки, работающие по фотошаблону, на которых получают детали сложного контура по чертежу (с увеличением в 10, 15 и 50 раз) с достаточно высокой точностью.

Полностью автоматизирован процесс вырезки на электроэрозионных (проволочных) станках, оснащенных системой числового программного управления с записью программы обработки на перфоленте.

Станки для резки проникающей дугой и плазменной резки

Конструкция станков для резки проникающей дугой, как и других станков для электрохимических и электрофизических способов обработки, должна обеспечивать выполнение простых относительных перемещений (при отсутствии технологических нагрузок) исполнительного (рабочего) органа и заготовки. Рабочим органом станков этой группы являются горелки (плазмотроны), в которых формируется поток ионизированных частиц, обладающих большим запасом энергии.

В зависимости от способа формирования плазменной дуги применяются горелки с переносом дуги на заготовку, включенную в сеть питания анодом, используемые для резки толстолистовых металлов, и горелки без переноса дуги (двухэлектродные) — для

резки тонколистовых металлов и неметаллических (нетокопроводных) материалов.

Принципиальная схема двухэлектродной плазменной горелки представлена на рис. 14.42. Плазменная струя создается дуговым разрядом, образующимся между электродом 1 и электродом 5 с отверстием, выполняющим роль сопла. Дуга 4 горит в центральном канале полого охладителя 2, электрически изолированного от сопла и электрода. Стенки канала и сопла интенсивно охлаждаются водой 3. Через канал вдоль столба дуги под давлением подается инертный газ,

Рис. 14.42. Схема двухэлектродной плазменной горелки

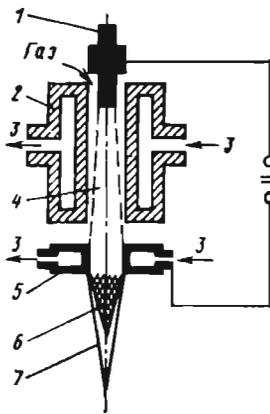
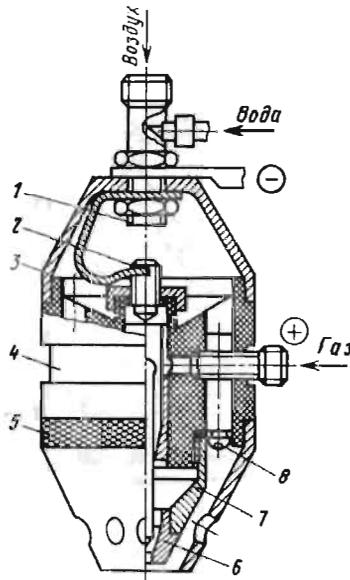


Рис. 14.43. Плазменная режущая горелка с дросселирующим воздушно-водяным охлаждением



Температура дуги достигает 10 000 — 20 000 °С. Под действием дуги газ ионизируется и выходит из сопла в виде плазменной струи с ядром 6, окруженным факелом 7. Изменяя длину дуги, величину тока, размеры сопла и канала, можно изменять длину ядра дуги от 2 — 3 до 40 — 50 мм.

Плазменная резка углеродистой стали производится с использованием воздуха или кислорода вместо инертного газа, так как при этом выделяется дополнительное количество тепла за счет экзотермических реакций, что сокращает расход подводимой электроэнергии. Ширина реза при толщине стальной заготовки до 25 мм составляет около 5 мм. Плазменными горелками можно резать заготовки из алюминиевых сплавов толщиной до 125 мм, коррозионно-стойких сталей — до 100 мм. Горелками без переноса дуги можно производить раскрой листов в пакете.

Устройство плазменной режущей горелки с дросселирующим воздушно-водяным охлаждением показано на рис. 14.43. Основой

головки служит стеклотекстолитовый или фарфоровый корпус 4, на котором смонтированы все металлические детали. Воздушно-водяная смесь дросселирует в камеру расширения, расположенную между крышкой 3 и формирующим воздушно-водяную струю наконечником 5. Верхняя и нижняя части камеры сообщаются через отверстие в корпусе. От дросселя 1 ток катода подводится к цанго-электрододержателю 2 гибким проводом сечением 4–6 мм² и длиной 80 мм. Верхний торец электрододержателя имеет сверление, в которое непрерывно поступает переохлажденная воздушно-водяная смесь. Сопло-анод 6 ввинчен в медную электродную камеру 7, которая герметично укреплена на нижнем торце корпуса соосно электроду. В камеру через газоподводящую трубку непрерывно поступает защитный газ—аргон или диссоциированный аммиак. Ток подвод к аноду расположен в газоподводящей трубке; электроконтакт с электродной камерой осуществляется с помощью медного винта 8.

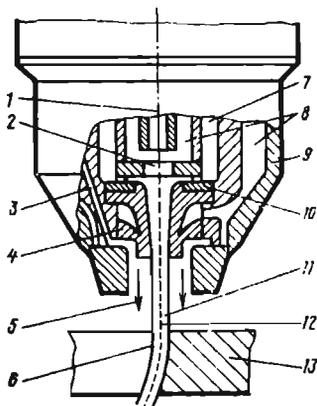


Рис. 14.44. Плазменная горелка с двойным газовым потоком

К исполнительному механизму станка (полуавтомата, автомата) горелка крепится с помощью хомута, укрепленного в специальной проточке корпуса. Для ручной работы горелка оснащается токонсолирующим держателем, через который проходят газо- и токопроводы с смонтированными тумблером и кнопкой.

К исполнительному механизму станка (полуавтомата, автомата) горелка крепится с помощью хомута, укрепленного в специальной проточке корпуса. Для ручной работы горелка оснащается токонсолирующим держателем, через который проходят газо- и токопроводы с смонтированными тумблером и кнопкой.

Резка нелегированных сталей толщиной до 70 мм с подводом мощности тока до 50 кВт производится плазменной горелкой с двойным газовым потоком, стабилизирующим газом в которой служит азот, а защитной оболочкой — воздух или кислород. Плазменная горелка с двойным газовым потоком (рис. 14.44) имеет самоцентрирующий электрод 1, служащий анодом, и водоохлаждаемый катод 2. Воздух или кислород, создающие внешнюю газовую оболочку 5, подаются через канал 3. Сопло 4 охлаждается водой, поступающей в кольцевые полости 8 корпуса 9. Плазмообразующий газ подается через кольцевой канал 7 и завихряется кольцом с тангенциальными каналами 10. Дуга 11 образует плазменную струю 12, воздействующую на заготовку 13 в зоне 6.

В сравнении с электрической и газовой резкой достоинством плазменной резки является отсутствие необходимости удалять с поверхности реза окалину, так как она плавится и уносится вместе с расплавленным металлом плазменной струей. Качество кромок при плазменной резке сталей и алюминиевых сплавов удовлетворительное, благодаря чему во многих случаях не требуется механическая обработка кромок под сварку.

Электронно-лучевые станки и установки

На электронно-лучевых станках и установках можно обрабатывать практически все материалы, независимо от их химического состава и физико-механических свойств. Электронно-лучевые станки могут выполнять разделение материала, включая прошивку отверстий, с очень высокой точностью (до 50 \AA).

Источником питания электронно-лучевого станка служит электронная пушка, устройство и работа которой рассмотрены в соответствующем разделе. Тонкий электронный луч, сфокусированный на обрабатываемой поверхности, выплавляет обрабатываемый материал в точке приложения. Диаметр фокального пятна на заготовке может быть получен размером от одного миллиметра до нескольких десятков микрометров, удельная мощность достигает 10^9 Вт/см^2 , что на четыре-пять порядков выше уровня, достижимого при дуговом и плазменном методах обработки.

Процесс электронно-лучевой резки ведется в герметичной камере при разрежении $\sim 10^{-2} \dots 10^{-4} \text{ Па}$ ($10^{-4} \dots 10^{-6} \text{ мм рт. ст.}$). Вакуум необходим, чтобы избежать частого столкновения движущихся электронов с молекулами газа, что влечет за собой потерю энергии пучка. Вакуум также обеспечивает стерильность процесса, которая особенно важна при обработке химически активных и тугоплавких металлов, таких как вольфрам, молибден, тантал, ниобий, цирконий, рений и др. Необходимый вакуум создается вакуумными насосами, производительность которых определяется объемом камеры и интенсивностью выделения газов в процессе резки.

Камеры могут быть оснащены манипуляторами для закрепления обрабатываемой заготовки и ее перемещения в процессе обработки. Управление режимом работы электронной пушки и перемещением заготовки может осуществляться вручную, полуавтоматически или автоматически с помощью системы числового программного управления.

На рис. 14.45 показана схема обработки на электронно-лучевом станке мощностью 100 Вт , при удельной мощности 10^9 Вт/см^2 , напряжении 150 кВ , силе тока $0,8 \text{ мА}$, с частотой пульсаций луча $50 \dots 1000 \text{ Гц}$.

Механическое перемещение стола с заготовкой 5 по координатам X и Y и магнитное отклонение луча 3 с помощью системы, состоящей из линзы объектива 1 , регулятора отклонения луча 2 позволяют производить вырезку отверстий (4 , на рис. 14.45) с точностью до $0,005 \text{ мм}$.

Отечественной промышленностью выпускаются универсальные электронные установки, предназначенные для получения микроотверстий, вырезки мелких деталей, микросварки, в том числе жаростойких сталей и сплавов. Такие установки могут оснащаться системами числового программного управления движением стола и отклонением электронного пучка.

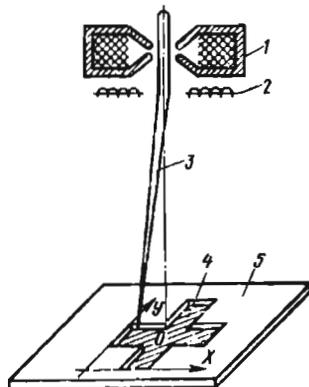


Рис. 14.45. Схема обработки на электронно-лучевом станке

Установки для газолазерной резки

Для резки материалов применяют CO_2 -лазерные установки непрерывного действия с мощностью до 500 Вт . К достоинствам лазерной резки следует отнести большие скорости резания, легкость вырезки деталей сложных контуров, хорошее качество кромок реза, малую величину зоны термического воздействия в разрезаемом материале, бесконтактное воздействие инструмента на заготовку.

Резка металлов на газолазерных установках обычно производится с подводом в зону обработки кислорода под давлением 0,25 МПа и выше. Кислород, подводимый в зону резки через сопло, обычно соосно с лазерным пучком, значительно увеличивает поглощение лазерного излучения вследствие окисления поверхности разрезаемого металла, увеличения температуры металла в результате экзотермической реакции окисления, удаления с места обработки паров и элементов расплавленного металла, что улучшает доступ лазерного излучения к разрезаемому материалу.

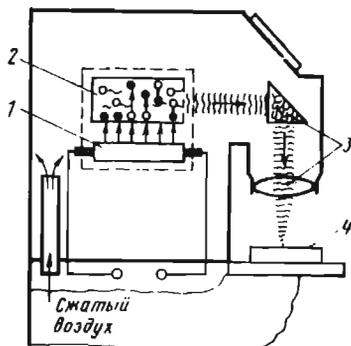


Рис. 14.46. Схема лазерной установки:

О — атомы хлора; ~ — фотоны

При повышении давления улучшается качество реза, уменьшается зона термического влияния. Особенно эффективно повышение давления кислорода способствует качественной резке заготовок больших толщин. Качество и скорость резания повышаются также с уменьшением расстояния от среза сопла до поверхности заготовки. Удовлетворительные результаты получаются при зазоре меньше 1 мм.

На установке с лазером на углекислом газе с мощностью излучения в непрерывном режиме до 500 Вт можно резать заготовки из углеродистой стали толщиной до 10 мм, коррозионно-стойких сталей — до 4 мм, жаропрочных сталей СН-3, 2Х13, ВНС-2, ВНС-4х/к — до 2,5 мм, титановых сплавов ВТ-5, ВТ-14, ВТ-20М, ОТЧ-1 толщиной до 1,5 мм.

Луч лазера фокусируется линзой с фокусным расстоянием порядка 150 мм в пятно диаметром около 0,5 мм. Коническое сопло, через которое луч и газ попадают на раскраиваемый материал, имеет выходное отверстие диаметром 15 мм. Расход кислорода при давлении внутри резака 0,3 МПа составляет около $5 \cdot 10^{-4}$ м³/с.

Управление перемещением резака может осуществляться системой числового программного управления с линейно-круговым интерполятором и с записью программы на перфоленте.

Из-за высокого коэффициента отражения излучения и высокой теплопроводности плохо поддаются газолазерной резке алюминий, медь, латунь, тантал, молибден, вольфрам и другие металлы с высоким коэффициентом отражения излучения оптических квантовых генераторов.

На рис. 14.46 приведена одна из принципиальных схем лазерной установки. Импульсная газоразрядная лампа 1 воздействует на активное вещество 2 генератора, и световой луч, проходя через фокусирующую оптическую систему 3, концентрируется на обрабатываемой заготовке 4.

ПРЕССЫ

В настоящей главе рассматриваются прессы общего применения. Среди них наибольшее распространение получили механические и гидравлические прессы.

15.1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ

Источниками энергии механических прессов обычно служат неуправляемые электрические асинхронные двигатели, крутящий момент от которых передается с помощью передающего механизма в виде зубчатой или клиноременной передачи преобразующему кривошипно-шатунному механизму для получения возвратно-поступательного перемещения исполнительного органа — ползуна.

Для выполнения многих технологических процессов холодной штамповки достаточно перемещения подвижной части штампа по синусоидальному или близкому к нему закону, который создается простым четырехзвенным кривошипно-шатунным механизмом. Однако при выполнении некоторых операций целесообразно осуществить замедление, а иногда и выстой подвижного инструмента на рабочем участке.

Изменить характер движения ползуна можно различными путями, в том числе с помощью дополнительных приводов, переключения муфт и др. Но непременным условием нормальной работы звеньев механизма является соблюдение принципа неразрывности первой производной перемещения ползуна по времени, плавное изменение скорости. Эти требования наиболее просто и полно реализуются примененном рычажных механизмов.

На рис. 15.1 приведены типовые законы относительного перемещения исполнительного органа S/H в функции угла поворота кривошипа α от верхнего крайнего положения. (Здесь S — перемещение исполнительного органа; H — величина полного хода исполнительного органа между крайними положениями.) Кривая 1 иллюстрирует синусоидальный или близкий к нему закон движения. Он технически просто реализуется и широко используется в исполнительных механизмах листоштамповочных прессов общего применения.

Кривая 2 показывает замедление перемещения ползуна в конце рабочего хода и некоторым выстоем ползуна в крайнем рабочем положении. Значительное уменьшение крутящего момента, получаемое вследствие этого, обуславливает реализацию этого закона в исполнительных механизмах прессов, предназначенных для про-

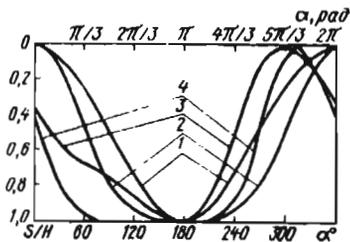


Рис. 15.1. Законы движения исполнительных органов кривошипных прессов

цессов холодной штамповки, в которых усилие деформирования резко возрастает на малом участке в конце рабочего хода, например, у чеканочных прессов, прессов для холодного выдавливания и некоторых холодновысадочных автоматов.

Закон движения, описанный кривой 3, характеризуется пониженной скоростью ползуна на значительном участке его перемещения вниз и большей, чем в предыдущих случаях, величиной скорости на холостом участке перемещения ползуна. Такой закон движения применяется в исполнительных механизмах прессов для чистовой вырубки, а также новых прессов двойного действия, внутренние ползуны которых испытывают значительное возрастание технологических нагрузок уже при существенном недоходе до крайнего нижнего положения.

Закон движения, изображенный кривой 4, характеризуется выстоем за $100-120^\circ$ угла поворота кривошипа до крайнего рабочего положения. Такой закон движения необходим в исполнительных механизмах, осуществляющих смыкание полуматрицы или прижим заготовки.

На рис. 15.2 приведены структурные схемы типовых четырех—двенадцатизвенных рычажных механизмов кривошипных прессов с одним входным и одним выходным звеном. При этом неподвижным (базовым) звеном замкнутой кинематической цепи условно считается станина, хотя конструктивно она является отдельным узлом пресса. Выходное звено большинства исполнительных механизмов кривошипных машин движется прямолинейно возвратно-поступательно. Лишь в отдельных случаях применяются механизмы с траекторией исполнительного органа в виде окружности, дуги, эллипса (см. механизмы 3, 4, 5, 23 на рис. 15.2).

Схема 1 (см. рис. 15.2) обеспечивает получение строго синусоидального закона движения (см. кривую 1 на рис. 15.1). Она реализована в исполнительных механизмах у холодновысадочных автоматов, где особенно необходимо уменьшение габаритных размеров при сохранении достаточно высокой жесткости конструкции.

Широко распространенная схема 2 при длине шатуна, равной десяти и более длинам кривошипа, обеспечивает закон движения ползуна, практически не отличающийся от синусоидального закона схемы 1, но по сравнению с ней дает возможность получать большую величину хода и регулировки закрытой высоты, так как при такой схеме кривошип и шатун можно располагать как вне, так и внутри ползуна. При укорочении шатуна до 2,5 и менее радиуса кривошипа можно получить замедление скорости ползуна на рабочем участке по закону кривой 2 (см. рис. 15.1). В этом случае при заданном технологическом усилии значительно уменьшается крутящий момент у главного вала на рабочем участке ползуна при некотором возрастании изгибающего момента за счет большего наклона шатуна.

Кривошипно-коромысловый механизм по схеме 3 (см. рис. 15.2) применяется у ножниц для снятия фаски под сварку и у некоторых штамповочных автоматов. При больших относительных длинах коромысла и шатуна по сравнению с длиной кривошипа инструмент, ук-

репляемый на конце коромысла, совершает практически не качательные движения по дуге, а прямолинейные по синусоидальному закону (кривая 1 на рис. 15.1).

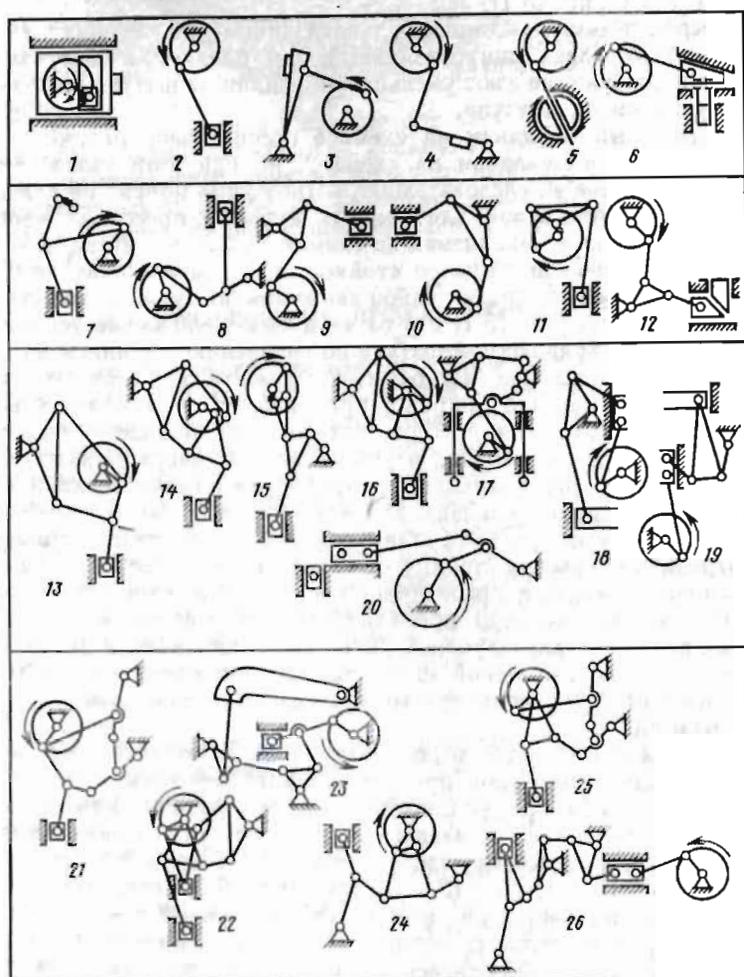


Рис. 15.2 Типовые структурные схемы четырех — двенадцатизвенных рычажных исполнительных механизмов кривошипных прессов

Механизм 4 (см. рис. 15.2) отличается от механизма 3 только местом расположения инструмента и относительными размерами звеньев. Он нашел применение в пожницах для резки сортового проката.

Кривошипно-кулисный механизм по схеме 5 (см. рис. 15.2) используется в радиально-ковочных машинах. В реальных условиях

длина шатуна намного больше длины кривошипа, и эллипсная траектория движения инструмента на рабочем участке приближается к прямойлинейной по общему закону, близкому к синусоидальному (кривая 1 на рис. 15.1).

Четырехзвенные механизмы, показанные на схемах 1 5 (рис. 15.2), создавая синусоидальный или близкий к нему закон движения ползуна, не дают уменьшения усилия на шатуне по сравнению с усилием на ползуне.

Пятизвенный механизм на схеме 6 обеспечивает тот же закон движения, что и механизм на схеме 2, но при этом уменьшается усилие на шатуне и, следовательно, изгибающий момент на главном валу, что особенно важно для мощных кузнечно-прессовых машин.

В шестизвенных механизмах на схемах 7 10 два звена не образуют кинематической пары со стойкой, т. е. имеется два шатуна. Эти механизмы обеспечивают закон движения ползуна, соответствующий кривым 2 на рис. 15.1, и в то же время уменьшение усилия на сопряженном с кривошипом шатуне по сравнению с усилием на ползуне, т. е. уменьшение изгибающего момента на главном валу. Эти схемы достаточно широко применяются в исполнительных механизмах чеканочных прессов, прессов для холодного выдавливания. Схема 7 используется в универсальных вибрационных и обесечных станках, рассмотренных в предыдущей главе. Механизм на схеме 8 в дополнение к общим для механизмов функциям позволяет уменьшить зону деформации станины у прессов с нижним приводом и разгрузить открытую станину от изгибающих моментов. Схема 11 обеспечивает малую и сравнительно постоянную скорость ползуна на рабочем участке хода при быстром перемещении на холостом участке в прессах для глубокой вытяжки. Существуют и другие шестизвенные схемы; по одной из них выполнен исполнительный механизм координатно-револьверного пресса с программным управлением КО126П.

Схема 12 применяется в дополнительных исполнительных механизмах внешних ползунов прессов двойного действия.

Схемы 13 26 при количестве звеньев, равном или большем восьми, обеспечивают (в зависимости от относительных размеров звеньев) законы движения, изображенные либо кривой 3, либо кривой 4 на рис. 15.1. Схемы 13 15 (см. рис. 15.2) используются для создания закона движения, изображенного кривой 3 на рис. 15.1, в главных исполнительных механизмах листоштамповочных прессов двойного действия. Восьмизвенные механизмы по схемам 16 19 (см. рис. 15.2) предназначены для создания закона движения, изображенного кривой 4 на рис. 15.1, т. е. для осуществления длительного выстоя наружного ползуна на угле поворота кривошипа 100 ... 120° листоштамповочных прессов двойного действия.

По схеме 20 (закон движения — кривая 4, рис. 15.1) работают механизмы зажимных ползунов горизонтально-ковочных машин. Схема 21 (создающая закон движения, изображенный кривой 3 на рис. 15.1) применяется в листоштамповочных прессах двойного действия для привода внутреннего ползуна.

Схемы 22 и 23 осуществляют одновременно привод главных и вспомогательных исполнительных органов у прессовых машин двойного действия. При этом закон движения главных исполнительных органов соответствует кривым 1 на рис. 15.1, а закон движения вспомогательных исполнительных органов — кривым 4. (В схеме 23 выходным звеном вспомогательного механизма является коромысло).

Схема 24 реализована в прессах для чистой вырубке. Схема 25 (создающая закон движения — кривая 4, рис. 15.1), применяется в листоштамповочных прессах двойного действия для привода наружного ползуна. Схема 26 применяется для привода зажимного ползуна у горизонтально-ковочных машин, осуществляя закон движения 4 (см. рис. 15.1).

15.2. КРИВОШИПНЫЕ ПРЕССЫ ПРОСТОГО ДЕЙСТВИЯ

Наиболее распространенными в штамповочных цехах заводов летательных аппаратов представителями механических прессов простого действия являются кривошипные прессы с четырехзвенным исполнительным механизмом (см. рис. 15.2, схема 2).

Кривошипный пресс простого действия открытого типа состоит из следующих узлов и механизмов (рис. 15.3): станины 1, вала 5, шестерни-маховика 3, муфты 4, электродвигателя 2, шатуна 8, ползуна 9, тормозного устройства 6 и стола 10.

В качестве источника энергии используется простой неуправляемый асинхронный электродвигатель. Исполнительный механизм двухступенчатый: первая ступень — от двигателя к валу (ПМ)₁, передаточное число $i_1 = \omega_{дв} / \omega_n$; вторая ступень — от вала к ползуну (П₁М)₂, передаточное отношение $b_2 = \frac{\omega_n}{V_{полз}} [l^{-1}]$.

Исполнительный орган — ползун совершает прерывное возвратно-поступательное движение, имея двухчастковый интервал перемещения симметричного вида (кривая 1, рис. 15.1); участки интервала перемещений — рабочий t^p (от 0 до π), холостой t^x (от π до 2π); участки останова $t_1^o = 0$ и $t_2^o = 0$.

Станина обычно выполняется чугуной литой, а у современных прессов (особенно закрытого типа) — также сварной из стальных листов. На станине монтируются все основные узлы и механизмы пресса. Существуют модели прессов открытого типа с наклоняемой станиной (рис. 15.4). Наклон осуществляется специальным механизмом, расположенным в нижней части станины; он обеспечивает большее удобство работы на прессе.

У прессов открытого типа свободный доступ к штампу открыт с трех сторон, однако вследствие незамкнутости станины возможен значительный ее упругий изгиб, что отражается на точности работы и стойкости штампа. Поэтому прессы открытого типа изготавливаются только небольшой мощности, примерно до $P = 1$ МН (100 тс), а большей мощности — с П-образной закрытой станиной (рис. 15.5).

Вращательное движение от шестерни вала двигателя через шестерню-маховик 3 (см. рис. 15.3) и муфту 4 передается кривошипному валу 5, который с помощью шатуна 8 преобразует его в возвратно-поступательное движение ползуна 9. У одностоечных прессов открытого типа возвратно-поступательное дви-

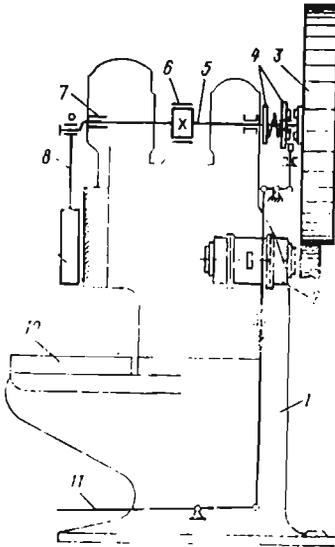


Рис. 15.3. Схема кривошипного пресса

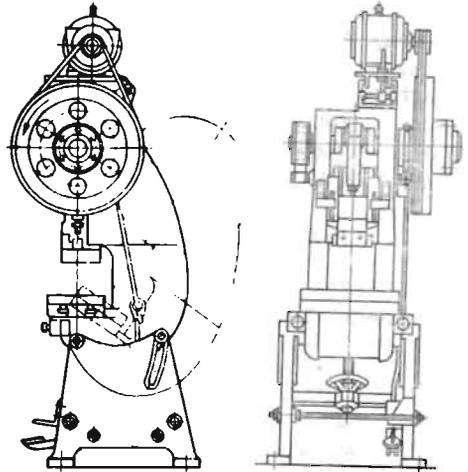


Рис. 15.4. Открытый кривошипный пресс с наклоняемой станиной

жение ползуна обуславливается эксцентричным расположением кривошипного пальца 2 вала 1 (рис. 15.6). Регулировка величины хода ползуна производится путем поворота эксцентриковой шайбы 3, надетой на палец 2. Шайба фиксируется в определенных положениях кулачковой муфтой 4; проворачиванию муфты препятствует шпонка. Максимальная величина двойного хода ползуна $H_{\max} =$

$$= 2(e_1 + e_2), \text{ минимальная — } H_{\min} = 2(e_1 - e_2).$$

После установки муфты в нужное положение она затягивается гайкой 5.

Вал пресса (см. рис. 15.3) расположен в подшипниках 7, на нем свободно насажен маховик 3 (при зубчатой передаче от двигателя — шестерня-маховик, а при клиноременной — шкив-маховик), аккумулирующий

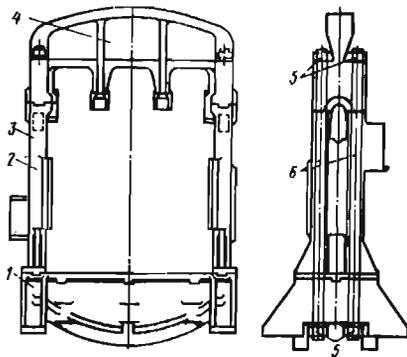


Рис. 15.5. Станина пресса закрытого типа:

1 — основание; 2 и 3 — стойки; 4 — головка; 5 — гайка; 6 — болты

энергию на протяжении всего оборота вала, за исключением интервала деформирования заготовки, когда она расходуется.

Для осуществления хода ползуна при непрерывно работающем двигателе вращающийся маховик соединяется с валом нажатием педали 11, приводящей через систему тяг в действие муфту 4, работающую совместно с тормозным устройством 6.

К специфике работы муфт в прессах следует отнести передачу больших величин крутящих моментов, разгон и остановку больших

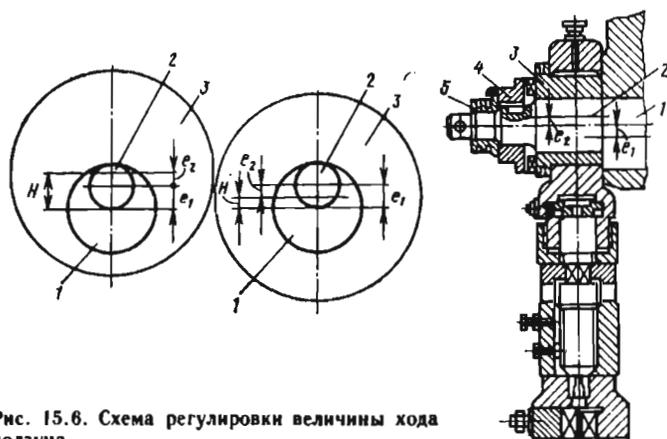


Рис. 15.6. Схема регулировки величины хода ползуна

масс в короткие промежутки времени, работу в режиме частых включений и выключений. От исправной работы муфт во многом зависит безопасная работа на прессе.

Применяемые для включения прессов муфты очень разнообразны, но все их можно разделить в основном на два класса: муфты с геометрическим замыканием (жесткие муфты) и фрикционные.

На прессах старых моделей небольшой мощности установлены, как правило, жесткие муфты, которые по конструктивному исполнению разделяются на кулачковые, пальцевые и муфты с поворотной шпонкой. Все они соединяют и разъединяют маховик с кривошипным валом только при определенном положении ползуна вблизи верхней мертвой точки и не позволяют включать и выключать кривошипный механизм при любом положении ползуна, а также перемещать его толчками, т. е. на небольшие расстояния, что необходимо при наладке пресса. По этой причине при установке на пресс штампов кривошипно-шатуновый механизм приходится поворачивать вручную вращением маховика. Другим недостатком жестких муфт является динамический характер работы, нередко приводящий к поломке их деталей. Поэтому возможно нерасцепление муфты и неожиданное продолжение движения ползуна даже при выключенной педали (так называемое сдвигание ходов). Прессы с жесткими муфтами включения труднее поддаются автоматизации управления, например, синхронизации работы с промышленными роботами.

Фрикционные муфты включения, соединяющие маховик с кривошипным валом за счет сил трения, позволяют включать пресс при любом положении ползуна, осуществляя перемещение ползуна толчками и его остановку в пужном положении. Такие муфты устанавливают практически на всех выпускаемых в настоящее время прессах.

Дисковые фрикционные муфты бывают с одним (однодисковые) или несколькими (многодисковые) комплектами ведущих и ведомых

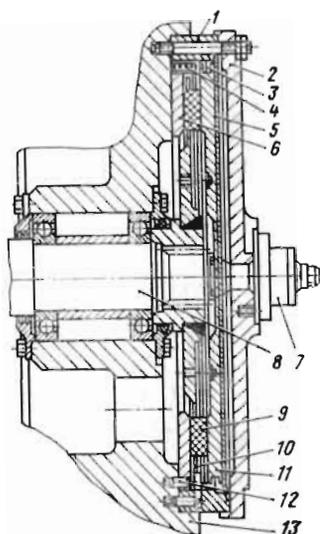


Рис. 15.7. Однодисковая фрикционная пневматическая муфта

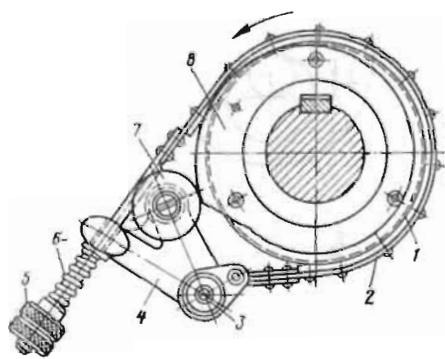


Рис. 15.8. Ленточный тормоз периодического действия

дисков. Ведущие диски соединяются с вращающимся от электродвигателя маховиком, ведомые — с кривошипным валом. При включении муфты ведомые диски прижимаются к ведущим и в результате возникновения между ними сил трения передают вращение от маховика на кривошипный вал. Прижим дисков в большинстве случаев осуществляется пневматически. Встречаются также фрикционные муфты с механическим и гидравлическим включением.

У современных механических прессов применяют главным образом однодисковые фрикционные пневматические муфты (рис. 15.7). Корпус 1 муфты и ведущий диск 6 укреплены болтами с фиксацией штифтами 12 к маховику 13, постоянно вращающемуся при включенном электродвигателе пресса в подшипниках кривошипного вала 8. На этом валу жестко закреплен ведомый диск 10 с вкладышами 9 из фрикционного материала «ретинакс».

При включении муфты сжатый воздух подается через подводящую головку 7 в полость крышки 2. Давление сжатого воздуха через диафрагму 5 передается на диск-поршень 11, связанный зубчатым зацеплением 3 с корпусом 1 муфты. Диск-поршень 11, перемещаясь, прижимает фрикционные вкладыши 9 к ведущему диску 6, что обеспечивает передачу вращающего момента от маховика 13 кривошипному

валу 8. Для выключения муфты подача сжатого воздуха прекращается, и под действием пружин 4 диск-поршень отжимается.

Тормоз у прессов служит для удержания ползуна в верхнем положении после выключения муфты. У современных механических прессов устанавливают главным образом дисковые фрикционные тормоза, но у некоторых имеются ленточные тормоза. Они бывают непрерывного и периодического действия. Более простые по конструкции тормоза непрерывного действия поглощают до 30 % мощности электродвигателя, превращая ее в тепло, и быстро изнашиваются. У современных прессов устанавливают только тормоза периодического действия.

Ленточный тормоз периодического действия (рис. 15.8) имеет тормозной барабан 1, кулачковый диск 8 и тормозную ленту 2 с накладками из фрикционного материала. Один конец ленты пальцем 3 прикреплен к станине пресса, а другой — к рычагу 4, сидящему на этом пальце, как на оси. На одном из концов рычага 4 установлен ролик 7, катящийся по поверхности кулачкового диска 8. При завершении хода ползуна пресса перед верхней мертвой точкой ролик 7 отжимается выступом кулачкового диска 8, сидящего на кривошипном валу. Отклоняясь, ролик 7 отводит рычаг 4 и тем самым натягивает тормозную ленту. После включения пресса кулачковый диск 8, начиная вращаться вместе с кривошипным валом, освобождает ролик 7, и тормозная лента 2 отходит от тормозного барабана. Усилие торможения регулируется степенью сжатия пружины 6 с помощью гайки 5.

Лента у тормозов периодического действия, обеспечивающих торможение в любом положении ползуна, натягивается пневматическим цилиндром, управляемым автоматически синхронно с работой пресса или вручную.

Дисковые тормоза работают аналогично дисковым фрикционным муфтам, их действие блокируется с работой муфт включения. В ряде случаев на механических прессах применяют тормоза, скомпонованные вместе с муфтой.

Шатун служит для соединения кривошипного вала с ползуном. Одним своим концом с подшипником он надевается на шейку (палец) вала, другим — связан с ползуном при помощи шаровой головки, цилиндрического пальца или плунжера. Шатун 9 (рис. 15.9, а) прессов небольшой мощности соединяют с ползуном 4 винтом 5 с шаровой головкой 2. Верхняя головка шатуна имеет бронзовый вкладыш 8, внутренняя поверхность которого скользит по шейке кривошипного вала. Крышка 6 головки шатуна крепится болтами 10. Винт 5 ввернут в тело шатуна, а его шаровая головка 2 опирается на нижнюю часть 3 вкладыша ползуна 4. Шаровая головка винта удерживается в ползуне верхней частью 11 вкладыша и гайкой 1. Винтовое соединение шатуна с ползуном позволяет с использованием шестигранника регулировать расстояние между торцом ползуна и плоскостью стола пресса, что необходимо во время наладки пресса при установке штампов разной высоты. Положение винта 5 в шатуне фиксируется устройством 7

У многих более крупных прессов винт 5 соединяется с ползуном 4 с помощью цилиндрического пальца 11 (рис. 15.9, б). При регулировании высоты штампового пространства у таких прессов винт 5 проворачивается зубчатым колесом 12, приводимым в действие специальным электродвигателем.

У мощных прессов шатун с ползуном часто соединяют плунжером со специальными направляющими, что разгружает ползун от боковых усилий кривошипно-шатунного механизма. Такие прессы обычно имеют не один, а несколько шатунов.

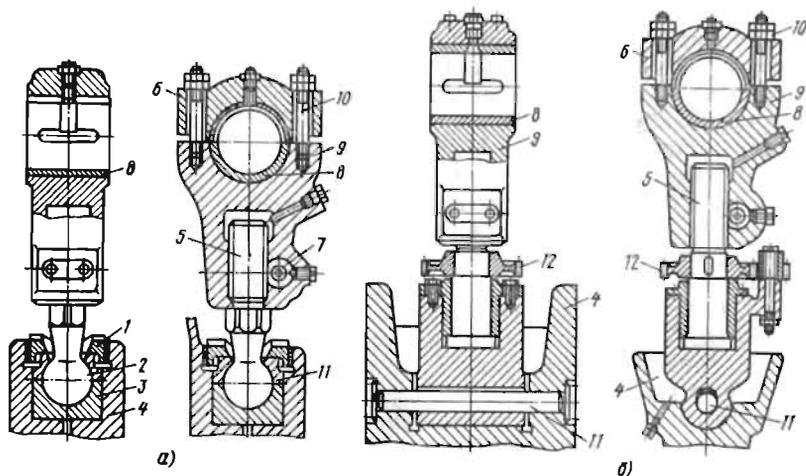


Рис. 15.9. Шатуны кривошипных прессов

Для предотвращения опускания ползуна при неисправном тормозе и обеспечения более точной штамповки у некоторых прессов применяют пневматические уравновешиватели ползунов.

Для предотвращения поломок при перегрузке прессы оснащают предохранительными устройствами (слабое звено), разрушающимися при превышении рабочего усилия на ползуне или допустимой величины крутящего момента на кривошипном валу. В одних случаях под шаровой подпятник 3 (рис. 15.10) ползуна 2 устанавливают пластину 1 определенной прочности на срез. При перегрузке прессы пластина 1 разрушается. В устройствах второго типа в систему маховик—муфта устанавливают шпильки, срезаемые при перегрузке и освобождающие маховик. На ряде прессов применены гидравлические или гидропневматические предохранительные устройства.

Крепление верхней части штампа к ползуну производится путем зажима хвостовика 4 штампа (рис. 15.11) между призматическими поверхностями ползуна 1 и сухаря 2 шпильками 3. У крупных прессов верхняя плита штампа крепится к ползуну с Т-образными пазами болтами.

Стол пресса может быть отлит заодно со станиной или скреплен с нею болтами. У некоторых конструкций прессов стол может перемещаться в процессе наладки по вертикальным направляющим станины. Регулировка по высоте стола позволяет упростить наладку пресса, но конструкция получается менее жесткой. На столе пресса обычно крепят подштамповую плиту с Т-образными пазами, с использованием которых болтами крепится нижняя часть штампа.

Для выталкивания отштампованных деталей из штампа, а также для создания усилия прижима заготовки прессы оснащаются спе-

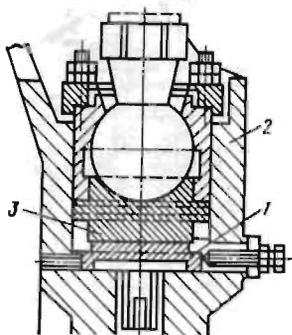


Рис. 15.10. Предохранительное устройство

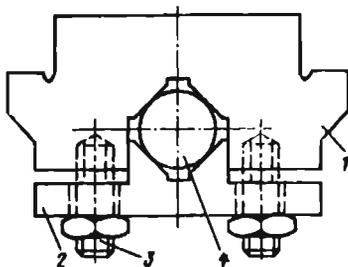


Рис. 15.11. Крепление верхней части штампа к ползуну

циальными устройствами (рис. 15.12). Для выталкивания снизу применяют пружинные выталкиватели (рис. 15.12, а), смонтированные под столом пресса 1 и осуществляющие воздействие на заготовку или деталь посредством пружин 2. Некоторые прессы выпускаются с пневматическими подушками (рис. 15.12, б), представляющими собой цилиндр 3 с поршнем 4. Иногда для прижима заготовки применяются также пневмогидравлические цилиндры.

Верхнее выталкивающее устройство (рис. 15.12, в) имеет планку 5, помещенную в горизонтальной прорези ползуна. При движении ползуна вверх планка наталкивается на упоры 7, укрепленные на станине пресса, и нажимает на стержень 8 выталкивателя, который выбрасывает деталь 9 из полости верхней части штампа.

У выпускавшихся ранее, но находящихся и сейчас в эксплуатации прессов включение муфт сцепления осуществляется механически через систему тяг и рычагов при нажатии ножной педали (рис. 15.3) или двух рукояток с целью избежания попадания рук рабочего в зону штампа. У современных прессов устанавливаются электрические органы управления, воздействующие на золотник, открывающий или закрывающий доступ сжатого воздуха в систему пневмофрикционной муфты или тормоза. Пневмоэлектрический способ управления работой прессов упрощает применение промышленных роботов с общей системой управления и блокировки, построение автоматических линий.

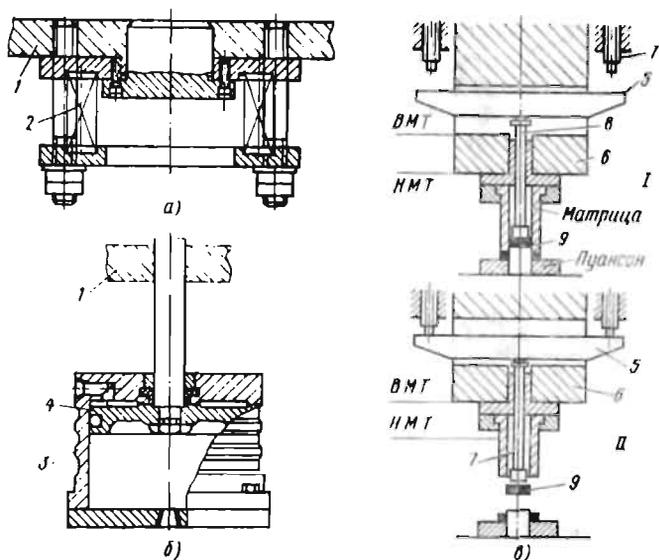


Рис. 15.12. Выталкиватели кривошипного пресса

Современные прессы оснащают системой принудительной централизованной смазки. Густая смазка централизованно подается к подшипникам кривошипного вала, направляющим ползуна и головке шатуна. Жидкая смазка поступает к винту шатуна, шаровой опоре винта, механизмам муфты и системы включения прессы.

15.3. ПРЕССЫ ДВОЙНОГО ДЕЙСТВИЯ

Прессы двойного действия предназначены в основном для выполнения операций глубокой вытяжки. Они имеют второй (наружный) ползун, к которому крепится складкодержатель вытяжного штампа, с большой величиной хода при невысокой скорости на рабочем участке внутреннего ползуна и выстоем на этом участке наружного ползуна.

На рис. 15.13, а изображен общий вид прессы двойного действия, а на рис. 15.13, б — схема расположения наружного и внутреннего ползунов. Наружный ползун 1, несущий на себе складкодержатель 3, в движении вниз опережает внутренний ползун и осуществляет прижим заготовки к матрице 5. Вслед за наружным двигается внутренний ползун 2 с пуансоном 4, который вытягивает заготовку. Затем оба ползуна поднимаются с опережением в обратном порядке. Из графика движения ползунов (рис. 15.13, в) видно, что наружный ползун в период между точками I и II при вращающемся главном вале остается неподвижным, что обеспечивается соответствующей кинематической схемой исполнительного механизма (см. рис. 15.2), связывающей главный вал с наружным ползуном.

Существуют также прессы двойного действия, у которых помимо двух верхних ползунов, работающих аналогично ползунам прессов двойного действия, снизу смонтирован третий ползун, перемещающийся в направлении, противоположном движению верхних ползунов.

Вытяжные прессы обычно оснащаются пневматическими прижимными устройствами (подушками), монтируемыми под столом прессы и заменяющими действие наружного ползуна, обеспечивая постоянный прижим заготовки. В этом случае вытяжной пуансон

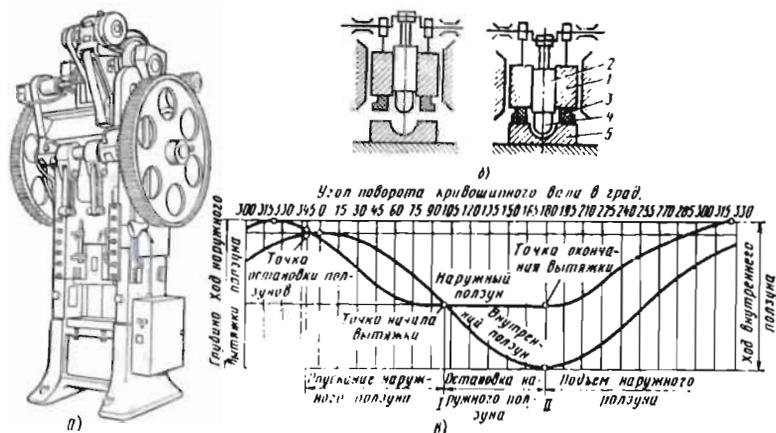


Рис. 15.13. Пресс двойного действия:
а — общий вид; б — схема расположения ползунов; в — график движения ползунов

неподвижно крепится на столе прессы, матрица — к ползуну, а прижимная плита опирается на штоки пневмоцилиндров через переходную плиту и шпильки, проходящие через отверстия в столе прессы.

15.4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ

Расчеты основных деталей и узлов прессов выполняются главным образом при их проектировании. Однако и в процессе эксплуатации нередко возникает необходимость в некоторых расчетах. Такие расчеты производятся при проведении паспортизации оборудования, когда отсутствуют паспорта завода-изготовителя, для установления оптимальных режимов работы, определения рабочих и предельно допустимых величин параметров, при модернизации оборудования, внедрении автоматизации, после капитального ремонта, при переходе на новые технологические процессы.

Данные расчетов используются также при планировании сроков капитальных ремонтов, для разработки мероприятий по охране труда и технике безопасности, установления технически обоснованных норм трудоемкости изготовления продукции.

Проверочные расчеты необходимы при установлении действительных характеристик оборудования в процессе его эксплуатации.

Технолог должен знать методику основных расчетов и уметь ими пользоваться.

Основой расчетов кривошипных прессов является определение их кинематических и силовых параметров. Считая процесс преобразования вращения кривошипа 1 (рис. 15.14) в прямолинейное возвратно-поступательное движение ползуна 2 квазистатическим, без учета сил инерции, упругих деформаций и влияния зазоров в соединениях звеньев имеем равенство [16]

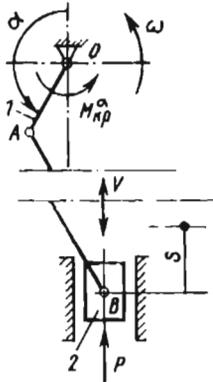


Рис. 15.14. Схема преобразования вращения кривошипа в возвратно-поступательное движение ползуна

$$M_{кр}^{\alpha} d\alpha = PdS, \quad (15.1)$$

где $M_{кр}^{\alpha}$ — идеальный крутящий момент на главном валу (без учета сил трения); P — текущее усилие на ползуне; $d\alpha$ и dS — мгновенные перемещения кривошипа и ползуна соответственно.

Из (15.1) следует, что

$$M_{кр}^{\alpha} = PS'_{\alpha}, \quad (15.2)$$

где S'_{α} — первая производная перемещения S ползуна по углу α поворота кривошипа, называемая аналогом скорости ползуна.

При одном входном и одном выходном звеньях скорость V ползуна и аналог скорости S'_{α} в механизмах с любым числом звеньев связаны соотношением

$$S'_{\alpha} = V/\omega, \quad (15.3)$$

где ω — угловая скорость кривошипа.

В кривошипных прессах текущая угловая скорость кривошипа изменяется в пределах, ограниченных допустимым скольжением асинхронного электродвигателя. Для большинства кинематических и силовых расчетов можно принять

$$\omega = \text{const}. \quad (15.4)$$

Из статики кривошипных механизмов известно, что

$$M_{кр} = Pm_{кр}^{\alpha}, \quad (15.5)$$

где $m_{кр}^{\alpha}$ — идеальное приведенное плечо сил.

Из (15.2) и (15.5) следует, что при одном входном и одном выходном звеньях аналог скорости ползуна равен идеальному приведенному плечу сил:

$$m_{кр}^{\alpha} = S'_{\alpha}. \quad (15.6)$$

В любом кривошипном механизме изменение мгновенной угловой скорости ω входного звена вызывает прямо пропорциональное изменение мгновенной скорости V выходного звена. Поэтому добиться желаемого уменьшения $m_{кр}^{\alpha}$ варьированием угловой скоростью ω нельзя. Для уменьшения крутящего момента на главном

валу при заданном усилии на ползуне необходимо изменение исполнительного механизма с целью уменьшения величины первой производной пути ползуна по углу поворота главного вала на участке рабочего хода, т. е. уменьшения не абсолютной скорости V перемещения ползуна, а относительной скорости V/ω .

Из (15.1) следует, что

$$\int_{\alpha_{II}}^{\alpha_K} M_{кр}^{\alpha} d\alpha = \int_{S_{II}}^{S_K} P dS, \quad (15.7)$$

где α_{II} , S_{II} , α_K , S_K — координаты, соответствующие началу и концу технологической операции.

Правая часть равенства (15.7) представляет собой работу деформирования. Для заданного технологического процесса она определяется графиком рабочей нагрузки и является величиной постоянной. Следовательно,

$$\int_{\alpha_{II}}^{\alpha_K} M_{кр}^{\alpha} d\alpha = \text{const}. \quad (15.8)$$

Таким образом, при заданном технологическом процессе $P = f(\alpha)$ уменьшение величины $M_{кр}^{\alpha}$ в интервале деформирования ($\alpha_K - \alpha_{II}$) может быть достигнуто увеличением этого интервала, что и достигается соответствующей структурой исполнительного механизма.

К определяемым кинематическим параметрам обычно относятся аналоги скорости S_{α}^{α} , позволяющие, в свою очередь, определить величину хода ползуна, закон изменения скорости ползуна по его ходу, а в прессах с дополнительным исполнительным механизмом, кроме того, наибольшую величину деформирования и точность выстоя наружного ползуна. К определяемым силовым параметрам относятся силы, служащие для расчета на прочность звеньев механизма, направляющих и опор скольжения, а также крутящий момент на главном валу, знание величины которого необходимо для расчета параметров самого главного вала, зубчатых передач, промежуточных валов и других элементов конструкции.

Ввиду большого разнообразия структурных и кинематических схем кривошипных прессов созданы универсальные методические определения параметров любого сложного исполнительного механизма, основанные на применении электронно-вычислительных машин. В качестве примера ниже приведен алгоритм проверочного расчета шестизвенного исполнительного механизма (рис. 15.15) [16].

Вывод зависимостей производится в четыре этапа: на первом выводятся зависимости для определения сил в звеньях и шарнирах, на втором — аналогов скорости, на третьем — перемещений звеньев, на четвертом — крутящих моментов. В такой же последовательности составляется алгоритм расчета (см. табл. 15.1).

Алгоритм проверочного расчета шестизвенного исполнительного механизма

Номер по пор.	Величина	Определяющая формула
1	P_{DB}^*	$\frac{1}{\cos \beta - \mu \sin \beta}$
2	N^*	$P_{DB}^* \sin \beta$
3	P_{BC}^*	$P^* \frac{\sin(\beta + \psi + \delta)}{\sin \delta}$
4	P_{AB}^*	$P_{DB}^* \frac{\sin(\beta + \psi)}{\sin \delta}$
5	γ'_α	$1 - \frac{\lambda_1 \sin(\delta - \gamma)}{\sin \delta}$; $\lambda_1 = \frac{R_B}{L_{AB}}$
6	δ'_α	$-\frac{\lambda_1 \sin(\delta - \gamma) + \lambda_2 \sin \gamma}{\sin \delta}$; $\lambda_2 = \frac{R_A}{R_B}$
7	ψ'_α	$\lambda_2 \frac{\sin \gamma}{\sin \delta}$
8	β'_α	$\lambda_2 \lambda_3 \frac{\cos \psi \sin \gamma}{\cos \delta \sin \delta}$; $\lambda_3 = \frac{R_B}{L_{BD}}$
9	S'_α	$-R_A \frac{\sin(\psi + \beta) \sin \gamma}{\sin \delta \cos \beta}$
10	γ_i	$\gamma_{i-1} + \gamma'_\alpha \Delta \alpha$
11	δ_i	$\delta_{i-1} + \delta'_\alpha \Delta \alpha$
12	ψ_i	$\psi_{i-1} + \psi'_\alpha \Delta \alpha$
13	β_i	$\beta_{i-1} + \beta'_\alpha \Delta \alpha$
14	S	$\sqrt{(L_{BD} + R_B)^2 - l^2} - (L_{BD} \cos \beta + R_B \cos \psi)$
15	P_{DB}	$P_D P_{DB}^*$
16	N	$P_x N^*$
17	P_{BC}	$P_D P_{BC}^*$

Номер по пор.	Величина	Определяющая формула
18	P_{AB}	$P_D P_{AC}^*$
19	$m_{кр}^\mu$	$\mu_N N^* m_{кр}^\alpha + \mu_D r_D P_{BD}^* \beta'_\alpha + \mu_B r_B P_{BD}^* (\psi'_\alpha + \beta'_\alpha) + \mu_C r_C P_{BC}^* \psi'_\alpha + \mu_B r_B P_{AB}^* \delta'_\alpha + \mu_A r_A P_{AB}^* \gamma_\alpha + \mu_0 r_0 P_{AB}^*$
20	$m_{кр}$	$m_{кр}^\alpha + m_{кр}^\mu$
21	$M_{кр}^\alpha$	$P_D m_{кр}^\alpha$
22	$M_{кр}^\mu$	$P_D m_{кр}^\mu$
23	$M_{кр}$	$M_{кр}^\alpha + M_{кр}^\mu$

Для определения сил сначала предполагают, что на ползун действует сила, равная по величине единице. Тогда рычаги равновесия (см. рис. 15.15) отобразят не сами силы в звеньях, а их безразмерные функции, обозначаемые в отличие от самих сил знаком *. Начав рассмотрение равновесия сил при $P^* = 1$ с выходного звена (ползуна) и кончив входным звеном (кривошипом), получают зависимости 1-4 (см. табл. 15.1). В дальнейшем сами силы P_{DB} , N , P_{DC} и P_{AB} получают умножением усилия деформирования P_D на единичные силы (см. п. п. 15-18 в табл. 15.1).

Для определения аналогов скоростей механизм делится на простейшие механизмы $OABC$ и $OABD$. Составляются проекции длин звеньев на горизонтальные и вертикальные оси. Полученная система уравнений дифференцируется, в результате чего образуется новая система относительно неизвестных аналогов скоростей γ'_α , δ'_α , ψ'_α , β'_α , решение которых представлено выражениями п. п. 5-9 в табл. 15.1.

Моменты определяются выражениями п. п. 19... 23.

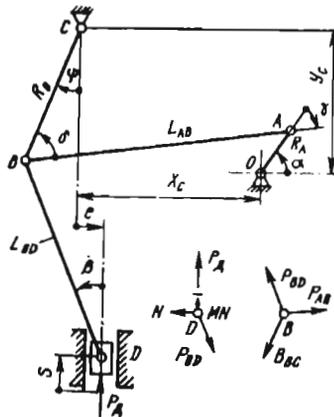


Рис. 15.15. Расчетная схема шести-звенного механизма

15.5. КООРДИНАТНО-РЕВОЛЬВЕРНЫЕ ПРЕССЫ

Создание координатно-револьверных прессов — одно из направлений автоматизации прессового оборудования. Эти presses предназначены для последовательной пробивки разнообразных по форме

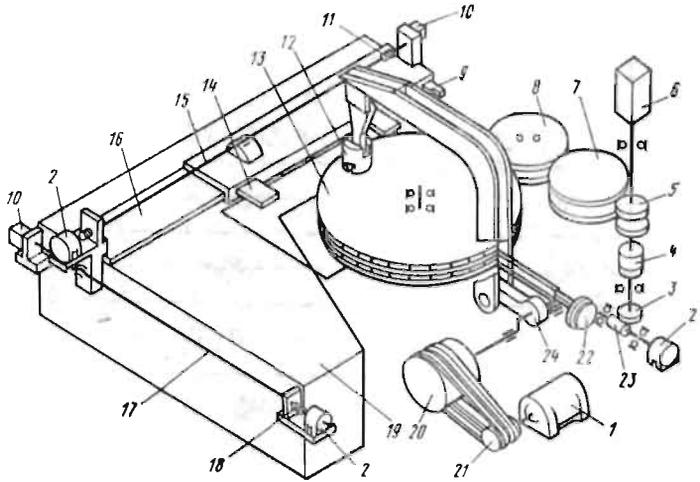


Рис. 15.16. Кинематическая схема координатно-револьверного пресса с программным управлением

и размерам отверстий в деталях типа панелей, плат, шасси приборов при помощи быстросменных штампов, устанавливаемых в револьверной головке пресса. Заготовка перемещается с помощью координатного устройства вручную или автоматически по программе на заданные координаты.

Разработан 40-тонный координатно-револьверный пресс с программным управлением модели К-0126Б*. Пресс имеет С-образную станину, в зеве которой установлена револьверная головка. На тумбе пресса смонтирован координатный стол с перемещающейся на нем кареткой с тремя пневматическими листодержателями и откидным упором для крепления и фиксации заготовки. Устройства программного управления и силового электрооборудования пресса размещаются в рядом установленных шкафах.

Привод ползуна (рис. 15.16) осуществляется от основного электродвигателя 1 через шкив 21, клиноременную передачу и маховик 20, в котором смонтирована муфта-тормоз с пневматическим включением, предназначенная для периодического соединения маховика с кривошипным валом и остановки кривошипно-рычажного механизма 24 после их рассоединения.

* Руднев Ю. М. Механизация и автоматизация листовой штамповки. М.: Машиностроение, 1975. 133 с.

Вращательное движение кривошипного вала преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна 12 посредством шатуна и Г-образного рычага. Рычаг совершает колебательное движение на оси, закрепленной в верхней части станины. С ползуном и шатуном рычаг имеет шарнирное соединение. Т-образный паз на нижнем торце ползуна предназначен для соединения с Т-образным хвостовиком пуансонодержателей.

Привод дисков револьверной головки 13 осуществляется от электродвигателя 2 постоянного тока через червячный редуктор (червяк 23 и червячное колесо 3), электромагнитную муфту 4, зубчатую передачу (шестерни 5, 7 и 8) и зубчатые венцы, установленные на нижнем и верхнем дисках револьверной головки. Датчик 6 обратной связи контролирует вращение револьверной головки, посылая информацию в вычислительное устройство программного управления.

Привод координатного стола 16 осуществляется винтовой шариковой парой качения 17 от электродвигателя 2. Вместе с винтовой парой вращается датчик 10 обратной связи координаты Y, посылая информацию о движении координатного стола в вычислительное устройство программного управления. Координатный стол перемещается перпендикулярно фронту пресса по направляющим, закрепленным на тумбе 19. Боковое смещение координатного стола ограничивается роликовыми блоками 18 (направляющими качения).

Привод перемещения каретки осуществляется винтовой парой качения 15 от электродвигателя 2. Вместе с винтовой парой вращается датчик 10 обратной связи координаты X, сообщающий информацию о движении каретки в вычислительное устройство программного управления. Каретка 11 перемещается параллельно фронту пресса по шариковым направляющим координатного стола. Заготовка устанавливается по упору 9 и закрепляется тремя пневматическими листодержателями 14.

Фиксатор 22 предназначен для фиксации дисков револьверной головки в момент выполнения технологической операции. Пальцы фиксатора входят во втулки, запрессованные с внешней стороны нижнего и верхнего дисков револьверной головки, обеспечивая строгое их позиционирование. В гнездах верхнего диска револьверной головки устанавливается 28 пуансонодержателей пяти различных типовразмеров, а в гнездах нижнего — столько же матрицедержателей.

В функции оператора-штамповщика входят: установка заготовки о упору и ее закрепление в листодержателях, заправка перфоленты в считывающий механизм, нажатие на пусковую кнопку программного управления и съем готовой детали. Перемещение и установка заготовки в рабочие позиции, выбор сменных штампов, оборот револьверной головки и включение пресса на рабочий ход происходят автоматически.

В качестве программноносителя применяют пятидорожечную телеграфную перфоленту, выполненную кодом БЦК-5. Программа работы пресса, вместо перфоленты, может задаваться также на стандарт-

ных 45-колонковых перфокартах. Одна перфокарта обеспечивает пробивку 12 отверстий. Наибольшая производительность прессы (при перемещении заготовки на длину 25 мм) 80 отверстий в мин.

На модифицированном прессе К-0126Б можно производить линейную и фигурную высеку. С этой целью пресс оснащается устройством для автоматической смазки высечного штампа и всасывающим устройством для удаления из рабочей зоны отсекаемых элементов. Кроме того, всасывающее устройство также обеспечивает охлаждение штампа.

Дальнейшим развитием координатно-револьверных прессов с программным управлением является их использование для поэлементной штамповки и выполнения различных формообразующих операций.

Для сокращения затрат времени программирования перемещения исполнительных органов и выбора оптимального порядка смены штампов при изготовлении большой номенклатуры деталей используются электронно-вычислительные машины и другие средства автоматического программирования.

15.6. ХОЛОДНОВЫСАДОЧНЫЕ АВТОМАТЫ

Холодновысадочные автоматы в производстве летательных аппаратов применяются в основном для изготовления заклепок, а также специальных болтов и винтов из прутков и проволоки. Наиболее широко распространены однопозиционные

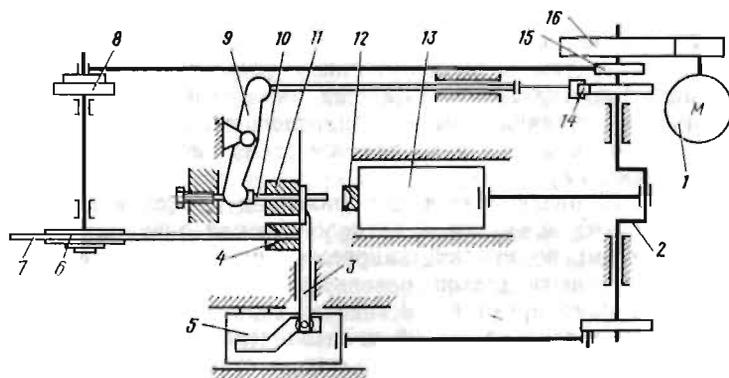


Рис. 15.17. Кинематическая схема одноударного автомата

автоматы с цельной или разъемной матрицей. Они могут быть одно-, двух- и трехударными в зависимости от потребного числа переходов. Одноударные автоматы применяются при длине высаживаемой части, не превышающей 2-2,5 диаметров стержня. Автоматы с цельной матрицей применяются в основном для изготовления деталей со стержнем длиной до пяти диаметров. Трехударные автоматы отличаются от двухударных передаточным числом механизма, соединяющего коленчатый вал с распределительным валом, а также конструкцией узла перемещения салазок, в которых укреплены пуансоны.

Однопозиционные холодновысадочные автоматы компонуются по горизонтальной схеме со станиной закрытого типа. На рис. 15.17 приведена кинематическая

схема одноударного автомата с цельной матрицей. От электродвигателя 1 прерывистое движение передается через зубчатую передачу 16 на коленчатый вал 2. От эксцентрика 15, размещенного на коленчатом валу приводится в действие фрикционная муфта 8 и профилированные ролики 6 механизма подачи полуфабриката 4. Прерывистый односторонний поворот подающих роликов обеспечивает храповой механизм, встроенный в муфту 8.

С приводом от коленчатого вала высадочный ползун 13 с пуансоном 12 осуществляют основное возвратно-поступательное движение. От кривошипа, расположенного на конце коленчатого вала, передается движение боковому ползуну 5 и связанному с ним ножовому штоку 3, который переносит заготовку от отрезной

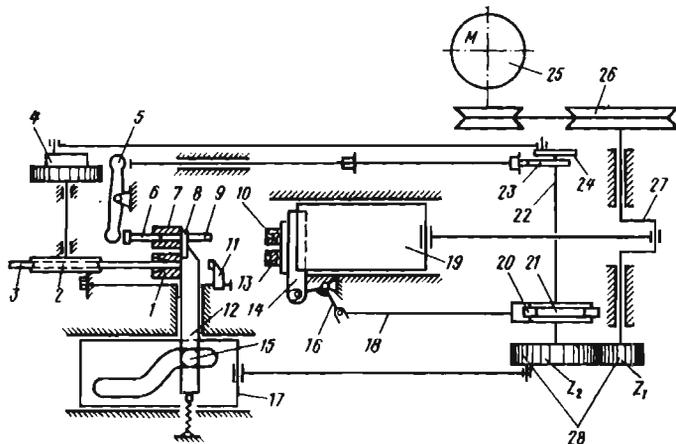


Рис. 15.18. Кинематическая схема двухударного автомата

матрицы к высадочной матрице 11. Деталь после высадки выталкивается из матрицы выталкивателем 10 при повороте рычага 9, действующего от кулачкового механизма 14.

Двухударные автоматы с цельной матрицей по сравнению с одноударными, кроме большей суммарной степени формоизменения, обеспечивают изготовление деталей с повышенной точностью и лучшим качеством поверхности. Кинематическая схема одной из моделей двухударного автомата показана на рис. 15.18. Пруток 3 прерывисто подается роликом 2 через отрезную матрицу 1 до упора 11, регулируемого на длину отреза. Нож 8, отрезав заготовку 9, переносит ее к высадочной матрице 7 и удерживает до того момента, когда пуансон предварительной высадки 10 не толкнет ее в матрицу. После этого нож возвращается в исходное положение.

При первом ходе ползуна 19 заготовка после упора в выталкиватель 6 предварительно высаживается пуансоном 10. При втором ходе головка детали высаживается окончательно пуансоном 13.

Возвратно-поступательное движение ползуна с пуансонами в продольном направлении, по оси детали, осуществляется от коленчатого вала 27. Поперечное перемещение салазок 14 выполняется двуплечим рычагом 16, связанным с шатуном 18 и роликами 20, контактирующими с кулачковым механизмом 21. Кулачковый механизм смонтирован на распределительном валу 22, получающем вращательное движение через зубчатую передачу 28.

Механизм подачи полуфабриката имеет храповое устройство 4, при помощи которого осуществляется прерывистое вращение роликов подачи 2. Величина подачи регулируется изменением эксцентриситета диска 24 посредством сухаря и нитя. Привод выталкивателя 6 и рычага 5 осуществляется от кулачка 23, насаженного на распределительный вал 22.

Коленчатый вал 27 приводится во вращение от электродвигателя 25 через клиноременную передачу 26. Ножевой шток 12 имеет такое же устройство и привод, как и на одноударном автомате. Боковой ползуи 17 снабжен копирной дорожкой, в которую вставлен ролик 15, связанный с ножевым штоком.

Узел крепления пуансонов показан на рис. 15.19. Предварительный пуансон 1 и окончательный пуансон 2 закрепляются в обойме 6 болтами 4. Пуансоны опираются на подкладку 5. Обойма крепится к салазкам болтами 3. Типовое устройство

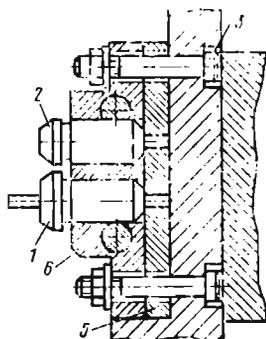


Рис. 15.19. Узел крепления пуансона

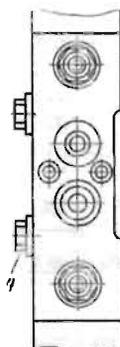


Рис. 15.20. Узел крепления высадочной матрицы

узла крепления высадочной матрицы приведено на рис. 15.20. Для повышения стойкости инструмента обычно перед матрицей 3 в прокладке 2 устанавливается твердосплавная вставка 1. Матрица стопорится болтами 4 с контргайкой 5. Узел крепления ножа показан на рис. 15.21. Нож 1 к штоку 2 крепится болтом 3. Пальцы 4 служат для удержания отрезанной заготовки при переносе ее на линию высадки.

На холодновысадочных автоматах с разъемной матрицей имеется возможность высадки деталей из более длинных заготовок. На таких автоматах заготовка подается при раскрытых полуматрицах, а высадка — при их смыкании и сжатии заготовки.

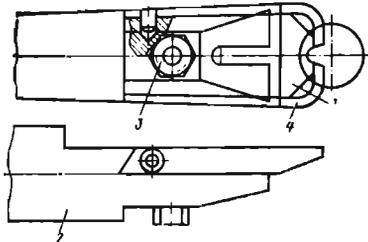


Рис. 15.21. Узел крепления ножа

При использовании в качестве полуфабриката бунта калиброванной проволоки автоматы комплектуются размоточными устройствами разных типов, а также правильными устройствами.

Взаимодействие основных узлов автомата характеризует цикловая диаграмма, где за основу принимают углы поворота коленчатого вала. В соответствующей последовательности указывают периоды работы и взаимодействие остальных механизмов. Над цикловыми диаграммами рас-

полагают кривые путей механизмов автомата. Эти кривые показывают время и путь каждого механизма, которые соответствуют определенным углам поворота коленчатого вала. Цикл работы определяется в зависимости от числа ударов: для одноударных автоматов 360° , для двухударных — 720° , для трехударных — 1080° .

Наряду с однопозиционными автоматами в производстве применяются также многопозиционные автоматы, на которых с переносом деформируемой заготовки последовательно в несколько рабочих позиций осуществляется комплекс технологических операций: отрезка заготовки, осадка, высадка, образование фасок, калибровка торцов, редуцирование, накатка резьбы, обеска высаженной части и др.

Холодновысадочные автоматы характеризуются высокой производительностью (до 250 деталей в минуту и более). Они могут работать как самостоятельно, так и

в составе автоматических линий. На автоматах, оснащенных бункерными устройствами, изготавливают самые разнообразные детали из штучных заготовок, используя различные способы формоизменения.

15.7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ

У гидравлических прессов исполнительный орган (ползун, подвижная траверса) приводится в движение плунжером или поршнем со штоком, на которые воздействует жидкость, подаваемая под определенным давлением от насоса, входящего в состав комбинированного двигателя.

Основными преимуществами гидравлических прессов по сравнению с механическими являются следующие присущие им особенности: независимость развиваемого прессом усилия от положения исполнительного органа на всей длине рабочего хода; постоянство скорости движения исполнительного органа и возможность ее регулирования в широком диапазоне; большие величины рабочих ходов; возможность осуществления выдержки заготовки под давлением; плавность работы, обеспечивающая статическое воздействие на деформируемую заготовку; бесшумность работы.

К недостаткам гидравлических прессов можно отнести более сложную, чем у механических прессов, систему привода и управления и меньшую производительность.

Гидравлические presses различаются по виду комбинированного двигателя, системе управления, производительности, числу и конструкции гидравлических цилиндров, конструкции станины и числу подвижных частей пресса.

В состав комбинированных двигателей входят простые неуправляемые электродвигатели, гидравлические насосы и цилиндры. Подача рабочей жидкости в цилиндры осуществляется по трубопроводам непосредственно от насосов или через гидравлический аккумулятор. Для повышения КПД у некоторых прессов применяются гидравлические мультипликаторы, представляющие собой устройство из двух цилиндров разных диаметров. В цилиндр большего диаметра мультипликатора жидкость под давлением поступает от насоса или аккумулятора, а из цилиндра малого диаметра жидкость высокого давления подается в цилиндры. Увеличение давления в мультипликаторе равно отношению площадей большого и малого плунжеров.

В прессах с аккумуляторными установками насосы подают жидкость в аккумулятор, где она сжимает находящийся под давлением воздух, причем при сжатии воздуха аккумулируется затраченная насосом на эту работу энергия, которая затем расходуется прессом во время рабочего хода. Так как аккумулирование энергии происходит в промежутке между рабочими ходами пресса и требует некоторого времени, пресс не может дать высокой производительности.

В заготовительно-штамповочных цехах обычно применяют более простые по устройству гидравлические presses с подачей рабочей жидкости непосредственно от насосов. Для получения соответствующей

щих усилий на них установлены относительно более мощные электродвигатели и насосы.

В зависимости от потребной мощности, габаритных размеров и назначения гидравлические прессы имеют различное количество цилиндров как плунжерного, так и поршневого типа двойного действия. Существуют прессы, у которых установлены гидроцилиндры и первого и второго типа, выполняющие различные функции при осуществлении рабочего цикла.

Станины гидропрессов бывают С-образные, рамные и колонные. С-образные и рамные станины имеют плоские направляющие для ползуна. У станин колонного типа подвижная траверса перемещается по круглым направляющим — колоннам-стойкам, причем число колонн может быть равным, как правило, двум или четырем.

В зависимости от числа подвижных исполнительных органов гидравлические прессы, так же как и механические, могут быть простого, двойного или тройного действия.

Основными характеристиками гидравлического пресса являются: номинальное усилие, рабочая скорость и число ходов плунжера в минуту. Номинальное усилие пресса равно произведению давления рабочей жидкости на площадь плунжера (поршня). Рабочая скорость соответствует количеству рабочей жидкости, подаваемой в цилиндр за единицу времени. Число ходов в минуту определяют по скорости плунжера (поршня) с учетом времени, необходимого на переключение.

В зависимости от функционального назначения гидравлические прессы имеют различные схемы привода и управления. В качестве примера на рис. 15.22 представлена гидравлическая схема прессы тройного действия [9]. Внутренний и внешний ползуны, расположенные сверху, работают раздельно. Под столом прессы находится гидравлическая подушка. Цилиндр внутреннего ползуна — поршневого типа, внешний ползун и подушка приводятся цилиндрами плунжерного типа. Внешний ползун не обладает самостоятельным обратным ходом, он поднимается при обратном ходе внутреннего ползуна. Гидросистема питается от аксиально-поршневых насосов со встроенным реверсивным управлением и ограничителями подачи.

Два одинаковых насосных агрегата 5 и 7 нагнетают жидкость в полости цилиндра внутреннего ползуна, насосный агрегат 13 приводит в действие внешний ползун и подушку. Через четырехлинейный двухпозиционный распределитель 8 насосные агрегаты 5 и 7 для ускорения работы можно соединять с плунжерным цилиндром подушки.

Насосный агрегат 13 представляет собой аксиально-поршневой насос с реверсивным управлением. Управление насосом состоит из установочного цилиндра 14, вспомогательного распределителя 15, ограничителя подачи 16, клапана для регулировки высокого давления и разгрузочно-предохранительного клапана 10 для регулировки вспомогательного давления. В функции клапана 10 входит поддержание входного давления на постоянном уровне, а также отвод масла, вытесняемого из установочного цилиндра 14. Кроме того,

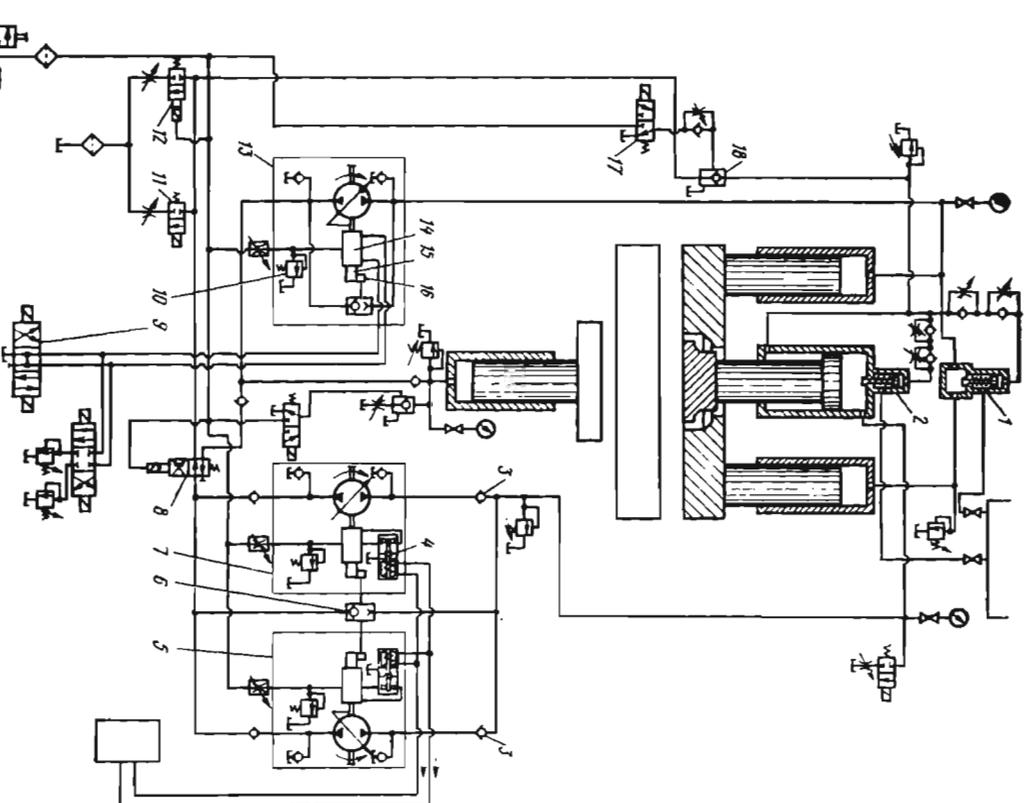


Рис. 15.22. Гидравлическая схема прессы тройного действия

через этот клапан избыток масла от насоса управления стекает обратно в резервуар. Агрегат 13 управляется чисто гидравлически. В среднем положении четырехлинейный трехпозиционный распределитель 9 соединяет оба трубопровода, управляющие насосом, с баком, и насос устанавливается пружинами в нулевое положение, т. е. подача масла прекращается. Для наклона корпуса насоса требуется давление более 800 кПа (8 атм) в одном из двух трубопроводов управления. Аксиально-поршневой насос меняет свою подачу с большой точностью аналогично возникающему давлению. Благодаря разгрузочно-предохранительному клапану в системе управления насосом можно устанавливать любой наклон корпуса и, следовательно, любую подачу. Распределитель 9 дает возможность выбора наклона, наибольший угол наклона составляет 25°

Насосные агрегаты 5 и 7 по конструкции аналогичны агрегату 13. Клапан для изменения направления потока у них отсутствует. Для предохранения от высокого давления обоих насосов служит клапан 6. Насосы отделены один от другого обратным клапаном 3 и могут настраиваться отдельно, не нарушая функций всей установки. Насосы управляются электрически встроенным одноступенчатым вспомогательным клапаном 4. Электрогидравлический преобразователь работает как усилитель с соплом и заслонкой. Наклон заслонки определяет давление управления, а также подачу насоса. Электрическая система управления клапаном 4 позволяет применять наряду с жесткими программносителями в виде кулачков, шаблонов и т. п. также магнитные ленты и перфокарты. Она упрощает встраивание в систему управления технологическим процессом промышленных роботов с программным управлением.

В исходном положении насосный агрегат 7 поднимает подушку в первоначальное положение и с помощью конечного выключателя устанавливается на нулевую подачу. Внутренний и внешний ползуны находятся в верхнем положении.

При ходе вниз распределителя 11 и 12 открыты, закрытый гидрозамок 18 открывается с помощью распределителя 17. Скорость подвижных частей во время холостого хода регулируется дросселями. Перед соприкосновением инструмента с заготовкой по команде от конечного выключателя закрывается распределитель 12. В это время ползун продолжает опускаться, так как распределитель 11 остается открытым. Агрегаты 13, 7 и 5 осуществляют максимальную подачу масла в цилиндры обоих ползунов. Затем насосы агрегатов 7 и 5 уменьшают подачу, если нужно обеспечить опережение внешнего ползуна, используемого обычно для прижима заготовки. После достижения в цилиндрах внешнего ползуна установленного давления при помощи контактного манометра насос агрегата 13 переводится на минимальную подачу. Излишек масла разгрузочно-предохранительным клапаном отводится в бак. Электрическое программное управление устанавливает насосы агрегатов 5 и 7 на малую подачу, и внутренний ползун плавно осуществляет главное рабочее движение.

Во время рабочего хода скорость внутреннего ползуна регулируется с использованием программного управления. Подушка опус-

кается вниз, при этом масло из ее цилиндра вытесняется через предохранительный клапан в бак.

По окончании рабочего хода корпуса насосных агрегатов 13, 7 и 5 наклоняются в положение нулевой подачи. Затем насосы агрегатов 7 и 5 реверсируются и направляют максимальное количество масла в кольцевую полость поршневого цилиндра. Под действием возникающего давления открываются дополнительные клапаны 1 и 2. Вытесняемое масло сливается в бак. Скорость подъема подвижных частей устанавливается по заданной программе. Внешний ползун поднимается вместе с внутренним. При достижении конечного положения корпуса насосов агрегатов 7 и 5 наклоняются в положение нулевой подачи.

При использовании подушки для выталкивания отштампованной детали с помощью конечного выключателя насос агрегата 13 устанавливается на максимальную подачу в цилиндр подушки. Для увеличения скорости выталкивания можно направлять поток масла от насосов агрегатов 5 и 7 через распределитель 8 в цилиндр подушки. После достижения плунжером подушки верхнего положения конечный выключатель ставит насосы в положение нулевой подачи.

Основными элементами гидравлических прессов, подлежащими проверочному расчету, являются колонны и цилиндры.

При наличии колонн у пресса они помимо направляющих служат также замыкающими элементами в силовой схеме между верхней и нижней траверсами. При центрально расположенной равнодействующей усилия штамповки колонны подвергаются только растяжению. И если принять траверсы абсолютно жесткими, нагрузка между колоннами распределяется равномерно. Номинальное напряжение в этом случае

$$\sigma = \frac{P_{\max}}{nF}, \quad (15.9)$$

где P_{\max} — наибольшее усилие штамповки (у прессов двойного действия — суммарное наибольшее усилие обоих ползунов); n — число колонн; F — площадь наименьшего сечения колонны.

Если равнодействующая усилия штамповки расположена эксцентрично, колонны испытывают дополнительное растягивающее напряжение от изгиба. Эксцентричная нагрузка создает у колонн внизу изгибающий момент

$$M = \frac{Pe}{2}, \quad (15.10)$$

где e — эксцентриситет расположения равнодействующей усилия штамповки.

Суммарное напряжение для двухколонной схемы

$$\sigma_{\text{сум}} = \frac{P}{2F} \pm \frac{Pe}{2W}, \quad (15.11)$$

где W — момент сопротивления колонны в исследуемом сечении.

В проверочных расчетах четырехколонная схема пресса обычно рассматривается как двухколонная с нагрузкой, равной половине усилия P .

Номинальное усилие гидравлического пресса определяется как произведение величины наибольшего давления рабочей жидкости и эффективной площади плунжера (поршня). Наиболее часто применяемые величины давлений находятся в диапазоне 20 ... 40 МПа (200 ... 400 кгс/см²). По выбранному давлению определяют для требуемого усилия площадь одного или суммарную площадь нескольких плунжеров (поршней), а следовательно, и внутренних диаметров цилиндров. Величина внутреннего диаметра цилиндра является исходной для определения толщины его стенки.

Проверочный расчет ведется по формулам, известным из курса сопротивления материалов, с учетом напряжений, вызываемых наличием отверстий, прорезей, канавок путем введения коэффициентов концентрации напряжений. Расчетная схема зависит от способа крепления цилиндра. При опоре цилиндра на неподвижную траверсу своим днищем («открытый» цилиндр) осевые нагрузки его стенками не испытываются; при креплении цилиндра открытым концом («замкнутый» цилиндр) на его стенки наряду с касательными и радиальными также воздействуют и осевые напряжения.

При прочих равных условиях приведенные напряжения у стенок открытых цилиндров несколько больше, чем у стенок замкнутых цилиндров.

15.8. ВЫБОР ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При выборе прессового оборудования для выполнения конкретной операции учитывается целый ряд разнообразных факторов. Механические и гидравлические прессы используются для многих операций, каждая из которых характеризуется своими параметрами. В этом состоит специфика прессов общего назначения в отличие от специализированного оборудования, приспособленного для выполнения определенной группы операций с известными параметрами.

На ход операции непосредственно влияет тип привода прессы. Привод механических прессов обеспечивает во время рабочего хода расход энергии, предварительно накопленной маховиком. Скорость рабочего хода изменяется по жесткому закону, определяемому кинематической схемой прессы. Продолжительность рабочего хода при формоизменении заготовки у этих прессов в большинстве случаев составляет десятки долей секунды.

Гидравлические листоштамповочные прессы работают за счет энергии, непрерывно подводимой к их исполнительным органам. Рабочий ход гидравлических прессов может быть прерван в любой момент прекращением подачи энергии. Скорость рабочего хода исполнительного органа может зависеть от величины сопротивления деформированию заготовки. Продолжительность рабочего хода с момента контакта с заготовкой исчисляется, как правило, несколькими секундами.

Число исполнительных органов выбираемого прессы должно соответствовать числу потребных для выполнения операции движений. Размеры и величина перемещения исполнительных органов определяются соответствующими размерами заготовки, штампа и детали. Скорость и ускорение исполнительных органов должны способствовать получению наибольших степеней деформации при формообразовании детали. Открытая и закрытая высоты прессы должны соответствовать открытой и закрытой высотам штампа, а прессы с регулировкой этих параметров должны быть установлены надлежащим образом.

При штамповке «на провал» стол прессы должен иметь отверстие, достаточное для прохождения через него отштампованной детали в тару, расположенную под столом.

При отсутствии направляющих у штампов особое значение приобретает точность направления исполнительных органов прессы, что особенно важно при выполнении разделительных операций.

В целях экономного использования энергии гидравлических прессов в процессе выполнения операции следует целесообразно использовать входящие в общий привод пресса насосы различного давления и производительности на различных этапах процесса формообразования в соответствии с графиком рабочих нагрузок.

Число ходов в единицу времени определяет производительность пресса, а оснащение пресса автоматическими подачами, съемниками, выталкивателями и другими устройствами позволяет более полно использовать производительные возможности пресса. Определяющим фактором при этом является величина программы выпуска деталей.

Во всех случаях при выборе оборудования следует руководствоваться принципом экономичности процесса обработки при обеспечении точности и качества изготавливаемых деталей.

При разработке технологических процессов для действующего предприятия следует считаться с загрузкой наличного оборудования.

Среди механических параметров при подборе прессов особенно важное значение имеют усилие и работа. Следует различать загрузку по усилию, которая у механических прессов лимитируется прочностью кривошипного вала или зубчатой передачи, и загрузку по мощности (по работе), которая ограничивается кинетической энергией маховых масс, мощностью электродвигателя и допустимой его перегрузкой. При перегрузке по усилию, если отсутствует специальное предохранительное устройство, может произойти выход из строя вала или зубчатой передачи; при перегрузке только по мощности происходит затормаживание и резкое падение частоты вращения маховика, вызывающее, в свою очередь, недопустимое скольжение электродвигателя, перегрев обмотки, нарушение изоляции, приводящее к выходу двигателя из строя.

При подборе пресса по усилию определяют усилие, необходимое для выполнения технологической операции с учетом сжатия буферов, прижимов и выталкивателей. Эта сумма потребных усилий не должна превышать номинальное усилие пресса.

Прессы выпускаются с номинальными усилиями, соответствующими ряду предпочтительных чисел (63; 100; 160; 250; 400; 630; 800 кН и т. д.). Принятый пресс должен иметь ближайшее по сравнению с расчетным усилие. Запас (в усилие) обеспечивает повышенную жесткость и меньшее пружинение станины, а следовательно, и большую стойкость штампов, особенно для разделительных операций. Избыточное усилие компенсирует также трудно учитываемые возможные отклонения в сторону увеличения сопротивления деформированию материала, толщины заготовки, возрастание усилия при калибровке и другие, не подлежащие расчету случаи увеличения нагрузки.

В паспорте и каталогах кривошипных прессов приводится величина их номинальных усилий, достигаемая при недоходе кривошипа до нижнего крайнего положения на угол $\alpha = 20 \dots 30^\circ$ (рис. 15.23). На середине рабочего хода усилие составляет от 40 до 50 % от номи-

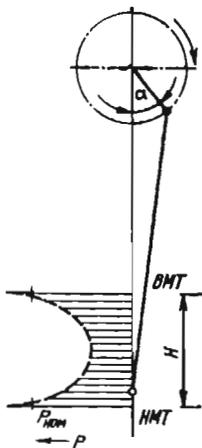


Рис. 15.23. График усилий ползуна четырехзвенного кривошипного механизма

нального. Поэтому номинальное усилие кривошипного пресса является критерием в подборе его марки фактически только для операций, при выполнении которых максимальное усилие приходится на конец рабочего хода.

На рис. 15.24 на диаграмму усилия пресса с четырехзвенным исполнительным механизмом наложены диаграммы процессов вырубки (а), гибки с калибровкой (б) и вытяжки (в). Кривые изменения усилий при вырубке и гибке с калибровкой полностью вписываются в график усилия пресса. Максимум усилия при вытяжке наступает раньше, чем при вырубке и гибке с калибровкой, и хотя по величине он может быть им равен, но не вписывается в диаграмму усилий пресса (рис. 15.24, в). Следовательно, для этой операции нужно брать пресс большего номинального усилия по сравнению с расчетным. Приблизительно можно считать [25], что наибольшее усилие вытяжки на таких прессах должно составлять $(0,5 \dots 0,6) P_{ном}$.

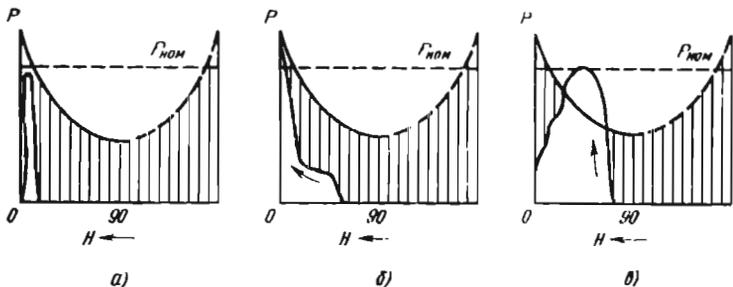


Рис. 15.24. Наложение рабочих диаграмм на график усилий ползуна

На рис. 15.25 приведены кинематическая схема четырехзвенного кривошипно-шатунного механизма и диаграмма допустимых усилий пресса. Номинальное усилие пресса, устанавливаемое по прочности кривошипного вала таких прессов с односторонним приводом, можно принять равным усилию, создаваемому при недоходе кривошипа до крайней нижней точки на угол $\alpha = 20 \dots 30^\circ$, что соответствует величине оставшегося рабочего хода ползуна $h_{\alpha} = (0,05 \dots 0,07) H$.

Крутящий момент определяется по формуле

$$M_{кр} = P \frac{H}{2} \sin \alpha = Pb, \quad (15.12)$$

где плечо действия силы P связано с составляющими хода ползуна выражением

$$b = \sqrt{(H - h_a) h_a}$$

Из анализа действия сил и моментов следует, что при углах $\alpha \leq 30^\circ$ допустимое усилие пресса ограничивается прочностью станины и коленчатого вала, а при углах $\alpha > 30^\circ$ — величиной допустимого крутящего момента и прочностью зубчатых колес (см.

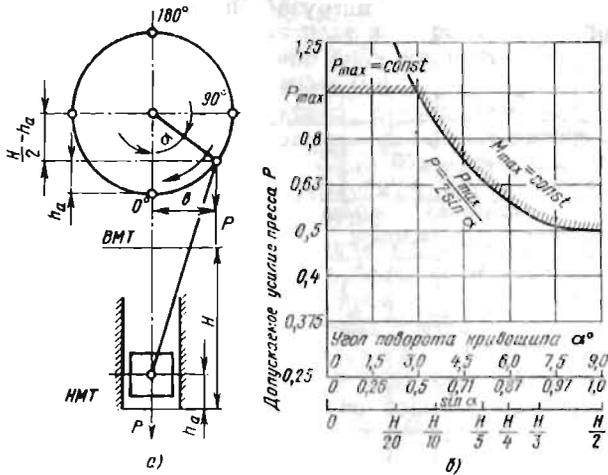


Рис. 15.25. Допускаемое усилие кривошипного пресса:

а — кинематическая схема четырехзвенного механизма; б — диаграмма допустимого усилия

рис. 15.25, б). Наибольший крутящий момент, определяемый прочностью зубчатых колес, равен (при $\sin \alpha = 0,5$)

$$M_{np \max} = 0,25 P_{\max} H. \quad (15.13)$$

У прессов с регулируемым ходом за счет уменьшения эксцентриситета с уменьшением хода силовые возможности значительно расширяются. Следовательно, во всех случаях рекомендуется работать на минимально возможных ходах пресса.

При выборе многопозиционного пресса-автомата его номинальное усилие должно превышать суммарное расчетное усилие в 1,5–2 раза, так как лимитирующим является обычно не номинальное усилие в конце хода, а допустимое усилие на протяжении всего участка рабочего хода. В качестве иллюстрации на рис. 15.26 приведены рабочие диаграммы отдельных переходов, кривая их суммарных усилий, а также кривая допустимых усилий и величина номинального усилия многопозиционного пресса-автомата.

При выборе пресса по мощности (работе) сравнивают работу деформирования A_d в сумме с работой сжатия буфера A_6 и выталки-

вателя $A_{\text{п}}$ с работой пресса за один рабочий ход. При этом должно быть сохранено условие

$$A_{\text{пр}} \geq A_{\text{д}} + A_{\text{б}} + A_{\text{в}} \quad (15.14)$$

Работа кривошипного пресса $A_{\text{пр}}$ складывается из полезной энергии вращающегося маховика с учетом потерь на трение подвижных элементов и пружинение станины. Механическая энергия, отдаваемая электродвигателем в процессе работы пресса, расходуется в основном на восстановление потерянной скорости маховых масс, возникающей от технологических нагрузок, и преодоление вредных сопротивлений.

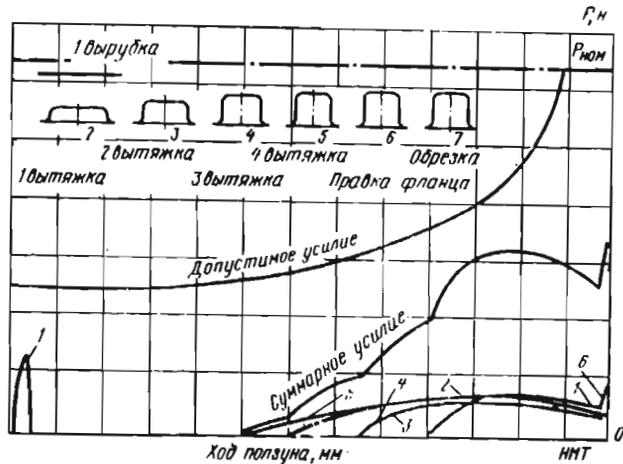


Рис. 15.26. Наложение диаграмм усилий 1 — 7 переходов вытяжки на многопозиционном прессе-автомате

Работа, производимая прессом (полезная энергия маховика), с некоторым приближением равна потере кинетической энергии при уменьшении частоты вращения маховика [25]:

$$A = \frac{n_0^2 - n_1^2}{7100} GD^2 \text{ кгс} \cdot \text{м} \approx \frac{n_0^2 - n_1^2}{725} GD, \text{ Дж}, \quad (15.15)$$

где G — масса маховика, кг; D — диаметр маховика (приближенно — наружный диаметр), м; n_0 и n_1 — соответственно номинальная и минимально допустимая частота вращения маховика, об/мин.

Частоту вращения n_1 можно выразить через величину падения частоты вращения в процентах p $n_1 \left(\frac{100-p}{100} \right) n_0$. Тогда

$$A = \frac{n_0^2 \left[1 - \left(1 - \frac{p}{100} \right)^2 \right]}{7100} GD^2 \text{ кгс} \cdot \text{м} \approx \frac{n_0^2 \left[1 - \left(1 - \frac{p}{100} \right)^2 \right]}{725} GD^2, \text{ Дж}. \quad (15.16)$$

При работе пресса одиночными ходами допустимо уменьшение частоты вращения на 20 %, а при непрерывной работе — на 10 %.

Следовательно, полезная работа пресса при работе одиночными ходами

$$A_{\text{од}} \approx \frac{GD^2 n_0^2}{19\,700} \text{ кгс} \cdot \text{м} \approx \frac{GD^2 n_0^2}{2010}, \text{ Дж.} \quad (15.17)$$

а при непрерывной работе

$$A_{\text{непр}} \approx \frac{GD^2 n_0^2}{37\,400} \text{ кгс} \cdot \text{м} \approx \frac{GD^2 n_0^2}{3814}, \text{ Дж.} \quad (15.18)$$

Таким образом, величина полезной работы, которую может выполнять пресс при непрерывном действии, почти в два раза меньше, чем при его работе одиночными ходами.

Полезную работу пресса можно, в частности, увеличить повышением частоты вращения маховика, так как его кинетическая энергия пропорциональна квадрату скорости вращения. Однако частота вращения ограничивается допустимой скоростью на ободу маховика из чугуна, равной 25 м/с, а из стали — 40 м/с.

Гидравлические прессы, имеющие постоянное усилие по ходу плунжера, в подборе мощности (работе) не нуждаются.

Непосредственно выбор пресса производится по каталогу, в котором обычно приводится общий вид пресса, кратко указывается область применения и дается техническая характеристика, содержащая все основные параметры: усилие, ход ползуна (траверсы), открытая и закрытая высота, число ходов в минуту, вылет (расстояние между стойками), размеры стола и отверстия в нем, мощность электродвигателя привода, давление рабочей жидкости (у гидравлических прессов), габаритные размеры (длина, ширина и высота), а также масса пресса. Как правило, в каталоге также приводятся эскизы мест крепления инструмента на столе и ползуне, а также расположение фундаментных болтов крепления пресса, размеры фундамента.

В зависимости от специфики пресса в каталоге содержатся и другие сведения, уточняющие технические данные пресса, диапазон его переналадок и регулировок. В конце технической характеристики указывается завод-изготовитель данной модели пресса.

Как и другие машины, прессы снабжаются паспортом и руководством по эксплуатации, обслуживанию и ремонту. Точность работы пресса и износ его деталей систематически проверяются по методике, установленной Государственным стандартом.

С учетом амортизационного периода модернизируются существующие прессы и создаются новые, более совершенные их конструкции, воплощающие в себе новые достижения науки и техники.

Основными направлениями совершенствования прессов являются: разработка оптимальных конструкций исполнительных механизмов, нахождение рациональных способов увеличения жесткости станины и других силовых элементов, повышение динамических качеств всех элементов, конструкции с учетом тенденции повышения производительности и роста технологических нагрузок, создание надежных и малоинерционных муфт и тормозов, систем рекуперации потенциальной упругой и кинетической энергии, уменьшение потерь на трение в сочленениях механизмов, усовер-

шенствование автоматизированных систем смазки, совершенствование систем управления, основанных на применении управляющих ЭВМ (микропроцессоров), сокращение времени на переналадку и установку штампов, обеспечение гарантированной безопасности работы, снижение уровня шума до принятых санитарных норм, улучшение комфортности рабочего места, создание условий для применения промышленных роботов, разработка технологических машин типа «обрабатывающий центр» и др.

В новых конструкциях механических прессов предусматривается система регулирования закрытой высоты с приводом от специального электродвигателя, изменение скоростей движения ползуна, автоматическая циркуляционная система смазки, пневматические уравниватели, демпфирование удара в момент разделения материала при вырубке, управление муфтой и тормозом с помощью специальных клапанов и другие усовершенствования.

На участках работы механических прессов особое значение имеет понижение уровня шума, который достигает 85—120 дБ. Шум возникает при холостом ходе, работе без нагрузки, при включении и во время рабочего хода. Для уменьшения уровня шума существуют два пути. Первичная защита заключается в уменьшении возникновения шума в самом источнике; вторичная защита имеет в виду препятствие распространения звука. К мероприятиям первичной защиты относится снижение шума при холостых ходах и при непрерывной работе пресса без нагрузки. С этой целью устанавливают бесшумные электродвигатели и регулируемые приводы, в результате чего удается снизить уровень шума примерно на 5 дБ. Применяя в исполнительном механизме косозубые шестерни и шестерни с шевронными зубьями, смазку в масляной ванне, можно снизить уровень шума на 8 дБ. У быстроходных прессов особое внимание следует уделять обеспечению минимальных зазоров в подшипниках и направляющих. Снижения уровня шума при включении пресса ниже 85 дБ достигают при установке специальных узлов муфта—тормоз с пневмо- или гидрорегулированием.

При одинаковом числе ходов коленно-рычажный исполнительный механизм по сравнению с эксцентрикковым дает снижение уровня шума при нагрузке на 12 дБ. Применение гидравлических амортизаторов, смягчающих удар в момент разделения материала при вырубке, снижает уровень шума на 12—15 дБ. Примерно к такому же результату приводит применение вырубных пуансонов (матриц) со скошенными кромками. Уровень шума значительно ниже при вырубке менее хрупких материалов. К первичным мероприятиям по снижению уровня шума следует отнести также повышение жесткости прессов, уменьшение зазоров в сочленениях механизмов и своевременность ремонта.

Приведенные выше первичные мероприятия эффективно снижают уровень шума у прессов с числом ходов до 100 в минуту; с увеличением числа ходов эффективность этих мероприятий снижается. У быстроходных прессов наряду с первичными мероприятиями применяют вторичные мероприятия, заключающиеся в установке различного рода экранов и звукопоглощающих ограждений.

Для устранения опасности попадания рук рабочего в зону штампа, где возможно, устанавливаются жесткие ограждения, как неподвижные, так и срабатывающие перед рабочим ходом пресса. Часто применяют фоторелейную защиту. Существует много способов предотвращения возможности сдвигания ходов у прессов с ручным управлением. Применение устройств автоматизации и механизации вспомогательных операций наряду с повышением производительности является радикальным средством обеспечения безопасной работы на прессах. При ручном обслуживании пресса безопасную работу во многом обеспечивает грамотное конструирование штампов, применение пинцетов, съемников и других вспомогательных устройств и приспособлений.

Большую долю подготовительно-заключительного времени при работе на прессах составляет время на установку, крепление и снятие штампов. У современных прессов предусматривается механизация смены штампов, а у обрабатывающих центров эта операция автоматизирована. Механические способы крепления штампов с помощью винтов и прихватов хотя и просты по устройству, но требуют значительных затрат времени, особенно при большом числе мест крепления, не гарантируют равномерности усилия крепления, надежности фиксации частей штампа в процессе работы. Гидравлические устройства крепления штампов обладают высоким быстродействием, так как имеют централизованное одновременное управление группой устройств, постоянством усилия в процессе эксплуатации. К недостаткам гидрав-

лических устройств следует отнести их относительно высокую стоимость. Они применяются при необходимости создания больших усилий крепления, большом числе мест крепления, частой переналадке, при смене штампов в прессовых линиях, на многопозиционных прессах.

При наладке автоматизированных прессовых машин и линий особое внимание следует обращать на надежность работы систем блокировки, обеспечивающих согласованную и безаварийную работу отдельных механизмов и агрегатов.

Модернизация прессовых машин, подключение средств автоматизации и механизации должны быть технически и экономически обоснованными на основании проведения соответствующих расчетов.

ГЛАВА 16

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОДИНАРНОЙ КРИВИЗНЫ

В настоящей главе рассматриваются специализированные машины для изготовления деталей одинарной кривизны больших габаритных размеров. Малогабаритные детали этого вида получают в гибочных штампах на прессах общего применения.

16.1. ЛИСТОГИБОЧНЫЕ ПРЕССЫ

Листогибочные прессы (рис. 16.1) предназначены для получения профилей гибкой из полос, как правило, нарезаемых на кривошипных листовых ножницах. Обычно прессы оснащаются комплектом штампов; типовые конструкции пуансонов и матриц показаны на рис. 4.14.

Кинематическая схема прессы представлена на рис. 16.2. Источником энергии служит асинхронный неуправляемый электродвигатель 13. Вращение на эксцентриковый вал 3 передается от вала 7 через шестерни 5 и 4. Ползун 1 получает возвратно-поступательное движение по направляющим от эксцентрикового вала 3, с которым он связан шатунами 2. Нижнее положение ползуна определяется изменением длины шатунов, осуществляемым электродвигателем 20 через шестерни 21, 19, 18, 22. Масса ползуна компенсируется давлением сжатого воздуха в цилиндрах 6. Две скорости хода ползуна обеспечиваются сцеплением вала 7 с валом 9 по двум кинематическим цепям — через шестерни 10 и 8 или шестерни 10, 11, 14, 15, 12. Переключение скоростей производится реечным механизмом 17, перемещающим шестерню 8 по валу 7 на скользящей шпонке. Включение хода прессы осуществляется ножной педалью, связанной с муфтой включения 16. Новые прессы обычно имеют кнопочное включение. Прессы могут работать в режиме одиночных ходов, в автоматическом и наладочном (толчковом) режимах. Расстояние между стол 23 и ползуном контролируется по шкале на пульте.

На прессах для гибки и правки панелей типа СПП, оснащенных системой обратной связи, производят формоизменение крупногабаритных монолитных панелей с точностью до 0,1 мм.

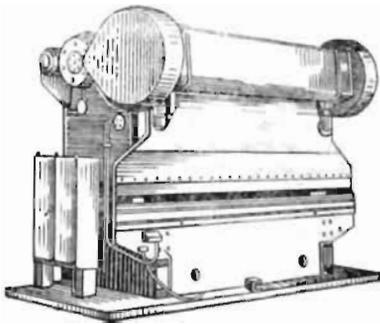


Рис. 16.1. Листогибочный пресс

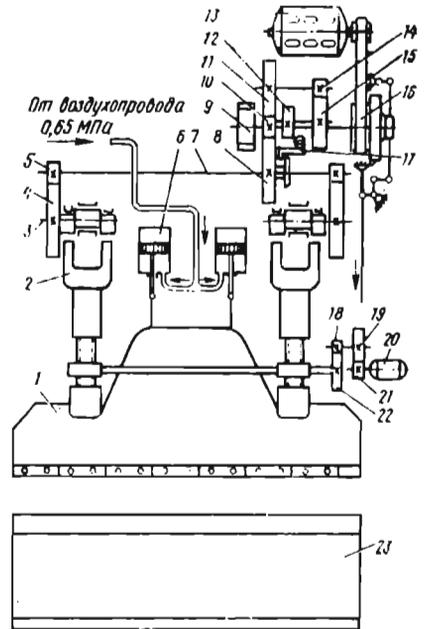


Рис. 16.2. Кинематическая схема листогибочного пресса

В некоторых случаях гибка панелей осуществляется по участкам вдоль линиигиба, например, гибка деталей со сложным рельефом на специальных прессах для гибки и правки панелей типа ГЛП [3].

16.2. ВАЛКОВЫЕ ГИБОЧНЫЕ СТАНКИ

Валковые гибочные станки являются основным видом оборудования при изготовлении листовых деталей одинарной кривизны. Формоизменение осуществляется методом гибки-прокатки заготовки между вращающимися валками при линейном воздействии валков по образующей (рис. 16.3). Направляющая определяется взаимным положением валков. Благодаря наличию сил трения между валками и заготовкой в процессе формоизменения дополнительной подачи заготовки не требуется.

На валковых гибочных станках получают цилиндрические и конические детали постоянной кривизны, а при изменении положения валков в процессе прокатки — также и детали переменной кривизны. Они преимущественно являются элементами обшивки летательных аппаратов.

Валковые гибочные станки не требуют для изготовления деталей специального инструмента, так как исполнительные органы станка — гладкие валки непосредственно воздействуют на заготовку, являясь рабочими органами. У многих станков во избежание прогиба от технологической нагрузки валки поддерживаются опорными роликами, расположенными с определенным шагом по всей длине валков.

По количеству и схеме расположения валков станки делятся на трехвалковые симметричные (рис. 16.3, *a*), трехвалковые асимметричные (рис. 16.3, *б*) и четырехвалковые с установкой валков как по симметричной схеме (рис. 16.3, *в*), так и по асимметричной. Большие перспективы имеют двухвалковые схемы с эластичным покрытием одного из валков (рис. 16.3, *г*).

Трехвалковые симметричные станки характеризуются положением верхнего валка на средней линии между боковыми валками. Они являются относительно простыми по конструкции, но имеют тот

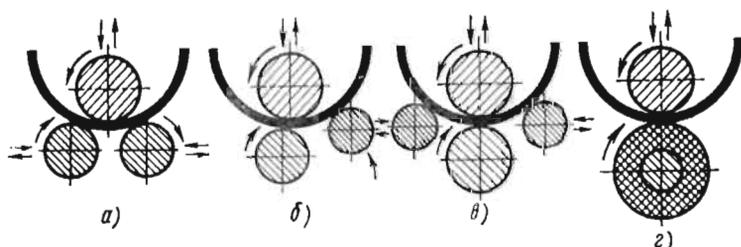


Рис. 16.3. Схемы движений рабочих органов валковых гибочных станков различных типов

недостаток, что концы заготовки длиной, несколько меньшей расстояния между боковыми валками, остаются прямыми (см. рис. 16.3, *a*), так как после схода кромки заготовки (листа) с переднего бокового валка изгиба не происходит. Оставшиеся прямыми концы заготовки требуют для их изгиба отдельной операции. Для получения деталей различной кривизны эти станки обычно имеют регулировку установки верхнего валка по вертикали, а боковых валков — по горизонтали; приводными являются верхний или все три валка

Трехвалковую симметричную схему расположения валков имеют копировально-гибочные листовые станки марок КГЛ-1М, КГЛ-2 и КГЛ-3, отличающиеся один от другого в основном мощностью. Наибольшее распространение получил средний по мощности станок КГЛ-2 (рис. 16.4), устройство которого как типового рассматривается ниже [7].

На двух тумбах 1 (рис. 16.4) смонтирована постель 2, по направлению которой в поперечном направлении могут перемещаться плиты 3 с установленными на них нижними валками 4. Верхний валок 5 смонтирован на подвижной траверсе 6, которая может опускаться и подниматься гидроцилиндрами 9, укрепленными в тумбах 1. Положение верхнего валка регистрируется стрелочным индикатором 10.

Все три валка соединены с механизмами распределительных коробок карданными соединениями, что обеспечивает синхронность их вращения при любом положении в некоторых пределах. Благодаря передаче крутящего момента на оба конца валков устраняется возможность их скручивания. Для предотвращения прогиба от на-

грузки, изгибающей заготовку, все три валка опираются на ролики 7 кронштейнов 8.

При настройке станка нижние валки устанавливаются на некотором расстоянии $2a$ (см. схему рис. 16.4) параллельно или под небольшим углом друг к другу. Верхний валок устанавливается горизонтально или с небольшим углом наклона на некотором расстоянии L от нижних валков. Кривизна изгибаемой детали определяется взаимным положением валков, определяемым размерами L и $2a$ при данных диаметрах валков D_n и D_{II} (см. схему рис. 16.4).

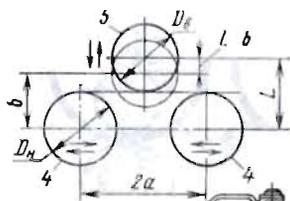
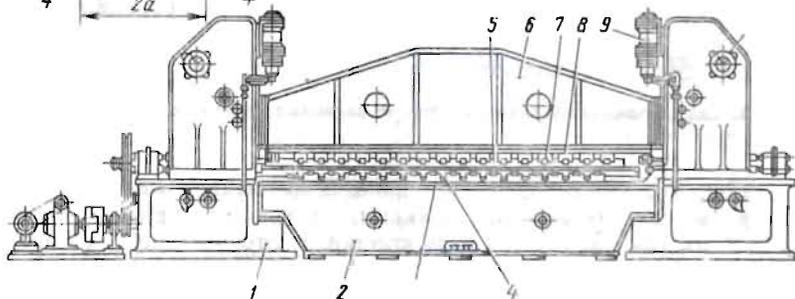


Рис. 16.4. Копировально-гибочный листовый станок КГЛ-2



При раздвижении нижних валков радиус кривизны детали увеличивается, при сближении — уменьшается. Аналогично изменяется радиус кривизны детали в зависимости от положения верхнего валка. Для получения конических деталей валки устанавливаются под некоторым углом.

При изготовлении детали с переменной кривизной траверса вместе с верхним валком меняет свое положение в процессе прокатки. Это движение траверсы в вертикальном направлении может осуществляться как с помощью кнопок ручного управления, так и автоматически — от гидравлического копировального устройства.

Кинематическая схема станка КГЛ-2 состоит из трех цепей (рис. 16.5): для вращения валков, настройки копиров и настройки упоров. Вращение валков 19, 20, 21 осуществляется от двухскоростного реверсивного электродвигателя 6 через ременную передачу 5, червячный редуктор 7, жесткую муфту, главный вал движения 8, две цепные передачи ($z = 16,53$), две распределительные коробки 9 и шарнирные механизмы 10, состоящие из шарниров Гука и телескопических валков.

Настройка копирных механизмов при работе станка по копирам происходит следующим образом. От главного вала движения 8 с помощью цепной передачи ($z = 39, 20$) и пары конических шестерен

перемещение траверсы осуществляется одновременно двумя гидравлическими цилиндрами 18, размещенными на тумбах станка. Питание цилиндров (рис. 16.6) обеспечивается двухступенчатыми насосами 2, создающими давление 13 МПа (130 ат). От маслобака 1 в систему непрерывно подается рабочая жидкость в количестве 104 л/мин. Возможность эксплуатации станка при одном работающем насосе, а также предохранение насосов от гидравлического удара обеспечивают обратные клапаны 3. Снабженные демпфирующими устройствами клапаны 4 предохраняют гидросистему от перегрузок и обес-

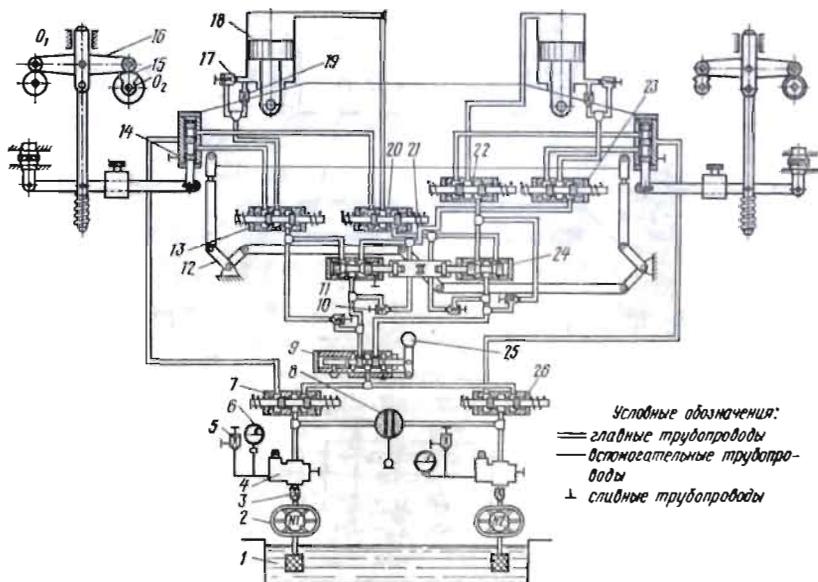


Рис. 16.6. Гидравлическая схема станка КГЛ-2

печивают равномерность подачи жидкости. Вынесенные на пульт управления станком клапаны 5 служат для регулирования давления в системе, которое контролируется с помощью манометра 6. Кран 8 позволяет переключать насосы на совместную, раздельную или одиночную работу.

С ручного управления на автоматическую работу станок переключается шестью реверсивными золотниками 7, 26, 13, 20, 22 и 23 с электрическим управлением. При автоматическом управлении золотники 7 и 26 соединяют цилиндры 18 с насосами 2 через золотники 14, положение плунжеров которых определяется копирами 15 через рычаги 16. При ручном управлении золотники 7 и 26 обеспечивают подачу жидкости в цилиндры 18 через золотник ручного управления 9, плунжер которого устанавливается вручную с помощью рукоятки 25.

Разделение гидроцепей автоматического и ручного управления производится золотниками 13, 20, 22 и 23. При автоматическом управлении подача жидкости, например, в нижнюю полость левого цилиндра осуществляется по гидравлической цепи: насос 2 — реверсивный золотник 7 — золотник копира 14 — реверсивный золотник 13 — обратный клапан 19 — нижняя полость левого цилиндра. При этом слив жидкости из верхней полости цилиндра происходит по цепи: золотник 20 — золотник 9 — маслобак 1.

Для предотвращения опускания траверсы под действием собственной массы установлен подпорный клапан 17, который регулируется таким образом, чтобы он срабатывал только при подаче жидкости под некоторым давлением в верхнюю полость цилиндра и обеспечивал слив из нижней полости.

При ручном управлении жидкость поступает, например, в нижнюю полость левого цилиндра по цепи: насос 2 — реверсивный золотник 7 — золотник ручного управления 9 — уравнивающий золотник 24 — реверсивный золотник 13 — обратный клапан 19 — нижняя полость левого цилиндра. При этом слив жидкости из верхней полости цилиндра происходит по цепи: реверсивный золотник 20 — подпорный клапан 10 — золотник ручного управления 9 — маслобак 1. Управление правым цилиндром производится аналогично.

Рукоятка 25 золотника 9 может быть установлена в трех положениях: «Вверх» (подъем траверсы), «Вниз» (опускание траверсы) и «Стоп» (цилиндры 18 отсоединены от насосов, и жидкость, нагнетаемая насосами, направляется через отверстие в плунжере обратно в маслобак 1).

Во избежание перекоса траверсы, который может возникнуть из-за неодинакового сопротивления в правой и левой ветвях гидросистемы, на станке установлена уравнивательная система из двух золотников 24 и рычажной системы 12, концы которой шарнирно соединены с концами траверсы. При перекосе траверсы шток 11, перемещаясь вправо или влево, увеличивает сечение для прохода жидкости в золотнике, связанном с цилиндром отстающего конца траверсы, и уменьшает сечение для прохода жидкости в золотнике, связанном с цилиндром опережающего конца траверсы. При отсутствии перекоса шток 11 остается неподвижным, так как при подъеме или опускании траверсы происходит лишь поворот рычага 21. Для того чтобы сопротивление уравнивательных золотников 24 не влияло на слив жидкости, в схему введены обратные подпорные клапаны 10.

На станках КГЛ-1М, КГЛ-2 и КГЛ-3 можно гнуть детали длиной соответственно 3,5; 5 и 7 м и толщиной до 2,5; 6 и 10 мм.

Дальнейшим развитием конструктивных схем станков типа КГЛ являются стайки марки ЛГС разных типоразмеров. На этих станках наряду с гибкой-прокаткой можно производить также гибку вперемжку с воздействием универсального пуансона (как на листогибочных прессах). Проектом предусмотрено изготовление станков, состоящих из одной, двух и трех секций, соответственно для гибки деталей длиной 5; 10 и 15 м. Работа траверс секций синхронизируется

с помощью гидромеханических копирных устройств. Станки оборудуются загрузочными столами и устройствами для удержания изогнутой детали.

Трехвалковые асимметричные станки характеризуются несимметричным расположением валков (см. рис. 16.3, б). Верхний валок располагается над нижним с некоторым смещением в сторону заднего валка, что дает возможность согнуть первый конец заготовки

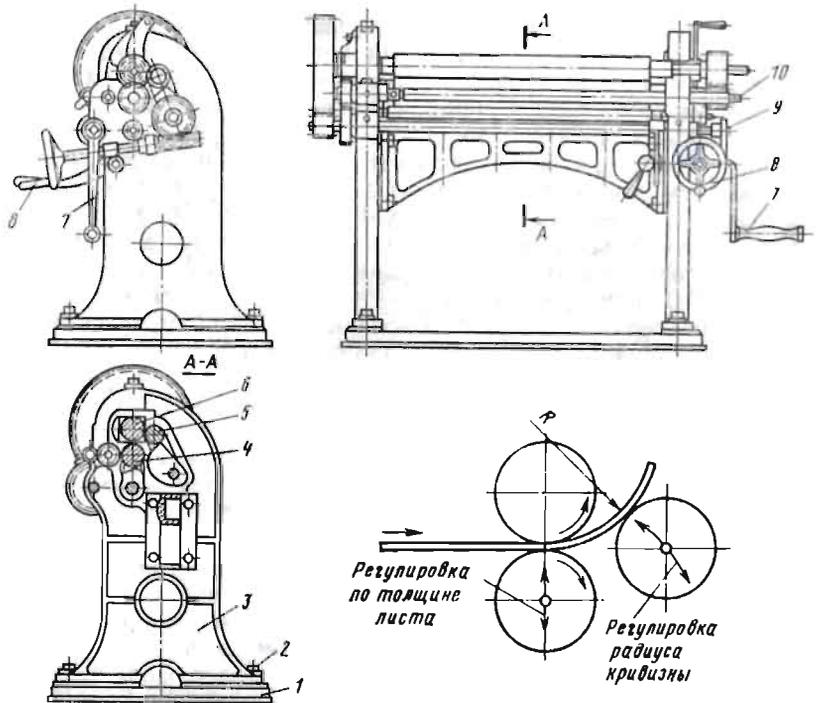


Рис. 16.7. Трехвалковый асимметричный станок

почти до радиуса верхнего валка, для чего задний валок подводят до контакта (через заготовку) с верхним валком. Подгибка второго конца осуществляется при вторичном заведении изогнутого листа между валками вперёд этим концом.

Конструкция асимметричных станков несколько сложнее симметричных, но благодаря указанному выше преимуществу они получили довольно широкое применение при гибке заготовок сравнительно небольших размеров, так как у них усилия на валках значительно больше, чем у симметричных.

У типовых конструкций асимметричных станков обычно передний нижний валок имеет регулировку по вертикали, а задний — под некоторым углом к вертикальной оси. Приводным может быть верхний валок или верхний и передний.

На рис. 16.7 показан трехвалковый асимметричный гибочный станок с ручным приводом, применяемый для гибки-прокатки небольших партий деталей. Каркас станка состоит из чугунной рамы 1, на которой болтами 2 укреплены две чугунные стойки 3, соединенные сверху траверсой. В подшипниках стоек смонтированы три стальных шлифованных рабочих вала 4, 5 и 6, которые приводятся во вращение рукояткой 7 через промежуточные шестерни. Подшипники нижнего переднего вала 4 находятся в направляющих и могут перемещаться в вертикальном направлении, что необходимо для установки требуемого в зависимости от толщины заготовки зазора между валами 4 и 6. Величина радиуса кривизны изгибаемой детали определяется положением заднего вала 5 по отношению к верхнему валу 6 (см. рис. 16.7), которое устанавливается вращением штурвала 8.

Перед заведением заготовки в рабочую зону между передним и верхним валами устанавливается зазор, соответствующий толщине листа, а положение заднего вала регулируется в зависимости от требуемого радиуса кривизны детали. Прокатку производят за один или несколько проходов, корректируя кривизну в направлении уменьшения ее радиуса с помощью штурвала 8. Если деталь имеет переменную кривизну, прокатку ведут по участкам, пользуясь при этом разметкой.

Левый подшипник верхнего вала может поворачиваться в своем гнезде в вертикальном направлении, а правый — сверху имеет съемную крышку. Если деталь имеет замкнутую форму и не может быть снята спереди или сзади, то по окончании прокатки правый конец верхнего вала поднимается и деталь снимается с него в сторону.

Станок имеет две скорости рабочих валков в зависимости от вращения рукояткой 7 вала 9 или 10.

На станках с ручным приводом можно гнуть детали из алюминиевых сплавов толщиной до 3—5 мм, длиной до 1—1,5 м.

Промышленностью выпускаются также трехвалковые асимметричные станки с машинным приводом.

В отличие от трехвалковых симметричных станков у четырехвалковых имеется еще один нижний валок (см. рис. 16.3, в), контактирующий (через заготовку) с верхним валком. При выключении из работы одного из боковых валков схема расположения валков становится сходной с трехвалковой асимметричной при центральном расположении нижнего вала. Обычно приводным является верхний валок, но у некоторых конструкций приводным является также и нижний валок. Боковые валки могут при наладке устанавливаться на требуемом расстоянии параллельно друг другу или под некоторым углом. Нижний валок регулируется по высоте на величину, соответствующую диапазону толщин изгибаемых листов. Подшипники нижнего вала иногда монтируются на пружинах или гидравлических амортизаторах, усилие которых регулируется.

Основным преимуществом четырехвалковых станков по сравнению с трехвалковыми является обеспечение надежного перемещения

(исключение проскальзывания) заготовки в процессе прокатки благодаря ее зажиму между верхним и нижним валками, что значительно расширяет технологические возможности этих станков.

Четырехвалковую схему имеют станки типа ГЛС различных модификаций и мощности.

Типовым представителем четырехвалковых станков является гибочный листовой станок ГЛС-2К, специализированный на изготовление конических деталей и обечаек длиной до 2 м. Особенностью

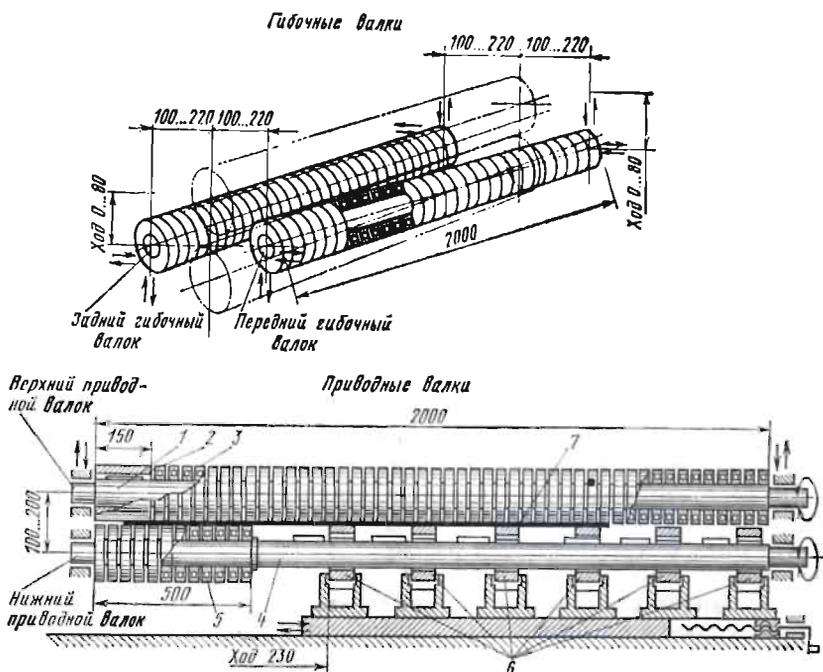


Рис. 16.8. Валки гибочного листового станка ГЛС-2К

станка являются секционные приводные и боковые валки, набранные из роликов, смонтированных на осях. Все ролики, кроме крайних, представляют собой подшипники, свободно вращающиеся относительно осей верхнего и нижнего валков (рис. 16.8), а гибочные валки набраны из подшипников полностью.

На левом конце верхнего валка 1 жестко закреплен ролик 2, а на всей остальной длине надеты шарикоподшипники 3 того же диаметра. На нижнем валу 4, наоборот, на правом конце установлено несколько ведущих роликов 6, замыкающихся на оси с помощью шпонок, а с левой стороны насажены на ось шарикоподшипники 5. Заготовка заправляется в валки таким образом, чтобы левый конец ее находился под роликом 2. В зависимости от длины заготовки на нижнем валу замыкается один из роликов 6, расположенных ближе к правому концу заготовки.

Сообщив осям верхнего и нижнего валков разные скорости вращения, пропорциональные длинам торцов трапецидальной заготовки, получают деталь конической формы. При этом все свободные ролики и шарикоподшипники, вовлекаемые во вращение силами трения при контакте с заготовкой, будут иметь промежуточные скорости.

На более мощных четырехвалковых станках помимо листовых заготовок производят также гибку монолитных панелей, как только

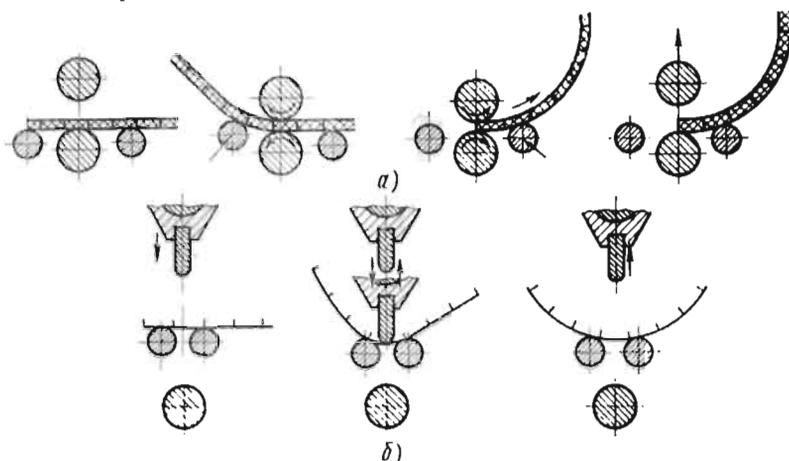


Рис. 16.9. Схемы гибки монолитных панелей

с продольным оребрением, так имеющих и продольные и поперечные ребра (вафельные панели).

К таким станкам относится станок ГЛС-12, на котором можно гнуть детали длиной до 12 м методом гибки-прокатки (рис. 16.9, а) и методом гибки впередвижку с подачей заготовки в рабочую зону каретками загрузочного стола с заданным шагом (рис. 16.9, б) [8].

Радиус изгиба и форма детали в совокупности зависят от величины перемещения и угла перекоса верхнего валка по отношению к гибочным валкам, установленным в соответствующем положении. Нижний валок имеет принудительное вращение. Гибочные валки принудительного вращения не имеют, они могут перемещаться параллельно нижнему валку в плоскости, расположенной под углом 30° к вертикали.

Управление станком осуществляется с центрального пульта, и все основные команды его сдублированы с двумя пультами, расположенными на загрузочных столах.

Оснащение станка механизмом автоматической доводки кривизны изгибаемой заготовки (рис. 16.10) позволяет избежать операции ручной доработки. Эта доводка производится при гибке впередвижку (а шаг, когда гибочные валки 2 подняты над нижним, который в работе не участвует, а траверса 3, совершая возвратно-поступатель-

ные движения от гидроцилиндра 4, с помощью верхнего валка или специального пуансона 16 последовательно изгибает заготовку (рис. 16.10). Автоматическая доводка происходит следующим образом (см. рис. 16.10). На гидроупоре 7 следящего золотника 8 с помощью винта устанавливается упор, ограничивающий ход траверсы 3

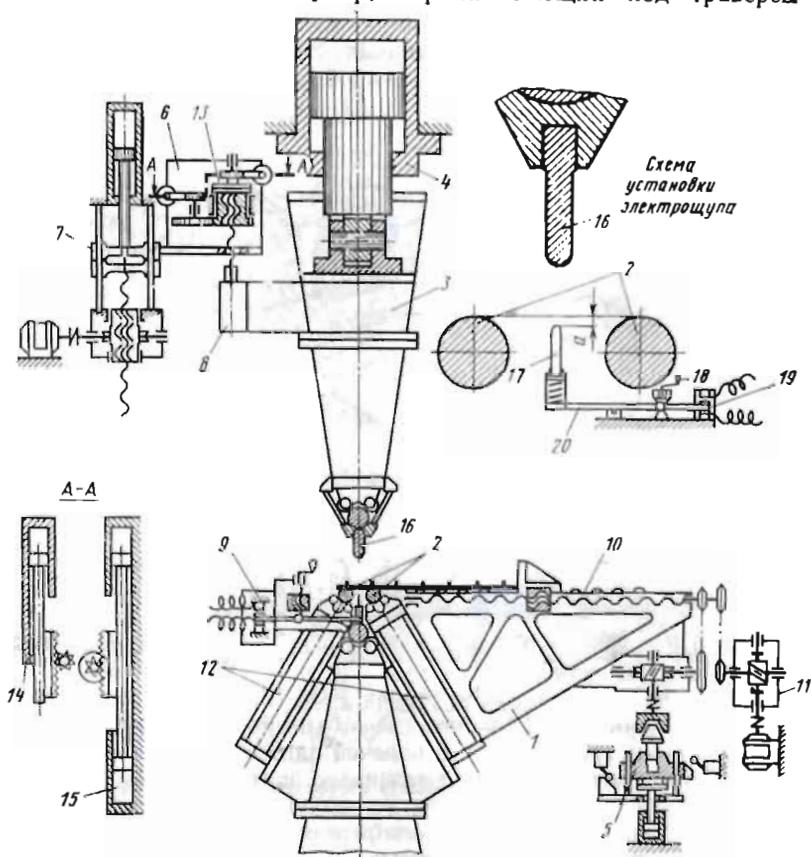


Рис. 16.10. Схема работы станка ГЛС-12

вниз для получения заданной кривизны детали. На механизме автоматического опускания траверсы 6 устанавливается величина шага опускания траверсы. Эта величина регулируется с помощью пружины храпового механизма 13

На каретке 12 гибочного валка между кронштейнами опорных роликов установлен электрощуп 9, конец которого выставляется по отношению к верхней поверхности гибочных валков 2 на расстоянии a (см. рис. 16.10), зависящем от радиуса изгиба заготовки и расстояния между осями гибочных валков. Расстояние a , регулируемое винтом 18 должно быть согласовано с гидроупором 7 сле-

дящего золотника 8. На механизме автоматической подачи заготовки 5 устанавливается шаг подачи, регулируемый упором на диске.

В процессе изгиба заготовка нажимает на штырь электрошупа 17, в результате чего размыкается нижний контакт и замыкается верхний контакт датчика 19, связанный со штырем рычагом 20. Если под действием упругой отдачи заготовка отойдет от электрошупа, верхний контакт датчика разомкнется, и автоматически подается команда на подачу масла в нижнюю полость гидроцилиндра поворота храпового механизма траверсы 15. При перемещении шток цилиндра через рейку и зубчатое колесо поворачивает храповик, который, в свою очередь, поворачивает храповое колесо на угол, соответствующий заданному шагу опускания траверсы. Жестко связанная с колесом гайка при повороте опускает застопоренный на корпусе винт-упор следящего золотника 8. Возврат храпового механизма в исходное положение осуществляется гидроцилиндром 14. При последующем опускании траверсы переместится на величину ниже предыдущей, равную перемещению винта. Подача заготовки на шаг осуществляется кареткой, установленной на столе 1 и связанной с механизмом подачи ходовым винтом 10.

Двухвалковая схема гибочных станков (см. рис. 16.3, г) значительно проще трех- и четырехвалковых и уже по этой причине является весьма перспективной. Возможность практического осуществления этой схемы гибки-прокатки появилась в связи с созданием новых достаточно прочных эластичных материалов, таких, как полиуретан и др.

В процессе прокатки заготовки между жестким и эластичным валками первый из них выполняет роль активной части инструмента, а эластичная облицовка нижнего валка, облекая заготовку и создавая реактивную распределенную нагрузку, создает необходимый для формообразования заготовки изгибающий момент. Приводными могут быть или оба валка, или один из них.

В настоящее время создание двухвалковых гибочных станков находится в стадии экспериментов и апробации, в процессе которых должны быть выработаны соответствующие рекомендации и область применения этих станков.

Состав и методика расчетов валковых гибочных станков, независимо от количества и схемы расположения валков, аналогичны. Расчет на прочность валков ведется, исходя из условия равенства изгибающего момента заготовки допустимому изгибающему моменту валков. Величина суммарного крутящего момента $M_{кр}^{сум}$ складывается из величин крутящего момента, необходимого для деформирования заготовки $M_{кр}^{деф}$, и крутящего момента, затрачиваемого на преодоление сопротивления трению качения валков по изгибаемой заготовке $M_{кр}^{тр.з}$, и трения в подшипниках валков $M_{кр}^{тр.п}$. По суммарному крутящему моменту $M_{кр}^{сум}$ с учетом КПД исполнительного механизма определяется мощность электродвигателя привода валков. По сумме $M_{кр}^{деф} + M_{кр}^{тр.з}$ определяют тяговое усилие на валках [17].

Важной характеристикой валковых гибочных станков является величина минимально возможного радиуса гибки, которая определяется из условия, что наибольший момент трения скольжения приводных валков по изгибаемой заготовке должен быть больше или в крайнем случае равен моменту тягового усилия.

16.3. УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ДРОБЬЮ

Дробеударные установки применяются для гибки монолитных панелей. Принципиально они могут быть использованы и для формоизменения деталей двойной кривизны, но в этом случае процесс настолько сложен в управлении, что пока еще не нашел широкого применения. Достаточно широко обработка дробью при соответствующих режимах также применяется для упрочнения наклепом с целью повышения сопротивления усталости деталей.

Успешно применяются дробеударные установки для гибки монолитных панелей с продольными ребрами, расположенными параллельно образующей будущей цилиндрической или конической детали.

Сущность процесса формоизменения состоит в нанесении ударов дробью по поверхности заготовки, в результате чего в ее сечении возникают остаточные напряжения, не уравновешенные по моменту. Момент этих остаточных напряжений уравновешивается моментом изгибающих напряжений, деформирующих заготовку выпуклостью навстречу струе дроби. Радиус кривизны пропорционален жесткости заготовки и обратно пропорционален величине остаточных напряжений в наклепанном слое, глубине наклепа и толщине заготовки.

В зависимости от способа сообщения скорости дроби различают установки дробеструйные, у которых дробь разгоняется струей сжатого воздуха, и дробеметные, у которых дробь разгоняется вращающейся крыльчаткой (импеллером). Элементарная установка комплектуется из формирующего аппарата с исполнительным органом (у дробеструйных — с соплом, у дробеметных — с импеллером), механизма перемещения обрабатываемой заготовки относительно исполнительного органа (у некоторых установок заготовка неподвижна, а перемещается исполнительный орган, у других — перемещения разделены по координатам), устройства регенерации и очистки дроби от пыли и осколков, системы управления и вентиляционного устройства.

У дробеструйных установок на общей платформе устанавливается ряд сопловых головок, каждая из которых имеет собственную регулировку давления воздуха, расхода дроби и угла наклона сопла. В процессе настройки в зависимости от свойств материала, толщины полотна панели и требуемой кривизны детали на основе опытных данных также устанавливаются головки на определенном расстоянии друг от друга и по отношению к заготовке.

Изменение кривизны панели по ее длине достигается изменением скорости относительного перемещения (времени воздействия), для чего механизм перемещения заготовки имеет бесступенчатое регулирование скорости.

В установках применяется стальная дробь диаметром 0,3—4 мм с твердостью *HRC* 45...55. В процессе подготовки дробь отжигается, рафинируется, обкатывается и отбирается по диаметру для повышения стойкости и сохранения постоянных параметров процесса формовки.

Типовым представителем дробеструйных установок является специализированная высокопроизводительная установка формовки панелей дробью УФПД-1 с 12-ю сопловыми головками. На ней можно обрабатывать панели с габаритными размерами 15 000×2000×120 мм. Подача сжатого воздуха осуществляется от заводской сети; давление — регулируемое 0 ... 0,5 МПа (0 ... 5 ат). Более совершенной по оснащению является дробеструйная установка УФПД-3, рассчитанная на формование панелей шириной до 1000 мм и длиной до 12 м и более [3].

На заводах летательных аппаратов применяются также модернизированные передвижные дробеструйные установки БДУ-Э2М [8].

У дробебетных установок (рис. 16.11) исполнительным органом является крыльчатка (импеллер) 1, вращающаяся с большой частотой (до 2000 об/мин и более) и выбрасывающая дробь 2 со скоростью 50 ... 60 м/с. Поток дробы имеет в плоскости ширины заготовки 3 веерообразную форму. Кривизна изгибаемой панели по длине регулируется скоростью перемещения панели относительно импеллера [8].

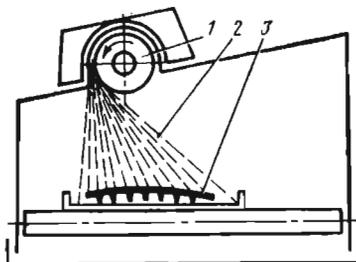


Рис. 16.11. Схема работы дробебетной установки

Типовым представителем дробебетных установок может служить установка формовки панелей дробью УФПД-4, на которой можно обрабатывать панели с максимальными размерами 2500×2500 мм, при этом скорость формообразования в пределах 0,2 ... 5,0 м/мин изменяется по программе. Установка имеет 8 импеллеров диаметром по 495 мм.

Сравнивая оба типа установок, следует отметить, что дробеструйные установки универсальнее дробебетных, так как на них, обрабатывая панель дифференцированно в направлении ее ширины, можно получать любую кривизну при произвольном распределении толщины полотна. К недостаткам дробеструйных установок можно отнести нестабильность по режиму, сложность в управлении и наладке, а также меньшую экономичность.

Большие перспективы имеют осваиваемые производством установки для формовки дробью с числовым программным управлением всеми основными параметрами процесса.

В заключение отметим, что системы ЧПУ начинают применяться также в валковых гибочных станках, где программа, разработанная с помощью ЭВМ, управляет положением гибочного вала в зависимости от упругопластического поведения листа в процессе гибки с учетом упругой деформации валков, вызванной технологической нагрузкой. Параметры гибки определяют путем моделирования процесса формоизменения на ЭВМ.

ГЛАВА 17

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

Основным видом технологических машин для формоизменения листовых деталей двойной кривизны при серийном производстве служат обтяжные прессы, оснащаемые пуансонами, определяющими форму деталей. Для изготовления различных групп деталей созданы соответствующие виды обтяжных прессов, основными из которых являются: прессы для простой обтяжки (рис. 17.1, а), обтяжки

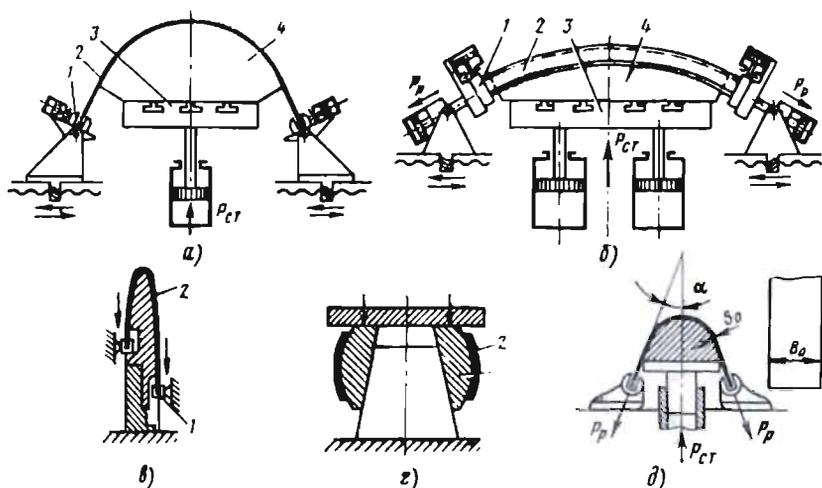


Рис. 17.1. Принципиальные схемы обтяжных прессов

с растяжением (рис. 17.1, б), односторонней обтяжки (рис. 17.1, в) и кольцевой обтяжки (рис. 17.1, г).

Кроме обтяжных прессов для формоизменения деталей двойной кривизны, их калибровки и доводки применяются также установки для формовки обечаек жидкостью, выколочные молоты, листопадоочные станки, листораскатные станки и др.

17.1. ПРЕССЫ ДЛЯ ПРОСТОЙ ОБТЯЖКИ

Прессы для простой (поперечной) обтяжки (рис. 17.1, а) предназначены для формоизменения в основном деталей типа оболочек бочкообразной формы. Удерживаемая зажимными устройствами 1 с двух сторон по краям заготовка 2 обтягивается по пуансону 4 движением стола 3 вверх.

Одним из представителей этой группы прессов является гидравлический обтяжной пресс ОП-3, служащий для поперечной обтяжки листов с максимальными размерами $3000 \times 1800 \times 2$ мм. Пресс состоит из следующих основных узлов (рис. 17.2): станины 1, двух траверс 2 с зажимными устройствами 7, насосной установки с электродвигателем 8, двух гидроцилиндров 5 подъема стола 6, привода траверс с электродвигателями 4 и ходовыми винтами 3, гидроцилиндров поворота зажимов 9 и пульта управления.

Стол прессы имеет на верхней и боковых плоскостях Т-образные пазы для крепления пуансона. Подъем стола ограничивается двумя расположенными на станине прессы конечными выключателями, автоматически через соответствующую электрическую цепь и с помощью электромагнита выключающими электродвигатели насосов. Скорость холостого хода стола 70 см/мин, рабочего — 10 см/мин, максимальное усилие 3,5 МН (360 тс).

Траверсы со смонтированными на них зажимными устройствами при наладке пресса с помощью ходовых винтов устанавливаются в положение, соответствующее ширине заготовки. При изготовлении конических деталей траверсы могут быть установлены в горизонтальной плоскости под углом до 8° по отношению к исходному положению. На каждой траверсе укреплено одиннадцать секций клиновых самозажимов с пневматическими цилиндрами для предварительного защемления заготовки (см. рис. 5.7).

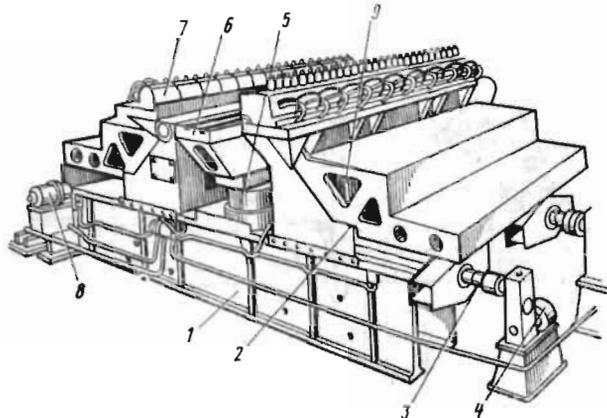


Рис. 17.2. Обтяжной пресс ОП-3

Гидравлическая система подъема стола имеет две ступени давления: низкое — до 5 МПа (50 ат), обеспечивающее холостой ход стола и предварительный изгиб заготовки, и высокое — до 20 МПа (200 ат) для полного деформирования заготовки. Включая лишь один цилиндр, можно создать наклон стола на угол $\pm 10^\circ$. Спускается стол под действием собственной массы. Гидравлический привод поворота зажимов обеспечивает фиксацию поворота их на любой угол и предотвращение самопроизвольного опрокидывания.

На пульте управления смонтированы приборы, предназначенные для контроля усилия пресса в процессе обтяжки, усилия зажимов и их поворота на определенный угол, регуляторы скорости и др.

Другим представителем прессов для простой (поперечной) обтяжки является пресс ОП-60М, предназначенный для формоизменения листовых деталей одинарной и двойной кривизны, имеющих в плане цилиндрическую, коническую или бочкообразную форму из алюминиевых сплавов длиной до 2 м, шириной (в развертке) до 1,5 м и толщиной до 2 мм. Отличительной особенностью пресса является возможность формоизменения деталей из сплавов ВТ-1, ВТ1-2, ЭТ-4, ВНС и других высокопрочных материалов с применением электроконтактного нагрева заготовки. Максимально допустимые размеры заготовки из этих сплавов определяются, исходя из усилия тола пресса, равного 0,6 МН (60 тс).

Пресс ОП-60М (рис. 17.3) имеет сварную из толстолистовой стали коробчатую станину 1, на которой размещены все узлы, за исключением насосной станции, пульта управления, электрошкафа и нагревательного устройства. Станина имеет горизонтальные направляющие 2 для передвижения траверс 3 с зажимами 4.

На двух центральных поперечных плитах смонтированы силовые цилиндры 5 и кронштейн стола 6. Между поперечными стенками внутри станины установлены ходовые винты траверс, а снаружи на поперечных стенках — их приводы.

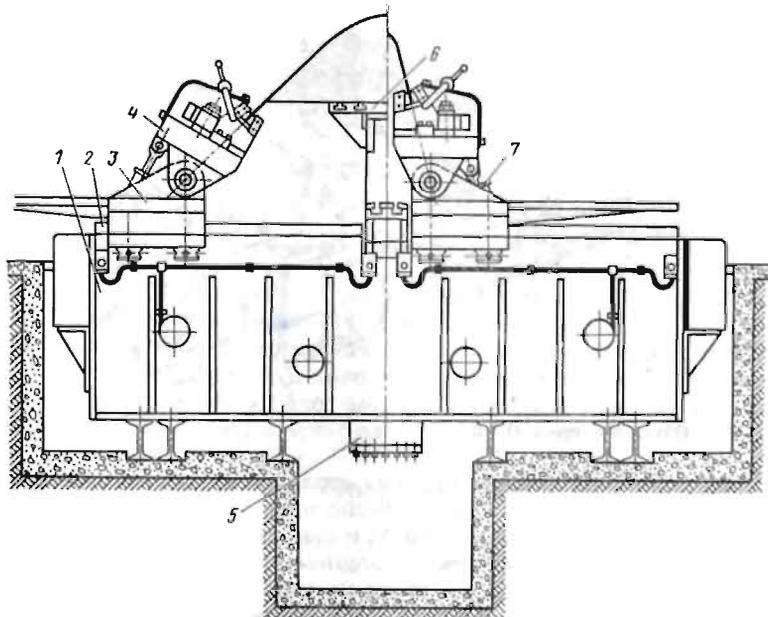


Рис. 17.3. Обтяжной пресс ОП-60М

Траверса 3 состоит из соединенных между собой осями через проушины двух частей. Каждая траверса может перемещаться по направляющим станины при помощи ходовых винтов и установленных на кронштейнах гаек и занимать требуемое положение по отношению к столу. В зависимости от формы детали траверсы могут устанавливаться как параллельно столу, так и под углом до 8° . Траверсы имеют по два гидравлических цилиндра 7 для поворота их верхних частей с зажимными устройствами относительно нижних. Управление ходом траверс по направляющим станины индивидуальное; привод рассчитан на перемещение траверс только в свободном состоянии (без нагрузки).

Зажимные устройства 4, смонтированные на верхних частях траверс, представляют собой кованные корпуса, внутри которых помещаются механизмы зажимов. Зажим заготовки основан на прин-

ципе самозаклинивания листа в губках (см. рис. 5.7). Корпус зажима крепится в Т-образном пазу траверсы двумя болтами. Болты и корпус зажима изолированы от траверсы текстолитовыми прокладками. На каждой траверсе установлено по шесть зажимов.

Подъем стола 6 производится гидроцилиндрами 5 поршневого типа с односторонними штоками. Стол к штокам крепится с помощью проушин и осей. Управление как совместной, так и индивидуальной работой цилиндров осуществляется с пульта управления. Питаются цилиндры насосом с подачей 140 л/мин.

Стол 6 пресса имеет сварную конструкцию, на которую устанавливаются сменные рабочие плиты длиной 1500 мм, шириной 100 и 200 мм, служащие для крепления на них пуансонов в Т-образных пазах. В рабочем положении стол может быть установлен как горизонтально, так и под углом в пределах $\pm 10^\circ$. Для направления и центровки при перемещениях в центральной части стола установлен шток с шарниром.

Насосная станция включает в себя насос, электродвигатель, гидроэлектрозолотники и масляный бак. Станция рассчитана для работы на минеральных маслах с вязкостью по Энглеру $E^\circ = 2,6 \dots 6,2$ при температуре масла до 50°C . Сдвоенный лопастной насос по ветви большой подачи (140 л/мин) питает цилиндры подъема стола, а по ветви меньшей подачи (35 л/мин) — цилиндры наклона траверсы и цилиндры зажимных устройств.

Для перемещения траверсы вдоль направляющих станины, а также поворота траверсы на угол до 8° служит привод, скомпонованный из электродвигателя и редуктора (рис. 17.4). Вал электродвигателя с валом редуктора соединен втулочно-пальцевой упругой муфтой. От редуктора через цепную передачу вращение передается на ходовые винты. При включении одной из электромагнитных муфт вращается один винт и происходит поворот траверсы; при включении обеих муфт равномерно перемещаются оба конца траверсы.

Пульт управления представляет собой шкаф, внутри которого размещена гидравлическая и электрическая аппаратура. На верхней панели пульта установлены регуляторы скорости, краны управления, манометры и кнопки управления работой пресса.

Гидравлическая система пресса (рис. 17.5) предназначена для предварительного зажатия заготовки в зажимных губках, поворота верхних траверс, подъема и опускания стола.

Предварительный зажим или освобождение заготовки производится с помощью цилиндров зажима, которые перемещают зажимные губки, получая питание от ветви сдвоенного лопастного насоса с подачей 35 л/мин. Масло по трубопроводу 13—13 поступает через обратный клапан 2 и трубопровод 14—14 в предохранительный клапан 1, затем по трубопроводам 15—15, 27—27, 23—23 к электрозолотникам 15, от них по трубопроводам 25—25 и 28—28, 26—26 и 29—29 к коллектору зажимных губок, а от него — в цилиндры зажимного устройства 16.

По трубопроводам 24—24 и 50—50 масло поступает в электрозолотники 12, от них по трубопроводам 17—17 и 51—51 к крану 13, затем по трубопроводам 20—20 и 32—32 к замкам 14. От замков 14 по трубопроводам 21—21, 31—31, 22—22, 10—30 в верхнюю полость цилиндра наклона 11. От крана 13 по трубопроводам 8—18, 33—33, 19—19, 34—34 масло поступает в нижнюю полость цилиндра наклона 11.

Кроме поворота верхней траверсы с зажимами гидросистема цилиндров наклона в пределах до 30° дает возможность самоустановки траверсы в направлении обтягивающей силы. Золотники и краны обеспечивают четыре положения траверсы: наклон вверх, наклон вниз, стоп и самоустановление. Электрозолотники управляют универсальными переключателями, а краны — ручками.

Питание цилиндров подъема стола осуществляется от сдвоенного лопастного насоса 4 по трубопроводу 3—3 через обратный клапан 5, по трубопроводу 4—4 через предохранительный клапан 6, по трубопроводам 5—5, 6—6 и 36—36, 7—7 к реверсивным золотникам 7 с электрогидравлическим управлением. Далее по

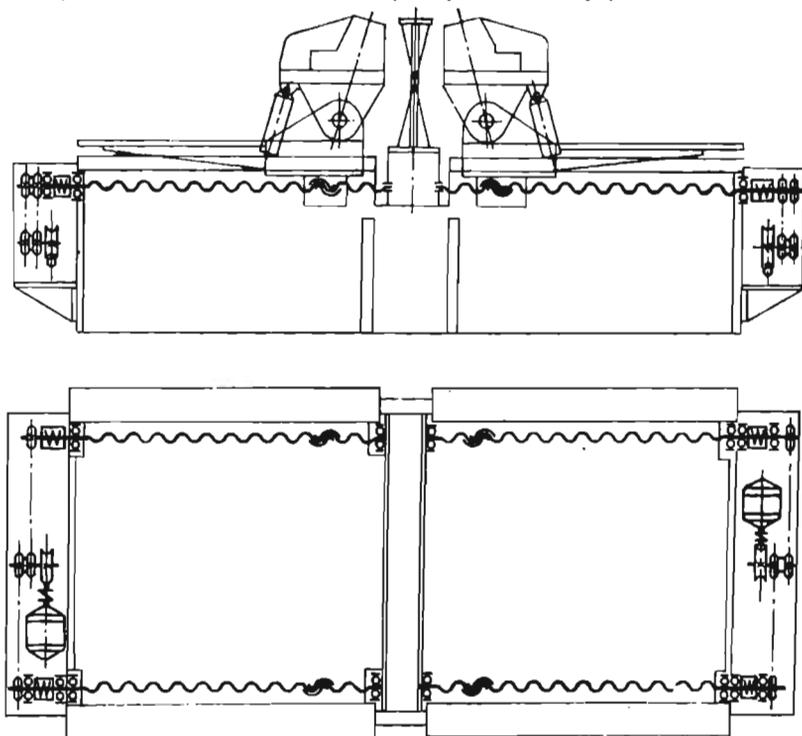


Рис. 17.4. Кинематическая схема прессы ОП-60М

трубопроводам 8—8 и 37—37 масло поступает в нижнюю полость цилиндров, а по трубопроводам 9—9 и 38—38 — к регуляторам скорости 8 и по трубопроводам 10—10 и 39—39 — в верхнюю полость цилиндров. При закрытых золотниках масло через предохранительный клапан по сливному трубопроводу сливается в бак.

Для нагрева заготовок методом электросопротивления пресс оснащен специальной установкой. Два трансформатора от сварочной машины понижают напряжение с 380 В до напряжения, регулируемого в пределах 6,9—13,8 В. Электросхема нагревательной установки позволяет осуществлять различные режимы нагрева в диапазоне до 950°C . Контроль температуры может производиться контактным способом с помощью термопары и электронного автоматического потенциометра, бесконтактным фотоэлектрическим пирометром или косвенно — с помощью реле времени.

Для предотвращения чрезмерного перегрева заготовки в зоне зажимных губок на прессе предусмотрена система обдува от заводской сети сжатого воздуха. Обдув позволяет понизить температуру заготовки у зажимов на $150 \dots 300^\circ\text{C}$. Пневматическая схема обдува показана на рис. 17.6. Из цеховой сети через вентиль 1 сжатый

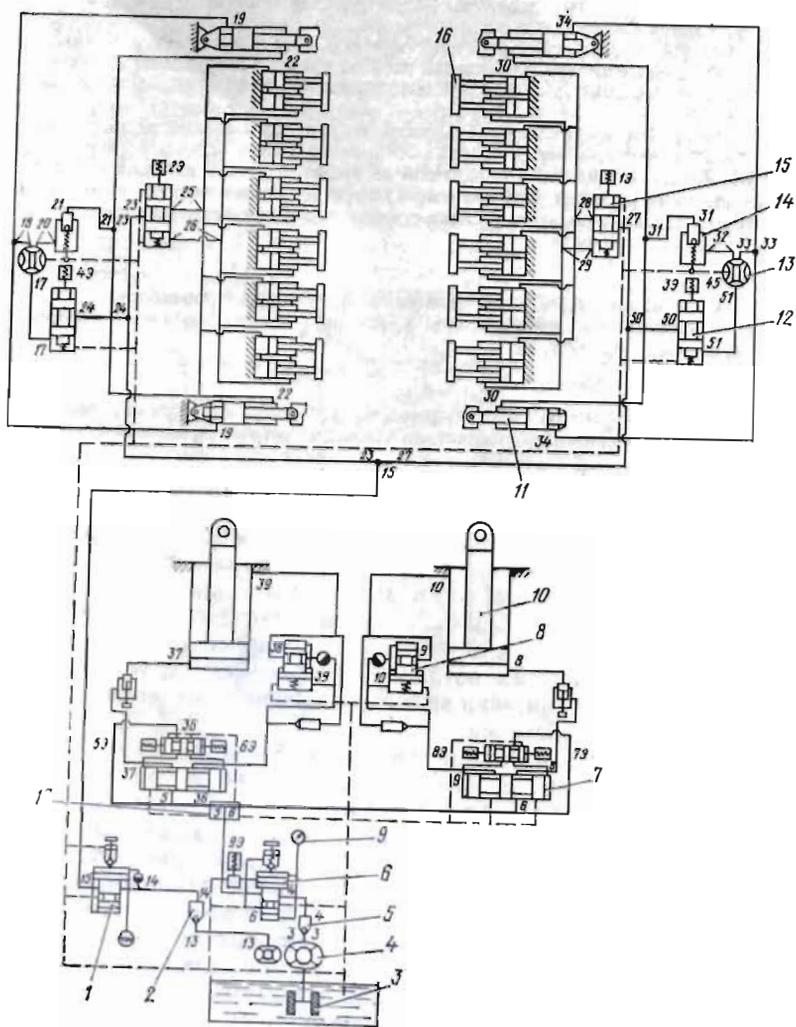


Рис. 17.5. Гидравлическая схема прессы ОП-60М

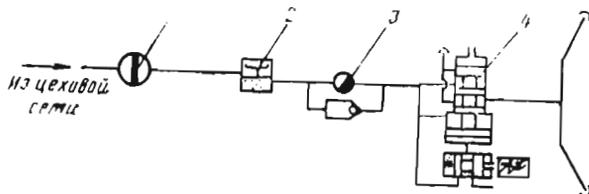


Рис. 17.6. Пневматическая схема прессы ОП-60М

воздух поступает по влагоотделителю 2, затем в дроссель 3 и воздухораспределитель 4, направляющий его на заготовку.

Кнопки управления зажимами расположены непосредственно у зажимов, на траверсе. Остальные кнопки управления работой пресса расположены на стационарном пульте управления, а для подъема и опускания стола — еще и на подвесном пульте.

Прочностные и энергетические расчеты этих прессов можно вести по усилию растяжения, подсчитанному в результате анализа напряженно-деформированного состояния опасного сечения обтягиваемой заготовки с учетом влияния сил трения. При проверочных расчетах растягивающее усилие допустимо определять упрощенно с некоторым запасом, полагая, что все сечение заготовки испытывает напряжение равное пределу прочности:

$$P_p = b_0 s_0 \sigma_v \quad (17.1)$$

где b_0 и s_0 — ширина и толщина заготовки; σ_v — предел прочности.

Тогда усилие, развиваемое столом пресса при простой обтяжке, определится по формуле (см. рис. 17.1, д)

$$P_{ст} = 2P_p \cos \alpha = 2b_0 s_0 \sigma_v \cos \alpha \quad (17.2)$$

По найденному усилию стола и заданному давлению жидкости определяют размеры силовых цилиндров, характеристики зажимных устройств, насосов и двигателей.

17.2. ПРЕССЫ ДЛЯ ОБТЯЖКИ С РАСТЯЖЕНИЕМ

Прессы для обтяжки с растяжением (растяжно-обтяжные прессы) (см. рис. 17.1, б) предназначены для формоизменения листовых деталей двойной кривизны в основном с малой кривизной в направлении длинной стороны. Для получения остаточной деформации и в этом направлении в отличие от прессов простой обтяжки на растяжно-обтяжных прессах обтяжка производится не только движением стола с пуансоном, но и за счет растяжения заготовки каретками с зажимными устройствами.

По этой схеме работают растяжно-обтяжные прессы РО-1М, РО-3М, РО-500 и др. В качестве примера рассмотрим устройство и работу пресса РО-3М. Отличительной особенностью этого пресса является наличие портала с верхним столом, что дает возможность формировать детали знакопеременной кривизны (рис. 17.7).

Узлы пресса РО-3М смонтированы на стальной сварной станине 20 (рис. 17.8). По направляющим станины с помощью ходовых винтов 3 и гаек 1 перемещаются с приводом от электродвигателей 2 каретки 4 с цапфами 5, имеющие растяжные цилиндры с зажимными плитами 9 и зажимами 11, цилиндры 7 наклона зажимных плит и формующие цилиндры 10. Перед обтяжкой с целью разгрузки ходовых винтов каретки дополнительно фиксируются на станине двумя пневматическими фиксаторами, смонтированными по бокам станины.

Перед началом обтяжки заготовка закрепляется с двух сторон в зажимах 1 (рис. 17.9) плиты 2. Средний зажим 1а установлен неподвижно, остальные зажимы имеют возможность перемещаться по Т-образным пазам плиты, причем зажимы 1б и 1в, попарно соединенные рычагами 3, имеют привод от формующих цилиндров 4, а зажимы 1г, связанные с соседними шарнирно, устанавливаются соответственно общему контуру краевого сечения детали. После зажима листа в губках, расположенных горизонтально, подается

давление в формующие цилиндры, и заготовка огибается по шаблону 5, контур которого соответствует крайнему сечению детали, или по индикатору пульта управления. Конструкция рабочей части зажимов аналогична рассмотренной ранее (см. рис. 5.7).

Гидравлические растяжные цилиндры 6 (см. рис. 17.8) могут поворачиваться цилиндрами 7 наклона через рычаги 22 на цапфах 21 и выставляться в соответствии с углом наклона крайних участков обтяжного пуансона. Под растяжным цилиндром и над ним расположены цилиндры холостого хода, штоки которых связаны с зажимными плитами.

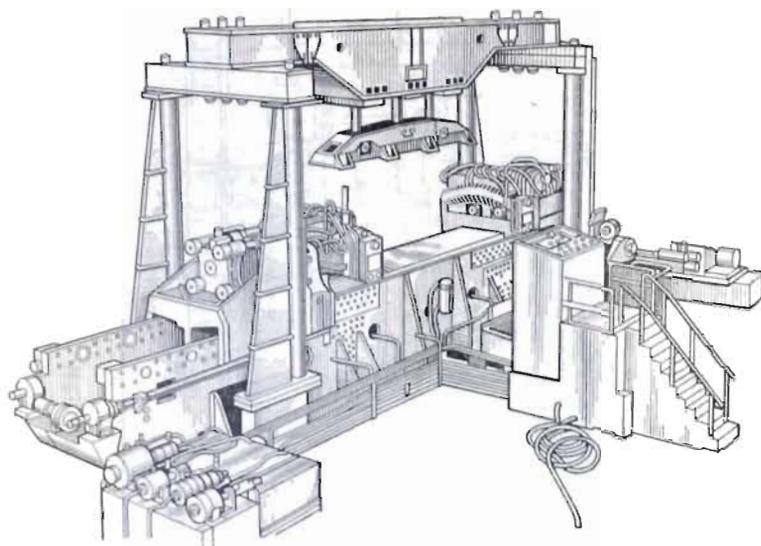


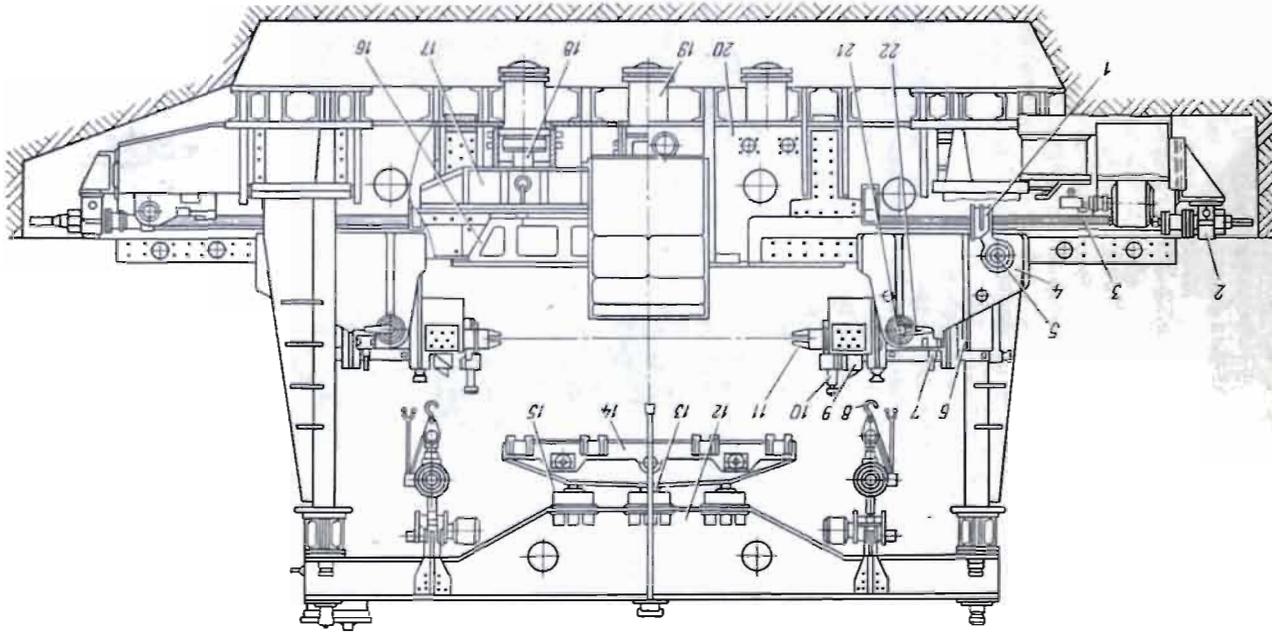
Рис. 17.7. Общий вид растяжно-обтяжного пресса РО-3М

Нижний стол 17 укреплен шарнирно на штоках 18 трех гидравлических цилиндров 19, что позволяет наклонять его на угол до 5° . При установке пуансонов небольшой высоты на стол помещаются сменные тумбы 16.

Верхний стол 14 шарнирно подвешен к штокам двух гидравлических цилиндров 15, смонтированных на портале 12, имеющем электротали 8. Для направления движения стола имеется цилиндрическая направляющая 13. В верхнем положении стол запирается специальным замком, заблокированным с гидравлическим цилиндром 15.

Гидрокинематическая схема пресса изображена на рис. 17.10. Привод каретки состоит из электродвигателя 18, эластичной муфты 19, червячного редуктора 23, предохранительной муфты 20, ходового винта 21 и гайки 22. Пневмофиксатор 25, питаемый от заводской сети сжатого воздуха через кран 24, фиксирует каретку в процессе обтяжки.

Рис. 17.8. Схема конструкции растражно-обтяжного пресса Р0-3М



Насос 6 через обратный клапан 7, предохранительный клапан 8, золотник 34 с электромагнитным управлением подает давление в цилиндры 29 зажимов заготовки. Формующие цилиндры 28 питаются аналогичным способом через золотники 33. Цилиндры 17 наклона зажимных устройств питаются от насоса 6 через обратный клапан 7, предохранительный клапан 8 и кран 15. Цилиндры 26 холостого хода зажимов управляются с помощью золотников 16, электрически заблокированных с золотниками 14.

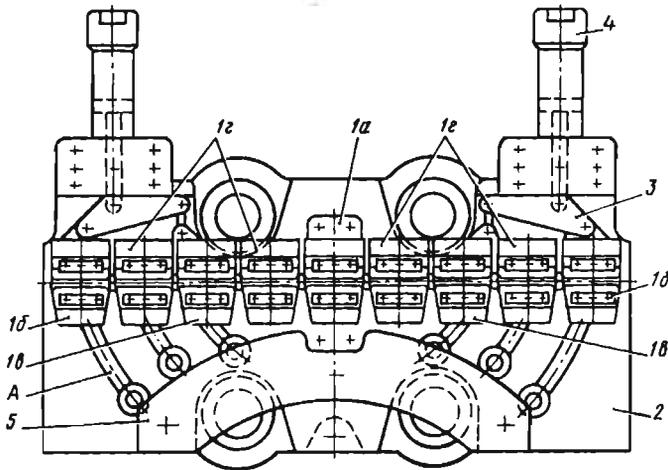


Рис. 17.9. Конструкция зажимной плиты пресса РО-3М

Растяжные цилиндры 32 питаются от насоса 9 через предохранительный клапан 10 и золотник 11 с ручным управлением. Регулировка усилия растяжения в зависимости от сечения и механических свойств заготовки производится вручную клапаном 12 дистанционного управления в диапазоне от 2 до 20 МПа (20–200 ат).

Питание цилиндров подъема нижнего стола осуществляется двумя насосами: насосом 3 низкого давления (1,5 МПа) и насосом 1 среднего давления (6,5 МПа) через предохранительные клапаны 4 и 2. Вначале жидкость подается обоими насосами. По достижении в цилиндрах давления 1 Па разгрузочный клапан 5 переключает насос 3 на слив, и дальнейший подъем стола осуществляется только за счет работы насоса 1 среднего давления. Обратный клапан 13 запирает выход жидкости высокого давления на слив через клапан 5.

Питание цилиндров 31 верхнего стола осуществляется насосом 1 среднего давления через золотники 30.

В крайних положениях перемещающихся узлов пресса срабатывают конечные выключатели, автоматически прекращающие их движение.

На прессе РО-3М можно формировать детали одинарной, двойной двоякой кривизны с наибольшими размерами 7000 × 18000 × 6 мм.

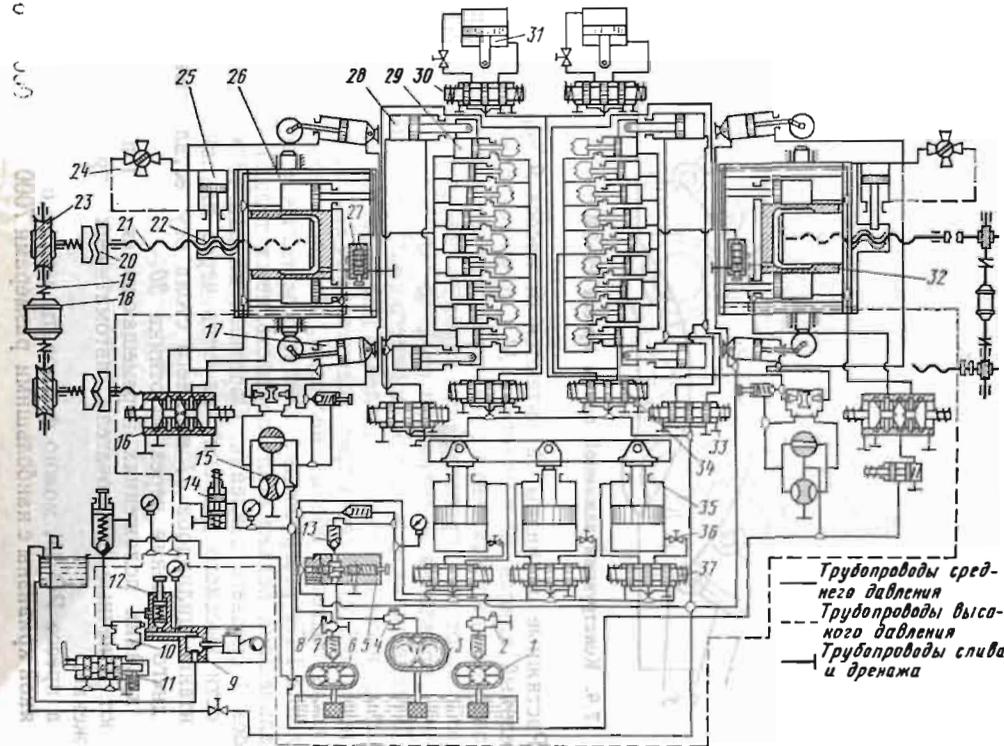


Рис. 17.10. Гидропневматическая схема прессы РО-3М

— Трубопроводы среднего давления
- - - Трубопроводы высокого давления
▬ Трубопроводы слива и дренажа

В настоящее время созданы прессы, на которых можно изготавливать детали длиной до 18 м при ширине 3,5 м. Для изготовления деталей знакопеременной кривизны на этих прессах имеются специальные откатные порталы с установленными на них верхними столами.

Методика расчета растяжно-обтяжных прессов аналогична методике расчета прессов для простой обтяжки

17.3. КОМБИНИРОВАННЫЕ ОБТЯЖНЫЕ ПРЕССЫ

Комбинированные обтяжные прессы сочетают в себе возможности прессов для простой обтяжки и растяжно-обтяжных прессов. Особенно эффективно их использование в мелкосерийном производстве, когда оборудование загружено недостаточно.

На рис. 17.11 показан комбинированный обтяжной пресс ОП-5К. На столе пресса 2 через переходную плиту 3 жестко крепятся сменные пуансоны 1. Вертикальное перемещение стола осуществляется по центральной направляющей 5 под действием силовых гидроцилиндров 4. В горизонтальной плоскости стол может быть повернут вручную.

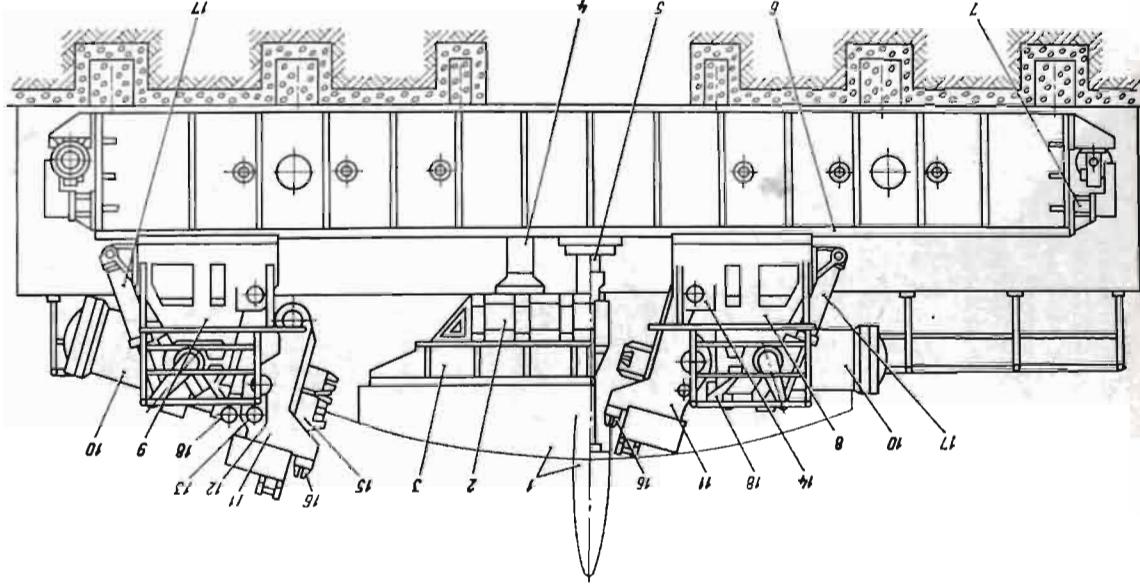
По направляющим станины 6 с помощью ходовых винтов 7 перемещаются правая 8 и левая 9 каретки с растяжными гидроцилиндрами 10 и зажимными плитами 11. При помощи тех же ходовых винтов каретки могут поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол до 10° в обе стороны.

Зажимная плита центральными проушинами крепится на оси переходной плиты 12, жестко закрепленной на штоке растяжного гидроцилиндра. При обтяжке с растяжением зажимная плита фиксаторами 13 жестко соединяется со штоком растягивающего цилиндра; при простой обтяжке фиксаторы освобождают зажимную плиту, которая остается соединенной со штоком цилиндра только осью, причем фиксаторы 14 каретки шарнирно соединяют нижние проушины зажимной плиты с каретками. На боковой плоскости зажимной плиты смонтированы одиннадцать секций боковых зажимов 15, а на верхней — девять секций верхних зажимов 16. Растяжной цилиндр в вертикальной плоскости поворачивается на цапфах с помощью гидроцилиндров наклона 17. Зажимная плита поворачивается вокруг оси растяжного цилиндра рукояткой механизма поворота 18.

Пресс монтируется на фундаменте в приемке, на дне которого установлены две насосные установки и маслобак.

На рис. 17.12 приведена схема работы пресса ОП-5К. При простой обтяжке (рис. 17.12, а, б) заготовка 1 краями зажимается в верхних зажимах 2, а деформирование осуществляется движением стола пуансоном 4. При обтяжке с растяжением (рис. 17.12, в) заготовка 1 зажимается в боковых зажимах 3, предварительно деформируется движением повернутого на угол 90° в горизонтальной плоскости стола с пуансоном, а окончательная обтяжка с усилием P_p производится растяжными цилиндрами. Поворотом зажимных плит 5

Рис. 17.11. Комбинированный отражатель прессы ОП-5К



могут быть получены детали, изогнутые по винтовой линии на угол до 30° (рис. 17.12, з). Губки боковых зажимов могут быть выставлены по выпуклой дуге радиусом до 400 мм и вогнутой дуге радиусом до

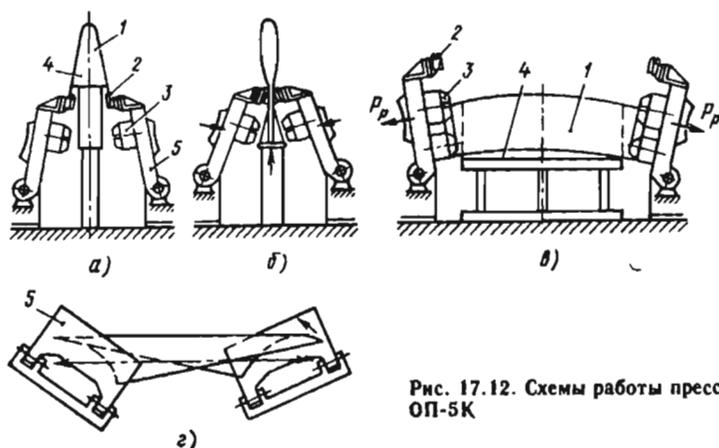


Рис. 17.12. Схемы работы пресса ОП-5К

1500 мм по упорам, устанавливаемым с пульта управления. Для обтяжки заготовок трапецидальной формы каретки имеют разворот в горизонтальной плоскости на суммарный угол до 20° .

17.4. ПРЕССЫ ДЛЯ ОДНОСТОРОННЕЙ ОБТЯЖКИ

Прессы для односторонней обтяжки (рис. 17.1, в) предназначены для формоизменения деталей двойной и одинарной кривизны типа тобовников с большим углом охвата (около 180°) и разными по длине сторонами. По существу — это прессы простой обтяжки, но работающие по схеме при неподвижном столе и перемещающихся зажимных устройствах. Отличием этих прессов от других обтяжных прессов является независимое друг от друга вертикальное перемещение траверса, позволяющее при необходимости производить одностороннее растягивание заготовок, что необходимо для получения одинаковых относительных деформаций у обшивок с разными сторонами (при разных абсолютных деформациях).

Представителем прессов односторонней обтяжки является гидравлический обтяжной пресс ОП-2 (рис. 17.13). Основными частями прессы являются: станина 8, неподвижный стол 3, перемещающиеся траверсы 7, установленные на каретках 6, зажимы 1 для крепления заготовки 2, гидравлические цилиндры 5, пневматический привод зажимов, гидравлический привод траверса и пульт управления.

На станине прессы установлен неподвижный стол и смонтированы каретки с траверсами. Верхняя и одна из боковых плоскостей стола являются опорными при креплении пуансона 4 и образуют между собой угол 75° . Для крепления пуансонов эти плоскости имеют Т-образные пазы. Конфигурация стола позволяет вести обтяжку деталей малой дужкой (до 110 мм).

Каждая из траверс подвешена на двух каретках, имеющих возможность перемещения по направляющим станины. В верхней части траверсы расположены зажимы, в нижней — в одной плоскости с зажимами установлены четыре гидравлических цилиндра для вертикального перемещения траверсы с опорой о станину. Траверсы перемещаются на каретках по направляющим с помощью механического привода и ходовых винтов; они могут наклоняться на угол до $1^{\circ}30'$ с ограничением конечными выключателями.

При наладке пресса каретки перемещаются по направляющим станины с помощью ходовых винтов; они могут быть установлены как параллельно столу, так и под углом до 2° .

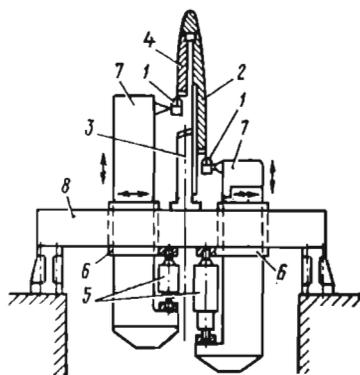


Рис. 17.13. Обтяжной пресс ОП-2

Зажимы, снабженные рифлеными губками, состоят из 18 секций на каждой траверсе. Они крепятся к траверсе шарнирно, что позволяет им самоустанавливаться при обтягивании заготовки в пределах $\pm 5^{\circ}$ от вертикальной оси.

Привод пресса состоит из двух отдельных систем: гидравлического привода траверс и пневматического привода зажимов. На установленном с торцевой стороны пресса пульте расположены: электрическая панель с кнопками, универсальными переключателями и сигнальными

лампами, регуляторы скорости и давления, манометры, запорные вентили и рукоятки золотников.

Пресс устанавливается на фундаменте; ниже уровня пола располагается силовая часть пресса, электродвигатели и редукторы привода кареток.

Обтяжка деталей одинарной кривизны типа лобовиков взамен гибки впередивжу дает большую точность при высокой производительности.

17.5. ПРЕССЫ ДЛЯ КОЛЬЦЕВОЙ ОБТЯЖКИ

Прессы для кольцевой (радиальной) обтяжки предназначены для формоизменения разжимным пуансоном обечаек из предварительно свернутых и сваренных конических или цилиндрических заготовок.

К прессам для кольцевой обтяжки (иначе они еще называются прессами калибровки деталей) относятся прессы ПКД-1, ПКД-2 и ПКД-3. Пресс ПКД-3 сконструирован на базе четырехколонного гидравлического пресса П-424 усилием 2,5 Н (250 тс) и предназначен для калибровки растяжением сварных кольцевых деталей в основном из прессованных профилей секционным пуансоном, прессы ПКД-1 и ПКД-2 являются специализированными.

На рис. 17.14 показан общий вид, а на рис. 17.15 приведена конструктивная схема прессы ПКД-2. Двенадцать секторов 1 (см. рис. 17.15) разжимного пуансона могут передвигаться по образующей конуса 3, укрепленного на верхней части станины 7 с шестью радиальными Т-образными пазами. В нижней части станины смонтирован гидроцилиндр 9, внутри которого перемещается поршень со штоком 12. К верхнему концу штока крепится тяга 15 с разрезной шайбой 16 и гайкой 17. К нижнему концу штока шарнирно прикреплена траверса 10.

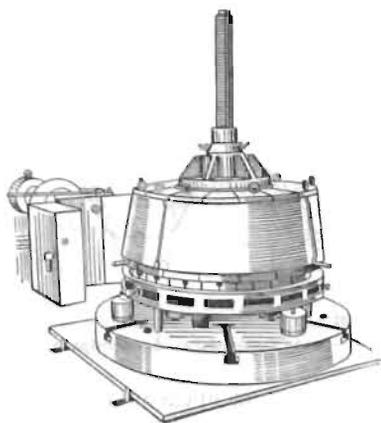


Рис. 17.14. Общий вид прессы ПКД-2

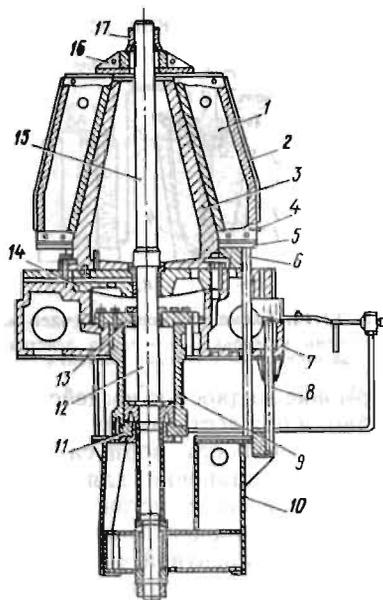


Рис. 17.15. Конструктивная схема прессы ПКД

При движении штока вниз тяга 15 через гайку 17 и разрезную шайбу 16 давит на секторы 1, которые, передвигаясь по поверхности конуса 3, расходятся в стороны, тем самым формуют заготовку 2, установленную своей кромкой на фиксаторы 4. При движении штока вверх траверса перемещает двенадцать маркетных колонок 6, которые, в свою очередь, перемещают вверх секторы 1 разжимного пуансона по конусу 3, вследствие чего секторы сходятся и занимают исходное для начала работы положение.

Величина хода вниз фиксируется штангой со шкалой 8, а для ограничения хода под опорную плиту подкладываются регулировочные прокладки, регламентирующие степень деформации заготовки.

Принцип устройства и работы прессов ПКД используется также в конструкциях технологических машин для формовки обтяжки неосесимметричных деталей.

Методика прочностных и энергетических расчетов прессов ПКД аналогична расчетам прессов простой обтяжки; исходной величиной для расчетов является прочность меридионального сечения заготовки.

17.6. УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМОВКИ ОБЕЧАЕК ЖИДКОСТЬЮ

Назначение установок для формовки обечаек жидкостью сходно с назначением прессов ПКД. Принципиальным отличием является характер воздействия на заготовку. При формовке обечаек жестким секционным пуансоном на ПКД неизбежна огранка детали в области зазоров между секциями, образующихся в конце процесса. При

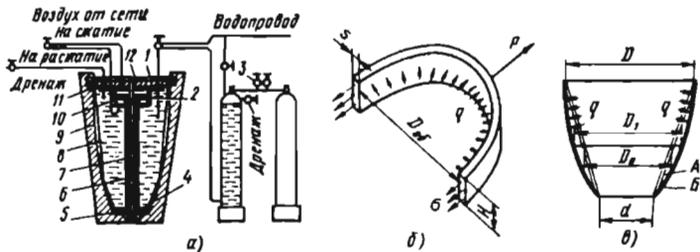


Рис. 17.16. Схема формовки обечаек жидкостью: а — схема установки; б — схема действия сил; в — схема процесса формообразования; А — заготовка; Б — готовая обечайка

формовке жидкостью воздействие на заготовку распределяется равномерно, и при достаточном давлении форму детали определяет внутренняя поверхность корпуса установки.

Схема установки для формовки жидкостью показана на рис. 17.16, а. Корпус установки 9, являющийся матрицей, изготавливается из алюминиевого литья. Его внутренняя полость облицовывается пескоцементной массой, состоящей из глиноземного цемента и речного песка в отношении 1 : 2, и формируется по эталонной болванке или с использованием шаблонов.

Перед началом процесса внутрь корпуса вставляется сваренная после свертки заготовка обечайки 8. С помощью крана внутрь устанавливается зажимное устройство со стяжным болтом 7 и запирается верхняя крышка 12. При подаче воздуха «на сжатие» поршень 2 перемещается вниз, давит через трубчатый шток 6 на нижний зажимной диск 4 и одновременно на верхний зажимной диск 1, являющийся верхней крышкой пневматического цилиндра 10. Диски 1 и 4 сжимают соответственно уплотнительные резиновые кольца 11 и 5, в результате чего обеспечивается герметизация внутренней полости обечайки, которая вначале заполняется водой из водопроводной сети, а затем — водой под давлением 1,5–2 МПа (15–20 ат) от насоса или баллона (см. рис. 17.16, а), в котором давление нагнетается с помощью сжатого до 15 МПа (150 ат) воздуха, находящегося в воздушном баллоне и подаваемого в баллон с водой через редуктор 3. Под действием давления жидкости обечайка деформируется (растягивается) до тех пор, пока не примет форму рабочей части корпуса 9.

После окончания процесса формовки с помощью дренажа снимается давление, воздушный кран переключается «на расжатие», при поступлении сжатого воздуха в нижнюю часть цилиндра 10 снимается давление на резиновые кольца 11 и 5 дисков 1 и 4. Резиновые кольца отходят от обечайки, и после освобождения замков верхней крышки 12 с помощью крана поднимается все зажимное устройство и вынимается отформованная деталь.

Жидкость, оставшуюся внутри корпуса, можно не сливать, так как в процессе деформирования следующей заготовки будет использована большая ее часть, находящаяся внутри обечайки, а меньшая часть, находящаяся между корпусом и обечайкой, будет выдавлена наружу через клапан, установленный внутри корпуса.

Для определения потребных давлений жидкости следует рассмотреть силы, действующие на условно вырезанное полукольцо обечайки шириной H , м (см. рис. 17.16, б). Силы P , отрывающие одно полукольцо от другого, под действием внутреннего давления жидкости уравниваются силой, равной по величине напряжению растяжения, умноженному на двойную площадь поперечного сечения кольца:

$$P = 2\sigma Hs \quad (\text{Н}), \quad (17.3)$$

где σ — напряжение растяжения, Па; s — толщина материала, м.

Известно, что усилие, действующее на полукольцо от давления q ,

$$P_1 = D_{об} H q \quad (\text{Н}), \quad (17.4)$$

где $D_{об}$ — диаметр обечайки, м; q — давление жидкости, Па.

Исходя из условия равновесия, получим

$$2\sigma Hs = D_{об} H q, \quad (17.5)$$

откуда

$$q = \frac{2\sigma s}{D_{об}}, \quad \text{Па}. \quad (17.6)$$

Наибольшим напряжением растяжения будет предел прочности.

Следовательно, гарантированным условием деформирования заготовки будет соотношение

$$q \geq \frac{2\sigma_{пр} s}{D_{об}}. \quad (17.7)$$

Из этого неравенства непосредственно определяется величина потребного давления жидкости q , оно же является исходным для определения размерных параметров корпуса установки с учетом запаса прочности. В случае нагнетания рабочей жидкости насосом, по давлению и объему корпуса, зная цикл работы, определяются параметры насоса и электродвигателя, и по каталогам производится их выбор.

Следует отметить, что в промышленности применяются также установки для формовки статическим давлением жидкости деталей типа днищ из плоских заготовок.

17.7. ВЫКОЛОТОЧНЫЕ МОЛОТЫ

В опытном производстве и в начальной стадии освоения серийного производства детали двойной кривизны изготавливают выколоткой на пневматических молотах с контролем по шаблонам ШКС или макетам-эталонам поверхности. Параллельно с выколоткой обычно производят посадку краев детали на листовосадочных станках.

В условиях серийного производства выколотка на пневматических молотах является вспомогательной операцией. Поэтому выколочные молоты обычно относят к категории доводочного оборудования. Если в опытном и единичном производстве выколотка в какой-то степени заменяет операцию обтяжки, то при серийном производстве она используется для доработки после обтяжки отдельных участков детали, которые из-за влияния пружинения, сложности конфигурации, резкого изменения кривизны и т. п. не могут быть приведены в соответствие с чертежом.

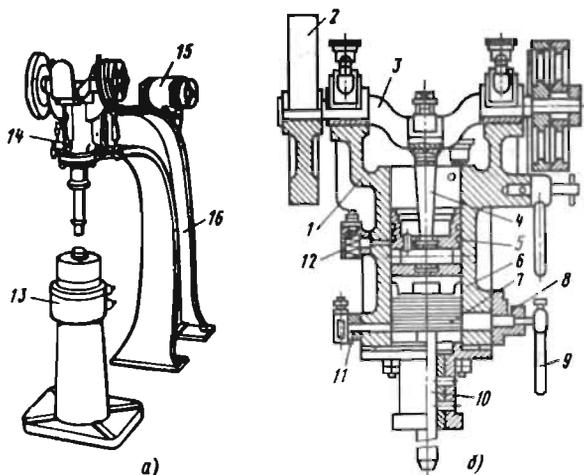


Рис. 17.17. Пневматический выколочный молот:

а — общий вид; б — головка молота

Сущность процесса выколотки состоит в утонении при точечном воздействии бойков (см. рис. 4.18) и, следовательно, в увеличении площади одних зон заготовки при неизменных размерах других участков, не подвергнутых воздействию.

Принцип работы выколочного молота заключается в нанесении многократных ударов бойком по заготовке, перемещаемой вручную относительно второго неподвижного бойка, являющегося наковальней.

Пневматический выколочный молот состоит из следующих основных частей (рис. 17.17): Г-образной чугунной литой станины 16 двутаврового сечения; пневматической головки 14 со штоком и бойком; привода, включающего электродвигатель 15 со шкивом и кривошипно-шатунный механизм с маховиком и шкивом; приставной стойки с наковальней 13.

Стойка крепится на самостоятельном массивном фундаменте, воспринимающем удары молота. Форма наковальни меняется в зависимости от характера работы, параметров заготовки. Для нормальной работы молота необходимо, чтобы ось наковальни и стойки строго совпадала с осью бойка и штока пневматической головки.

На корпусе 1 пневматической головки смонтированы коленчатый вал 3 с насаженным на нем маховиком 2, шкивом 17, а также шатуном 4, соединенным с поршнем 5, который при вращении вала 3 совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре 6. В нижней части цилиндра 6 расположен поршень 7, соединенный со штоком 10.

При ходе поршня 5 вверх в межпоршневом объеме цилиндра создается вакуум, и поршень 7 со штоком 10 начинает перемещаться вверх; при этом доступ воздуха атмосферы в камеру под поршнем 7 осуществляется через обратный клапан 11.

После достижения верхней мертвой точки поршень 5 начинает опускаться вниз, сжимая воздух, находящийся между поршнями. Поршень 7 под действием собственной массы и силы сжатого воздуха начинает ускоренно двигаться вниз, и в конце хода боек, прикрепленный к штоку 10, наносит удар по материалу выколачиваемой детали. Воздух, находящийся под поршнем 7, при этом будет выходить в атмосферу через клапан 8.

Регулируя выпуск воздуха ручкой 9, можно получать удары разной энергии. Если клапан 8 закрыт, под поршнем 7 образуется воздушная подушка, и он задерживается на определенной высоте. Силу удара можно регулировать с помощью пружинного клапана 12, изменяя выпуск сжатого воздуха из межпоршневого пространства. Этот клапан используется как настроечный при наладке работы молота.

Перед началом выколотки необходимо правильно выбрать форму рабочей части бойков. Меняя площадь рабочей части бойков, получают различную интенсивность воздействия на материал. Бойки изготовляют из углеродистой инструментальной стали У8А или У9А. Рабочую часть бойков закачивают и отпускают до твердости HRC 44—48, после чего тщательно полируют.

Заготовка в процессе выколотки удерживается и перемещается между бойками рабочим, а крупные детали — двумя рабочими, из которых один удерживает, а другой (более квалифицированный) перемещает заготовку, определяя тем самым место приложения и количество ударов в выколачиваемой зоне.

В процессе выколотки материал заготовки сильно нагартовывается, поэтому требуются промежуточные отжиги. Необходимость продолжения выколотки определяется результатами контроля. Для облегчения течения материала и уменьшения повреждения поверхности заготовка смазывается машинным маслом. После выколотки, а также посадки детали обычно проглаживают гладильными бойками при слабых ударах молота.

Согласно ГОСТ 17727—72 выпускаются молоты пяти типоразмеров с массой падающих частей (штока и бойка) от 8 до 25 кг, соответственно с энергией удара от 120 до 500 Дж (12—50 кгс·м) и числом ударов в минуту от 450 до 340. На этих молотах можно обрабатывать листы толщиной от 1,5 до 6 мм из материалов с пределом прочности $\sigma_b = 500$ МПа (50 кгс/мм²).

Заготовки из тонкого листового материала (до 0,8 мм) рационально выколачивать в пакете по две-три одновременно, что повышает производительность труда и улучшает качество поверхности.

17.8. ЛИСТОПОСАДОЧНЫЕ СТАНКИ

В противоположность процессу выколочки тот же результат — увеличение кривизны — достигается путем утолщения и, следовательно, уменьшения площади периферийных участков заготовки. Обычно эти процессы выполняются параллельно, дополняя друг друга.

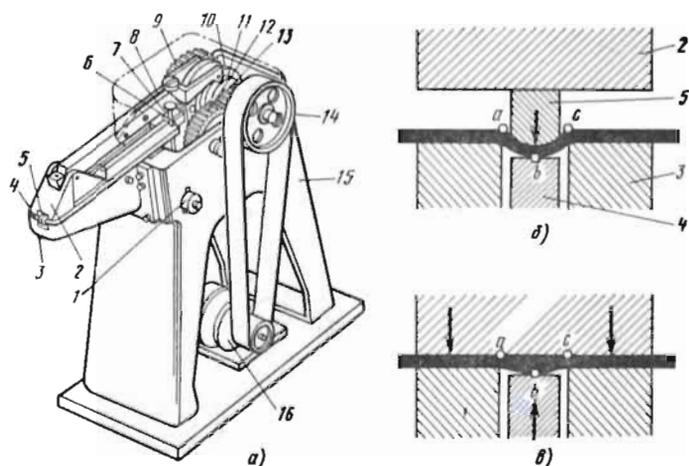


Рис. 17.18. Листопосадочный станок Гавриленко:
 а — общий вид; б — образование гофра; в — посадка гофра

Для машинной посадки применяется листопосадочный станок Гавриленко (рис. 17.18, а) [8]. Как и выколочные молоты, в условиях серийного производства он выполняет роль вспомогательного оборудования для доводки по кривизне деталей, форма которых после основной операции (например, обтяжки) не вполне соответствует чертежу.

Станок состоит из следующих основных узлов (см. рис. 17.18, а): литой чугунной станины 15; исполнительного механизма, включающего в себя приводной вал со шкивом 14, две пары цилиндрических шестерен 13, 12 и 9, 7, коленчатый вал 10 с насаженным на нем кулачком 11, шатун 6 с резиновыми амортизаторами 8, верхний подвижный хобот 2, нижний неподвижный хобот 3, пуансон 5 и ролик 4; привода, состоящего из электродвигателя 16 со шкивом. Включение станка производится нажатием кнопочного пускателя 1. Рабочий цикл осуществляется автоматически.

Принцип работы посадочного станка показан на рис. 17.18, б и в. Край заготовки вводят в зазор между неподвижным 3 и подвиж-

ным 2 хоботами. При движении конусообразного пуансона 5 вперед незажатая заготовка изгибается, образуя гофр (рис. 17.18, б), больший у края заготовки и уменьшающийся к середине заготовки. При этом происходит втягивание соседних зон заготовки. На втором этапе операции пуансон 5 отходит назад, подвижный хобот 2, опускаясь, прижимает заготовку по краям гофра к щекам неподвижного хобота 3. Двигающийся за пуансоном ролик 4 разглаживает гофр *abc*, но так как материал по краям гофра зажат между хоботами, происходит его посадка, т. е. уменьшение длины заготовки в поперечном направлении, сопровождаемая ее утолщением (см. рис. 17.18, в). Последовательно посаживая таким образом периферийные зоны заготовки, придают ей общую кривизну.

Посадочные станки Гавриленко изготавливают четырех типов; на них можно производить посадку листовых заготовок толщиной до 1,5 мм [8].

17.9. ЛИСТОРАСКАТНЫЕ СТАНКИ

Представителем листораскатных станков является станок ЛРС-10 (рис. 17.19), предназначенный для доводки деталей сложной формы из листов различных марок материалов, включая высокопрочные стали и титановые сплавы. Доводка осуществляется методом последовательной раскатки материала между двумя роликами, из которых один является приводным. С заменой инструмента станок может быть использован для выполнения других операций (раскатка полок профилей, зиговка, подсечка и др.).

Станок имеет станину консольного типа сварной конструкции 1. К торцу верхней консоли станины крепится плунжер. Верхний ролик 3 приводится во вращение от электродвигателя через редуктор и карданную передачу 4. Нижний ролик 5 насажен на ось свободно. Нижняя консольная часть станины является местом размещения маслобака.

Приводом вращения верхнего ролика является трехскоростной электродвигатель, который установлен на нормализованной подмоторной плите, имеющей винт регулировки натяжения клиноременной передачи, связывающей вал двигателя с приводным валом редуктора. Подмоторная плита укреплена на крышке редуктора.

Редуктор (рис. 17.20) выполнен по соосной схеме и имеет кулачковую муфту для реверсирования направления вращения выходного вала. Реверс происходит при выводе кулачковой муфты из зацепления с шестерней $z = 61$ и вводом в зацепление с шестерней $z = 57$, вращение на которую передается через паразитную шестерню $z = 42$. Перевод муфты осуществляется рычагом, смонтированным внутри корпуса, от гидроцилиндра, установленного на верхней крышке редуктора. На конце выходного вала редуктора смонтирован карданный вал, передающий вращение от редуктора к верхнему ролику. Корпус редуктора имеет разъем, в котором смонтированы валы с шестернями и подшипниками. Верхний корпус закрыт крышкой, в плоскости разъема которой установлен вал с паразитной шестерней.

Плунжер предназначен для вертикального перемещения верхнего ролика и создания усилия раскатки на ролике. В чугунной гильзе 2 (см. рис. 17.19), укрепленной на торце верхней консоли станины, перемещается стальной корпус гидроцилиндра 7, шток которого неподвижно прикреплен к гильзе. Днище цилиндра 7, имеющее Т-образные пазы, является столом для крепления верхнего ролика. Подвод давления масла в обе полости цилиндра производится через неподвижный шток цилиндра. На наружной поверхности гильзы установлен конечный выключатель. К столу крепится

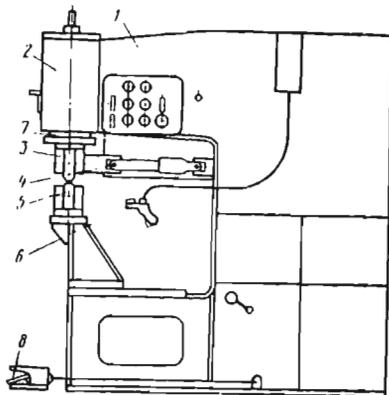


Рис. 17.19. Листораскатный станок ЛРС-10

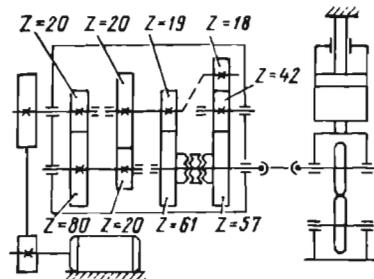


Рис. 17.20. Кинематическая схема станка ЛРС-10

устройство, регулирующее величину подъема стола вверх из крайнего нижнего положения.

Гидравлическая система станка (рис. 17.21) осуществляет питание и управление гидроцилиндром ползуна и гидроцилиндром перемещения муфты редуктора. Система состоит из двух отдельных цепей: цепи питания гидроцилиндра ползуна, питаемой от 1-й ступени двоянного лопастного насоса 1, и цепи питания гидроцилиндра перемещения муфты редуктора, питаемой от 2-й ступени насоса.

При включении насосной установки включается электромагнит 1Э золотника 6. Масло от золотника 6 направляется в верхнюю полость цилиндра ползуна, и он перемещается вверх. При этом срабатывает конечный выключатель 1ВК, который включает 3Э золотника 5а, в результате чего перекрывается подача масла в цилиндр ползуна, и ползун останавливается. Масло, поступающее от насоса, через предохранительно-разгрузочный клапан 3а сливается в бак. Электромагнит 1Э остается включенным. Нижняя полость цилиндра ползуна соединена через золотник 6 со сливом, а верхняя полость заперта, благодаря чему опускания цилиндра под действием собственной массы в данный момент не произойдет.

Станок может работать на двух режимах. При подаче масла в нижнюю полость цилиндра создается усилие, пропорциональное площади поршня. При подаче масла в обе полости цилиндра усилие будет пропорционально разнице площадей давления снизу и сверху, равной площади сечения штока.

При снятии усилия рабочего с педали или рукоятки управления давление в гидросистеме уменьшается до минимального. Отключаются 2ВК (3ВК) и 2Э, включается 1Э, и плунжер пойдет вверх для срабатывания 1ВК, который останавливает плунжер и дает команду на включение или выключение 4Э золотника 5б.

В положении, изображенном на схеме (рис. 7.21), контакты 4ВК замкнуты, 5ВК — разомкнуты. В этом случае электромагнит 4Э включается, масло направляется в правую полость цилиндра переключения муфты редуктора, цилиндр перемещает муфту, и происходит реверс вращения ролика. При следующем ходе вверх 4ВК будет разомкнут, 5ВК — замкнут. При этом положении 4Э выключается, и опять произойдет реверс вращения.

При давлении в гидросистеме 0,5 ... 4 МПа (5 ... 40 кгс/см²) усилие на ролике составляет 2,4 ... 100 кН (240 ... 10 000 кгс). В зависимости от режима работы двигателя, при диаметре роликов 180 мм скорость перемещения листа соответственно будет равна 2,83; 4,5 и 9 м/мин.

Наиболее нагруженными элементами конструкции станка являются оси роликов и подшипники, которые в первую очередь и подлежат проверочному расчету. Исходной величиной при этом служит технологическое усилие на роликах.

17.10. СТАНКИ ДЛЯ РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ

Все станки для ротационной вытяжки можно разделить на две группы: станки для ротационной вытяжки без утонения заготовки (токарно-давилые станки) и станки для ротационной вытяжки с утонением заготовки (раскатные станки). В обоих случаях формирование полых осесимметричных деталей осуществляется точечным воздействием инструмента (давилы или ролика) на наружную поверхность вращающейся плоской или предварительно отформованной заготовки с трансляцией полученной образующей по направляющей, создаваемой продольной подачей. Внутренняя поверхность детали формируется по вращающейся оправке (пуансону).

Станки для ротационной вытяжки без утонения

Станки для ротационной вытяжки без утонения (токарно-давилые) предназначены для изготовления из плоских листовых заготовок полых осесимметричных деталей без преднамеренного изменения толщины материала.

По конструкции простейший станок этой группы аналогичен токарному станку, но не имеет механизма подачи; механизм главного движения (вращения шпинделя) значительно упрощен и представляет собой ступенчатую ременную передачу; вместо суппорта на станке установлена гребенка. Заготовка 1 (рис. 17.22) прижимается к укрепленной на шпинделе станка оправке (пуансону) 2 прижимом 3 пиноли задней бабки. Формообразование детали производится при вращении заготовки движением давилы 4 от центра к периферии

до полного прилегания заготовки к оправке. При этом рабочий действует давилником как рычагом, опираясь на штырь вставленный в одно из отверстий гребенки 5.

На таких станках можно изготавливать детали диаметром до 800 и длиной до 1000 мм. В зависимости от марки материала, толщины и диаметра заготовки частота вращения шпинделя выбирается в диапазоне от 400 до 1200 в минуту.

Наряду с простотой оборудования и оснастки такой трудоемкий процесс не обеспечивает стабильного качества деталей, так как оно в основном зависит от квалификации рабочего. Поэтому на таких станках детали типа обтекателей, концевых отсеков подвесных баков и др. изготавливаются только в условиях опытного и мелкосерийного производства, а также в процессе запуска изделия в серийное производство.

Более совершенными являются станки для ротационной вытяжки с гидравлическим приводом подачи давилных роликов.

Для изготовления крупногабаритных деталей типа днищ емкостей применяются машины, сочетающие в своей работе формовку в штампе с ротационной вытяжкой. Один из таких станков показан на рис. 17.23. Заготовка 5, установленная на пуансоне 2, формируется матрицей 6, закрепленной на штоке гидроцилиндра 1.

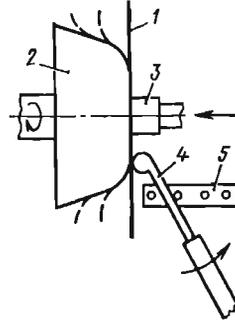


Рис. 17.22. Схема работы станка для ротационной вытяжки без утонения

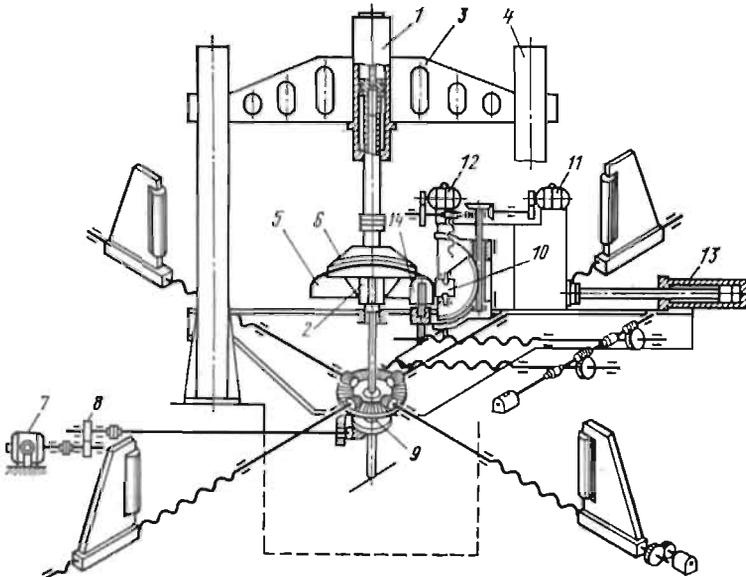


рис. 17.23. Машина для формообразования днищ

Цилиндр смонтирован в верхней неподвижной траверсе — портале 3, которая установлена на четырех колоннах 4.

После окончания формовки пуансон 2 приводится во вращение электродвигателем 7 через редуктор 8 и коническую зубчатую передачу 9. Формовка периферийной зоны заготовки осуществляется давящим роликом 10, прижимающим заготовку к формоизменяющему ролику 14, который имеет возможность перемещения в горизонтальном направлении. Ось давящего ролика 10, закрепленная в червячном секторе, может поворачиваться с приводом от электродвигателя 11 через коническую пару и червяк. В вертикальном направлении давящий ролик 10 перемещается от электродвигателя 12. В горизонтальном направлении каретка вместе с роликом перемещается гидроцилиндром 13.

На таких машинах изготавливают днища диаметром до 6 м из заготовки толщиной до 50 мм. При больших толщинах заготовки необходим нагрев.

Благодаря точечному воздействию на заготовку энергоемкость деталей, изготавливаемых на ротационных станках, значительно ниже энергоемкости деталей, получаемых в сложных штампах на прессах. Оснащение станков следящими приводами делает целесообразным использование их не только в условиях опытного, но также и при серийном производстве.

Станки для ротационной вытяжки с утонением

Станки для ротационной вытяжки с утонением (раскатные станки) предназначены для изготовления тонкостенных осесимметричных деталей из толстых плоских или пространственных заготовок.

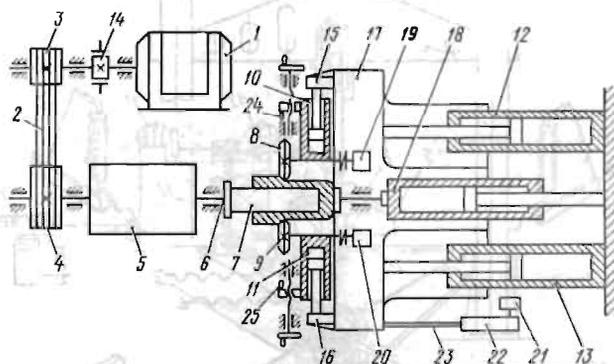


Рис. 17.24. Схема станка СРГ-0,16-1000

Типовым представителем этой группы станков может служить горизонтально-раскатной станок СРГ-0,16-1000 (рис. 17.24), предназначенный для изготовления осесимметричных цилиндрических оболочек диаметром до 160 мм и длиной до 1000 мм со стенками по-

стоянного, плавно изменяющегося и ступенчатого сечения с утонением заготовки роликами по вращающейся оправке.

Все основные узлы станка смонтированы на станине. Слева крепится передняя бабка, выходной конец ее шпинделя 6 служит планшайбой для крепления оправки 7. Входной вал редуктора 5 с помощью клиноременной передачи 2 со шкивами 4 и 3 соединен с валом электродвигателя главного привода 1. Частота вращения шпинделя устанавливается переключением шестерен редуктора 5 с помощью рукоятки. Остановка вращения оправки осуществляется гидромеханическим тормозом 14.

По верхним направляющим станины с помощью двух гидроцилиндров 12 и 13, установленных на кронштейнах с правой стороны станины, перемещается продольная каретка 17. Гидроцилиндры продольной подачи расположены в одной горизонтальной плоскости с осью оправки. Скорость продольной подачи каретки измеряется с помощью тахогенератора 21, который связан с кареткой зубчатой рейкой 23 через редуктор 22. Скорость вращения тахогенератора фиксируется на пульте управления вольтметром, шкала которого проградуирована в мм/мин.

По направляющим, расположенным на левой вертикальной плоскости продольной каретки, перемещаются два ползуна — передний и задний — с роликодержателями на конце. Перемещение ползунков осуществляется гидроцилиндрами поперечной подачи 10 и 11, смонтированными внутри ползунков, а их штоки крепятся в упорных кронштейнах 15 и 16. Снизу на ползунах размещены следящие системы с золотниками. С помощью винтов и нониусов этих систем производится установка рабочих роликов 8 и 9 относительно оправки 7. Пальцы 24 и 25 следящих золотников упираются в соответствующие копиры, которые крепятся на копировальных балках в нижней части станины.

Вращение рабочих роликов 8 и 9 осуществляется гидродвигателями 19 и 20. В центральной отверстии продольной каретки перемещается пиноль с прижимом, приводимым в действие гидроцилиндром 18.

Гидроцилиндры продольной и поперечной подач питаются соответственно от двух лопастных насосов с подачей по 50 л/мин и максимальным давлением 12 МПа (120 кгс/см²). Давление в сети регулируется с помощью предохранительно-разгрузочных клапанов на предельную величину 8,5 МПа (85 кгс/см²). Гидроцилиндр задней бабки питает лопастной насос с подачей 8/25 л/мин и давлением 6,4 МПа (64 кгс/см²). Для гидродвигателя привода вращения рабочих роликов с крутящим моментом по 22 Нм (2,2 кгс·м) при давлении 5 МПа (50 кгс/см²) получают питание от сдвоенного лопастного насоса с подачей 8 л/мин.

Смазка шестерен коробки скоростей осуществляется шестеренным насосом (12 л/мин; 2,5 МПа). Жидкость для охлаждения рабочих роликов подается центробежным насосом с подачей 90 л/мин.

При ротационной вытяжке с утонением деталей из низкоуглеродистых сталей и алюминиевых сплавов оправки изготавливают из

стали 45 с закалкой до твердости *HRC* 35—40. Материалом крупных оправок может служить чугун. При вытяжке деталей из высокопрочных сталей применяются оправки из инструментальных сталей с закалкой до твердости *HRC* 56. 58. С целью сохранения качества внутренней поверхности детали оправки полируются. Битение оправки во время обработки не должно превышать 0,05 мм, а при вытяжке тонкостенных деталей — 0,02 мм. Уменьшение диаметра оправки в сторону шпинделя станка не допускается.

Наружный диаметр рабочих роликов из конструктивных соображений берется обычно равным 200—300 мм. С увеличением диаметра ролика возрастает площадь его контакта с деформируемым материалом, и, следовательно, при неизменном усилии уменьшается давление на заготовку.

Ролики изготавливают из инструментальных сталей. Для формовки деталей из алюминиевых сплавов и низкоуглеродистых сталей применяются стали типа ХГС с закалкой до *HRC* 59—61, из высокопрочных материалов — стали типа Р18 с закалкой до *HRC* 61. 63. Рабочая поверхность ролика полируется. Профиль рабочей части выбирается с учетом твердости материала заготовки и конфигурации детали. Обычно станок оснащается комплектом универсальных роликов.

Проверочные прочностные и энергетические расчеты ротационных станков производят, исходя из потребных усилий на ролике, которые приближенно определяются по давлениям.

ГЛАВА 18

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ШТАМПОВКИ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ФОРМОВАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Основным видом технологических машин для изготовления плоских деталей с формованными элементами служат прессы штамповки эластичной средой (являющейся универсальной матрицей) по пуансону (формблоку). Этот способ применяется в тех случаях, когда штамповка в инструментальных штампах в условиях данного характера производства нецелесообразна.

В качестве вспомогательного и доводочного оборудования применяются кромкопосадочные станки, а также соответствующая оснастка.

Прессы штамповки эластичной средой можно разделить на три группы: гидравлические плунжерные прессы, бесплунжерные гидравлические прессы (прессы прямого действия) и прессы штамповки-вытяжки эластичной средой.

18.1. ПЛУНЖЕРНЫЕ ПРЕССЫ ШТАМПОВКИ ЭЛАСТИЧНОЙ СРЕДОЙ

Для штамповки эластичной средой применяются гидравлические прессы простого действия большой мощности (несколько десятков и даже сотен кН), специально оборудованные для этой цели.

К плунжеру пресса (см. рис. 4.29) крепится контейнер 1 с помещенным в нем эластичным материалом (резиной или полиуретаном) 2. На столе пресса устанавливается подблочная (подштамповая) плита 5, по размерам с некоторым зазором совпадающая с внутренними размерами контейнера. На подштамповой плите размещаются формблоки с зафиксированными на них по шпилечным отверстиям заготовками 3.

При ходе плунжера вниз после замыкания пространства между стенками контейнера и подштамповой плитой эластичная подушка, действуя подобно жидкости, оказывает во все стороны примерно одинаковое давление, формируя заготовку по формблоку.

Значительные размеры контейнеров, имеющих рабочую площадь до 6 м^2 и более, а также универсальность матрицы позволяют осуществлять групповую штамповку деталей и получать за один ход пресса 5–10 деталей и более, что с точки зрения производительности компенсирует тихоходность этих прессов.

Твердость резины или полиуретана, из пластин которых набирается подушка, выбирают в зависимости от потребных давлений, определяемых в основном механическими свойствами материала и толщиной заготовки. Для формовки деталей из тонких стальных и дюралевых заготовок при обычных давлениях (8...10 МПа) подушку набирают из мягкой резины или резины средней твердости. Для штамповки более толстых заготовок, требующих повышенных давлений, пользуются твердыми сортами резины или полиуретана.

Толщина подушки должна обеспечивать степень ее деформации при штамповке, близкую к 20 %, т. е. высота подушки должна быть примерно в 5 раз больше высоты формблоков. Подушка крепится к дну контейнера пробками или запрессовывается в него с обжимом 3–5 мм на сторону. Зазор между подштамповой плитой и контейнером берут равным 3...5 мм на сторону. Высота H формблоков должна составлять $(1,3 \dots 1,4) h$ (h — высота борта) при вогнутых бортах детали и $h + 5$ мм при прямых и выпуклых бортах. Для малых и средних (до 5 мм) толщин заготовок обычно высота борта детали типа нервюр и диафрагм не превышает 20 мм, и поэтому формблоки изготавливают толщиной 25–30 мм.

Формблоки изготавливают фрезерованием по ШВК из балинита. При формовке деталей с подогревом применяются формблоки из алюминевых сплавов. Для запрессовки фиксирующих заготовку шпилек (штифтов) в них сверлят отверстия, местоположение которых определяется плазом. Минимально необходимое количество штифтов — два, но при штамповке крупных деталей со сложной конфигурацией их количество может быть увеличено, так как они не только фиксируют положение заготовки, но и предотвращают утяжку. Для компенсации упругих деформаций иногда боковые стенки формблоков поднутряют на угол пружинения.

По компоновке плунжерные гидравлические прессы могут быть с нижним расположением насосной станции (ниже уровня пола) и с верхним расположением насосной станции (на станине пресса). В первом случае улучшаются условия обслуживания, но увеличи-

ваются потребные площади. Во втором случае уменьшается протяженность трубопроводов подачи жидкости в плунжер, но высота таких прессов достигает 10—15 м и более.

С целью увеличения производительности прессы обычно оснащаются несколькими выдвжными столами. Таких столов может быть два, четыре или шесть. На рис. 18.1 показаны схема и график работы прессы, имеющего шесть столов. При поочередном нахождении столов вне рабочей зоны на них устанавливают формблоки с заготовками, а также осуществляют съем готовых деталей после штамповки. При этих условиях пресс может работать в автоматическом режиме.

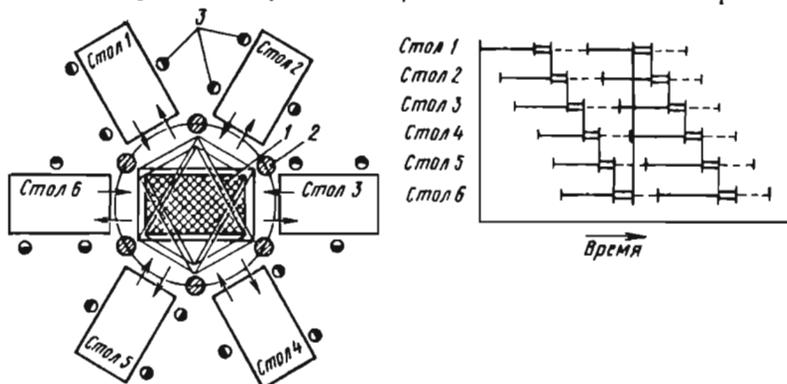


Рис. 18.1. Схема и график работы гидравлического плунжерного прессы штамповки эластичной средой с шестью столами:

1 — контейнер; 2 — колонна; 3 — обслуживающие рабочие

Применение для изготовления деталей высокопрочных сплавов, повышение требований качества и точности, стремление к снижению трудоемкости доводочных работ потребовали применения при штамповке эластичными средами более высоких давлений порядка 30—40 МПа (300—400 кгс/см²) и более. Получить такие давления с использованием существующих прессов можно заменив фирменные контейнеры специальными с уменьшенной в 3—4 раза площадью. Однако это приводит к резкому сокращению производительности труда и является экономически нецелесообразным. Недостаточно эффективным способом повышения давлений является дальнейшее увеличение мощности плунжерных прессов, так как это увеличенное давление одинаково распределяется на всю площадь заготовки, в том числе непосредственно на большие плоские (недеформируемые) участки. С учетом сказанного в необходимых случаях применяют другие виды оборудования, и в частности бесплунжерные прессы штамповки эластичной средой.

18.2. БЕСПЛУНЖЕРНЫЕ ПРЕССЫ ШТАМПОВКИ ЭЛАСТИЧНОЙ СРЕДОЙ

Бесплунжерные прессы штамповки эластичной средой иногда также называют диафрагменными гидравлическими прессами прямого действия. Схема такого прессы показана на рис. 18.2. При штам-

повке рабочая жидкость под давлением подается в контейнер 2. По мере заполнения полости контейнера жидкостью эластичная диафрагма 8, деформируясь, оформляет детали по формблокам 6, установленным на столе 5, который поступает в рабочую зону по направляющим станины 1 из положения 4.

На рис. 18.3 показано устройство бесплунжерного преса ПШР-1 (П-307). Он состоит из верхней 8 и нижней 2 стальных литых траверс,

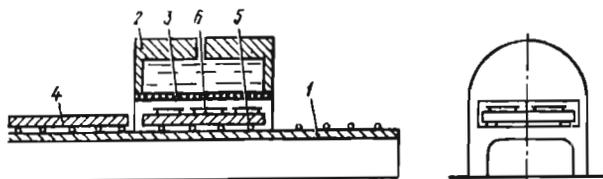


Рис. 18.2. Схема бесплунжерного преса

стянутых двенадцатью болтами 9. На верхней траверсе укреплен контейнер 7, внизу которого установлена резиновая диафрагма 8. По чугунным плитам, укрепленным на нижней траверсе, перемещаются два стола 14. В процессе работы преса один из столов находится в рабочей зоне, где происходит формовка, а другой — на направляющих 3 (слева или справа от преса), где происходит съем деталей и установка заготовок на формблоки.

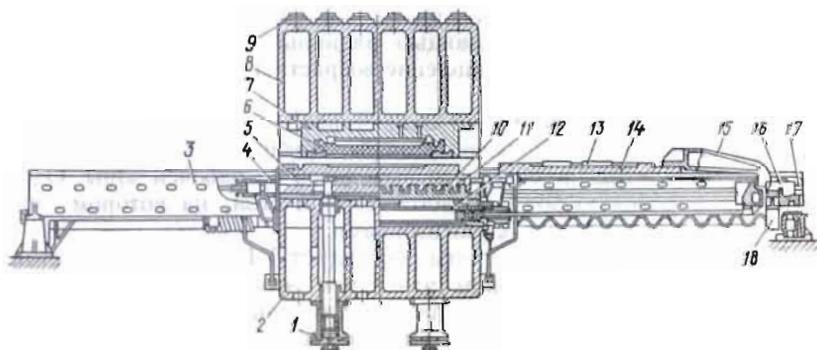


Рис. 18.3. Бесплунжерный прес ПШР-1 (П-307)

Перемещение столов в горизонтальном направлении производится гидравлическими цилиндрами 12. После захода в рабочую зону стол поднимается до упора в верхнюю траверсу гидравлическими цилиндрами 1, штоки которых в нижнем положении устанавливаются заподлицо с плоскостью постели 5, а в верхнем положении фиксируются подвижной упорной гребенкой 11. Гребенка 11 поднимается вместе со столом и сдвигается цилиндром 4 до совпадения ее выступов с выступами нижней неподвижной гребенки 10, образуя тем самым жесткую опору. Два цилиндра 18, размещенные с боков нижней

траверсы, имеют штоки, шарнирно связанные с каретками 16, перемещающимися по направляющим 17. Каретки имеют пальцы, входящие в отверстия кронштейнов 15, жестко связанных со столами. При верхнем положении пальца, в котором он удерживается пружиной, каретка 16 сцепляется с кронштейном 15, и стол имеет возможность перемещения под действием цилиндра 12. В нижнее положение палец оттягивается электромагнитом, и стол разъединяется с цилиндром.

Вся гидравлическая система работает на масле, но для повышения стойкости резиновой мембраны камера контейнера заполняется водной эмульсией.

Работа производится в следующей последовательности. Формблоки 13 с заготовками устанавливаются на столе пресса с максимальным использованием его площади, но с выдерживанием расстояния между краями заготовок 3—5 мм. После нажатия кнопки сигнализации подготовки стола к прессованию стол подается в рабочую зону. Одновременно другой стол с отштампованными деталями выводится из рабочей зоны. В рабочей камере над диафрагмой 6 создается разрежение. После останова стола, находящийся в рабочем положении, поднимается. Вместе со столом гребенка 11 поднимается и затем сдвигается на шаг в сторону, фиксируя стол в верхнем положении.

Рабочая камера заполняется эмульсией по трем ступеням. Сначала при низком давлении до 1 МПа (10 кгс/см²) от конденсатного центробежного насоса и радиально-плунжерного насоса через трансформатор давления, затем давление доводится до 20 МПа (200 кгс/см²) с помощью радиально-плунжерного насоса через трансформатор давления, и, наконец, с помощью радиально-плунжерного насоса также через трансформатор давление возрастает до величины 40 МПа (400 кгс/см²).

На этом процесс формовки заканчивается. Эмульсия автоматически откачивается из рабочей камеры, гребенка 11 сдвигается обратно на шаг, стол опускается и выводится из рабочей зоны. Одновременно в рабочую зону подается второй стол, на котором уже установлены формблоки с заготовками.

Время рабочего цикла пресса составляет 1,1 мин; размеры стола 1200 × 2000 мм. Дальнейшим развитием этого направления является создание прессов прямого действия с большими размерами столов и давлениями до 100 МПа (1000 кгс/см²).

18.3. ПРЕССЫ ШТАМПОВКИ-ВЫТЯЖКИ ЭЛАСТИЧНОЙ СРЕДОЙ

Прессы штамповки-вытяжки эластичной средой являются гидравлическими плунжерными прессами. Одним из представителей технологических машин этого типа может служить пресс штамповки-вытяжки резиной ПШВР-3, устройство которого показано на рис. 18.4.

Верхний рабочий цилиндр 1 пресса, в котором перемещается рабочий плунжер 2, установлен на верхней траверсе 4. Верхняя тра-

верса соединена четырьмя колоннами 8 с нижней траверсой 10. Подвижный верхний ползун 5 соединен с плунжером 2, направляющими которому служат колонны 8. Контейнер 7 с резиновой матрицей 6

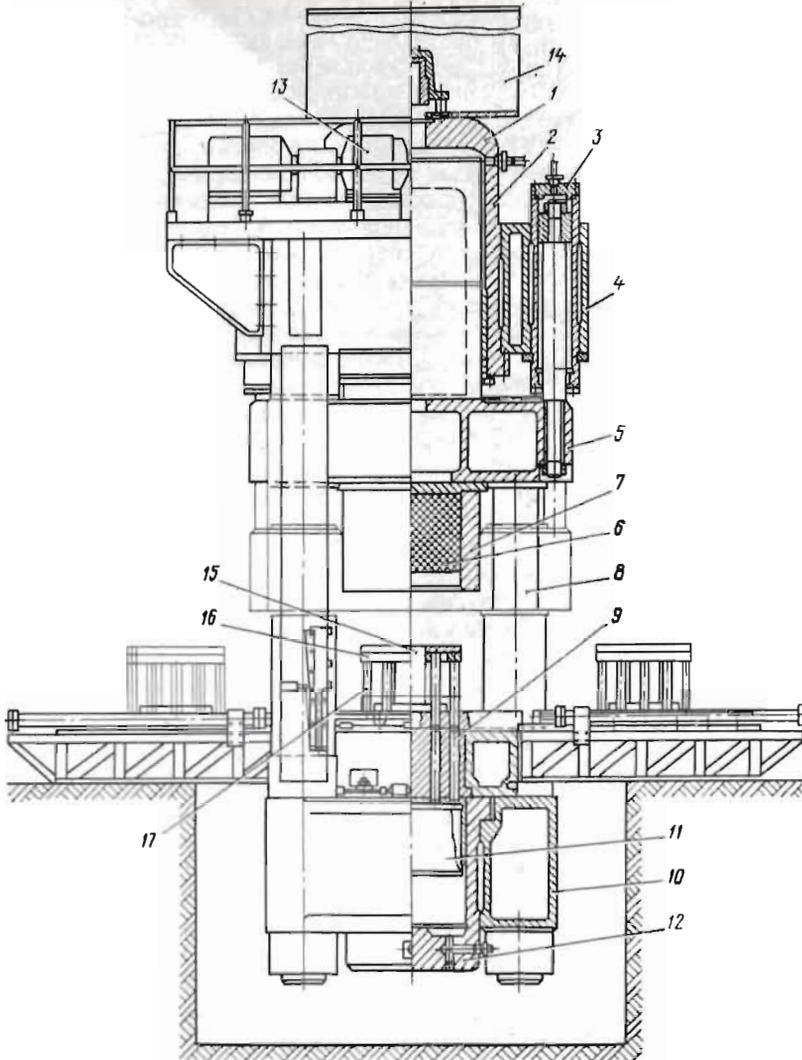


Рис. 18.4. Пресс штамповки-вытяжки резиной ПШВР-3

цей 6 прикреплен к нижней части ползуна. В нижней траверсе 10 смонтирован рабочий цилиндр 12, на шток 11 которого опираются шпильки 9.

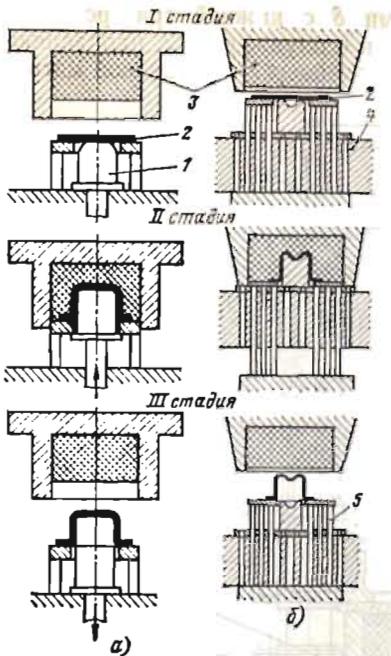


Рис. 18.5. Схема работы прессов: а) ПШВР-1; б) ПШВР-3; 1 — пуансон; 2 — заготовка; 3 — резиновая подушка; 4 — стол пресса; 5 — опорная колонна

Пуансон 15 установлен на столе пресса. Прижимная плита 16 опирается на стойки 17, находящиеся против шпилек 9. На траверсе 4 установлены два цилиндра 3 для подъема и опускания верхнего ползуна 5; цилиндры 3 также создают добавочное давление. Давление прижима в процессе вытяжки регулируется по копиру.

Гидравлическая насосная станция 13 с маслобаком 14 смонтирована сверху на станине пресса. Пресс имеет автоматический регулятор режима работы. Для облегчения монтажа и демонтажа штампов и контейнеров прессу придается тележка перемещающаяся по рельсам

Схема работы пресса показана на рис 18.5 б [12].

В отличие от пресса ПШВР-3 у пресса ПШВР-1 (рис. 18.5, а) прижим неподвижен, а пуансон после создания требуемого давления прижима между резиновой подушкой и прижимной плитой вдавливается в резиновую подушку контейнера, производя вытяжку заготовки под действием нижнего рабочего цилиндра. Давление прижима при этом регулируется по копиру.

Наибольшее усилие пресса ПШВР-1 — 15 МН (1500 тс), ПШВР-3 — 28 МН (2800 тс). Усилие прижима у пресса ПШВР-3 — 25 МН (2500 тс). Максимальное давление резины зависит от диаметра применяемых контейнеров и составляет у пресса ПШВР-1 — 100 МПа (1000 кгс/см²) (диаметр контейнера — 440 мм), у пресса ПШВР-3 — 73 МПа (730 кгс/см²) (при диаметре контейнера 700 мм).

В настоящее время выпускаются более совершенные прессы формовки листовых деталей гидростатическим давлением плунжерного типа, у которых заготовка деформируется по жесткому пуансону (или матрице) жидкостью, заключенной в эластичную оболочку.

18.4. КРОМКОПОСАДОЧНЫЕ СТАНКИ

После формоизменения на прессах штамповки эластичной средой во многих случаях требуется доводка до требуемых размеров формованных элементов деталей. Основной несоответствия получаемых размеров требуемым является наличие упругих деформаций.

Наиболее часто встречаемым видом доводочных работ является посадка выпуклых бортов деталей с целью их подгиба за счет уменьшения длины. Одним из станков, предназначенных для этой цели, служит посадочный станок ПС-80, который также широко применяется для посадки полок профилей с целью их доводки по кривизне.

Станок имеет С-образную станину сварной конструкции коробчатого сечения. Верхняя часть станины, где смонтированы кривошипно-коленный механизм, коленчатый вал и ползун, образует масляную ванну с указателем уровня масла и горловиной с фильтром для его заливки. Ванна сверху закрыта двумя съемными крышками, одна из которых обеспечивает доступ к шатуну для регулирования его длины, а другая — к маслораспределителям системы смазки.

Справа к станине прикреплен винтами корпус масляной ванны зубчатой передачи, слева установлен кожух клиноременной передачи. На задней верхней части станины имеются два отсека, в одном из которых укреплен гидрпанель системы смазки, а в другом помещается баллон с азотом для питания пневмосистемы станка. В передней верхней части станины размещен стакан с запрессованной в него направляющей бронзовой втулкой, в которой перемещается ползун. В левой части станины предусмотрено закрываемое крышкой окно для доступа к звеньям коленного механизма. В нижней передней части станины смонтирован стол станка, вертикальное перемещение которого осуществляется клином через винтовую пару вручную поворотом маховика.

Привод ползуна станка осуществляется от электродвигателя 1 (рис. 18.6). Вращение вала двигателя передается через клиноременную передачу со шкивом 2 и шкивом-маховиком 3, приводной вал 4, зубчатую шестерню 5 и зубчатое колесо 6 на коленчатый вал 7, от которого шатун 8 и рычажный механизм 9 сообщают возвратно-поступательное движение ползуну 10. Шатун имеет винтовое промежуточное звено 11, которое по окончании регулировки длины шатуна стопорится в обеих его частях посредством зажимных втулок и винтов.

Коленчатый вал 7 установлен в подшипниках скольжения. На одном конце вала неподвижно установлено зубчатое колесо 6, входящее в зацепление с шестерней 5 приводного вала 4; на другом конце смонтирован электромагнитный тормоз 12, помещенный в герметичную масляную ванну. Шкив-маховик 3 свободно насажен на втулку ступицы, неподвижно закрепленную на консоли приводного вала. В маховик встроены фрикционный предохранитель по крутящему моменту, представляющий собой диск 13 со стяжными болтами 14 и тарельчатыми пружинами.

Ползун 10 совершает возвратно-поступательное движение в направляющей втулке станины. В ползуне смонтирован гидроцилиндр для регулирования давления на клине посадочного механизма. Для крепления и фиксации на ползуне посадочного механизма в крышке ползуна имеется цилиндрическая расточка и резьбовые отверстия.

Механизм посадки станка (рис. 18.7) состоит из двух аналогичных по конструкции частей — верхней и нижней. Верхняя часть механизма крепится к ползуну, а нижняя — к столу станка. При ходе

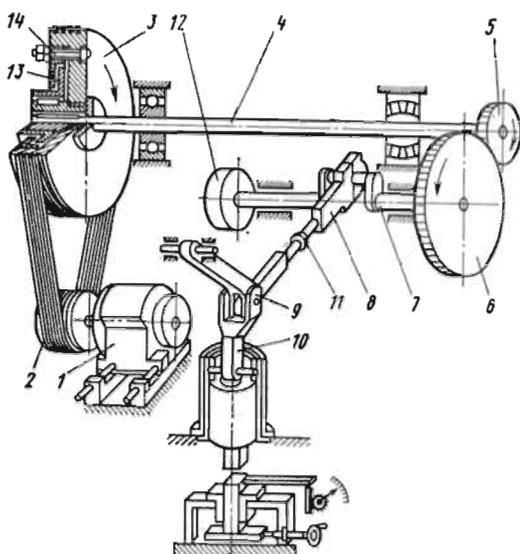


Рис. 18.6. Кинематическая схема станка ПС-80

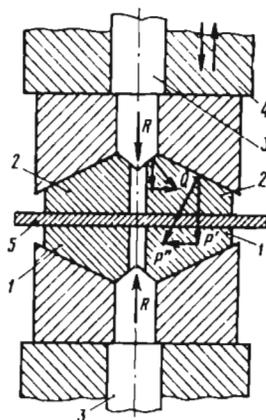


Рис. 18.7. Схема механизма посадки станка ПС-80

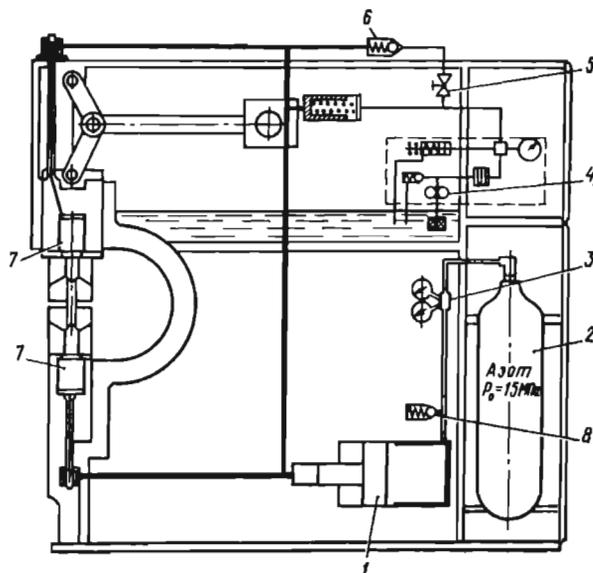


Рис. 18.8. Пневмогидравлическая схема станка ПС-80

ползуна 4 вниз плавающие губки 2 и 1, между которыми находится заготовка 5, сжимают материал с усилием вертикальной составляющей P' и, перемещаясь по наклонным направляющим, под действием горизонтальной составляющей усилия P'' посаживают материал. Регулируемое усилие R штока 3 воздействует на губки с силой Q , горизонтальная составляющая которой противодействует усилию P'' , а вертикальная — складывается с усилием P' . С увеличением усилия R усилие зажатия заготовки губками увеличивается, а усилие посадки уменьшается. Величина R регулируется изменением давления в гидроцилиндрах пневмогидравлического привода клиньев.

Пневмогидравлическая система станка (рис. 18.8) предназначена для питания двух плунжерных цилиндров 7, встроенных в ползун и стол станка. Для наполнения гидросистемы используется насос 4 системы смазки станка. При наполнении гидросистемы масло через кран 5 и обратный клапан 6 поступает в мультипликатор 1 и цилиндры 7. После заполнения маслом гидросистемы кран 5 закрывается. Большая полость мультипликатора подключена к сети баллона 2 с азотом (давление зарядки 15 МПа, т. е. 150 кгс/см²) через редуктор 3 и регулировочный клапан 8. Давление в гидросистеме регулируется в пределах от 0,5 до 20 МПа (от 5 до 200 кгс/см²) путем изменения давления в пневмосистеме с помощью редуктора 3.

Для доводки деталей после штамповки эластичной средой применяются также профилеразводные станки, выколочные (правильные) молоты и другое вспомогательное оборудование.

18.5. ЛИСТОШТАМПОВОЧНЫЕ МОЛОТЫ

Листовые детали сложной формы при опытном и мелкосерийном производстве штамповать на прессах в инструментальных штампах нецелесообразно вследствие длительности изготовления и отладки штампов при высокой их стоимости. В этих условиях детали штампуют на листоштамповочных молотах в упрощенных штампах. Формоизменение деталей на молотах осуществляется в основном за счет энергии падения стесселя с пуансоном (матрицей) с определенной высоты.

Среди существующих типов молотов наибольшее применение в заготовительно-штамповочных цехах имеют пневматические листоштамповочные молоты, работающие от сети сжатого воздуха.

Пневматические листоштамповочные молоты

Общий вид пневматического листоштамповочного молота серии МЛ показан на рис. 18.9. Станина молота состоит из шабота со столом 6, двух боковых стоек 8 и верхней траверсы 11. Шабот со столом служит для установки нижней части штампа и крепления нижних концов стоек. Вместе с фундаментом молота шабот воспринимает энергию удара падающих частей. Поэтому масса шабота в 10–15 раз превышает массу падающих частей.

Боковые стойки 8 соединяют шабот с верхней траверсой и несут на себе направляющие 7 для стесселя 9. Для уменьшения вибрации

при штамповке болты крепления стоек с шаблотом и верхней траверсой установлены с пружинами. Для точного направления стесселей направляющие по мере износа могут выдвигаться из стоек с помощью клиньев. Внутри стоек смонтированы замки, удерживающие стессель от опускания при нерабочем положении молота.

На верхней траверсе 11 смонтирован пневмоцилиндр 12 с поршнем и штоком 10, служащий для подъема стесселя, а также для ускорения его движения вниз. В верхней части цилиндра имеется воздушный демпфер, предохраняющий поршень от удара о верхнюю крышку цилиндра.

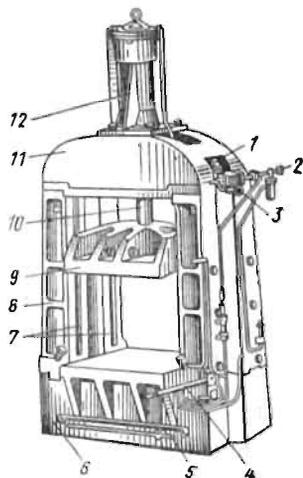


Рис. 18.9. Листоштамповочный молот МЛ-2

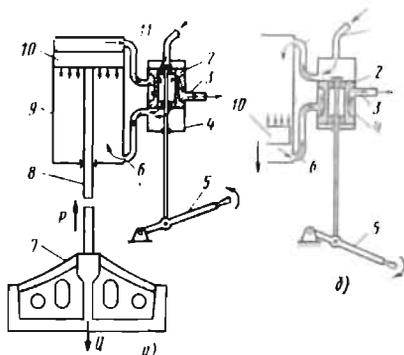


Рис. 18.10. Схема работы молота

В верхней части стесселя 9 имеется гнездо для крепления его штоку 10, а в нижней — отверстия для резьбовых шпилек крепления верхней части штампа.

Механизм управления молотом представляет собой золотниковое распределительное устройство 1, в которое сжатый воздух из сети поступает по трубопроводу 2, а выпуск происходит через трубу 3. Шток золотника с помощью тяг и рычагов соединен с рукояткой управления 4. В механизм управления молотом входит также устройство управления предохранительными замками. При нажатии на педаль 5 с помощью тяг и рычагов замки убираются внутрь стоек 8; при снятии ноги с педали замки под действием пружин выступают наружу, предохраняя стессель от падения.

Схема работы пневматического листоштамповочного молота показана на рис. 18.10. Из сети сжатый воздух по трубопроводу 1 поступает в золотниковую камеру 4. При верхнем положении золотника 2 (рис. 18.10, а) воздух через сквозные его отверстия попадает в нижнюю часть камеры и далее по каналу 6 поступает в нижнюю полость цилиндра 9. Давление воздуха на нижнюю поверхность поршня 10 создает усилие P , превышающее массу падающих частей G , и поршень со штоком 8 и закрепленным на нем стесселем 7 начнет

перемещаться вверх. Из верхней полости цилиндра 9 воздух будет вытесняться через канал 11 в золотниковую камеру 4 и, огибая кольцевую проточку золотника 2, попадает в выпускную трубу 3, сообщаемую с атмосферой. Перемещение золотника и стесселя вверх соответствует верхнему положению рукоятки 5 управления молотом.

При нижнем положении золотника 2 (рис. 18.10, б) сжатый воздух по каналу 11 попадает в верхнюю полость цилиндра и давит на верхнюю поверхность поршня 10, создавая добавочное усилие к массе падающих частей. Регулируя положение рукоятки управления, можно изменять силу удара. Из нижней полости цилиндра воздух вытесняется через канал 6 в золотниковую камеру 4 и по выточке в золотнике попадает в выпускную трубу 3 и атмосферу.

Технологические возможности листоштамповочных молотов определяются энергией удара, определяемой массой падающих частей (стесселя и верхней части штампа) и скоростью их падения (при свободном падении — высотой падения), а также площадью стола.

Листоштамповочные молоты серии МЛ имеют массы падающих частей 8; 15; 20; 30 и 50 кН; ход стесселя соответственно увеличивается от 0,85 до 1,5 м, а площади столов — от $0,7 \times 0,9$ до $1,8 \times 3,1$ м.

Энергия удара у молотов может быть определена по формуле

$$A = \frac{MV^2}{2}, \quad (18.1)$$

где M — масса падающих частей; V — скорость к моменту касания верхней части штампа заготовки.

Энергия удара может быть усилена путем увеличения массы падающих частей и их скорости. Вследствие громоздкости, большой металлоемкости пневматические листоштамповочные молоты с массой падающих частей свыше 5 т не нашли широкого применения. Как следует из выражения (18.1), для повышения энергии удара более эффективно увеличение скорости V . Из известного выражения для скорости свободно падающего тела $V = \sqrt{2gH}$ (где g — ускорение свободного падения; H — высота падения) следует, что она возрастает с увеличением высоты падения. Но дальнейшее увеличение высоты молотов по многим причинам нерационально.

Эффективным способом увеличения скорости движения падающих частей является создание давления над поршнем цилиндра при соответствующей системе воздухораспределения. У скоростных молотов двойного действия типа МЛП удается увеличить скорость примерно в 1,7 раза и, согласно формуле (18.1), — энергию удара примерно в 3 раза. Широкое применение имеют более компактные гидравлические и газогидравлические скоростные молоты типа МЛГ и МГС, особенно при штамповке гидроэластичной средой малопластичных материалов с применением нагрева.

Зная потребную для деформирования заготовки энергию, с учетом КПД можно определить необходимую энергию удара молота. Другим параметром для выбора молота служат размеры стола.

Оснастка для листоштамповочных молотов

Рабочей оснасткой при штамповке на листоштамповочных молотах служат литые штампы из цинка и свинца. Эти металлы имеют низкую температуру плавления, обладают хорошими литейными качествами и низким процентом угара, что дает возможность применять несложное литейное оборудование, а также позволяет использовать многократную переплавку при изготовлении новых штампов. При доводке после отливки штампы из этих материалов легко обрабатываются резанием.

Разность температур плавления цинка (420 °С) и свинца (325 °С) позволяет использовать уже отлитую цинковую матрицу в качестве формы для отливки свинцового пуансона. Модель матрицы изготовляют из технического гипса по слепку с эталона поверхности, по эталонной детали, по шаблонам, снятым с плаза. При помощи модели в опоке изготавливается земляная форма, в которую и заливают расплавленный цинк. После остывания опоку разбирают, матрицу освобождают от формочной земли и подвергают доработке. Основание матрицы обрабатывают на строгальном станке, рабочий контур дорабатывают вручную шаровыми фрезами и абразивными кругами с приводом от пневматической машинки, зачищают поверхности шаберами различной конфигурации.

После доводки матрицу устанавливают в опоку и используют как форму для отливки свинцового пуансона. Перед концом заливки над поверхностью расплава по трафарету подвешиваются гайки для крепления с помощью шпнлек пуансона к стесселю. Доработка пуансона с учетом толщины штампуемой заготовки аналогична доработке матрицы. Окончательная доводка производится на молоте при пробной штамповке. Трудоемкость доводки пуансона уменьшается, если заливку свинца производить в матрицу, подогретую до 200—250 °С, что частично компенсирует искажение размеров пуансона вследствие усадки свинца при остывании.

Основным недостатком свинцово-цинковых штампов является их относительно малая стойкость. Более высокой стойкостью обладают штампы, изготавливаемые по аналогичной технологии в следующих сочетаниях: матрица — из цинка, пуансон — из алюминийно-цинкового сплава АЦ13 или пластмассы на основе атилцеллюлозы (ТЛК-Э); матрица — из чугуна, пуансон — из цинка или сплава АЦ13. В некоторых случаях применяются комбинированные пуансоны, у которых основа изготавливается из цинка или АЦ13, а рабочая поверхность облицовывается пластмассой ТЛ-Э или реактопластами на основе эпоксидных смол [5, 8].

Пуансоны из пластических масс обладают большей по сравнению со свинцовыми стойкостью; на их рабочей поверхности не остается следов от гофров штампуемой детали. При ударе такие пуансоны производят меньше шума. Недостатком их является невысокая жесткость удара.

Верхняя часть штампа крепится к стесселю с помощью шпнлек, завертываемых в установленные во время отливки гайки. Ориентированная на столе молота по верхней части нижняя часть штампа фиксируется заливкой расплавленного металла. Более совершенная фиксация нижней части штампа с помощью планок-прихватов, укрепляемых на столе молота шпнлками, ввернутыми в его резьбовые отверстия.

Спецификой штамповки на листоштамповочных молотах является формирование сложных деталей в простом штампе за несколько переходов, между которыми рабочий определяет зоны зарождения брака (начало образования складок, местного утонения и др.) и устраняет их, применяя резиновые или фанерные прокладки, а также производя ручную или машинную доводку вне штампа.

В последнее время для штамповки на молотах применяют эластичные и гидроэластичные контейнеры, позволяющие существенно упростить оснастку, повысить производительность, качество деталей и резко снизить затраты ручного труда. Применение высокоскоростных молотов типа МЛГ-16 обеспечивает создание давлений в контейнере при штамповке до 250 МПа (2500 кгс/см²).

Штамповка резиной на листоштамповочных молотах деталей из малопластичных материалов с нагревом заготовки по сравнению со штамповкой эластичной средой на прессах является более эффективной вследствие краткосрочности контакта заготовки с оснасткой.

Контейнеры для штамповки резиной для восприятия высоких давлений собираются из стальных колец или рамок, соединяемых сваркой, или с помощью кольцевых ребер, входящих в ответные проточки.

Резиновые подушки обычно склеиваются из листов толщиной 30—60 мм. Сорт резины подбирается в зависимости от проектируемого процесса штамповки. Мягкие сорта резины допускают большие степени деформации, но при этом увеличивается опасность затекания резины под борт детали. Качество работы повышается при применении комбинированных подушек, у которых основная часть набрана из резины малой твердости, а нижний лист толщиной 40—60 мм — из резины повышенной твердости. При штамповке с нагревом заготовок из малопластичных материалов на подушку подклеивается лист из термостойкой резины.

Листы резины вырезаются по габаритным размерам на 2,5—3 мм больше внутренних размеров контейнера, что обеспечивает необходимый натяг при запрессовывании подушки в контейнер. Высота подушки берется равной пятикратной высоте штампуемой детали.

ГЛАВА 19

СТАНКИ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПРОФИЛЕЙ

Основными формоизменяющими операциями при изготовлении деталей из профилей являются гибка, изменение угла между полками (малковка) и подсечка. Подсечка профилей выполняется в подсечных штампах на прессах. Для операций гибки и малковки создано специализированное оборудование.

Гибка профилей производится на роликовых профилегибочных станках, профилегибочных растяжных станках и профилегибочных станках с поворотным столом. Короткие детали (до 500 мм) гнут также в штампах на прессе.

19.1. РОЛИКОВЫЕ ПРОФИЛЕГИБОЧНЫЕ СТАНКИ

Схемы работы роликовых профилегибочных станков аналогичны схемам работы валковых листогибочных станков, но вместо валков у них рабочими органами служат ролики, форма рабочей поверхности которых соответствует сечению изгибаемых профилей. В целях упрощения изготовления и экономии материала ролики делают составными (см. рис. 4.38). При переходе на гибку другого сечения профиля производится смена роликов. Из-за необходимости частой смены роликов, а также для большего удобства работы станки имеют консольное расположение роликов.

Большинство роликовых профилегибочных станков имеет горизонтальное расположение осей роликов. Однако гибку деталей больших размеров из тяжелых профилей значительно удобнее производить в горизонтальной плоскости, т. е. на станках с вертикальным расположением осей роликов.

Разные профилегибочные станки имеют различное сочетание приводных и регулируемых роликов. Для получения деталей с переменным радиусом кривизны необходимо в процессе гибки-прокатки изменять взаимное расположение роликов. С целью автоматизации регулирования положения роликов некоторые станки оснащены сле-

дящей системой, работающей от копира, форма которого строится с учетом влияния пружинения.

В цехах заводов летательных аппаратов применяются роликовые профилеггибочные станки марок ПГ-2М, ПГ-3, ПГ-4, ПГ-5А, ПГ-6, ПГ-9 и др. [5].

На станке ПГ-2М можно гнуть детали из профилей уголкового, таврового и швеллерного сечения с постоянным и переменным по длине детали радиусом кривизны и прямолинейными участками. Схема работы станка приведена на рис. 19.1. Заготовка 8, подаваемая кареткой 9 рольганга и ведущими роликами 5 и 6, изгибается

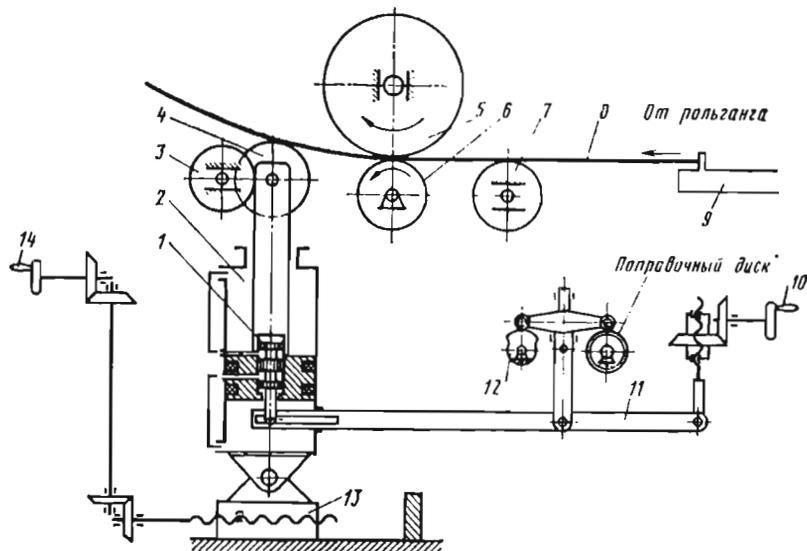


Рис. 19.1. Профилеггибочный станок ПГ-2М; схема работы

роликом 4, положение которого определяет кривизну детали. Вертикальное перемещение ролика 4 осуществляется гидроцилиндром 2, работой которого управляет золотник 1, связанный с копиром 12. Профиль копира строится по кривой изгиба детали с поправкой на пружинение. Каретка 9 и ведущие ролики 5 и 6 имеют синхронное принудительное движение от привода станка. Упорный ролик 3, гибочный 4 и направляющий ролик 7 привода не имеют и на своих осях вращаются свободно.

В исходное положение ролик 4 устанавливается вручную по горизонтали — маховичком 14, по вертикали — маховичком 10. При вращении маховичка 14 перемещаются салазки 13, несущие цилиндр 2. Вращением маховичка 10 при неизменном положении копира 12 изменяется положение рычага 11, плунжера золотника 1, поршня гидроцилиндра 2, жестко связанного с золотником 1, и, следовательно, ролика 4.

Для исключения возможного бокового изгиба профиля на станке предусмотрены специальные направляющие и поджимные устройства в виде щек, установленных слева и справа от роликов.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 19.2. Простой управляемый электродвигатель 3 через клиноременную передачу 6, червячную пару $z = 40/z = 7$ приводит во вращение ролик 2 — через шестерни $z = 22/z = 36$, а ролик 1 — через шестерни $z = 15/z = 43$. Верхний ролик 1 устанавливается по отношению к нижнему ролику 2 с зазором, равным толщине полки изгибаемого профиля 7, вращением маховика 3. Перемещающая подающую каретку цепь рольганга 4 связана с валом ролика 2 цепными передачами $z = 20/z = 20$ и $z = 17/z = 17$. Копир 5 и поправочный диск 6 синхронно вращаются благодаря соединению цепной передачей $z = 20/z = 20$. С нижним роликом 2 они связаны кинематической цепью: вал ролика 2 — зубчатая пара $z = 36/z = 22$ — две последовательно расположенные цепные передачи $z = 20/z = 20$ и $z = 20/z = 20$ — парноосевые шестерни Б/А — цепная передача $z = 20/z = 20$ и две последовательно расположенные зубчатые пары $z = 20/z = 80$ и $z = 20/z = 80$. Сменные шестерни Б/А подбираются так, чтобы за один оборот копира рольганг перемещал изгибаемый профиль на всю его длину.

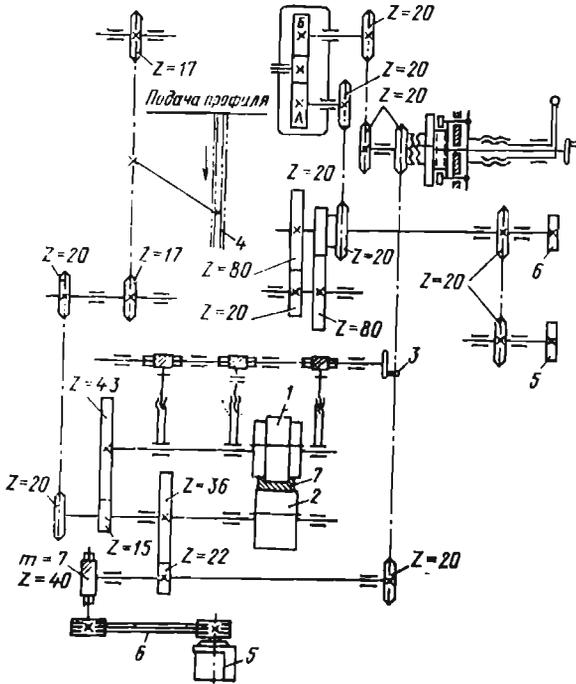


Рис. 19.2. Кинематическая схема станка ПГ-2М

Схема гидравлического следящего привода станка приведена на рис. 19.3. От лопастного насоса 1 жидкость через предохранительный клапан 2, фильтр 3 и следящий золотник 4 поступает в гидроцилиндр 5. При перемещении вверх плунжера 7 золотника 4 масло поступает в нижнюю полость силового гидроцилиндра 5 и перемещает поршень 6 вместе с гибочным роликом также вверх.

Одновременно с этим масло из верхней полости цилиндра через золотник перетекает в бак. Жестко связанный с поршнем *б* корпус золотника *4* также будет перемещаться вверх, как бы догоняя плунжер *7*, вследствие чего доступ жидкости в нижнюю полость цилиндра будет прекращен.

Кроме копира *8* для учета отклонений в упругих свойствах материала заготовки в копирующую систему введен поправочный

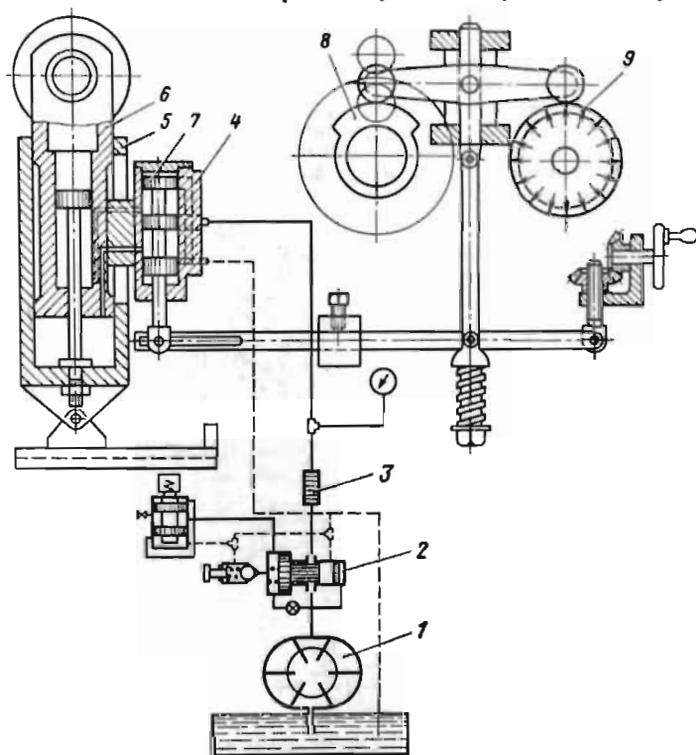


Рис. 19.3. Гидравлический следящий привод станка ПГ-2М

диск *9*, который, как это видно из схемы, наравне с копиром участвует в перемещении плунжера следящего золотника.

На станке ПГ-2М можно гнуть профили с полками толщиной до 8 и высотой до 80 мм при минимальном радиусе изгиба 300 мм.

Профилегибочные роликовые станки ПГ-3 и ПГ-4 имеют сходную конструкцию и схему работы. Станок ПГ-3 предназначен для гибки деталей из дуралюминовых профилей, станок ПГ-4 — для гибки кольцевых деталей из стальных профилей.

В отличие от станка ПГ-2М с одним гибочным роликом станок ПГ-3 (рис. 19.4) имеет два гибочных ролика *7*, свободно вращающихся на своих осях. Установка роликов производится вручную: вертикальная — маховичком *10*, горизонтальная — маховичком *6*. Подъем

при изгибе и опускание гибочных роликов для снятия готовой детали и установки заготовки осуществляются гидравлическим цилиндром 2. Расстояние между верхним 4 и нижним 3 ведущими роликами в соответствии с толщиной полки профиля устанавливается вручную вращением маховичка 8 и перемещением упоров 9. Подъем для зажима заготовки и опускание нижнего ведущего ролика 3 для установки заготовки и съема готовой детали осуществляются гидроцилиндром 1 при нажатии соответствующих кнопок на пульте управления.

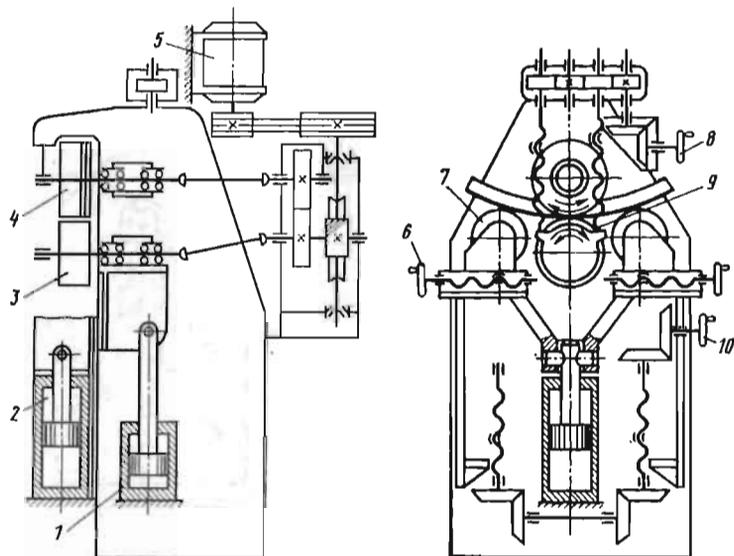


Рис. 19.4. Кинематическая схема станка ПГ-3

Гибка производится в следующей последовательности. При опущенных нижнем ведущем и гибочных роликах заготовка заводится в ведущие ролики так, чтобы она опиралась на гибочные ролики. Вначале под действием гидроцилиндра 1 заготовка поджимается роликом 3 к ролику 4, затем под действием гидроцилиндра 2 ролики 7 изгибают ее до требуемой кривизны. После этого включается вращение от электродвигателя 5 ведущих роликов, осуществляющих подачу заготовки. Ведущие ролики 3 и 4 имеют реверсивное вращение, что позволяет подавать заготовки в обе стороны.

На станке имеются выполненные в виде щек или свободно перемещающихся роликов отжимные устройства, препятствующие изгибу профиля в плоскости, перпендикулярной направлению прокатки, и закрутке сечения.

Гидрокинематическая схема станка ПГ-4 (рис. 19.5) аналогична схеме станка ПГ-3. Отличительной особенностью его является отсутствие поджимного устройства; имеется также возможность раздельного подъема гибочных роликов.

При гибке на станках ПГ-3 и ПГ-4 технологических припусков на концах заготовки не требуется. На рис. 19.6 представлена схема работы станка ПГ-4 по переходам. При первой подаче справа налево (рис. 19.6, б) левый конец профиля остается прямым, а при подаче в обратном направлении (рис. 19.6, в) он изгибается до нужной кривизны. Пружинение компенсируется дополнительным перемещением гибочных роликов.

Профилегибочный станок ПГ-6 имеет трехроликую асимметричную схему (рис. 19.7). Ролик 1 находится в неподвижном положении, нижние ролики 2 и 3 при настройке перемещаются как в гори-

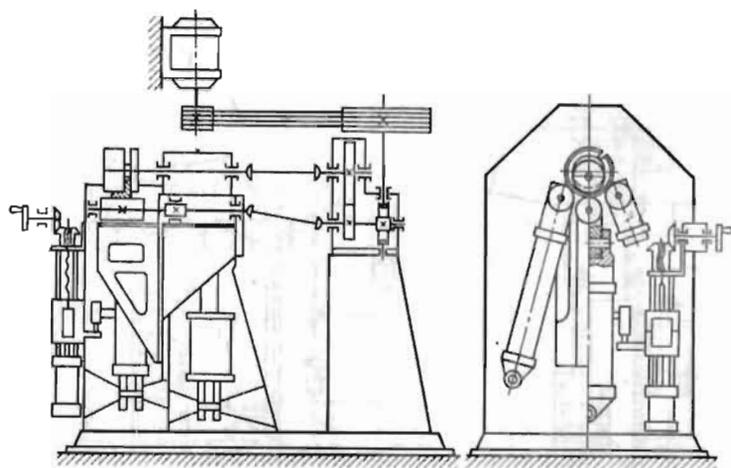


Рис. 19.5. Схема станка ПГ-4 ...

зонтальном, так и в вертикальном направлении. Все три ролика станка приводные. Ролики 2 и 3 попеременно могут выполнять роль как ведущих, так и гибочных (см. рис. 19.7, а, б),

Профилегибочный станок ПГ-9 предназначен для изготовления деталей из листовых и прессованных профилей титановых сплавов. Станок имеет трехроликую схему с вертикальным расположением осей роликов и центральным приводным роликом. Он может работать как при симметричном, так и при асимметричном расположении гибочных роликов. Станок оснащен системой индукционного нагрева заготовки токами повышенной частоты в процессе гибки-прокатки до температуры 1000 °С и системой подогрева роликов токами промышленной частоты до температуры 300 °С; подшипниковые узлы роликов имеют принудительное водяное охлаждение.

Для гибки профилей сложного сечения из стали и легких сплавов предназначен трехроликовый профилегибочный станок с дополнительной (опорной) роликовой головкой ПГ-5А, кинематическая схема которого показана на рис. 19.8 [8].

На станке можно производить гибку профилей полкой наружу и внутрь. Возможность наладки станка на асимметричную схему работы позволяет уменьшить длину незагнутых участков на концах детали. Головка с опорным роликом 11, фиксирующим в зоне изгиба полку детали 16, обеспечивает гибку профилей со сложным сечением. Для удобства гибки крупногабаритных деталей оси роликов 9 и 12 расположены вертикально, а изгибаемая деталь в процессе гибки занимает горизонтальное положение, перемещаясь по плите, столу или рольгангам.

Прямой участок $L=150\text{ мм}$

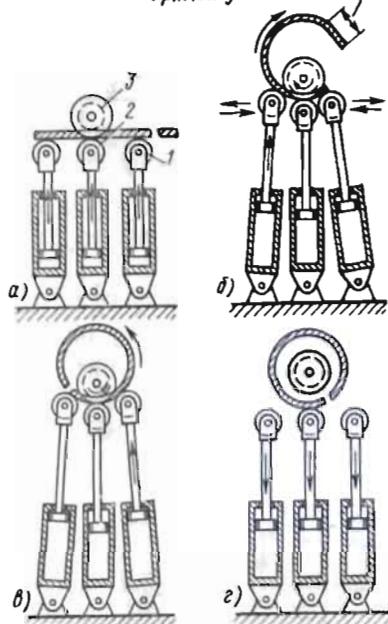


Рис. 19.6. Схема работы станка ПГ-4 по переходам

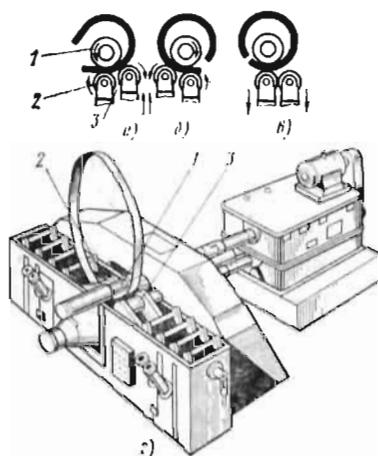


Рис. 19.7. Профилегибочный станок ПГ-6:

а), б), в) схема работы станка по переходам; г) общий вид станка

Закрутке изгибаемого профиля препятствуют упорные ролики, смонтированные на передней стенке станка. Их положение по высоте регулируется при настройке станка:

Гибочные ролики 9 получают вращение от электродвигателя 3 через клиноременную передачу, дифференциал 2, карданные механизмы 1 и червячные пары 10, находящиеся на суппортах гибочных роликов. Червячная пара 13 центрального ролика смонтирована на торцевой стороне станины. Вращение от червячного колеса на центральный ролик 12 передается с помощью цепной передачи 14. Гибочные ролики 9 установлены на суппортах 8, перемещающихся по направляющим кареток 6. В свою очередь, каретки перемещаются при настройке по направляющим станины станка электродвигателями 5 через систему передач.

По командам с пульта управления гибочные ролики 9 совершают два установочных движения: 1) в направлении друг к другу — перемещением кареток 6 с помощью ходовых винтов 7; 2) в направлении к центральному ролику 12 — перемещением суппортов 8 относительно кареток 6 от гидроцилиндров 4 с ограничением перемещения гидравлическими упорами, установка которых контролируется по шкале, находящейся на пульте управления. Независимое движение кареток 6 позволяет устанавливать гибочные ролики в любое положение относительно ролика — как симметрично, так

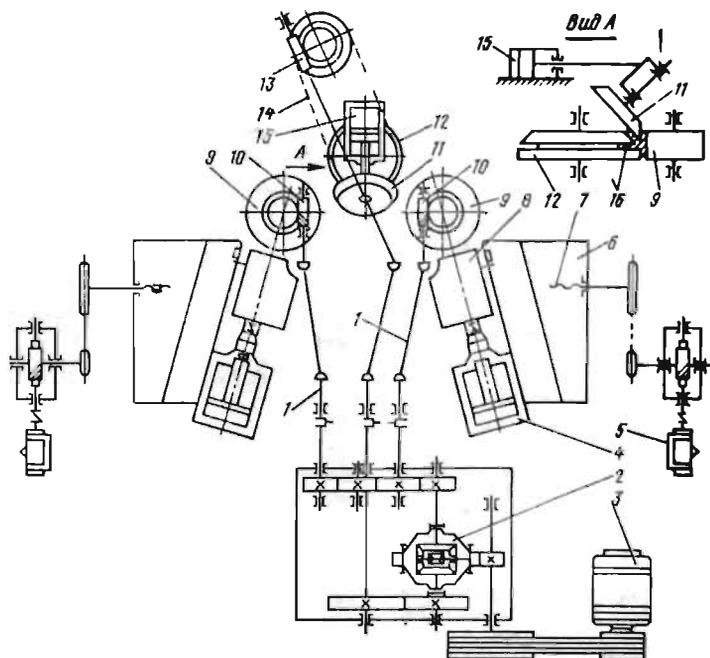


Рис. 19.8. Кинематическая схема станка ПГ-5А

и несимметрично. Опорный ролик 11 имеет три установочных движения: горизонтальное и вертикальное (прямолинейные) и свободное вращательное вокруг оси, расположенной в горизонтальной плоскости. Механизм привода опорного ролика с гидроцилиндром 15 смонтирован на специальной головке.

Перед началом операции гибки каретки 6 и гидравлические упоры суппортов 8 гибочных роликов 9, а также суппорт опорного ролика 11 устанавливаются в соответствие с сечением и требуемым радиусом гибки детали. После установки заготовки и включения гидроцилиндров гибочных и опорного роликов включается вращение приводных роликов.

Для предотвращения проскальзывания во время гибки-прокатки роликов по заготовке с ее поверхности тщательно удаляется

смазка, а в необходимых случаях профиль натирается канифолью.

При изготовлении деталей на станке ПГ-5А требуется технологический припуск, так как концы заготовки остаются прямыми и подлежат обрезке.

В последнее время создан целый ряд конструкций профилегибочных роликовых станков различного применения.

Расчет профилегибочных роликовых станков производится по методике, аналогичной методике расчета листогибочных валковых станков. Специфика состоит в учете консольного расположения роликов, дополнительных потерь на трение скольжения вследствие стремления профиля к размалковке, скручиванию и другим побочным деформациям.

На роликовом станке ПРС-1 гибка профиля осуществляется путем раскатки (и, следовательно, удлинения) между двумя роликами наружной полки при одновременном приложении усилий со стороны гибочных роликов. Схема работы станка приведена на рис. 19.9. Верхний раскатной ролик 1 вместе с опорными роликами 3 и 4 смонтированы на верхней каретке станка, которая с помощью винта может быть наклонена в соответствии с углом уклона внешней полки профиля. Нижний раскатной ролик 2, опирающийся на опорные ролики 5 и 6, смонтирован на нижней каретке, которая может перемещаться с помощью винта по направляющим станины в вертикальном направлении.

По обеим сторонам раскатных роликов расположены свободно вращающиеся на осях гибочные ролики 7 и 8. Средний опорный ролик 9, смонтированный на кронштейне передней стенки станины, может с помощью винта перемещаться в вертикальном направлении. Гибочные ролики имеют возможность самостоятельного перемещения в перпендикулярном и параллельном к передней стенке станины направлениях.

Привод раскатных роликов осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу и червячный редуктор. Два выходных вала редуктора соединены с валами раскатных роликов с помощью карданных валов.

Для одновременной гибки и малковки профилей предназначен профилегибочный малковочный роликовый станок ПГМ-1, схема работы которого показана на рис. 19.10. Рабочая часть станка состоит из передней и задней головок, малкующих роликов, механизма подающих и опорных роликов, а также прижимных роликов. Малкующие ролики могут наклоняться в вертикальной плоскости на

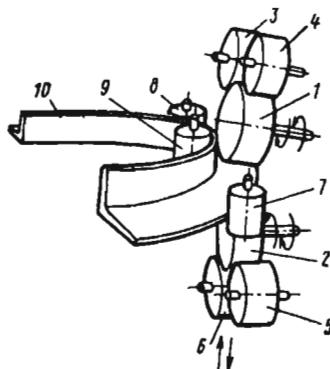


Рис. 19.9. Схема работы станка ПРС-1

угол $\pm 15^\circ$; при необходимости получения большей малки применяют малкующие ролики конической формы.

Изгиб и одновременную малковку профиля осуществляют малкующие ролики 1 по оправке 2 в процессе ее движения. Оправка с закрепленной на ней заготовкой 3 устанавливается на опорные ролики 4 и сверху прижимается к ним прижимными роликами 5. Реакция от давления на оправку малкующих роликов оказывается подающими роликами 6.

Подающие ролики приводятся во вращение электродвигателем через редуктор. Малкующие и прижимные ролики оказывают давление на оправку при помощи гидроцилиндров. Движение оправки

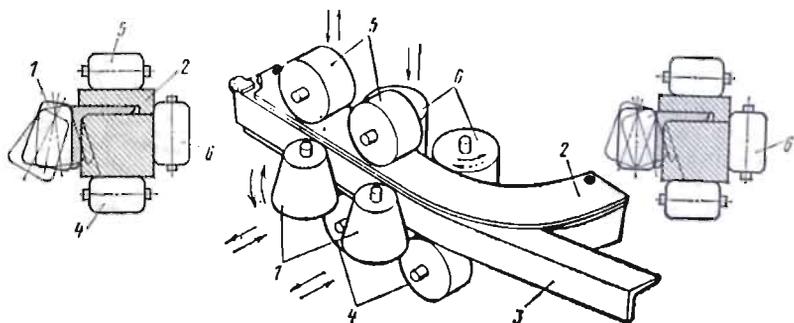


Рис. 19.10. Схема работы станка ПГМ-1

по опорным роликам осуществляется силами трения между подающими роликами и боковой поверхностью оправки. Поворот малкующих роликов может производиться как вручную, так и по специальному копиру.

Отдельно операция малковки профилей может производиться в штампах на прессах и на специальных двухроликовых станках, где малка формируется наклонными гранями роликов в процессе прокатки.

Гибка коротких профилей часто производится в специальных штампах на прессах. Штампы проектируются с учетом пружинения детали. Для гибки профилей сложного сечения применяются клиновые штампы с поджимом полок.

Для гибки профилей проталкиванием через фильер применяется гидравлический пресс ППФ-1, на котором возвратно-поступательными движениями зажимного патрона профиль по участкам продвигается через фильер, имеющий форму сечения профиля, и приобретает кривизну ручья.

Для гибки на небольших участках, а также для доводки изогнутых профилей применяются профилеразводные станки. Представителем этой группы станков может служить станок ПР-1 (рис. 19.11). На нижнем выступе 2 станины 1 смонтирован неподвижный боек 3. Подвижный боек 4 совершает возвратно-поступательные движения с приводом от кривошипного механизма. В процессе последователь-

Рис. 19.11. Профилирующий станок ПР-1

ного раздавливания наружной полки вследствие ее удлинения происходит изгиб профиля в обратном направлении.

Для самоориентирования в соответствии с уклоном полки профиля бойки установлены на осях, вокруг которых могут поворачиваться в некоторых пределах.

Следует отметить, что на профилирующих станках выполняется операция, обратная операции, осуществляемой на посадочных станках типа ПС-80.

Прокатный стан СП300-160 предназначен для получения профилей из листовых заготовок (полос) титановых и жаропрочных сплавов, предварительно нагретых до температуры 1000—1100 °С, методом прокатки в сменных роликах за несколько переходов. Благодаря быстрой смене роликов получение профилей на этом стане является экономически выгодным в условиях мелкосерийного производства.

При работе стана вращение от электродвигателя главного привода 1 (рис. 19.12) передается через редуктор 2 и карданные передачи 3 на валы 4 и 5 рабочей клетки, на которые насажены рабочие сменные ролики 6. Нижний вал 4 клетки смонтирован в подшипниках неподвижно, верхний вал 5 имеет возможность перемещения вверх-вниз параллельно нижнему валу в пределах 180 мм с приводом от электродвигателя 7 через три червячных редуктора 8, 9 и 10 и три упорных винта 11. На среднем червячном редукторе 9 смонтирован указатель 12 перемещения верхнего вала.

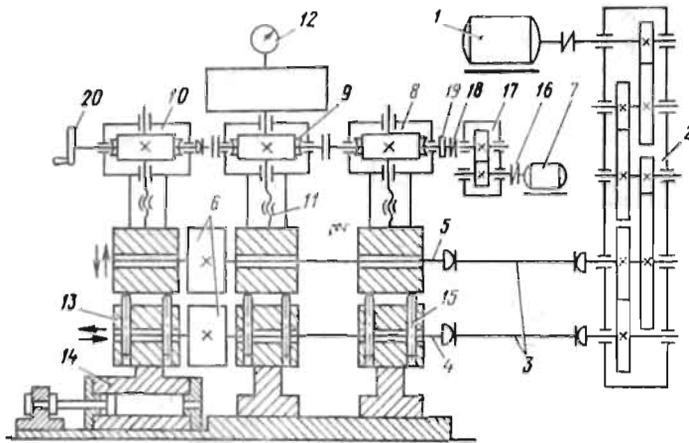
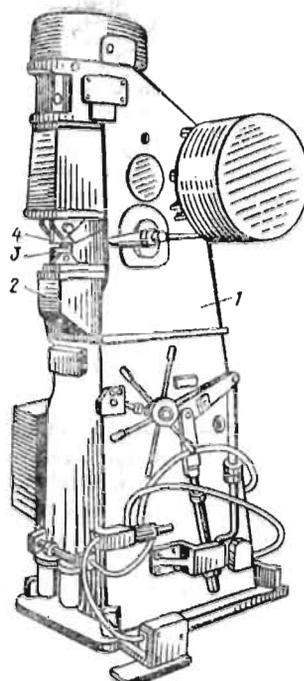


Рис. 19.12. Кинематическая схема прокатного стана СП300-160

К упорным винтам верхний вал поджимается шестью гидроцилиндрами 15, смонтированными в подушках нижнего вала. Для удобства смены роликов левая стойка 13 клетки может сходить с вала вместе с подушками с помощью гидроцилиндра 14. Снятие и установка роликов могут производиться ходом левой стойки при помощи специальных Г-образных захватов, смонтированных в подушках левой стойки.

Стан оснащен входным и выходным ролями для облегчения подачи полос в клеть и приема профиля после прокатки.

Исполнительный механизм перемещения верхнего вала включает в себя упругую втулочно-пальцевую муфту 16, через которую вращение от электродвигателя 7 передается на редуктор 17, кулачковую муфту 18 и предохранительную муфту 19, установленную на входном валу червячного редуктора 8 правой стойки. Червячные валы редукторов соединены между собой через кулачково-дисковые и соединительные муфты. Валы левого и среднего редукторов дополнительно соединены шарнирным валом. Вращение червячных валов редукторов может также осуществляться вручную маховиком 20.

19.2. ПРОФИЛЕГИБОЧНЫЕ РАСТЯЖНЫЕ СТАНКИ

Для уменьшения пружинения с целью повышения точности деталей при изгибе профилей применяют растяжение. Операции изгиба с растяжением выполняются на специализированных профилегибочных растяжно-обтяжных станках ПГР-6, ПГР-7, ПГР-8 и др.

Профилегибочный растяжно-обтяжной станок ПГР-6 (рис. 19.13) предназначен для изготовления деталей с углом изгиба до 180° из гнутых и прессованных профилей легких сплавов.

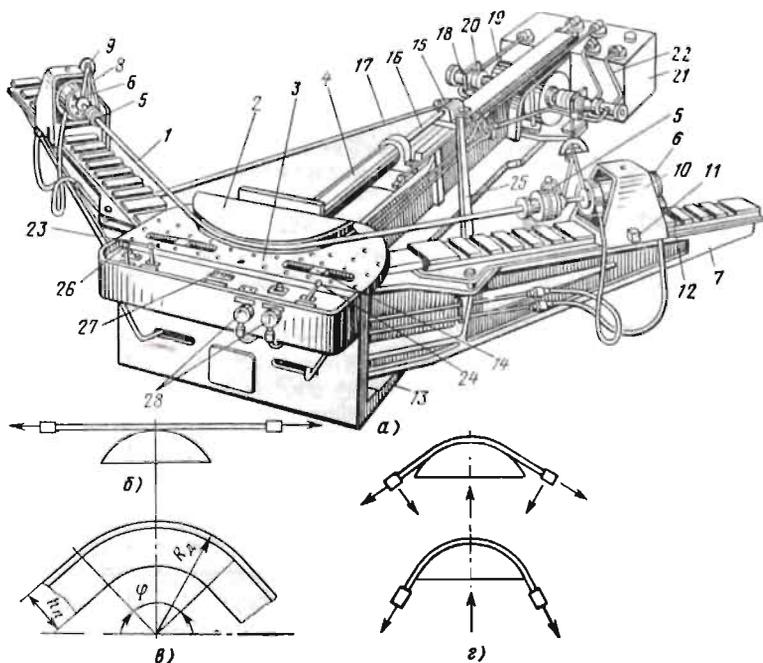


Рис. 19.13. Профилегибочный растяжной станок ПГР-6:
а) общий вид станка; б) растяжение; в) гибка; г) схема обтяжки

Перед началом работы гибочные рычаги 7 выставляются по одной прямой линии. Концы изгибаемого профиля 1 зажимаются в пневматических зажимных патронах 5, укрепленных на штоках растяжных цилиндров 6. Для удержания от проворота зажимных патронов вокруг своей оси они соединены ломающимися рычагами 8 с невращающимся корпусом растяжного цилиндра. На шарнирах рычагов смонтированы указатели 9 перемещения штоков растяжных цилиндров.

Растяжные цилиндры шарнирно крепятся в каретках 10, перемещающихся по направляющим гибочных рычагов вручную с помощью реечной пары. Положение кареток перед началом операции фиксируется шпонками 11, входящими в пазы 12,

Гибочные рычаги крепятся к станине 13 на осях 14, которые могут перемещаться по пазам станины вручную при помощи червячной пары, вследствие чего изменяется угол поворота гибочных рычагов.

На задней части станины укреплен гибочный цилиндр 4 и направляющая ползуна 15, соединенного со штоком 16 гибочного цилиндра. Тяги 17 и 25 своими концами шарнирно соединены с ползуном 15 и гибочными рычагами 7. При подаче масла в переднюю полость гибочного цилиндра ползун перемещается назад и при помощи тяг 17 поворачивает гибочные рычаги к задней части станины, тем самым производя изгиб профиля по установленному на столе 3 станка пуансону 2.

После выема детали из зажимных патронов 5 и съема ее со станка гибочные рычаги возвращаются в исходное положение, для чего масло подается в заднюю полость гибочного цилиндра. Крайние положения гибочных рычагов ограничиваются конечными выключателями.

Насосный привод, питающий растяжные и гибочный цилиндры, представляет собой двоянный лопастной насос 18, приводимый во вращение электродвигателем 19 через упругую муфту 20. Ближе расположенный к электродвигателю коренной насос питает гибочный цилиндр, крайний — растяжные цилиндры.

Из маслобака 21 насосы забирают масло по трубопроводам 22 и подают его в гидросистему, смонтированную на пульте управления. На верхней панели пульта управления находятся рычаги 23 и 24 перемещения левого и правого растяжных цилиндров, лимб регулирования скорости поворота гибочных рычагов 7, ручка 26 регулятора давления в растяжных цилиндрах, кнопки 27 включения электродвигателя насосов. Давление в гидросистеме контролируется манометрами 28.

На рис. 19.14 показан зажимной патрон, который на резьбе крепится к штоку растяжного цилиндра. Внутри конической расточки корпуса 1 перемещаются три зажимных кулачка 2. Для предотвращения поворота кулачков в них ввернуты болты 3, перемещающиеся по прорезям корпуса. С помощью накидной гайки 4 к корпусу 1 крепится корпус 5, внутренняя полость которого является пневматическим цилиндром. Выступ 6 штока поршня цилиндра

входит в проточки кулачков и перемещает их, зажимая или освобождая заготовку. Подача воздуха в правую и левую полости цилиндра управляется золотником с рукояткой 7. Питание цилиндра сжатым воздухом осуществляется от заводской воздушной сети давлением 0,4 ... 0,5 МПа (4—5 ат).

От станка ПГР-6 несколько отличается более мощный станок ПГР-7, хотя принципиальная схема у них сходна. Конструктивная схема станка ПГР-7 приведена на рис. 19.15.

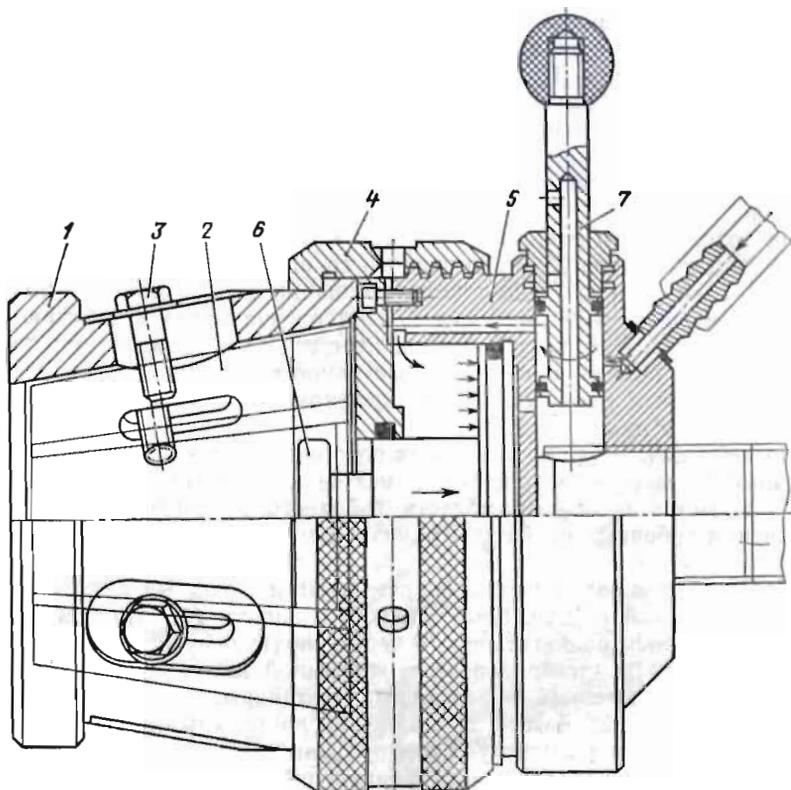


Рис. 19.14. Зажимной патрон профилирующего растяжного станка — конструктивная схема

Станок состоит из следующих основных узлов: станины 1, стола 7 гибочных рычагов 5, двух гибочных цилиндров 2, кареток 3, растяжных гидроцилиндров 4 с зажимными патронами 6, передней передвижной установки с гидроцилиндром 9, нижнего прижимного цилиндра, насосной станции и пульта управления.

Гибочные рычаги 5 шарнирно укреплены на станине и имеют возможность поворачиваться вокруг осей 8 с помощью гибочных цилиндров. Каретки 3 с растяжными цилиндрами и зажимными па-

тронами устанавливаются по длине заготовки с помощью ходовых винтов индивидуальными двигателями.

Передняя установка, являющаяся съемным узлом, используется при гибке деталей знакопеременной кривизны. Она состоит из сварной каретки 10, передвигающейся по рельсам 11. На каретке смонтирован стол 12 с цилиндром 9. Дополнительный пуансон для формовки участка обратной кривизны крепится на перемещающихся по направляющим стола салазках 13.

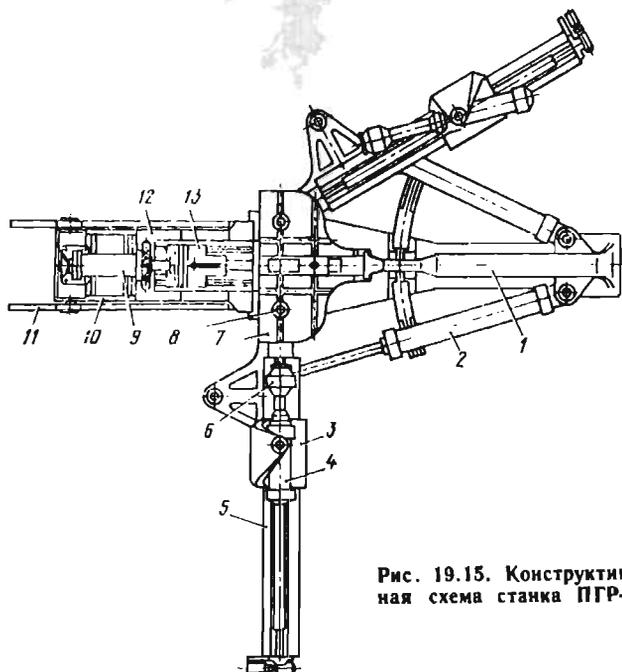


Рис. 19.15. Конструктивная схема станка ПГР-7

В нижней части станка расположен цилиндр, предназначенный для прижима верхней части разъемного пуансона к нижней с целью предотвращения потери устойчивости внутренней горизонтальной полки изгибаемого профиля. Цилиндр имеет возможность передвижения на салазках вдоль стола,

Гидравлическая система станка служит для питания управляемых растяжных, гибочных и прижимного цилиндров, а также передней установки. Питание растяжных цилиндров 11 и 20 (рис. 19.16) осуществляется лопастным насосом 1, создающим в системе давление 12 МПа. От насоса масло поступает через обратный клапан 2 к предохранительному клапану 3, обеспечивающему постоянство давления в системе. Для регулирования усилия растяжения в системе имеется клапан 4 дистанционного управления давлением. Осевой пилот 5, представляющий собой золотник с электромагнит-

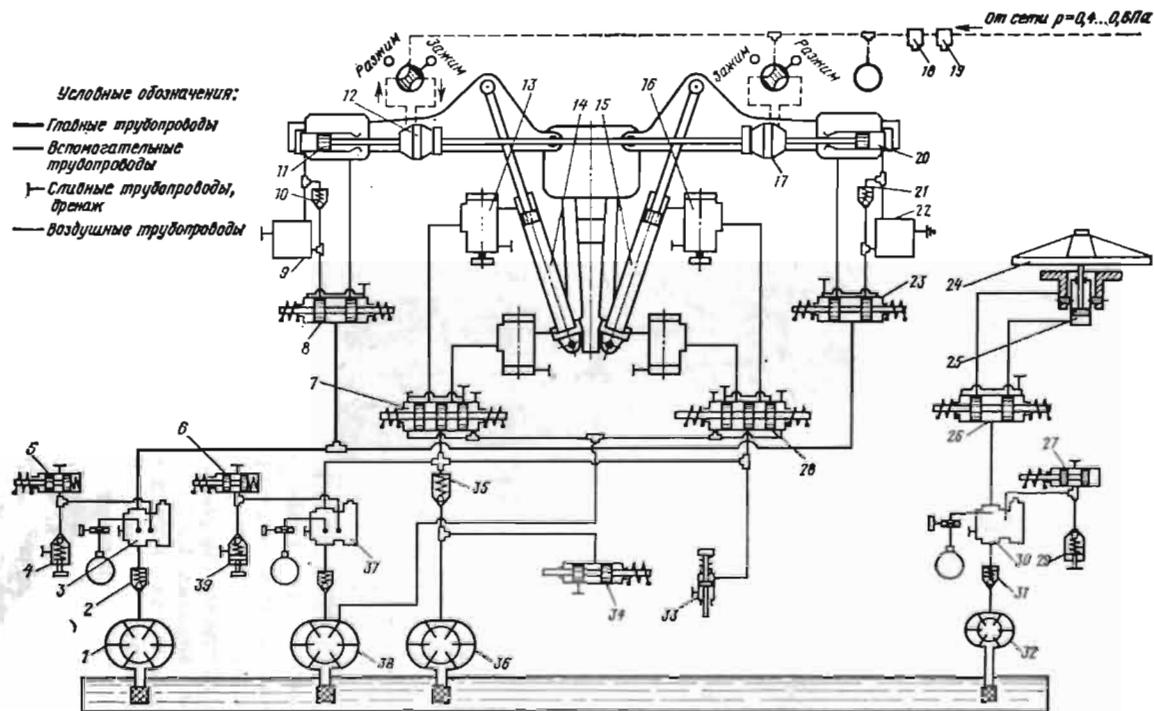


Рис. 19.16. Гидравлическая схема станка ПГР-7

ным управлением, электрически заблокирован с золотниками 8 и 23, управляющими растяжными цилиндрами таким образом, что при положении «Стоп» переключает работу на слив. Для обеспечения плавности растяжения на линии слива установлены регуляторы скорости 22 и 9. Во время сближения патронов обратные клапаны 21 и 10 открывают жидкости свободный проход, что увеличивает скорость холостого хода. Растяжные цилиндры могут работать как одновременно, так и раздельно.

Питание гибочных цилиндров осуществляют два насоса низкого давления 36 (до 6,5 МПа) и высокого давления 38 (до 12 МПа). При свободном ходе гибочных рычагов и при небольших усилиях гибки цилиндры 14 и 15 питаются своими насосами. При усилиях перемещения рычагов, требующих давления в гибочных цилиндрах выше 6,5 МПа, насос 36 отключается, и дальнейшее питание цилиндров осуществляется только насосом 38. Отключает насос низкого давления реле давления 33, срабатывающее при давлении, превышающем 6,5 МПа. При срабатывании реле переключает золотник 34, соединяющий насос со сливным баком; питание цилиндров отключается от насоса 36 обратным клапаном 35.

Аналогично рассмотренной цепи, в цепи питания гибочных цилиндров имеются предохранительный клапан 37, клапан дистанционного регулирования 39, пилот 6 и золотники 7 и 28, управляющие подачей жидкости в правые и левые полости цилиндров. От обратного хода гибочных рычагов под действием упругого сопротивления изгибаемой заготовки их удерживают подпорные клапаны 13 и 16. Гибочные цилиндры могут работать как одновременно, так и раздельно.

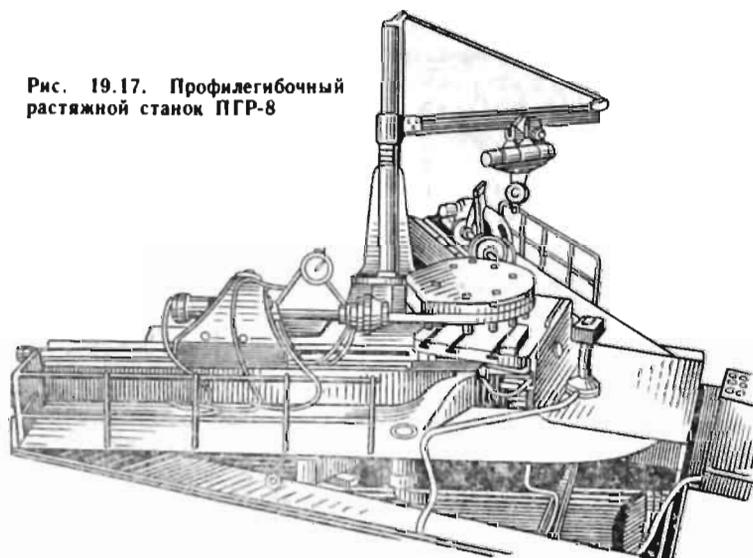


Рис. 19.17. Профилегибочный растяжной станок ПГР-8

Питание цилиндра 25 прижима 24 осуществляется гидронасосом 32, создающим давление до 12 МПа. Назначение и устройство входящих в систему обратного клапана 31, предохранительного клапана 30, клапана дистанционного регулирования 29, осевого пилота 27 и золотника 26 аналогичны назначению и устройству соответствующих узлов предыдущих систем.

Система питания и управления передней установкой имеет схему, аналогичную рассмотренным.

Зажимные патроны 12 и 17 питаются от заводской сети сжатого воздуха через воздушный фильтр 18 и автоматическую масленку 19.

На еще более мощном станке этой группы ПГР-8 (рис. 19.17) методом обтяжки можно получать детали из прессованных и катаных стальных профилей с площадью поперечного сечения до 200 см². Конструкция этого станка аналогична конструкции станка ПГР-7. Передней установки станок ПГР-8 не имеет.

Для гибки профилей из малопластичных материалов созданы гибочные растяжно-обтяжные станки с устройствами для нагрева заготовок.

19.3. ПРОФИЛЕГИБОЧНЫЕ СТАНКИ С ПОВОРОТНЫМ СТОЛОМ

Профилегибочные станки с поворотным столом (обтяжные станки) предназначены для гибки деталей на большие углы с постоянным или переменным радиусом кривизны из прессованных или листовых профилей намоткой на оправку.

Процесс гибки на этих станках осуществляется по следующим схемам (рис. 19.18). По первой схеме на горизонтально расположен-

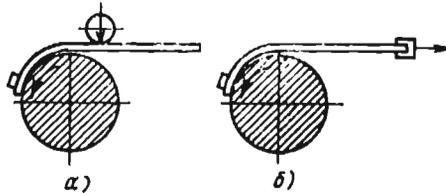


Рис. 19.18. Схемы гибки на станках с поворотным столом:

а) с нажимным роликом; б) с натяжным устройством

ный поворотный стол устанавливается оправка, к которой крепится передний конец профиля. На некотором расстоянии от зажима к профилю подводится нажимной ролик, после чего вращением стола осуществляется изгиб заготовки по оправке (рис. 19.18, а).

Тонкостенные профили, и в частности, листовые, изгибаются в растянутом состоянии, т. е. изгиб профиля происходит при одновременном действии осевого растягивающего усилия. Этим способом избегают потери продольной устойчивости элементов сечения профиля, а также уменьшают пружинение, благодаря чему согнутый профиль более точно сохраняет контур оправки. При этом способе гибки передний конец профиля также крепится к оправке, установленной на поворотном столе, задний же конец вставляется в зажимное устройство и натягивается осевым усилием (рис. 19.18, б). При повороте стола профиль изгибается по оправке, а зажимное

Устройство (патрон) вместе с задним концом профиля, преодолевая приложенное к нему усилие, движется по касательной к оправке.

Общий вид станка с поворотным столом и растяжением заготовки показан на рис. 19.19. На станине 1 смонтирован стол 2, имеющий привод от электродвигателя через редуктор. На другой стороне станины укреплен кронштейн 3 с растяжным цилиндром 4, к штоку которого с помощью муфты 5 крепится зажимной патрон 5.

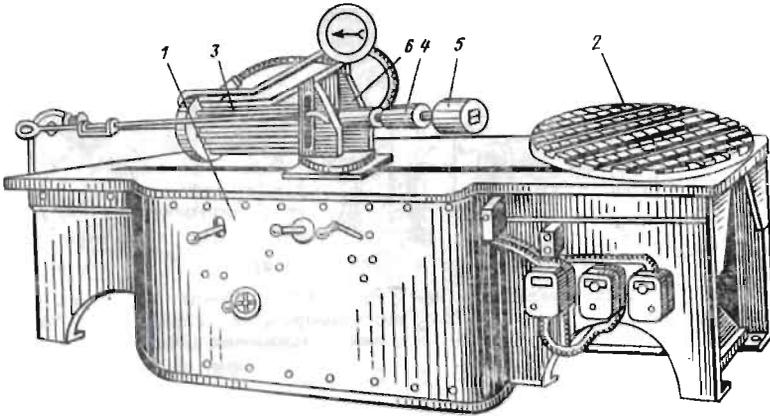


Рис. 19.19. Профилегибочный станок с поворотным столом и растяжным устройством

Схема механизма нажимного ролика показана на рис. 19.20. Ролик 2, прижимающий в процессе гибки профиль к оправке 1, смонтирован на конце штока 3 пневматического или гидравлического цилиндра 4. Усилие на ролике создается давлением сжатого воздуха или жидкости на поршень 5. При выключении давления в цилиндре ролик отходит в исходное положение под действием пружины 6.

Цилиндр в направляющих станины может быть установлен на требуемом расстоянии от центра стола. Величина перепада расстояния, обуславливаемая переменной кривизной детали, компенсируется ходом ролика. При резком изменении кривизны в направляющих штока и на поршне могут возникнуть недопустимые боковые усилия.

Расчет силовых и энергетических параметров профилегибочных станков с поворотным столом производится, исходя из баланса работ внутренних и внешних сил. Работа внутренних сил определяется по формуле [17]

$$A_{\text{внут}} = \frac{M + M_0}{2} \frac{L}{R}. \quad (19.1)$$

Работа внешних сил равна

$$A_{\text{внеш}} = M_{\text{кр}} \varphi = M_{\text{кр}} \frac{L}{R}, \quad (19.2)$$

где M_0 и M — соответственно начальный и конечный моменты; L — длина изгиба профиля; R — радиус оправки; φ — угол поворота стола в радианах при гибке на радиус.

Из равенства работ следует

$$M_{кр} = \frac{M + M_0}{2} \quad (19.3)$$

Изгибающий момент образуется силой P (рис. 19.21, а) на плече, равном расстоянию от линии действия силы до центра тяжести сечения 1—1 в крайней точке касания заготовки с оправкой, а крутящий момент создается силой P на плече, равном расстоянию от силы P до оси стола. Процесс изгиба профиля происходит в основном на участке между сечениями 1—1 и 2—2; в некотором сечении 2—2 изгибающий момент имеет величину M_0 , и за этим сечением профиль остается практически прямым.

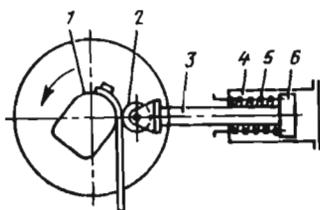


Рис. 19.20. Схема механизма нажимного ролика

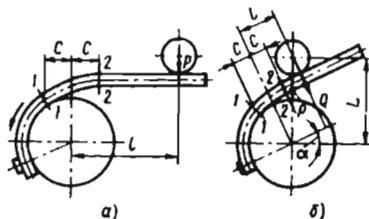


Рис. 19.21. Схемы гибки на станке с поворотным столом при расположении нажимного ролика:

а — на расстоянии от оси
б — по оси стола

При движении нажимного ролика по оси стола (рис. 19.21, б) крутящий момент $M_{кр} = Pl \cos \alpha$, так как $M = Ql$ и $Q = P \cos \alpha$. Если давление ролика осуществляется посредством пневматического или гидравлического цилиндра, величина силы P известна, и, следовательно, плечо l также может быть вычислено. При жесткой установке ролика усилие P будет зависеть от величины расстояния между роликом и профилем перед началом процесса, а также от величины пружинения соответствующих деталей станка, вследствие чего заранее определить величину силы P затруднительно. Поэтому гидравлические или пневматические цилиндры в большинстве случаев устанавливают в плоскости оси стола, а жесткие нажимные устройства монтируют на определенном расстоянии от оси.

При гибке по оправке практически всегда остается участок профиля, имеющий переходную кривизну, которая постепенно изменяется от кривизны оправки до кривизны, равной нулю (прямой участок). Величина этого участка характеризуется размером $2C$ (рис. 19.21, а). С целью уменьшения длины переходного участка плечо силы P устанавливают по возможности минимальным.

Величину C можно выразить через расстояние от оси оправки до силы P и величины изгибающих моментов:

$$C = \frac{M - M_0}{M + M_0} \quad (19.4)$$

Значение C не может быть больше радиуса оправки, поэтому наибольшее расстояние от оси стола до силы P определяется неравенством

$$l \leq R \frac{M + M_0}{M - M_0} \quad (19.5)$$

При значении l , превышающем значение правой части уравнения (19.5), изгибаемый профиль не будет прилегать к оправке и изогнется по радиусу, большему радиуса оправки.

Для определения мощности привода стола необходимо определить суммарный крутящий момент, отнесенный к валу стола. Он складывается из крутящих моментов, затрачиваемых на деформирование заготовки, на трение в подшипниках вала стола и ролика и на трение качения ролика по заготовке.

Крутящий момент, затрачиваемый на деформирование, был определен ранее (см. уравнение 19.3). Крутящий момент, затрачиваемый на трение в подшипниках вала,

$$M_{кр}^{II} = \mu P q \frac{d_n}{2}, \quad (19.6)$$

где q — коэффициент, учитывающий геометрические размеры консольного вала, определяемый по формуле $q = \left(1 + \frac{d_n}{d_b}\right) \frac{a}{b} + 1$. Здесь d_b и d_n — соответственно диаметры вала в верхнем и нижнем подшипниках; a — расстояние от линии действия силы до верхнего подшипника; b — расстояние между подшипниками.

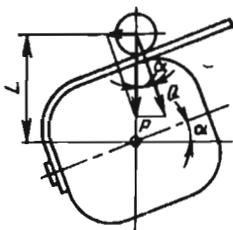


Рис. 19.22. Схема действия сил при гибке по оправке с переменным радиусом кривизны

Крутящий момент, затрачиваемый на трение качения ролика по заготовке и на трение в подшипнике ролика, приведенный к валу стола,

$$M_{кр}^{III} = P \left(f + \mu \frac{d}{2} \right) \frac{2R}{D}, \quad (19.7)$$

где D — диаметр ролика; d — диаметр цапфы ролика; f и μ — соответственно коэффициенты трения качения и скольжения.

Общий крутящий момент на валу стола

$$M_{кр} = M_{кр}^I + M_{кр}^{II} + M_{кр}^{III} \quad (19.8)$$

Мощность электродвигателя привода стола

$$N = 0,737 \frac{M_{кр} \ell}{716 \cdot 200 \eta}, \text{ кВт.} \quad (19.9)$$

где ℓ — частота вращения стола в минуту; η — КПД привода.

У станков с расположением нажимного ролика по оси стола при гибке по оправке с переменным радиусом (рис. 19.22) возникает дополнительно крутящий момент от нецентрального действия нажимного усилия. Эта составляющая общего крутящего момента определяется по формуле

$$M^{IV} = PL \operatorname{tg} \alpha, \quad (19.10)$$

где L — расстояние от оси ролика до центра стола; α — угол между осью стола и направлением нормальной силы Q .

Этот крутящий момент при движении ролика от центра стола под действием оправки будет одного знака с другими составляющими общего крутящего момента, а в случае движения ролика к центру стола под действием пневматического или гидравлического цилиндра — противоположного знака, т. е. будет содействовать вращению стола.

При гибке на станках с поворотным столом с растяжимым режимом отапливания, т. е. когда $\sigma_p \geq \sigma_r$, $M_0 = 0$, уравнение (19.3) принимает вид

$$M_{кр}^I = M_2 \quad (19.11)$$

Крутящий момент, затрачиваемый на преодоление растягивающего усилия,

$$M_{кр}^{II} = PR. \quad (19.12)$$

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУБ

Основными формоизменяющими операциями при изготовлении деталей из труб являются гибка, обжим, осадка, раздача, развальцовка, сплющивание и др. Для большинства из этих операций создано специализированное оборудование.

20.1. ТРУБОГИБОЧНЫЕ СТАНКИ

Наряду с гибкой в штампах на прессах общего применения основной объем гибочных работ при изготовлении деталей из труб выполняется на специализированных трубогибочных станках.

Представителем трубогибочных станков, на которых осуществляется гибка методом намотки на оправку, может служить станок ТГС-2М (рис. 20.1). Гибочная оправка 3 крепится на вращающемся столе 2, смонтированном в подшипниках на станине 1. В процессе гибки вместе с оправкой поворачивается также укрепленный на столе прижим 5, прижимающий конец трубы 4 к оправке. Калибрующая внутренняя оправка (дорн) 7 крепится через тягу 8 неподвижно на стойке станка. Перед началом операции трубу 4 надевают на калибрующую внутреннюю оправку 7 до упора, устанавливаемого на заданный размер. Конец трубы прижимают к гибочной оправке 3 прижимом 5. Затем подводят прижимной профилированный ролик 6.

При повороте стола станка оправка 3 как бы наматывает и тем самым изгибает трубу. В процессе изгиба деформируемый участок трубы оказывается зажатым по наружному диаметру между желобом оправки 3 и профилированным роликом 6, а по внутреннему диаметру — дорном. Это предохраняет трубу от искажения поперечного сечения и образования гофров на внутренней (сжатой) части трубы.

На станке ТГС-2М можно гнуть трубы диаметром до 80 мм с минимальным радиусом изгиба до 50 мм на угол до 220°. Область применения станка ограничена гибкой в одной плоскости с одного уста-

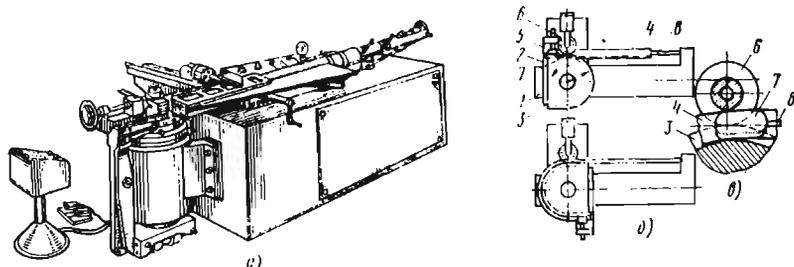


Рис. 20.1. Трубогибочный станок ТГС-2М:

а) общий вид; б) схема работы; в) схема подкрепления стенок трубы в месте изгиба

Рис. 20.2. Трубогибочный станок с программным управлением ТГСПГ-18/40

нова. К достоинствам станка можно отнести простоту конструкции и его обслуживания.

Более совершенным является трубогибочный станок с программным управлением ТГСПГ-18/40 (рис 20.2), предназначенный для гибки труб диаметром от 18 до 40 мм на различные радиусы и углы изгиба в разных плоскостях с одной установки.

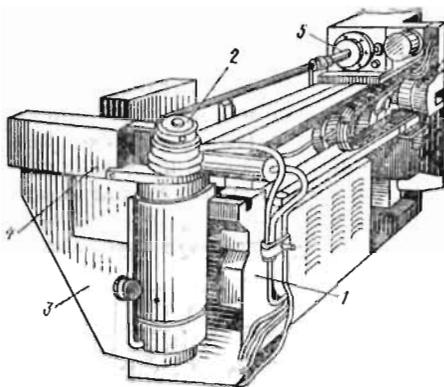
Гибка труб на станке производится с применением гидронаполнителя — эмульсии по принципу наматывания на гибочную оправку. Труба закрепляется в гидрошарнире, с помощью которого производится подача в изгибаемую трубу эмульсии под требуемым давлением, а также поворот трубы для получениягиба в разных плоскостях. Самодвижущаяся каретка гидрошарнира обеспечивает продольное перемещение трубы для получения прямых участков между гибоми.

Рабочий цикл по заданной программе и управление станком автоматизированы; закрепление трубы на станке производится вручную. Величина давления эмульсии, подаваемой в трубу в целях предотвращения искажения ее поперечного сечения, определяется маркой материала трубы и размерами ее поперечного сечения. Для предотвращения появления рисок и надиров на поверхности трубы суппорт имеет подвижную планку, которая в момент гибки перемещается вместе с трубой за счет трения между трубой и планкой.

Станок состоит из следующих основных узлов: станины 1, гибочной головки 2, передней стойки 3, суппорта 4, гидрошарнира 5, масляной и эмульсионной гидравлических станций и электрошкафа с пультом управления.

Станина установлена на кронштейн передней стойки, а также на заднюю и промежуточные стойки. Передняя стойка, на которой смонтированы подвижная гибочная головка и суппорт, опирается на сварное основание.

По направляющим вдоль станины с помощью гидродвигателя (см. рис. 20.3) посредством зубчатых колес $z = 30$, $z = 70$, $z = 25$ и рейки может перемещаться гидрошарнир. На конце вала гидрошарнира установлена шарнирная зажимная головка для крепления заготовки через специальный переходник, устанавливаемый вместе с трубой. Вал гидрошарнира может поворачиваться вместе с заготовкой вокруг своей оси в обе стороны. Вдоль станины между направляющими размещаются промежуточные люлеты и кулачко-



вые золотники для управления ими. Люнеты автоматически убираются при перемещении гидрошарнира.

Масляная гидравлическая станция помещается в отдельном шкафу. Станция, обеспечивающая подачу в трубу эмульсии, размещена внутри станины станка. Управление работой гидроаппаратуры производится с пульта управления на лицевой панели станка.

Станок оборудован цифровой счетно-импульсной системой управления. Программируются три координаты: угол поворота гибочных

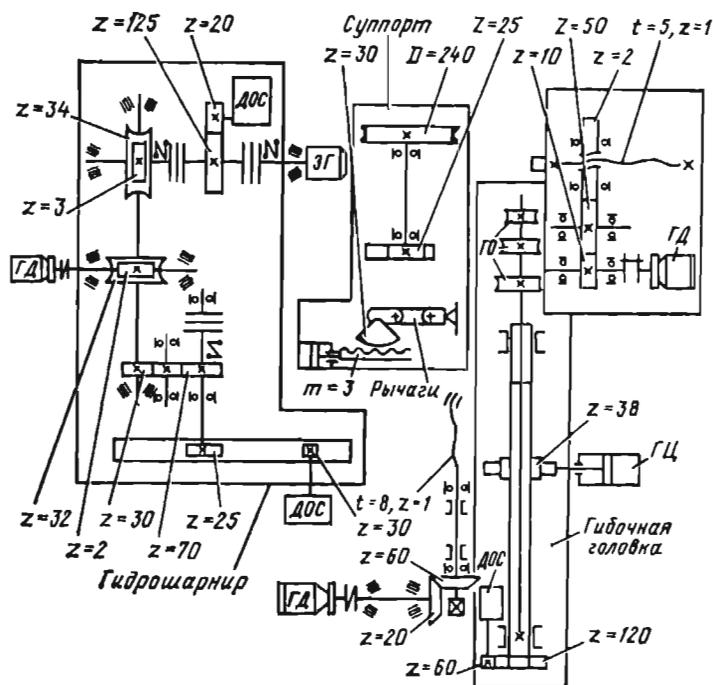


Рис. 20.3. Кинематическая схема станка ТГСПГ-18/40

оправок ГО, угол поворота вала гидрошарнира и продольное перемещение гидрошарнира. Датчики положений (АДС) установлены на соответствующих узлах станка. Электроаппаратура, обеспечивающая работу станка и системы программного управления, размещается в отдельном шкафу, где находится также пульт управления электрической схемой станка. Программонносителем является 80-колонковая перфокарта. Для считывания применен контрольный К80.

Гибочная головка включает в себя вал гибочных оправок ГО с подъемником на три положения и гидроцилиндром ГЦ привода поворота. На валу смонтирован кронштейн с механизмом зажима трубы на оправках. В отверстие вала вставляется хвостовик с набором рабочих оправок требуемых радиусовгиба и диаметра ручья.

Перемещение гибочной головки осуществляется от винта на передней стойке через ходовую гайку.

Кинематические цепи станка выполняет следующие операции (см. рис. 20.3):

1. Поворот вала гибочных оправок от гидроцилиндра ГЦ через шток-рейку и шестерню $z = 38$ на валу гибочных оправок и т. д.;

2. Поперечное перемещение каретки гибочной головки для совмещения оси трубы с ручьем оправки от гидродвигателя через конические шестерни $z = 20$, $z = 60$ ходовым винтом $t = 8$, $z = 1$ с гайкой;

3. Зажим трубы на оправке от гидродвигателя через шестерни $z = 10$, $z = 50$ ходовым винтом $t = 5$, $z = 1$ с гайкой;

4. Подъем и опускание гибочных оправок от гидравлического трехпозиционного подъемника;

5. Возврат прижимной планки в исходное положение от гидроцилиндра через зубчатые пары шестерня $z = 30$ — рейка $m = 3$.

Продольное перемещение и поворот трубы происходят от гидродвигателя, установленного на гидрошарнире. Вращение от гидродвигателя передается на червячную пару $z = 2$, $z = 32$, затем на две цепи: через червячную пару $z = 3$, $z = 34$ и электромагнитную муфту производится поворот трубы, и через ряд шестерен $z = 30$, $z = 70$, электромагнитную муфту и ходовую шестерню $z = 25$ с неподвижной рейкой осуществляется продольное перемещение каретки с трубой.

Для гибки трубопроводов и других деталей из труб малого диаметра — от 6 до 24 мм предназначен станок с программным управлением ТГСПВ-6-24М. Этот станок выполнен в вертикальной компоновке, при которой заготовка находится в вертикальном положении, что исключает закручивание трубы при гибке от собственной массы и внесение тем самым ошибок в заданную программой конфигурацию детали. При вертикальной компоновке улучшаются условия установки заготовки и съём согнутой трубы, что повышает производительность труда.

Станок имеет устройство для наружного стеснения трубы в месте изгиба и систему внутреннего гидронагружения, препятствующие образованию овальности трубы в изогнутой зоне. Конструкция узла установки инструмента и самого гибочного инструмента позволяет получать детали с различными радиусамигиба и минимальными (равными 1,5 — 2 диаметрам трубы) прямолинейными участками между гибоми, что обеспечивает изготовление на станке большой номенклатуры разнообразных по конфигурации деталей.

Кинематическая схема станка состоит из четырех кинематических цепей, обеспечивающих независимые перемещения исполнительных механизмов станка: вращение узла инструмента, перемещение стола для подвода к заготовке требуемой гибочной оправки, вертикальное перемещение заготовки, поворот трубы-заготовки в плоскостьгиба. В каждой из четырех кинематических цепей установлен датчик «вал—ход» системы программного управления.

Гидравлическая система состоит из системы гидронаполнения и масляной системы. Масляная система создает нагрузку на гидронаполнитель, заполняющий полость изгибаемой трубы. Нагрузка передается через диафрагменный разделитель.

Управление вспомогательными органами станка — узлами установки инструмента и стесняющего ролика — производится пневмодиском, питаемой от заводской сети.

Трубогибочный станок с программным управлением ТГПС-3 (рис. 20.4) работает по схеме проталкивания кареткой 1 с пневмозажимным патроном 2 заготовки 3 через трехроликовую гибочную

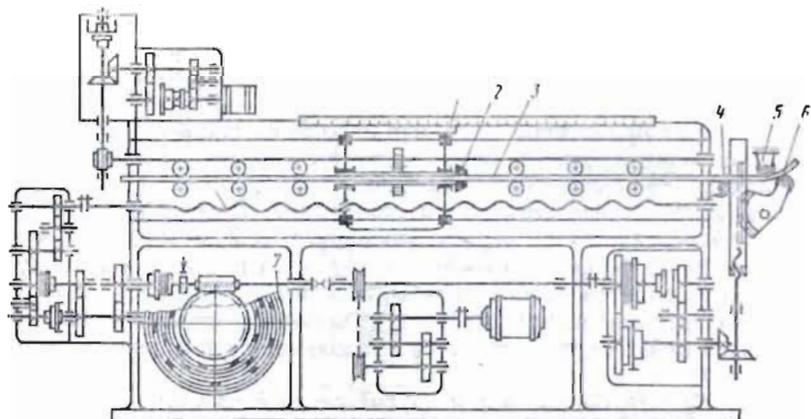


Рис. 20.4. Кинематическая схема трубогибочного станка с программным управлением ТГПС-3

головку, состоящую из профилированных роликов 4, 5 и 6. Он предназначен для пространственной гибки тонкостенных труб из различных материалов на разные радиусы за один установ заготовки. Наиболее приспособлен станок для пространственной гибки труб диаметром от 12 до 40 мм с толщиной стенки 1—3 мм на три—десять изгибов [8].

Для работы по автоматическому циклу станок оснащен командоаппаратом с программным диском 7. При изготовлении единичных деталей станок работает в наладочном режиме.

20.2. ПРЕССЫ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ПАТРУБКОВ

Типовым представителем этой группы технологических машин может служить гидравлический пресс ПГФП-20/100, предназначенный для формоизменения патрубков с малым радиусом изгиба из сварных и цельнотянутых труб диаметром от 20 до 100 мм методом проталкивания заготовки через разъемную матрицу с каналом, соответствующим форме изогнутого патрубка. Для предотвращения потери устойчивости стенок полость заготовки заполняется резиной,

которая в процессе формообразования находится под высоким давлением.

Пресс ПГФП-20/100 (рис. 20.5) состоит из литого основания 1, внутри которого смонтирован гидроцилиндр. На штоке цилиндра закреплен стол 8 для установки на нем нижней полуматрицы. В верхней части основания 1 укреплены три колонны 7, соединяющие основание и верхнюю траверсу 9 с гидроцилиндром 14, на штоке которого крепится верхняя полуматрица.

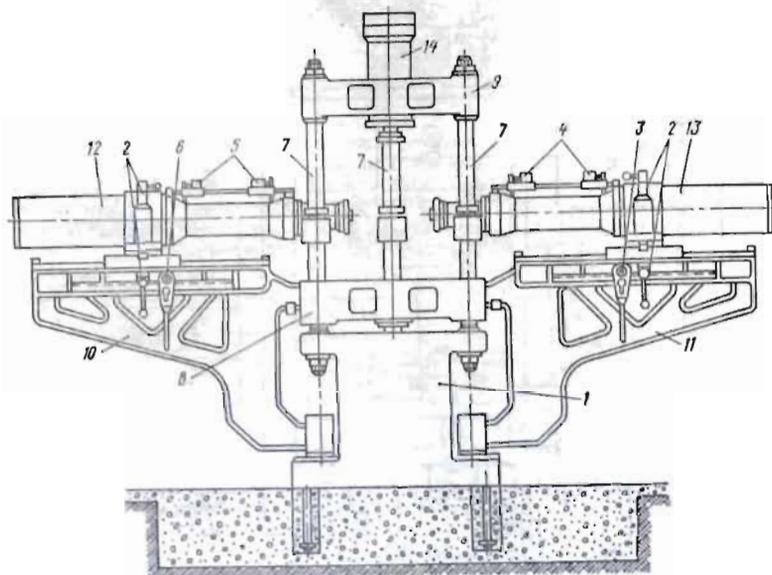


Рис. 20.5. Гидравлический пресс формовки патрубков ПГФП-20/100

На боковых сторонах основания пресса закреплены цапфы, на которых смонтированы левое 10 и правое 11 крылья с гидроцилиндром 12 сжатия наполнителя и рабочим гидроцилиндром 13. Справа от пресса расположена насосная станция, слева — шкаф с электроаппаратурой (на рисунке не показаны). Управление прессом осуществляется с переносного пульта управления, располагаемого перед прессом.

Необходимое для предотвращения в процессе формообразования размыкание полуматриц усилие осуществляется верхним и нижним гидроцилиндрами. Проталкивание заготовки через канал производится рабочим гидроцилиндром 13, расположенным на правом крыле 11. Необходимое технологическое давление наполнителя внутри заготовки осуществляется гидроцилиндром 12 сжатия наполнителя, расположенным на левом крыле 10.

Крылья перед работой устанавливаются в положение, обеспечивающее соосность со штоками рабочего и подпорного цилиндров,

имеющих, в свою очередь, возможность поворота в горизонтальной плоскости в пределах 30°

Перемещение кареток с гидроцилиндрами в исходное положение производится с помощью рукояток 3 и 6, связанных с храповым механизмом через передачу реечная шестерня—рейка. Фиксация гидроцилиндров осуществляется с помощью рукояток 2 винтовыми

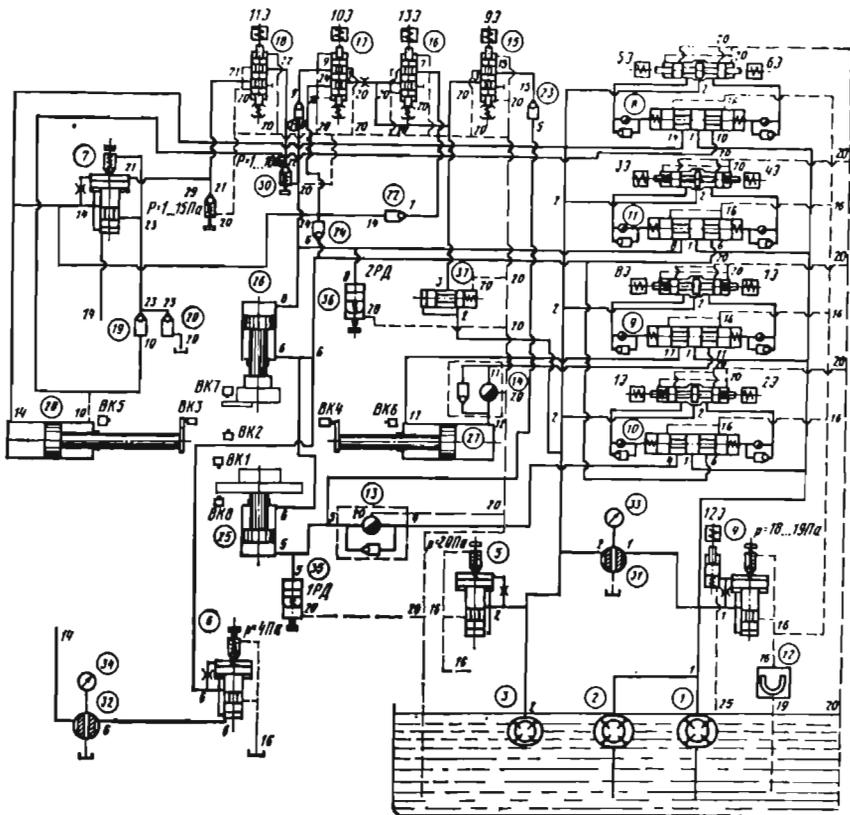


Рис. 20.6. Гидравлическая схема пресса ПГФП-20/100

зажимами. Для ограничения хода штоков у цилиндров на планках установлено по два конечных выключателя 4 и 5.

Гидравлическая система пресса выполняет следующие функции: стыковку и сжатие полуматриц; создание внутреннего давления наполнителя в патрубке во время его формовки усилием нагруженного цилиндра; формовку патрубков усилием рабочего гидроцилиндра; калибровку патрубков усилием нагруженного цилиндра.

Питание системы (рис. 20.6) осуществляют три эксцентриковые поршневые насоса. Два насоса 1 и 2 работают на общий поток, насос 3 предназначен для под-

Держания давления в цилиндрах стыковки полуматриц, когда эти цилиндры в конце хода отключаются от основной магистрали.

Давление 180 ... 190 кгс/см² (18 ... 19 МПа) на выходе основных насосов настраивается предохранительным клапаном 4 и контролируется по манометру 33. Давление той же величины на выходе вспомогательного насоса 3 поддерживается предохранительным клапаном 5 и контролируется по манометру 33, подключаемому с помощью крана 31 к основному или вспомогательному насосу.

В автоматическом режиме гидравлическая система работает следующим образом. При включении электродвигателей привода насосов в системе устанавливается давление, настроенное с помощью предохранительного клапана 4. Масло от основных насосов поступает к четырем распределительным золотникам 8, 9, 10 и 11 с электрогидравлическим управлением, имеющим в среднем положении закрытые центр и сливы.

Масло от вспомогательного насоса 3 под давлением, настроенным предохранительным клапаном 5, подводится к золотникам 15 и 16 с электрическим управлением и клапанами 23 и 22. После подачи команды на начало цикла обработки включаются электромагниты 2Э и 1Э золотника 10, и масло через дроссель с обратным клапаном 13 подается в нижнюю полость цилиндра 25 с регулятором давления 35. Скорость перемещения штока гидроцилиндра вверх регулируется дросселем. Не доходя несколько миллиметров до крайнего верхнего положения, определяемого жесткими упорами, шток нажимает конечный выключатель, который выключает 3Э и одновременно включается 9Э, нижняя полость цилиндра 25 отсекается от основных насосов и подключается золотником 15 на питание от вспомогательного насоса, и шток на соответствующей скорости проходит оставшийся путь до упоров. При этом срабатывает ПРД, включает 3Э, и масло от основных насосов поступает в верхнюю полость верхнего цилиндра 26 стыковки полуматриц. Шток цилиндра перемещается вниз и в конце хода нажимает конечный выключатель, который выключает 3Э и включает 10Э. Верхняя полость цилиндра 26 отсекается золотником 11 от магистрали основных насосов и золотником 17 с клапанами 21 и 24 подключается к вспомогательному насосу 3. Шток верхнего гидроцилиндра на такой скорости будет продолжать движение до упора в шток нижнего цилиндра (через полуматрицы).

Чтобы при подключении верхнего цилиндра к вспомогательному насосу шток нижнего цилиндра не отходил от упоров, полость верхнего цилиндра от вспомогательного насоса питается через постоянное сопротивление, обеспечивающее давление в нижней полости нижнего цилиндра порядка 3 ... 4 МПа (30 ... 40 кгс/см²).

При соприкосновении полуматриц давление в верхнем и нижнем цилиндрах уравнивается, и срабатывает реле давления 36, включенное в сеть верхней полости верхнего цилиндра. Так как площадь нижнего цилиндра больше площади верхнего, при равенстве их давлений нижний цилиндр развивает большее усилие, и шток его будет продолжать упираться в жесткие упоры, уменьшая под воздействием верхнего цилиндра усилие прижима к ним. Сработав, реле давления дает команду на включение распределительного золотника 8, управляющего работой нагрузочного цилиндра 28.

От реле давления включается электромагнит 5Э золотника 8, и масло поступает в левую полость нагрузочного цилиндра 28. Шток цилиндра перемещается в исходное положение, определяемое конечным выключателем, при нажатии на который выключается 5Э, и шток цилиндра останавливается. Одновременно с включением 5Э включается электромагнит 7Э золотника 9, управляющего работой цилиндра 27, и электромагнит 11Э. Масло через дроссель с обратным клапаном 14 поступает в правую полость цилиндра, и шток перемещается влево с заданной скоростью, производя формование патрубка. При этом усилие рабочего цилиндра передается на шток нагрузочного цилиндра, и так как золотник управления нагрузочным цилиндром находится в среднем положении и отсекает полости цилиндра от слива и давления, масло из левой полости нагрузочного цилиндра будет выжиматься через предохранительный клапан 7 и обратные клапаны 19 и 20 частично в правую полость цилиндра, а частично в левую полость рабочего цилиндра и из нее через золотник 9 на слив.

Величина давления, при котором масло будет вытесняться из левой полости цилиндра 28 при включении электромагнита 11Э, определяется настройкой клапана 10, расположенного на панели управления, и контролируется по манометру 34 : краном 32.

В конце хода рабочего цилиндра срабатывает конечный выключатель, который выключает электромагнит 7Э золотника 9, электромагнит 11Э включает электромагнит 5Э золотника 8, в результате чего шток нагрузочного гидроцилиндра совершает ход вправо, калибруя патрубок, и останавливается, когда давление в левой полости его станет равным давлению настройки клапана 29 при включении электромагнита 11Э. Вместе с включением 5Э включается реле времени, время настройки которого несколько превышает время калибровочного хода нагрузочного цилиндра.

От реле времени выключается 5Э и включается 6Э, шток нагрузочного цилиндра перемещается влево от конечного выключателя. В левом крайнем положении штока выключается 6Э и включается 8Э золотника 9, масло подается в левую штоковую полость рабочего цилиндра, и шток рабочего цилиндра получает ускоренное перемещение вправо, так как масло из правой его полости будет выжиматься через обратный клапан, минуя дроссель 14.

В правом крайнем положении штока рабочего цилиндра нажимается конечный выключатель, который выключает 8Э, 10Э и включает 4Э. Шток верхнего цилиндра стыковки полуматриц перемещается вверх. В верхнем положении штока от конечного выключателя выключаются 4Э, 9Э и включается 2Э, шток нижнего цилиндра стыковки полуматриц перемещается вниз до конечного выключателя, который выключает 2Э и 12Э. На этом автоматический цикл заканчивается.

Для предохранения болтов крепления крышек штоковых полостей верхнего и нижнего цилиндров от разрушения при возможных избыточных давлениях вследствие отказа электрических элементов в сеть нижней полости верхнего цилиндра и верхней полости нижнего цилиндра включен аварийный предохранительный клапан 6, настроенный на давление, несколько превышающее давление, необходимое для подъема верхней полуматрицы.

Клапан 30 золотника 18 при включении электромагнита 12Э настраивается на давление, определяемое усилием сжатия резинового наполнителя, клапан 29 при включенном электромагните 12Э — на давление, определяемое усилием калибровки патрубка.

Очистка масла в гидравлической системе производится магнитным фильтром 5, установленным на насосной станции.

По сходному принципу работает гидравлический пресс для формообразования тройников, крестовин и патрубков ПШП-50/200, на котором при осевом сжатии заготовки в разъемной матрице формируются стенки трубы.

20.3. МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ КОНЦОВ ТРУБ

Одним из типовых представителей этой группы машин является станок для формообразования концов труб СФКТ-30 (рис. 20.7). Формоизменение конца трубы происходит за счет его деформирования в матрице, нагреваемой индукционным методом. На станине 1 станка смонтированы неподвижная траверса 2, передняя 3 и задняя 4 подвижные траверсы, кронштейн 5, две колонны 6, подвижный стол 7 с люнетами 8 и два рабочих цилиндра 9.

Неподвижная траверса и кронштейн жестко укреплены на тумбе станины. Колонны жестко скреплены с задней подвижной траверсой и могут перемещаться вдоль оси в расточках кронштейна. Для перемещения подвижных траверс и люнетов на станке имеются направляющие типа ласточкина хвоста. Выставка подвижных траверс и люнетов по отношению к оси станка производится при помощи клиньев. Для крепления люнетов в подвижном столе имеются отверстия под фиксаторы. Задняя подвижная траверса крепится на подвижном столе с помощью шпонки.

Рабочие цилиндры поршневого типа служат для совершения рабочего и обратного ходов. Цилиндры смонтированы в задней

подвижной траверсе, там же размещены винт ограничителя хода и выталкиватель. На неподвижной траверсе укреплен циферблат указателя перемещений подвижных траверс. Подвижная передняя траверса в зависимости от длины заготовки устанавливается на требуемом расстоянии от задней траверсы; ее положение фиксируется на колоннах с помощью затворов, шпонки которых входят в проточки колонн. В обойме, размещенной в неподвижной траверсе и обогреваемой индуктором, крепится формообразующая матрица.

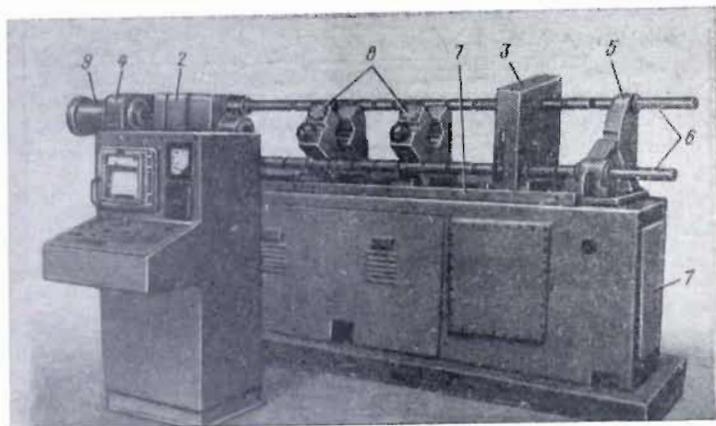


Рис. 20.7. Станок для формообразования концов труб СФКТ-30

Для отвода тепла от свободной части трубы на станке укрепляется охладитель, верхняя часть которого при смене инструмента может быть отведена вниз.

Люнеты, служащие для предохранения трубы от потери продольной устойчивости при приложении к ней сжимающей нагрузки от передней подвижной траверсы, подобно последней могут быть установлены на любом расстоянии от неподвижной траверсы.

Гидропривод, гидроаппаратура и трансформатор для индуктора размещены в тумбе станка. В качестве гидравлического привода используется двоянный лопастной насос с подачей 70/5 л/мин и давлением 6,5/2,5 МПа (65/25 кгс/см²). Масляный бак сварен заодно с тумбой.

Работа станка производится в следующей последовательности (рис. 20.8). Перед началом работы включается водоснабжение, затем нагреватель инструмента. В случае отсутствия воды в охладителе 5 на пульте управления загорается сигнальная лампочка. Достижение заданной температуры отмечается потенциометром на пульте управления.

После установки переключателя режимов в положение «Цикл» включается насос; при этом включается электромагнит 9Э разгрузки.

Установка трубы-заготовки производится вручную. После установки трубы нажатием кнопки «Цикл» включается электромагнит 3Э и выключается электромагнит 9Э, масло от насоса высокого давления 6 подается через золотник 11 в цилиндры люнетов 2, которые, сжимая пружины, сближают секторы и фиксируют трубу.

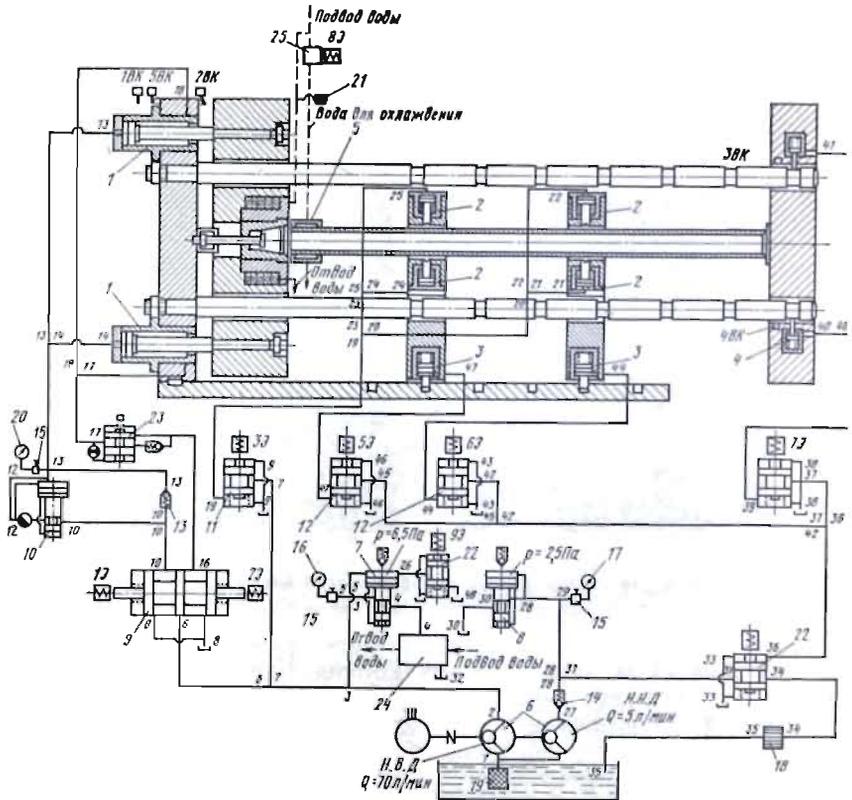


Рис. 20.8. Гидравлическая схема станка СФКТ-30

С выдержкой времени включается электромагнит 1Э, и масло от насоса высокого давления 6 через золотник 9 и дроссель с регулятором 10 поступает в полость охладителя 5 и рабочие цилиндры 1, перемещая траверсу влево. Скорость перемещения подвижных траверс устанавливается дросселем с регулятором 10, через который сливается избыток масла.

Вместе с подвижными траверсами движутся люнеты, связанные с подвижным столом своими фиксаторами с пружинами в цилиндрах 3, управляемых золотниками 12. Аналогично работают фиксаторы передней траверсы, смонтированные в цилиндрах 4. При движении подвижных траверс влево происходит ход приближения до конечного выключателя 5ВК, который выключает электромагнит 1Э

и включает реле времени в случае необходимости предварительного прогрева конца трубы.

По истечении времени прогрева трубы реле времени открывает с помощью электромагнита 8Э вентиль для подачи воды в охладитель 5 и включает электромагнит 1Э. Масло от насоса высокого давления 6 через золотник 9 и дроссель с регулятором 10 снова будет поступать в полости рабочих цилиндров 1.

Рабочий ход, во время которого происходит формообразование конца трубы, продолжается до конечного выключателя 1ВК, который дает команду на остановку подвижных траверс (отключая электромагнит 1Э), на выключение охлаждающей воды (отключая электромагнит 8Э), на открытие люнетов (отключая электромагнит 3Э), вследствие чего масло из цилиндров люнетов выжимается пружинами в слив через золотник 11 и затем с выдержкой времени — на отвод подвижных траверс до конечного выключателя 2ВК (включая электромагнит 2Э) золотника 9, через который масло от насоса высокого давления подается в правые полости рабочих цилиндров, а из левых полостей происходит слив через обратный клапан 13.

После срабатывания путевого выключателя 2ВК электромагнит 2Э отключается, а электромагнит 9Э включается, траверсы останавливаются. Масло сбрасывается на слив через предохранительный клапан 7. Давление в рабочей магистрали настраивается предохранительным клапаном 7 по манометру 16.

При установке переключателя режимов работы станка в положение «Цикл» насос низкого давления фильтрует масло через пластинчатый фильтр 18. При этом масло от насоса поступает через обратный клапан 14, золотник 22 и фильтр 18 на слив. Насос низкого давления используется при наладке станка для фиксации передней траверсы и люнетов на колоннах.

На станке СФКТ-30 можно производить высадку и обжим труб из алюминиевых сплавов диаметром от 10 до 100 мм, длиной от 200 до 2000 мм при нагреве деформируемой части до 450—480 °С.

Для электровысадки концов труб из стали и титановых сплавов применяются электровысадочные машины формовки труб типа ЭМФТ.

Схема работы этих машин показана на рис. 20.9. Часть заготовки 4 между радиальным 3 и упорным 1 контактами подвергается электронагреву сопротивлением. Высадочный ползун 5 с приводом от гидроцилиндра осевым усилием при постепенном перемещении заготовки в матрицу 2 деформирует нагретый конец заготовки до получения требуемой формы и размеров высаженной части. Получение переменной толщины стенки на обжатой конической части обеспечивается переменным температурным полем в очаге деформации.

На электровысадочной машине ЭМФТ-100 усилием 1 МН можно формовать концы у труб диаметром от 50 до 120 мм, длиной от 300 до 500 мм с толщиной стенки 2—12 мм. Мощность понижающего трансформатора для нагрева электросопротивлением — регулируемая от 30 до 240 кВт.

Для формовки концов труб меньшего диаметра выпускается электровысадочная машина марки МФТ-25.

Для развальцовки концов труб под ниппельные соединения применяются трубобразвальцовочные станки.

Сущность работы трубобразвальцовочного станка состоит в том, что конический раструб на конце трубы 3 (рис. 20.10) с предварительно надетым ниппелем 2 формируется при двух движениях инструмента — поступательном с усилием P и вращательном оправки 1

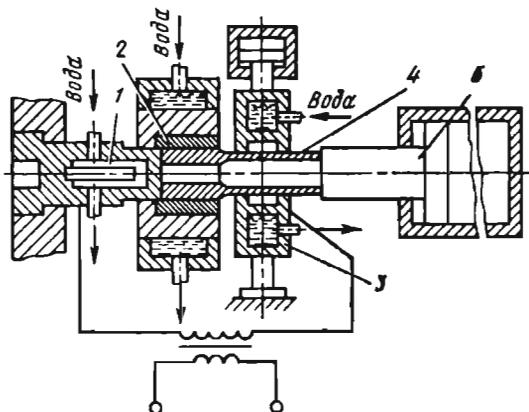


Рис. 20.9. Схема работы электровальцовочных машин

под действием крутящего момента M . Такое сочетание движений при относительно небольшом усилии P позволяет создать достаточные для пластического деформирования в зоне 4 давления со стороны роликов 5.

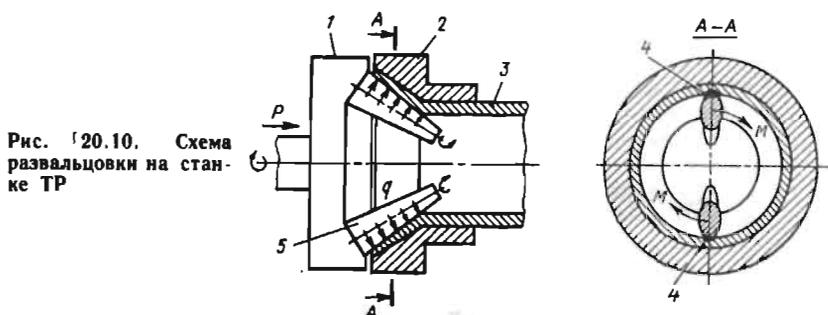


Рис. 20.10. Схема развальцовки на станке ТР

На рис. 20.11 приведен общий вид трубобразвальцовочного станка ТР1-3м [3]. Внутри станины 6 установлен электродвигатель 8, вращающий с помощью клиноременной передачи 7 и трехступенчатой коробки скоростей 4 шпindel 2, а через пальцевую муфту 9 — вал масляного насоса 10. Хвостовик оправки 1 крепится во внутреннем конусе шпинделя. Осевое перемещение шпинделя с инструментом осуществляет гидроцилиндр 3.

Труба с надетым на нее ниппелем зажимается в губках самоцентрирующего зажимного устройства 5 с приводом от гидроцилиндра. Максимальное усилие подачи инструмента устанавливается при на-

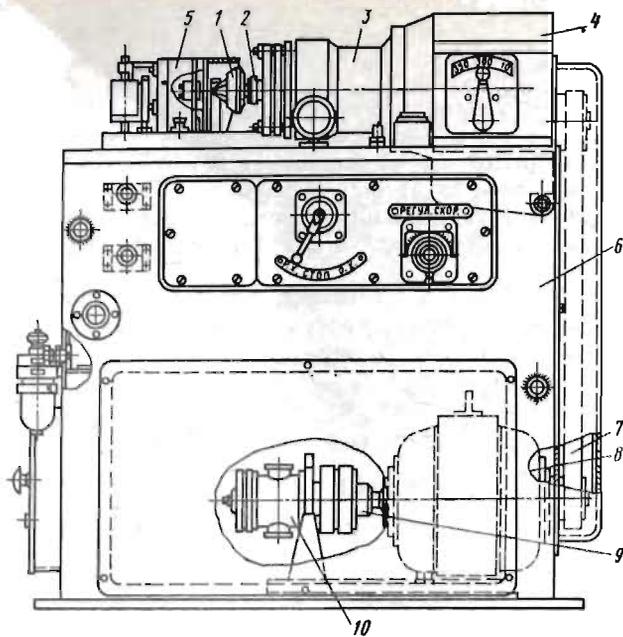


Рис. 20.11. Труборазвальцовочный станок ТР-1

стройке станка. По достижении этого усилия шпindel с инструментом этого усилия шпindel с инструментом автоматически возвращается в исходное положение.

На полуавтомате для развальцовки труб ТРС-4/40 можно формировать трубы из материалов с $\sigma_n = 1000$ МПа (100 кгс/мм²) диаметром от 4 до 40 мм с толщиной стенки 0,5 ... 1,5 мм.

Для получения на концах труб рифтов (зигов) применяются зиговочные машины различных конструкций. На рис. 20.12 показана принципиальная кинематическая схема зиговочной машины типа 3м. Маховик 2 может вращаться вручную или от электро-

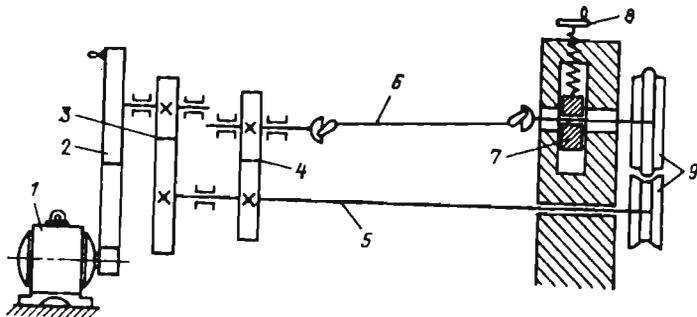


Рис. 20.12. Кинематическая схема зиговочной машины

двигателя 1 через ременную передачу. Далее вращение с помощью зубчатой пары 3 передается на нижний вал 5 и нижний ролик 9. Через зубчатую пару 4 вращение передается также карданному валу 6 и верхнему ролику 9. Карданные соединения и ползун 7 в котором находится подшипник верхнего вала, позволяют с помощью рукоятки 8 перемещать верхний ролик в вертикальном направлении, меняя тем самым расстояние между роликами и регулируя усилие воздействия на стенку трубы.

Для изменения направления вращения роликов при механическом приводе от электродвигателя кнопочный пускатель имеет кнопку реверса.

В настоящее время выпускаются усовершенствованные станки типа СЗКТ для получения рифтов (зигов) и калибровки концов труб диаметром от 14 до 120 мм.

ГЛАВА 21

УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Высокоэнергетические установки характеризуются выделением большого количества энергии в короткий промежуток времени, исчисляемый тысячными долями секунды. Как правило, эти установки не имеют исполнительных механизмов, свойственных технологическим машинам, а энергия от источника (носителя) непосредственно через передающую среду воздействует на заготовку. В большинстве случаев из технологической рабочей оснастки (инструмента) для работы таких установок требуется лишь матрица (пуансон).

21.1. УСТАНОВКИ ДЛЯ ШТАМПОВКИ ВЗРЫВОМ

В процессе совершенствования, внедрения и эксплуатации находят следующие виды установок с использованием энергии взрыва:

1) гидравлические бассейновые установки; 2) установки со струйно-водяной завесой; 3) многоимпульсные установки гидровзрывной штамповки; 4) гидровзрывные вакуумные установки; 5) установки для формообразования деталей из трубчатых заготовок; 6) гидровзрывные прессы с полуавтоматическим циклом; 7) детонационно-газовые прессы; 8) прессы для штамповки взрывом через резиновую диафрагму.

Каждый из этих типов оборудования имеет свою специфику и соответствующую область применения.

В гидровзрывных бассейновых установках производят формоизменение средне- и крупногабаритных листовых деталей в бассейнах с водой. Применяются три типа бассейнов: емкости-бассейны, смонтированные на поверхности грунта, либо частично или полностью заглубленные с погруженными в них штампами; съемные

емкости, устанавливаемые на штамп; емкости разового использования, разрушаемые в процессе операции.

В емкостях-бассейнах целесообразно производить формоизменение листовых деталей средних и крупных габаритных размеров в разных штампах при опытно и мелкосерийном производстве. В некоторых случаях в качестве бассейна можно использовать естественные водоемы.

Съемные емкости, устанавливаемые на штамп, применяют при штамповке листовых деталей относительно небольших размеров (до 1000 мм), не требующих зарядов большой массы. При этом эффект от взрыва заряда усиливается за счет отраженной от стенок емкости ударной волны.

Емкости разового использования целесообразно применять в опытно и мелкосерийном производстве, особенно при необходимости взрыва заряда большой массы. Эти емкости изготовляют из легких и дешевых материалов (жести, картона, плотной бумаги, полиэтиленовой пленки и др.). Они должны обладать прочностью, достаточной лишь для удержания статического давления столба воды необходимой высоты.

Наиболее рациональной формой емкости является цилиндр. Цилиндрическая форма обеспечивает равномерное распределение напряжений в стенке емкости при сосредоточенном заряде и удобна как в изготовлении, так и при эксплуатации. Применяемые иногда емкости в виде усеченного конуса менее технологичны и неудобны в эксплуатации.

Внутренний диаметр бассейна принимают, исходя из условия обеспечения зазора между стенкой бассейна и штампом наибольших размеров, определяемого условиями удобства обслуживания и безаварийной работы при спуске и подъеме штампов:

$$D_{\text{б}} \approx D_{\text{шт}} + 2\Delta, \quad (21.1)$$

где $D_{\text{шт}}$ — максимальный диаметр штампа; Δ — зазор между штампом и стенкой бассейна.

Рекомендуются следующие величины зазоров: для бассейнов диаметром $D_{\text{б}} \leq 4000$ мм $\Delta = 750 \dots 1000$ мм; $D_{\text{б}} = 4000 \dots 6000$ мм $\Delta = 1000 \dots 1250$ мм; $D_{\text{б}} \geq 6000$ мм $\Delta = 1250 \dots 1500$ мм.

Глубину бассейна принимают равной

$$H_{\text{б}} \geq H_{\text{шт}} + R + H_{\text{в}} + 500 \text{ мм}, \quad (21.2)$$

где $H_{\text{шт}}$ — высота штампа; R — дистанция взрыва (расстояние от центра заряда до поверхности заготовки); $H_{\text{в}}$ — минимально необходимый столб воды над зарядом.

Входящие в формулу (21.2) параметры определяются технологическими расчетами. Практически глубину бассейна принимают в пределах $(0,7 \dots 1) D_{\text{б}}$, причем с увеличением диаметра относительная глубина $H_{\text{б}}/D_{\text{б}}$ уменьшается.

Внутренний диаметр съемной емкости определяется зависимостью

$$D_{\text{ем}} = D_{\text{м}} + 2r_{\text{кр}}, \quad (21.3)$$

где $D_{\text{м}}$ — диаметр проемы матрицы; $r_{\text{кр}}$ — радиус кромки матрицы.

Высоту съемной емкости принимают равной

$$H_{\text{ем}} \geq R + H_{\text{в}} + (100 \dots 200) \text{ мм}. \quad (21.4)$$

Диаметр емкости разового использования принимают равным: для штамповки без прижима — $(1 \dots 1,15) D_{\text{заг}}$; для штамповки с прижимом $(1 \dots 1,3) D_{\text{вн. пр}}$, но не более диаметра заготовки. Здесь $D_{\text{заг}}$ — диаметр заготовки; $D_{\text{вн. пр}}$ — внутренний диаметр прижимного кольца.

Минимальную высоту емкости разового использования определяют так же, как и для съемной емкости.

Бассейны могут быть металлическими, металлическими с опором стенки слоем воды и железобетонными с металлической облицовкой. Металлические бассейны изготавливаются сварными из листовой стали Ст3. Дно металлической емкости для большей жесткости рекомендуется изготавливать двухслойным из двух листов с двутавровыми балками между ними. Толщину верхнего листа принимают равной 1,5 — 2 толщинам стенки емкости, нижнего — 0,4 — 0,5 толщины стенки.

Подпор емкости слоем воды снижает напряжения в ее стенке в 1,3 — 1,5 раза по сравнению с напряжениями, возникающими в емкости без подпора. Внутренние рабочие емкости изготавливают из тех же материалов, что и обычные металлические емкости. Они помещаются в металлический или железобетонный колодец, заполненный водой. При размещении в металлическом колодце внутренняя обечайка фиксируется приваренными к дну колодца упорами. В случае размещения в железобетонном колодце внутренняя емкость может быть изготовлена с дном, конструкция которого аналогична конструкции дна металлического бассейна, или без него. В последнем случае на дно железобетонного колодца устанавливают двухслойное основание, состоящее из двух стальных листов с двутавровыми балками между ними.

Ж е л е з о б е т о н н ы е бассейны изготавливают с внутренней металлической облицовкой из Ст3 толщиной 10 — 20 мм. К ней с внешней стороны приваривают радиальную арматуру, которая связывает элементы кольцевой и вертикальной арматуры, а также бетон в жесткую монолитную систему.

Сечение стержней кольцевой арматуры рассчитывают из условия прочности конструкции. Сечение радиальной и вертикальной арматуры принимают равным 0,25 — 0,40 сечения стержней кольцевой арматуры. Шаг стержней кольцевой арматуры по высоте бассейна принимают равным 200 ... 250 мм, по периметру сечения бетонной стенки — 250 ... 300 мм. Радиальную арматуру приваривают к металлической облицовке с шагом по ее диаметру, соответствующим центральному углу $6 \text{ — } 12^\circ$, причем больший угол берется для емкостей с меньшими диаметрами.

Толщину бетонной стенки определяют из расчета ее армирования кольцевой арматурой с коэффициентом армирования 0,01

0,015. Толщину железобетонного дна бассейна принимают равной 1,2 — 1,5 толщины его бетонной стенки. Дно армируют сеткой из радиальных и вертикальных стержней и колец, сечения которых соответствуют сечениям арматуры стенки.

З а г л у б л е н н у ю металлическую емкость устанавливают в бетонированный колодец на слой утрамбованного песка или деревянные брусья. Зазор между стенкой емкости и бетоном также заполняется утрамбованным песком. В случае залегания на небольшой глубине грунтовых вод устанавливают металлический кессон.

Для снижения сейсмического воздействия взрыва на грунт и расположенные вблизи сооружения емкости устанавливают на массивные фундаменты. При определении необходимой массы фундамента для железобетонной емкости следует учитывать ее массу. Снижение сейсмичности достигается также за счет применения виброизоляции. С этой целью между дном емкости и фундаментом устанавливают пружины или укладывают слой из деревянных брусков, надутых воздухом резиновых камер или шлангов и других упругих элементов. С этой же целью на дно бассейна (под штамп) рекомендуется укладывать слой эластичного материала в виде листовой резины, резиновых шлангов или поропласта.

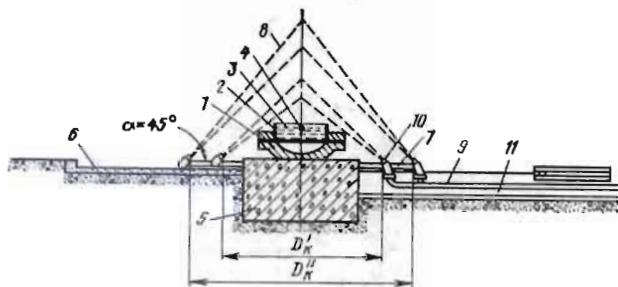


Рис. 21.1. Гидровзрывная установка бассейнового типа со струйно-водяной завесой УГБТ-С

Для обеспечения стока воды, выбрасываемой взрывом, уровень площадки вокруг бассейна выполняют с уклоном 1 : 25; 1 : 30 в сторону емкости.

Гидровзрывные установки со струйно-водяной завесой предназначены для штамповки листовых деталей в обычных несейсмостойких зданиях с эффективным снижением звукового эффекта и химического воздействия выделяемых при взрыве газов.

Представителем таких установок может служить установка бассейнового типа со струйно-водяной завесой марки УГБТ-С (рис. 21.1). Рабочая матрица 1 устанавливается на фундаментной плите 5, окруженной бетонированной площадкой 6. Взрывная волна от заряда 4 передается через воду 3, заполняющую съемный бассейн 2.

Струйно-водяная завеса 8 образуется подачей воды от насосной станции по подземному каналу 11 через систему водоснабжения 9, коллекторы 7 и 430 форсунок 10, расположенных вокруг матрицы в два ряда под углом к оси установки 45° на расстоянии $D'_к = 2800$ мм, $D''_к = 3600$ мм.

На установке можно штамповать детали диаметром до 1340 мм, глубиной до 240 мм.

Многоимпульсные установки гидровзрывной штамповки рационально использовать для формообразования деталей сложной формы с местными выштамповками. На этих установках производится серия последовательных подрывов зарядов, имею-

щих разную мощность и по-разному ориентированных относительно штампуемой заготовки. Многоимпульсные установки не требуют сейсмоустойчивых зданий.

Представителем многоимпульсных установок может служить модель УШГВ-1 (рис. 21.2), предназначенная для штамповки и калибровки деталей типа ребер, обтекателей и других деталей с местными выштамповками. Конструкция установки позволяет осуществлять последовательные подрывы зарядов БВВ над заготовкой в любой точке. Установка оснащена следящей системой движения каретки 1 со стволом 2. Подъем и опускание матрицы производится специальным столом-понтон 3.

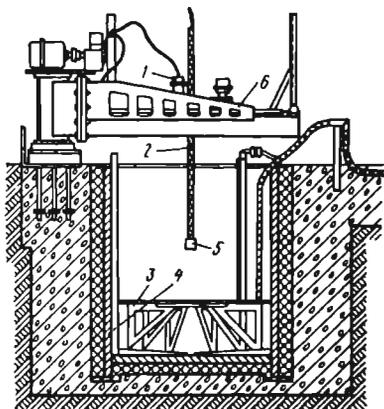


Рис. 21.2. Установка для штамповки гидроимпульсным взрывом УШГВ-1

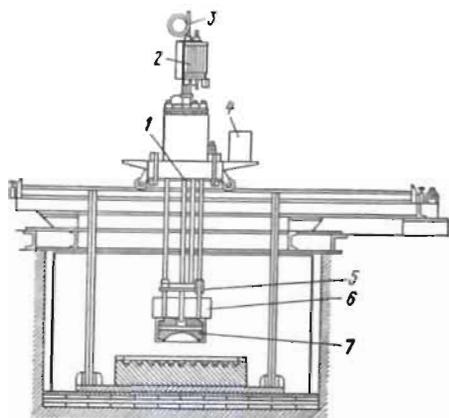


Рис. 21.3. Многоимпульсная взрывная установка МИВУ-1

Установка имеет бассейн 4 диаметром 3000 мм. Заряд 5 диаметром 18 мм и массой до 50 г устанавливается в стволе, имеющем перемещение по вертикали до 2000 мм с точностью позиционирования до 10 мм. Ствол крепится к каретке, перемещающейся по направляющим стрелы 6 в пределах 1800 мм. Стрела может поворачиваться на угол 55° . Стол обладает грузоподъемностью 20 кН (2 тс).

Другим представителем установок этого типа является многоимпульсная взрывная установка МИВУ-1, предназначенная для штамповки деталей сложной формы из высокопрочных сталей с пределом прочности 1200 ... 1600 МПа.

Установка МИВУ-1 (рис. 21.3) включает в себя следующие основные узлы; механизм подачи зарядов 2 со стволом 1, привод вертикального перемещения ствола, приводы горизонтального перемещения ствола, каретки продольного и поперечного перемещения ствола, отражатель 7, раму, направляющие, бассейн, стол с гидрозажимами, цилиндр гидротормоза 6 с поршнем 5, генератор инициирующих импульсов 4. Установка оснащена пневматической вакуумной, гидравлической и электрической системами.

В магазин установки закладываются снаряды имеющие двухступенчатую систему инициирования. Основной заряд инициируется от высоковольтного детонатора. Взрывчатое вещество детонатора, в свою очередь, инициируется мощным воздействием электрического взрыва запрессованной в нем проволоочки при разряде конденсатора. Применение в детонаторе и в основном заряде только вторичных БВВ обеспечивает безопасность работы. Отражающее устройство 7 служит для повышения КПД установки.

Перед началом работы заготовка укладывается на матрицу, накрывается прижимом, затем включаются гидрозажимы. Для

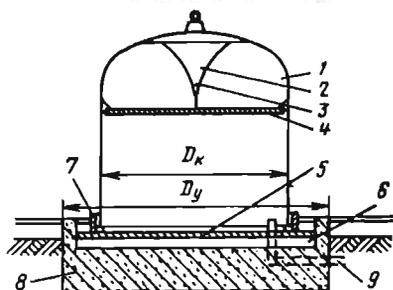


Рис. 21.4. Гидровзрывная вакуумная установка ГВУ-2,4

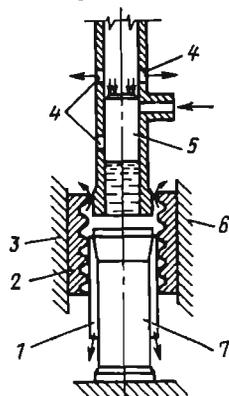


Рис. 21.5. Схема пресс-пушки ПП-6

откачки воздуха из полости матрицы включается вакуумный насос. Стол с подготовленной камерой при помощи тельфера опускается в бассейн. Продольная каретка устанавливается в требуемое положение, и ствол опускается на заданную глубину. В зарядное устройство устанавливают магазин, включают воздух продувки ствола, после чего подают высокое напряжение от генератора инициирующих импульсов. При нажатии на кнопку «Взрыв» барабан магазина поворачивается на шаг, заряд попадает в ствол, входит в воду и взрывается.

Спустя некоторое время включается воздух продувки, который выбрасывает струю воды из гидростомпола 3 в ствол. После двух-, трехминутной продувки воздухом ствола и отвода продольной каретки стол с матрицей поднимается в крайнее верхнее положение и устанавливается на упоры. В заключение производится демонтаж матрицы и подготовка ее к следующему циклу.

На установке МИВУ-1 можно штамповать детали из заготовок максимальными размерами 1100 × 1800 × 2 мм зарядами массой по 20–30 г. Установка не требует полигонных условий и сейсмостойчивых зданий, она может размещаться вблизи других производственных участков.

Незначительным сейсмическим воздействием взрыва, отсутствием выброса передающей среды, снижением звукового эффекта характеризуются в а к у м н ы е взрывные установки.

Представителем этой группы оборудования может служить гидровзрывная вакуумная установка ГВУ-2.4, предназначенная для штамповки листовых деталей, а также сварки и резки. Установка (рис. 21.4) выполнена в виде стального колпака 1 с рассекателем 2 и стальной сеткой 3, укрепленной на кронштейнах 4. Колпак установлен на фундаменте 8 с упругой прокладкой 6 и стальным листом 5 в стальном кольце 7. Откачка воздуха из замкнутого объема осуществляется системой вакуумирования 9.

Для штамповки деталей и резки заготовок применяется сферический заряд массой 0,5 кг или кольцевой заряд массой 0,7 кг; при сварке взрывом применяется плоский заряд массой 0,5–0,7 кг. На установке можно штамповать детали диаметром до 800 мм и высотой до 500 мм. Диаметр колпака $D_k = 2400$ мм, диаметр установки у основания $D_y = 3160$ мм. Для нормальной работы установки должна быть обеспечена степень вакуумирования до ~ 13 Па (10^{-2} мм рт. ст.).

Для формоизменения деталей из труб применяются различные типы установок с использованием в качестве энергоносителя взрывчатых веществ. Одним из типов таких установок являются пресс-пушки.

На рис. 21.5 показана схема пресс-пушки модели ПП-6 в процессе штамповки детали типа сильфон. Заготовка — труба 1 устанавливается в матрицу 2, имеющую возможность перемещения по направляющим 3. Газы от взрыва порохового заряда разгоняют поршень 5, воздействующий на столб воды 6, служащий передающей средой, деформирующей заготовку. Гофры детали формируются последовательно по мере перемещения матрицы относительно неподвижного поршня 7. Избыток газов устраняется через выпускные окна 4 рабочего ствола.

Штамповка взрывом порохов с передачей энергии через твердое тело осуществляется на пресс-молотах взрывного действия. Примером конструкции такого пресс-молота может служить модель ПМВД-1, схема которого показана на рис. 21.6. По компоновке он аналогичен молотам серии МЛ, но вместо сжатого воздуха ускорение стесселя создается газообразными продуктами взрыва пороха.

Корпус молота состоит из основания 1, двух стоек 3 и блока цилиндров 7. При рабочем ходе в главном цилиндре под действием пороховых газов перемещается поршень 8. Одновременно в двух пневмоцилиндрах поршни 9 сжимают находящийся в них воздух, образуя упругую воздушную подушку, возвращающую затем главный поршень в исходное положение.

Упруго соединенный с поршнем 8 стессель 4 с контейнером 6 и резиновой подушкой 5, выполняющей функции универсальной матрицы, движется по направляющим станины. В основании 1 на гидравлическом амортизаторе установлен шабот 2. При ударе стесселя жидкость из полости *a* перетекает в полость *b* через калиброванные отверстия, смягчая резкость удара. После удара жидкость снова возвращается в полость *a* под давлением сжатого воздуха, поступающего, как и для питания пневматических цилиндров подъема стесселя, от заводской сети сжатого воздуха.

В верхней части рабочего цилиндра ввернут затвор 10, внутри которого находится камера сгорания, куда вставляется гильза с пороховым зарядом и пистонем-взрывателем Боек, разбивающий пистон, имеет электромагнитный спуск.

Мгновенное давление резины при максимальной скорости стеселя $v = 32$ м/с и массе падающих частей молота, равной 350 кг, достигает 250 МПа (2500 кгс/см²). Энергия удара регулируется изменением объема камеры сгорания или величины заряда. Объем камеры сгорания изменяется регулировочным винтом.

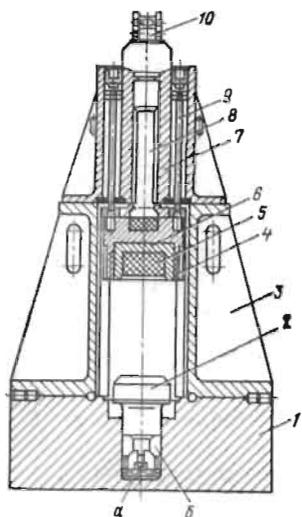


Рис. 21.6. Пресс-молот ПМВД-1

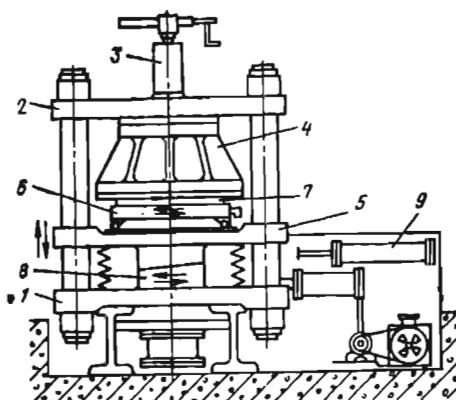


Рис. 21.7. Детонационно-газовый пресс ДГП-600

Гидровзрывные прессы с полуавтоматическим циклом работы типа ПШВ оснащены механизмами автоматической подачи зарядов, состоящими из барабана с гнездами для зарядов, питателя и ствола, который имеет возможность перемещения по всем трем направлениям. Управление работой прессов производится с пультов управления. Рабочий цикл работы таких прессов составляет 3–5 мин.

Типовым представителем детонационно-газовых прессов может служить пресс ДГП-600 (рис. 21.7). Он имеет станцию колонного типа с двумя неподвижными траверсами 1 и 2, подвижную траверсу 5, тележку 6, рабочую камеру 4, блок взрыва 3, подводящую систему.

Вне рабочей зоны на тележку устанавливается матрица 7 с заготовкой. Закрытие рабочей камеры и прижим заготовки осуществляются клиновым замком 8, приводимым в действие с помощью гидроцилиндра 9.

Установка имеет гидро- и вакуум-насосы, работающие от электродвигателей. Механизм перемещения контейнера с матрицей обеспе-

...матрицу в рабочей зоне и возвращение ее в исходное положение по окончании цикла.

Прессы для штамповки взрывом через резиновую диафрагму предназначены для штамповки листовых деталей типа патрубков, плоских гофрированных панелей, окантовок, обтекателей, диафрагм с зигами, рифтами и бортами.

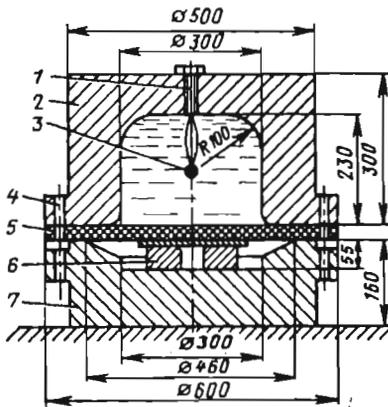


Рис. 21.8. Пресс штамповки взрывом через резиновую диафрагму ПШВРД-1

По компоновке они напоминают бесплунжерные прессы штамповки резиной типа ПШР, но принципиально отличаются динамическим воздействием жидкости через резиновую диафрагму на заготовку в результате образования взрывной волны.

Представителем этой группы прессов может служить пресс ПШВРД-1, схема которого приведена на рис. 21.8. В емкости 2, заполненной водой, помещается заряд БВВ 3. Между столом 7, на который устанавливается форм-блок 6 с заготовкой, и емкостью с помощью прижимных вкладышей 4 закреплена кромками диафрагма 5. Избыточное давление жидкости стравливается через предохранительный клапан 1.

Представителем этой группы прессов может служить пресс ПШВРД-1, схема которого приведена на рис. 21.8. В емкости 2, заполненной водой, помещается заряд БВВ 3. Между столом 7, на который устанавливается форм-блок 6 с заготовкой, и емкостью с помощью прижимных вкладышей 4 закреплена кромками диафрагма 5. Избыточное давление жидкости стравливается через предохранительный клапан 1.

21.2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ

Все установки для электрогидравлической штамповки можно разделить на установки для штамповки из плоских заготовок и установки для штамповки из кольцевых и трубчатых заготовок. В свою очередь, установки для штамповки из плоских заготовок делятся на универсальные, предназначенные для изготовления широкой номенклатуры деталей, и специализированные для штамповки деталей определенного класса. Пространственные (кольцевые и трубчатые) заготовки обуславливают специализацию отдельной группы установок.

Технологический блок установок ЭГШ включает следующие основные узлы: разрядную рабочую камеру, систему прижима заготовки, систему подачи воды в рабочую камеру, матрицу и систему вакуумирования матрицы.

В соответствии с классом заготовок технологические блоки имеют рабочие камеры двух типов: для штамповки из плоских заготовок (рис. 21.9) и для штамповки из кольцевых и трубчатых заготовок (рис. 21.10).

В зависимости от программы производства деталей технологические блоки могут быть оснащены средствами механизации, а в не-

которых случаях и автоматизации, для выполнения таких операций, как подача заготовки, прижим заготовки к матрице, подача воды в рабочую камеру, вакуумирование матрицы и др.

Среди универсальных установок для электрогидравлической штамповки деталей из плоских заготовок наиболее распространены прессы типа ПЭГ. На рис. 21.11 показан общий вид одного из прессов этой группы с энергией одного разряда 60 кДж.

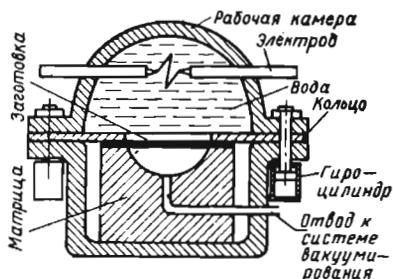


Рис. 21.9. Технологический блок для электрогидравлической штамповки из плоских заготовок

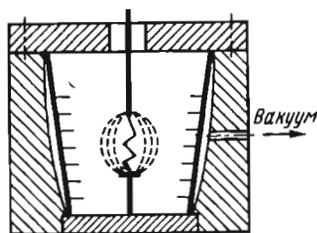


Рис. 21.10. Технологический блок для электрогидравлической штамповки из кольцевых и трубчатых заготовок

Более мощным и высокопроизводительным является пресс этой группы ПЭГ-100. В состав установки входит генератор импульсных токов, вакуумная, гидравлическая и водяная системы; технологический блок пресса состоит из станины консольного типа, гидроцилиндра двойного действия, емкости со сменными прижимами, электродами и цилиндром откачки воды.

Работа на прессе может производиться как в наладочном, так и в автоматическом режиме. В наладочном режиме каждая операция

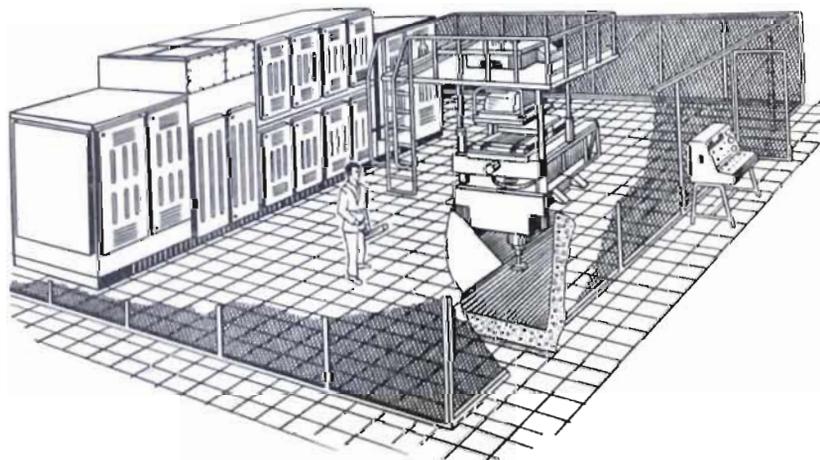


Рис. 21.11. Электрогидравлический пресс ПЭГ-60

на прессе выполняется при нажатии соответствующей кнопки. При автоматическом режиме работа пресса происходит в следующей последовательности.

После установки на матрицу заготовки при нажатии кнопки «Пуск» гидроцилиндр поднимает стол с матрицей и заготовкой к прижиму и зажимает заготовку с заранее заданным усилием, по достижении которого дается команда на заполнение водой емкости. Одновременно полость матрицы вакуумируется. По окончании заполнения водой емкости производится определенное для данной детали

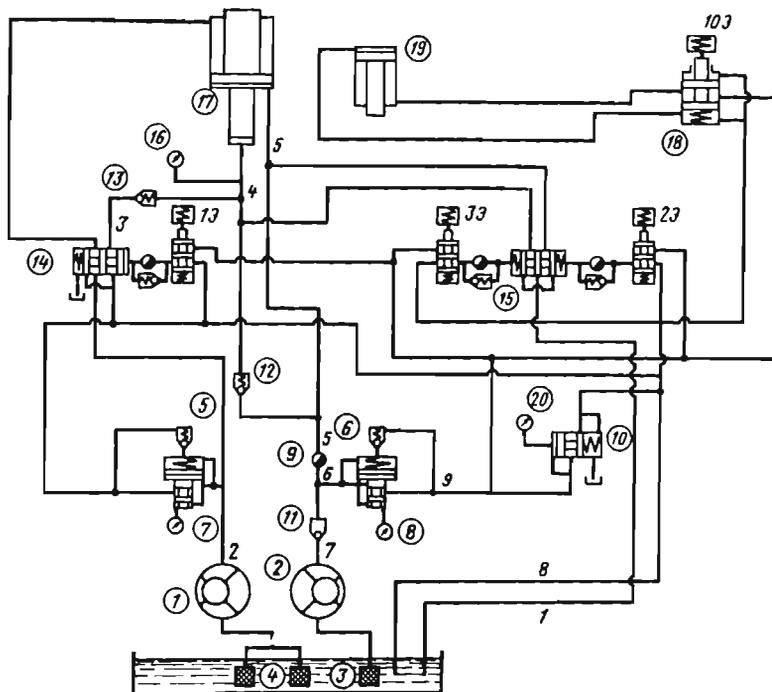


Рис. 21.12. Гидравлическая схема пресса ПЭГ-100М

количество разрядов, при котором формируется деталь. По команде от счетчика разрядов производится откачивание воды из емкости и матрицы, и затем опускание матрицы в исходное положение. При опускании матрицы установка отключается от сети высокого напряжения, и в полость матрицы под деталь подается воздух из пневмосети для выталкивания отштампованной детали.

Весь цикл работы выполняется автоматически, причем предусмотрены необходимые защитные блокировки, обеспечивающие четкость работы пресса и требования техники безопасности.

Гидросистема пресса (рис. 21.12) служит для перемещения и прижима матрицы, а также опускания и подъема водозаборного шланга в разрядной камере. Она состоит из системы высокого давления, которая осуществляет прижим матрицы к кор-

пуску техникогнческой емкости, и системы низкого давления, обеспечивающей ускоренные перемещения матрицы. Гидросистема работает на минеральном масле марки «Индустриальное-20».

Масло через фильтр 3 под давлением 20 МПа (200 кгс/см²) поступает от плунжерного насоса 2 в трубу 7 и далее через обратный клапан 11 к дросселю 9 и предохранительному клапану 6. Обратный клапан 11 предохраняет насос от гидравлических ударов при разряде в камере; клапан 6 поддерживает в напорной магистрали высокое давление при работающем насосе, сбрасывая избыточное масло в трубу 9; дроссель 9 создает сопротивление проходу масла из трубы 6 в трубу 5, поддерживая постоянный сброс масла через золотник клапана 6 в трубу 9, в которой напорным золотником 10 поддерживается давление $p = 1$ МПа (10 кгс/см²) и откуда масло поступает к золотникам 14 и 15. Сброс лишнего масла из линии управления 9 происходит через напорный золотник 10 в сливную трубу 8. По манометрам 8 и 20 осуществляется контроль давления в соответствующих магистралях. Управление настройкой клапана 6 на рабочее давление производится посредством клапана дистанционного регулирования с пульта управления.

Лопастной насос 1 (насос низкого давления) через фильтр 4 подает масло под давлением $p = 3,5$ МПа (35 кгс/см²) через трубу 2 к предохранительному клапану 5 с переливным золотником и манометром 7, предохраняющему напорную магистраль от перегрузки, и к золотнику 14 с электрогидравлическим управлением, в свою очередь, осуществляющему управление ускоренным перемещением штока гидроцилиндра 17, связанного с подвижной матрицей. Электроконтактный манометр 16 подает команду в электрическую систему управления циклом при окончании ускоренного перемещения матрицы вверх (при жестком упоре штока давление поднимается до 3,5 МПа (35 кгс/см²) и при окончании поджима, когда в трубах 4 и 5 поднимается давление до 20 МПа (200 кгс/см²)). Обратный клапан 13 служит для разделения систем низкого и высокого давления. Золотник 15 с электрогидравлическим управлением осуществляет управление заполнением или сливом масла при поджатии матрицы. Гидроцилиндр 19, управляемый золотником 18, осуществляет опускание шланга для забора воды из разрядной камеры после окончания цикла.

В исходном положении все электромагниты золотников выключены, шток гидроцилиндра 17 находится в нижнем положении, шток гидроцилиндра 19 — в верхнем.

Перед началом автоматического цикла включаются насосные агрегаты. При нажатии на кнопку «Цикл» включаются электромагниты 1Э и 2Э. От насоса 1 масло по трубопроводу 2 через золотник с электрогидравлическим управлением 14 по трубопроводу 3 через обратный клапан 13 и далее по трубопроводу 4 поступает в малую полость цилиндра подъема матрицы 17. При подъеме матрицы вверх из маслобака по трубопроводу 1 масло через золотник 15 и далее по трубопроводу 5 засасывается в большую полость цилиндра 17. При достижении матрицей крайнего верхнего положения электроконтактный манометр 16 отключает насос 1 и электромагниты 1Э и 2Э. Насос 2 развивает требуемое усилие прижима матрицы к корпусу технологической емкости, о чем сигнализирует тот же электроконтактный манометр 16, подающий команду на заполнение емкости водой и откачку воздуха из полости матрицы.

После заполнения емкости водой и создания требуемого вакуума начинается штамповка детали. По окончании штамповки включается электромагнит 10Э, и шток цилиндра 19 опускается. Одновременно с опусканием шланга для откачки воды вниз в верхнюю емкость подается сжатый воздух, который выжимает воду в водной бак через трубу с сигнализатором уровня, подающим команду на опускание матрицы. При этом выключается электромагнит 10Э и включаются насос 1 и электромагнит 3Э. С включением электромагнита 10Э шланг начнет подниматься. При включении электромагнита 3Э нижние полости цилиндра 17 соединяются со сливом через золотник 15 и обратный клапан 12. При включении насоса 1 матрица быстро опускается вниз. Отштампованная деталь воздухом выталкивается из матрицы. При возвращении матрицы в нижнее исходное положение нажимается конечный выключатель, отключающий все электромагниты и насос 1. На этом автоматический цикл заканчивается.

Вакуумная система пресса (рис. 21.13) предназначена для создания вакуума $\sim 2,6 \cdot 10^3$ Па (20 мм рт. ст.) в полости матрицы 18 и вакуума $\sim 1,3$ Па (10^{-2} мм рт. ст.) в разряднике 19.

Водяная система (рис. 21.13) служит для заполнения технологической емкости 2 водой. Заполнение водой и слив ее из емкости 2 производится под действием сжатого воздуха от заводской пневмосети. Пневмосистема осуществляет также выталкивание отштампованной детали из штампа и подачу проволоочки.

При нажатии на кнопку «Цикл» включаются вакуумные насосы 3 и 4. Вакуумный насос 3 по трубопроводу 1 производит откачку воздуха из разрядника 19. Вакуумный насос 4 создает вакуум в ресивере 6. Контроль вакуума производит электроконтактный вакуумметр 5, дублируемый на пульте управления вакуумметром 16. После достижения требуемого усилия прижима матрицы 18 к корпусу технологической емкости 2 включаются электромагниты 7Э и 8Э. При включении 7Э полость матрицы 18 сообщается с полостью ресивера, где насос 4 создает вакуум, следовательно, и в полости 18 будет также создаваться вакуум. При

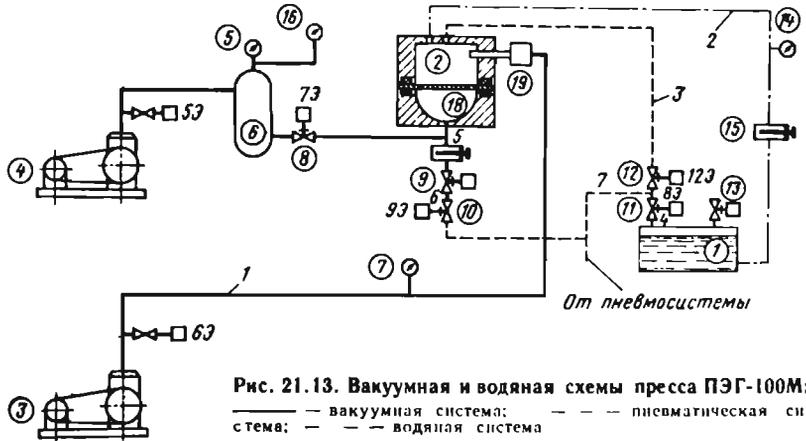


Рис. 21.13. Вакуумная и водяная схемы прессы ПЭГ-100М:
 — вакуумная система; - - - пневматическая система;
 - · - · водяная система

включении 8Э открывается вентиль 11, воздух из пневмосети по трубопроводам 7 и 4 поступает в водяной бак 1 и начинает вытеснять воду по трубопроводу 2 в технологическую емкость 2, заполняя ее полностью.

После заполнения емкости водой и создания требуемого вакуума в полости матрицы электроконтактный манометр 14 и электроконтактный вакуумметр 5 подают команду на начало разрядов. В процессе штамповки технологическая емкость 2 постоянно питается водой.

После окончания штамповки реле счета импульсов отключает электромагниты 7Э и 8Э и включает электромагниты 9Э и 12Э. Воздух из пневмосети по трубопроводу 7 через вентиль 12 и далее по трубопроводу 3 поступает в технологическую емкость и по трубопроводу 2 вытесняет из нее воду в водяной бак 1. Воздух из водяного бака стравливается через открытый вентиль 13.

После того как вода из емкости 2 слита, сигнализатор уровня 15 отключает электромагниты 9Э и 12Э, включает электромагниты 5Э и 6Э и дает команду на опускание матрицы 18. При опускании матрицы воздух из пневмосети через вентиль 10 по трубопроводу 6 через вентиль 9 и далее по трубопроводу 5 поступает в полость матрицы 18 и выталкивает деталь. При возвращении матрицы 18 в исходное положение конечный выключатель отключает электромагниты 5Э и 6Э. На этом автоматический цикл заканчивается.

Для аккумуляции электрической энергии с последующим выделением ее в канале разряда рабочего промежутка технологической емкости служит генератор импульсных токов. Он включает в себя следующие элементы: емкостный накопитель энергии, зарядное устройство, коммутирующее устройство (разрядник), ошиновку, делитель напряжения и заземляющий нож.

Емкостный накопитель энергии состоит из 30-ти импульсных конденсаторов типа ИМ-50/3 (рабочее напряжение 50 кВ, емкость 3 мкФ). Выпрямленное высокое напряжение подается на обкладки конденсаторов, соединенных с корпусом. Обкладки конденсаторов, выведенные в центре, соединены с землей через изолированные друг от друга секторы разрядника и водный промежуток. Эта так называемая «перевернутая» схема позволяет производить разряд группы конденсаторов, подсоединенных к секторам через рабочий промежуток в технологической емкости.

Для повышения напряжения и последующего его выпрямления в генераторе импульсных токов используются два высоковольтных выпрямительных устройства типа ВТМ-15/50, представляющих собой повышающие масляные трансформаторы с первичным напряжением 380 В; вторичное (выпрямленное) напряжение — 50 000 В. Мощность одного ВТМ-15/50 — 15 кВ·А.

В качестве коммутирующего устройства в генераторе импульсных токов используется коаксиальный вакуумный разрядник, представляющий собой два плоских электрода, разделенных вакуумной полостью с вакуумом $\sim 13 \cdot 10^{-2}$ Па (10^{-2} — 10^{-3} мм рт. ст.). С целью выравнивания градиента напряжения вакуумная полость разделена на 12 равных промежутков.

Ошинковка зарядного контура, параметры которого не должны влиять на эффективность преобразования электрической энергии в механическую, выполнена в виде алюминиевой шины, рассчитанной на прохождение зарядного тока.

Для контроля напряжения на батарее конденсаторов в схеме предусмотрен омический делитель напряжения, собранный из 50-ти сопротивлений типа МЛТ-2 последовательно.

Заземляющий нож прежде всего предназначен для снятия остаточного напряжения с конденсаторной батареи и для закорачивания стороны высокого напряжения.

На прессе ПЭГ-100 можно штамповать сложные детали из заготовок с максимальными размерами 1200×900×3 мм. Технологическая универсальность прессы обеспечивается наличием шести горизонтальных, двух вертикальных и коаксиального электродов, возможностью их установки в различных положениях, бесступенчато регулируемым усилием прижима в пределах 0,5 — 2 МН (50 — 200 тс).

Представителем специализированных установок для штамповки деталей из плоских заготовок может служить установка для электрогидравлической штамповки гофрированных панелей УЭГ-ГП-60 (Удар-1), с энергией одного разряда 60 кДж, предназначенная для изготовления деталей из заготовок размерами до 1500×3000 мм, толщиной до 2,5 мм.

Схема установки приведена на рис. 21.14. Центральный электрод 1 укреплен в разрядном бачке 2, перемещающемся над емкостью 3 в поперечном направлении по каретке 4, а в продольном — вместе с нею. Заготовка 5 прижимается рамой 6 с помощью шести гидроцилиндров при давлении жидкости 0,6 МПа (6 кгс/см²). Установка

имеет систему подачи иницирующей проволоочки 7. Вода в бачок поступает через трубопровод 8. Высокое напряжение от ГИТ подводится к токоприемнику 9.

Установки для электрогидравлической штамповки деталей из кольцевых и трубчатых заготовок типа УЭГ-К по компоновке сходны с установками для формовки обечаек статическим давлением жидкости. Принципиальным отличием является создание энергии воздействия на заготовку в результате высоковольтного разряда в воде.

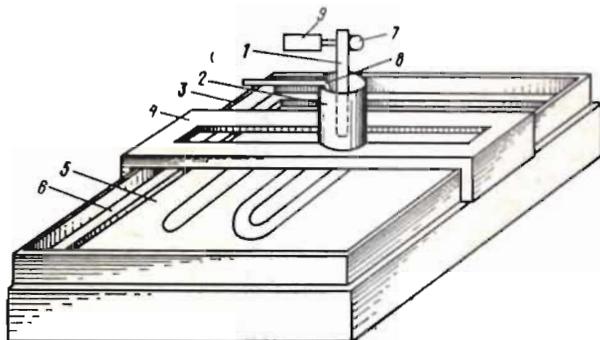


Рис. 21.14. Схема установки для электрогидравлической штамповки гофрированных панелей УЭГ-ГП-60

Внутренняя поверхность емкости, в которой помещается сварная коническая обечайка, служит матрицей. Снизу и сверху крышками с помощью гидроцилиндров осуществляется прижим кромок заготовок.

Установки могут работать с одним или несколькими электродами. Некоторые из них оснащены выталкивающими устройствами.

21.3. УСТАНОВКИ ДЛЯ МАГНИТОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ

Все установки для магнитоимпульсной штамповки можно разделить на две группы: для штамповки из плоских заготовок и для формовки обечаек из трубчатых заготовок.

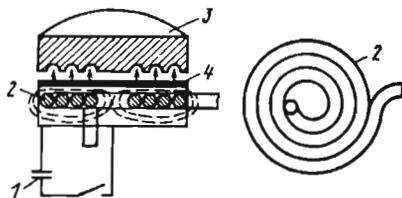


Рис. 21.15. Схема установки для магнитоимпульсной штамповки из плоских заготовок

На рис. 21.15 показана схема установки для штамповки деталей из плоских заготовок. Высоковольтный разряд батареи конденсаторов 1 передается на плоский спиральный рабочий индуктор 2. Возникающее вокруг него мгновенное магнитное поле высокой мощ-

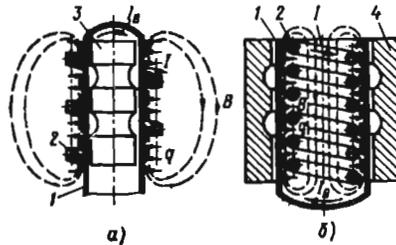
ности наводит вихревые токи в токопроводящей заготовке 4. Взаимодействие вихревых токов с магнитным полем создает механические силы, деформирующие заготовку по матрице 3.

Одним из представителей этой группы установок может служить установка УМШ15/5 мощностью 15 кДж при рабочем напряжении 5 кВ. На установке можно штамповать детали из заготовок и вырубать в них отверстия размерами 150×150 мм при толщине до 1,5 мм. Время рабочего цикла составляет 2–6 с.

На рис. 21.16 показаны принципиальные схемы установок для магнитоимпульсной штамповки деталей из трубчатых заготовок.

Рис. 21.16. Схемы установок для магнитоимпульсной штамповки из трубчатых заготовок:

а) обжим по пуансону; б) раздача по матрице; 1 — исходные токи; I_B — наведенные в заготовке вихревые токи; В — магнитно-силовые линии



Для обжима по пуансону 3 (рис. 21.16, а) индуктор 2 помещается вне заготовки 1; при раздаче заготовки (рис. 21.16, б) индуктор размещается внутри заготовки, находящейся, в свою очередь, в матрице 4.

Для обжима труб диаметром до 150 мм может служить, например, установка УЗМШ 15/5 мощностью 15 кДж с рабочим напряжением 5 кВ. На установке УЗМШ-1 мощностью 40 кДж с рабочим напряжением 50 кВ можно формовать обечайки одинарной и двойной кривизны диаметром до 1000 мм, длиной до 1500 мм. Рабочий цикл составляет 30 с.

Методика энергетических расчетов электрогидравлических и магнитоимпульсных установок сводится к определению параметров накопленной конденсатором энергии по основному уравнению

$$A_0 = \frac{Cu^2}{2}, \quad (21.5)$$

где C — емкость конденсатора; u — напряжение на конденсаторе.

Накопленная энергия должна соответствовать потребной энергии для деформирования заготовки A_d :

$$A_d = A \cdot \eta, \quad (21.6)$$

где η — коэффициент полезного действия установки, зависящий в основном от ее конструкции и свойств заготовки. Обычно $\eta = 0,15 \dots 0,2$.

Потребная для деформирования энергия определяется в результате технологических расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артоболовский С. И. Технологические машины-автоматы. М.: Машиностроение, 1964. 175 с.
2. Байсулов И. А. Электрохимическая обработка металлов. М.: Высшая школа, 1981. 150 с.
3. Белянин П. Н. Производство широкофюзеляжных самолетов. М.: Машиностроение, 1979. 356 с.
4. Белянин П. Н. Промышленные роботы. М.: Машиностроение, 1975. 398 с.
5. Горбунов М. Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов. М.: Машиностроение, 1981. 224 с.
6. Григорьев Л. Л. Рациональные варианты холодной штамповки. Л.: Машиностроение, 1975. 232 с.
7. Громова А. Н., Завьялова В. И., Коробов В. К. Изготовление деталей из листов и профилей при серийном производстве. М.: Оборонгиз, 1960. 340 с.
8. Грошников А. И., Малафеев В. А. Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1976. 439 с.
9. Добринский Н. С. Гидравлический привод прессов. М.: Машиностроение, 1975. 220 с.
10. Залесский В. И. Оборудование кузнечно-прессовых цехов. М.: Высшая школа, 1973. 630 с.
11. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. Л.: Машиностроение, 1980. 431 с.
12. Исаченков Е. И. Штамповка эластичными и жидкостными средами. М.: Машиностроение, 1976. 368 с.
13. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы. Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 375 с.
14. Ланской Е. Н., Банкетов А. Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. М.: Машиностроение, 1966. 380 с.
15. Металлорежущие станки/Под ред. В. К. Тепинкичева. М.: Машиностроение, 1973. 471 с.
16. Многозвенные исполнительные механизмы штамповочных машин/В. Е. Сви-стунюв, В. С. Лизунов, Ю. А. Махлин и др. М.: НИИмаш, 1980. 60 с.
17. Мошнин Е. Н. Гибочные и правильные машины. М.: Машгиз, 1956. 252 с.
18. Новое в технологии штамповки. — Труды МАТИ, № 65. М.: Машиностроение, 1966. 175 с.
19. Норницын И. А., Власов В. И. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки. М.: Машиностроение, 1967. 388 с.
20. Попилов Л. Я. Электрофизическая и электрохимическая обработка. М.: Машиностроение, 1969. 296 с.
21. Промышленные роботы и манипуляторы с ручным управлением. Каталог/Под общей ред. Ю. Г. Козырева. М.: НИИмаш, 1982. 101 с.
22. Проиников А. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. М.: Высшая школа, 1967. 432 с.
23. Размерная электрическая обработка металлов/Б. А. Артамонов, А. Л. Вишницкий, И. А. Волков и др. М.: Высшая школа, 1978. 336 с.
24. Расчет и проектирование деталей машин/Под ред. Г. Б. Столбина и К. П. Жукова. М.: Высшая школа, 1978. 245 с.

25. **Романовский В. П.** Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение, 1979. 520 с.
26. **Станки с числовым программным управлением/Под ред. В. А. Лещенко.** М.: Машиностроение, 1979. 592 с.
27. **Технология самолетостроения/Под ред. А. Л. Абибова.** М.: Машиностроение, 1982. 552 с.
28. **Тихомиров В. А.** Основы проектирования самолетостроительных заводов и цехов. М.: Машиностроение, 1975. 471 с.
29. **Шарин Ю. С.** Подготовка программ для станков с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1980. 144 с.
30. **Этин А. О.** Кинематический анализ методов обработки металлов резанием. М.: Машиностроение, 1964. 250 с.
31. **Ярковец А. И.** Основы механизации и автоматизации технологических процессов в самолетостроении. М.: Машиностроение, 1981. 192 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизированные склады 121
Автоматические бункерные загрузочно-ориентирующие устройства 135
Автоматические линии 165
Автоматы холодновысадочные 252
Алюминиевые сплавы 9

В

Вариантность технологических процессов 12
— — — технологическая 12
— — — структурная 12
Взрывчатые вещества 105
Воздействие на заготовку вибрационное 16
— — — динамическое 16
— — — статическое 16

Г

Газовые горючие смеси 106
Генераторы импульсов 97
Генерация поверхности 18
Графики рабочих нагрузок 16
Графопостроители 118

Д

Двигатели гидравлические 91
— пневматические 93
— электрические 85
Делитель напряжений 208
Детали двойной кривизны 26
— из профилей 29
— — труб 30
— одинарной кривизны 25
— плоские из листа 23
— полые листовые 28
— с формованными элементами 28
— типа обечаек 27

З

Заготовительно-штамповочные цехи 4
Зажим клиновой 55
Зажимной патрон цанговый 54
Зажимные рабочие органы 54

И

Инструмент для разделительных операций 33
— — формоизменяющих операций 38

- классификация 32
- Интерполяторы 115
- Исполнительные органы 48
 - — основные виды 48
- Источники питания 94
 - — станков для анодно-механической резки 95
 - — — резки проникающей дугой и плазменной резки 99
 - — — электронно-лучевой резки 101
 - — — электроэрозионной обработки 97
 - — установок для лазерной резки 102
 - — — магнитноимпульсной штамповки 104
 - — — электрогидравлической штамповки 104

К

- Кинематические схемы обработки 18
- Компрессорные станции 90
- Компрессоры 88
- Конвейеры ленточные 123
 - пластинчатые 123
 - роликковые 124
- Координатографы 118
- Копировальная головка фрезерного агрегата 206
- Критерий сложности обрабатываемой системы 22

Л

- Лазеры газовые 103
 - твердотельные 102
- Ленты 7
- Листо- и полосоукладчики 128
- Листы 7

М

- Магазинные ориентирующие устройства 136
- Магниеые сплавы 10
- Машинные технологические процессы 11
- Машины вычислительные 112
 - для формоизменения концов труб 352
 - технологические 180
 - электровысадочные 355
- Механизмы исполнительные 56
 - — передающие 57
 - — преобразующие 76
 - кулачковые 80
 - мальтийские 83
 - храповые 81
- Механические испытания 11
 - руки 141
- Молоты выколочные 299
 - листоштамповочные 319
- Мощность, затрачиваемая при обработке 19
- Муфты постоянные соединительные 67
 - предохранительные 69
 - самоуправляемые 69
 - скольжения 69
 - управляемые 68
 - фрикционные пневматические 240

Н

- Направляющая 18
- Направляющие технологических машин 70
- Насосы пластинчатые 88

- ротационно-плунжерные 86
- шестеренные 88
- Ножницы вибрационные 189
 - выгечные 187
 - дисковые 192
- кривошипные листовые с наклонным ножом 182
- с ручным приводом 181
- Носители энергии 105

О

- Обрабатывающая система 22
- Образующая 18
- Операции разделительные 13
 - формонзмещающие 14
- Оснастка для динамической штамповки 44
 - — штамповки эластичной средой 44
 - — формовки гидроэластичной средой 44
 - — формовки сложных деталей 44

П

- Параметры процессов обработки 15
- Пары винт-гайка качения 77
 - — кинематические 76
- Передаточные отношения 58
 - числа 58
- Передачи бесступенчатые 63
 - зубчатые 60
 - карданные 65
 - ременные 62
 - цепные 61
- Перфораторы 114
- Печатающие устройства 117
- Пилы дисковые 220
 - ленточные 222
 - универсальные дисковые 221
- Подачи вилковые 132
 - грейферные 140
 - клещевые 134
 - крючковые 134
 - револьверные 139
 - ролико-клиновые 134
 - шибберные 138
- Подшипники качения 72
 - скольжения 73
- Ползуны 49
- Полосы 7
- Полуавтоматы копировально-фрезерные 199
- Полуфабрикаты 6
 - материалы 9
 - сортамент 7
- Пороха 106
- Прессы бесплунжерные штамповки эластичной средой 312
 - гидравлические 255
 - двойного действия 244
 - для кольцевой обтяжки 296
 - — обтяжки с растяжением 288
 - — односторонней обтяжки 295
 - — простой обтяжки 282
 - — формоизменения патрубков 348
 - комбинированные обтяжные 293
 - координатно-револьверные 250

- кривошипные простого действия 237
- листогибочные 267
- механические 233
- плунжерные штамповки эластичной средой 310
- штамповки-вытяжки эластичной средой 314
- Прижимы шагающие 209
- Промышленные роботы 143
 - — адаптивные 162
 - — захватные устройства 146
 - — классификация 143
 - — основные параметры 144
 - — приводы 150
 - — системы управления 158
- Профилн 8
- Прутки 8

Р

- Роботизированные штамповочные комплексы 163
- Роботы транспортные 122
- Роторные линии 165

С

- Системы числового программного управления 171
 - — — импульсные 173
 - — — применение в заготовительно-штамповочном производстве 178
 - — — со встроенным интерполятором 176
 - — — фазовые 174
- Следящие приводы 169
- Способы осуществления движений рабочих органов 57
- Средства автоматизации и механизации вычерчивания плазов 111
 - — — изготовления шаблонов 111
 - — — — — объемной оснастки 111
 - — — — — подготовки производства 109
 - — — — — складских операций 121
 - — — — — транспортных операций 123
- Стали жаростойкие 10
 - углеродистые 10
- Станки 74
- Станки валковые гибочные 268
 - вертикально-фрезерные 195
 - для анодно-механической резки 223
 - — плазменной резки 228
 - — резки проникающей дугой 228
 - — ротационной вытяжки 306
 - — электроэрозионной обработки 226
 - кромкопосадочные 316
 - листопосадочные 302
 - листораскатные 303
 - профилегибочные растяжные 334
 - — с поворотным столом 340
 - профилеразводные 333
 - профилераскатные 331
 - радиально-фрезерные 196
 - роликовые профилегибочные 323
 - трубогибочные 344
 - трубообразвальцовочные 356
 - фрезерно-обрезные 216
 - фрезерные с программным управлением 213
 - электроини-лучевые 231
- Суппорты 53

Т

- Тележки на воздушной подушке 126
- — магнитной подушке 126
- Технологическая характеристика деталей 23
- Технологические машины 3
- пробы 11
- системы 6
- Титановые сплавы 10
- Тормоз ленточный 240
- Трубы 8

У

- Установки для газолазерной резки 231
- — магнитноимпульсной штамповки 372
- — штамповки взрывом 358
- — формовки обечаек жидкостью 298
- — формоизменения дробью 280
- — электрогидравлической штамповки 366
- Устройства автоматизации и механизации в рабочей зоне 127
- — — при штамповке деталей из полуфабрикатов 127
- — — — — штучных заготовок 135
- копировальные 168
- магазинные 136
- печатные 117
- разматывающие 130
- считывающие 119
- удаляющие 141

Ф

- Формы воздействия на заготовку 15
- Фрезерная головка 203
- Фрезы пальцевые двухперые 36
- цилиндрические 36
- Фундаменты 75

Ш

- Шатуны кривошипных прессов 242
- Шпиндели 51
- Штампы высечные 36
- вытяжные 42
- гибочные 39
- для гибки профилей 46
- — ударного выдавливания 47
- — холодного гидростатического прессования 47
- малковочные 45
- подсечные 45
- секционные 42
- универсальные гибочные 39

Э

- Электронная пушка 101
- Электротележки 126
- Электротельферы 127



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Часть I. Структура технологических систем в заготовительно-штамповочном производстве	6
Глава 1. Полуфабрикаты	6
1.1. Сортамент	7
1.2. Материалы полуфабрикатов	9
Глава 2. Машинные технологические процессы .	11
2.1. Вариантность технологических процессов	12
2.2. Разделительные операции .	13
2.3. Формонизменяющие операции .	14
2.4. Параметры процессов обработки	15
2.5. Кинематические схемы обработки	18
Глава 3. Технологическая характеристика и способы изготовления типовых деталей	23
3.1. Плоские детали из листа .	23
3.2. Детали одинарной кривизны	25
3.3. Детали обшивок двойной кривизны	26
3.4. Детали типа обечаек	27
3.5. Полые листовые детали	28
3.6. Плоские детали с формованными элементами	28
3.7. Детали из профилей	29
3.8. Детали из труб	30
Глава 4. Инструмент	32
4.1. Классификация инструмента	32
4.2. Инструмент для разделительных операций .	33
4.3. Инструмент для формонизменяющих операций	38
Глава 5. Исполнительные органы	48
5.1. Основные виды исполнительных органов	48
5.2. Ползуны	49
5.3. Шпиндели	51
5.4. Столы	52
5.5. Суппорты	53
5.6. Зажимные рабочие органы	54
	381

Глава 6. Исполнительные механизмы .	56
6.1 Виды движений в технологических машинах и методы их осуществления	56
6.2. Виды исполнительных механизмов	57
6.3. Передающие механизмы	59
6.4. Преобразующие механизмы	76
Глава 7. Двигатели технологических машин	84
7.1. Электрические двигатели	85
7.2. Насосы	86
7.3. Компрессоры	88
7.4. Гидравлические двигатели	91
7.5. Пневматические двигатели	93
Глава 8. Источники питания и носители энергии технологических машин и установок	94
8.1. Источники питания станков для анодно-механической резки	95
8.2. Источники питания станков для электроэрозионных методов размерной обработки	97
8.3. Источники питания станков для резки проникающей дугой и плазменной резки	99
8.4. Источники питания станков для электронно-лучевой резки	101
8.5. Источники питания установок для лазерной резки .	102
8.6. Источники питания установок для электрогидравлической и магнитоимпульсной штамповки	104
8.7. Носители энергии установок для штамповки взрывом .	105
Часть II. Средства автоматизации и механизации заготовительно-штамповочного производства	108
Глава 9. Средства автоматизации и механизации подготовки заготовительно-штамповочного производства	108
9.1. Технические средства автоматизации и механизации технологической подготовки производства	109
9.2. Средства автоматизации и механизации вычерчивания плазов, изготовления шаблонов и объемной оснастки .	111
9.3. Автоматизированные средства подготовки программ для станков с числовым программным управлением .	112
Глава 10. Средства автоматизации и механизации складских и транспортных операций .	120
10.1. Средства автоматизации и механизации складских операций .	121
10.2. Средства автоматизации и механизации транспортных операций	123
Глава 11. Устройства автоматизации и механизации перемещения полуфабрикатов, заготовок, деталей и отходов в рабочей зоне .	127
11.1. Устройства автоматизации и механизации при штамповке деталей из полуфабрикатов	127
11.2. Устройства автоматизации и механизации при штамповке деталей из штучных заготовок	135

Глава 12. Промышленные роботы	143
12.1. Классификация и основные характеристики ПР	143
12.2. Захватные устройства ПР	146
12.3. Приводы ПР	150
12.4. Системы управления ПР	158
12.5. Роботизация заготовительно-штамповочного производства	162
12.6. Автоматические линии	165
Глава 13. Системы автоматизированного управления технологическими машинами	167
13.1. Копировальные устройства и следящие приводы.	168
13.2. Системы числового программного управления.	171
Часть III. Технологические машины	180
Глава 14. Технологические машины для разделительных операций.	180
14.1. Ножницы	181
14.2. Фрезерные станки	195
14.3. Пилы	219
14.4. Станки для электрохимических и электрофизических способов резки	222
Глава 15. Прессы	233
15.1. Механические прессы	233
15.2. Кривошипные прессы простого действия	237
15.3. Прессы двойного действия	244
15.4. Методика расчета кривошипных прессов	245
15.5. Координатно-револьверные прессы	250
15.6. Холодновысадочные автоматы	252
15.7. Гидравлические прессы	255
15.8. Выбор прессового оборудования	260
Глава 16. Технологические машины для формоизменения деталей однонаправленной кривизны	267
16.1. Листогибочные прессы	267
16.2. Валковые гибочные станки	268
16.3. Установки для формоизменения дробью	280
Глава 17. Технологические машины для формоизменения листовых деталей двойной кривизны	281
17.1. Прессы для простой обтяжки	282
17.2. Прессы для обтяжки с растяжением	288
17.3. Комбинированные обтяжные прессы	293
17.4. Прессы для односторонней обтяжки	295
17.5. Прессы для кольцевой обтяжки	296
17.6. Установки для формовки обечаек жидкостью.	298
17.7. Выколочные молоты	299
17.8. Листопосадочные станки	302
17.9. Листораскатные станки	303
17.10. Станки для ротационной вытяжки	306
Глава 18. Технологические машины для штамповки плоских деталей с формованными элементами	310
18.1. Плунжерные прессы штамповки эластичной средой.	310
18.2. Бесплунжерные прессы штамповки эластичной средой.	312
18.3. Прессы штамповки-вытяжки эластичной средой.	314
	383

18.4. Кромкопосадочные станки
18.5. Листоштамповочные молоты

Глава 19. Станки для формоизменения деталей из профилей

- 19.1. Роликовые профилегибочные станки
- 19.2. Профилегибочные растяжные станки
- 19.3. Профилегибочные станки с поворотным столом

Глава 20. Технологические машины для формоизменения деталей из труб

- 20.1. Трубогибочные станки
- 20.2. Прессы для формоизменения патрубков
- 20.3. Машины для формоизменения концов труб

Глава 21. Установки для высокоэнергетических методов формоизменения деталей

- 21.1. Установки для штамповки взрывом
- 21.2. Установки для электрогидравлической штамповки
- 21.3. Установки для магнитопульсистой штамповки

Список литературы
Предметный указатель

Василий Федорович Катков

**ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА
АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-
ШТАМПОВОЧНЫХ ЦЕХОВ**

Редактор Л. Г. Грановская
Художественный редактор В. В. Лебедев
Технический редактор Н. В. Тимофеев
Корректор А. А. Сиастина

ИБ № 4663

Сдано в набор 09.07.84. Подписано в печать
16.11.84. Т-20269. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типо-
графская № 2. Гарнитура литературная. Печать
высокая. Усл. печ. л. 24,0. Усл. кр.-отт. 24,0.
Уч.-изд. л. 28,36. Тираж 2600 экз. Заказ № 179.
Цена 1 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издатель-
ство «Машиностроение», 107076, Москва,
Стромынский пер., 4

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового
Красного Знамени Ленинградского объединения
«Техническая книга» им. Евгении Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комите-
тете СССР по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли.
193144 г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

