

Лекция №1

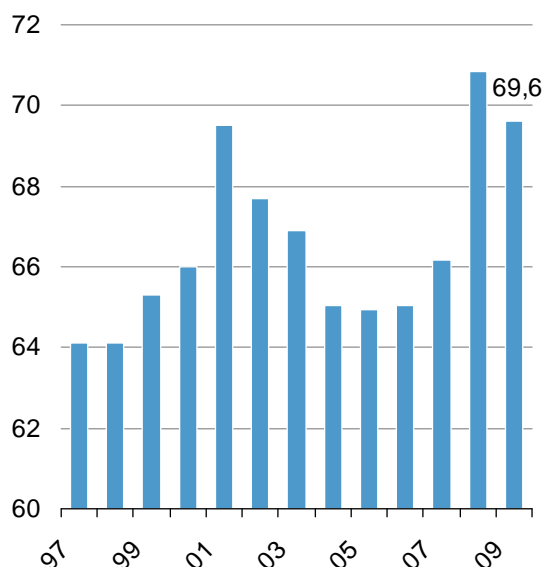
Металлообрабатывающие станки

Обзор металлорежущих станков и оборудования для обработки металлов давлением

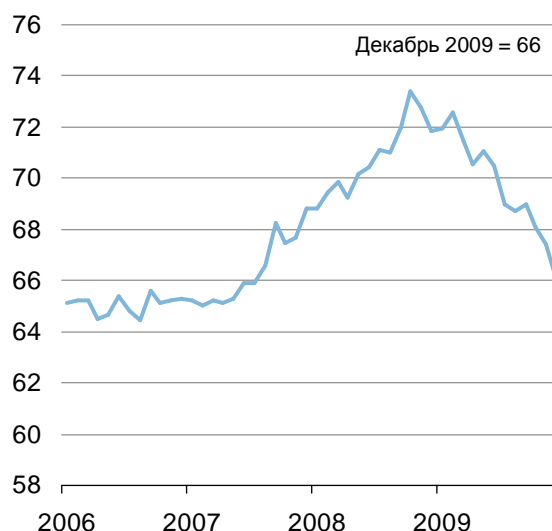
Содержание

- 1 Обзор металлорежущих станков**
- 2 Оборудование для обработки металлов давлением**
- 3 Заключение**

[В тыс. человек, среднегодовые показатели]



[В тыс. человек, по месяцам]

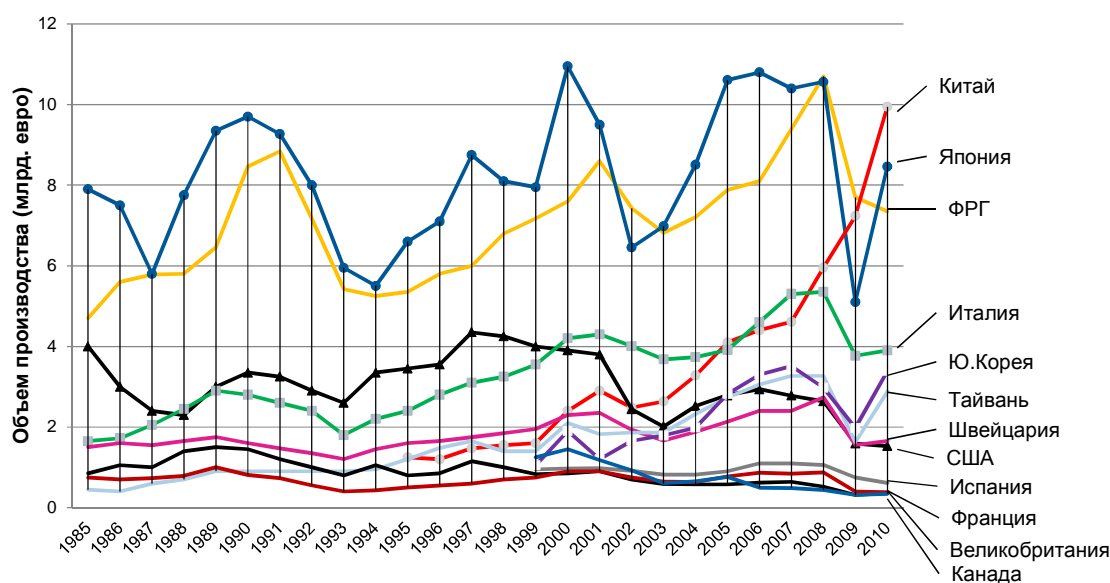


Предприятия >= 20 занятых; 2007 = примерные значения
 Источник: Statistisches Bundesamt, VDMA, VDW 09.03.2011

Рис. 1-1: Число занятых в станкостроительной отрасли ФРГ (по состоянию на 2009 год)

Основу народного хозяйства индустриальных государств составляют промышленное товарное производство и связанная с ним система внешней и внутренней торговли. Возникновение промышленного производства относят к началу XIX века. Оно сменило традиционное производство в мастерских и мануфактурах. Благодаря широкому применению станочного оборудования и разделению рабочих операций, производство товаров становится экономичным, масштабным и разнообразным. Вызвавшее «промышленную революцию» изобретение паровой машины явилось толчком к появлению новых производственных процессов, позволило механизировать приводы производственных машин. В металлообрабатывающей отрасли происходит интенсивное развитие станочного парка. Одновременно значительный прогресс наблюдался в области металлургии и технологии машиностроения. В общем объеме промышленного производства продукция, изготовленная на металлообрабатывающих станках, составляла значительную часть. Это подчеркивает важнейшее народнохозяйственное значение станкостроения, которое должно удовлетворять потребность в оборудовании всей металлообрабатывающей промышленности. От уровня технического развития станкостроительной отрасли зависят качество и стоимость промышленного производства..

Как видно из статистических данных, представленных на Рис. 1-1, по количеству занятых и объему производства, станкостроение является одной из крупнейших отраслей машиностроения Германии.



Объем продаж станков без запчастей и приспособлений
 Источник: Statistisches Bundesamt, VDMA, VDW 09.03.2011

Рис. 1-2: Ведущие страны-производители металлообрабатывающего оборудования в 2010 году

Металлообрабатывающие станки являются единственным видом оборудования, применяемым для производства других машин и установок, включая, в свою очередь, и станочное оборудование. Китайцы в прошлом называли станок «матерью всех машин». Это подчеркивает значимость собственного производства станочного оборудования. Страны с развитым станкостроением играют важную роль на мировом рынке машиностроения. Рис. 1-2 иллюстрирует лидирующие позиции Японии и ФРГ по объему производства станочного оборудования в мире с большим отрывом от США на протяжении длительного времени. Объем производства станков в Японии, хотя и подверженный сильным колебаниям, за последние 10 лет периодически превышал соответствующий показатель ФРГ, который постоянно повышался. В 2001 году по объему производства станков ФРГ практически сравнялась, а в 2002, несмотря на общую стагнацию, превысила объем производства Японии. Ситуация повторилась в период с 2003 до 2008-го года. На графике также видно постоянно увеличивающийся объем производства станков в Китае, составивший в 2010 году 10 млрд. евро.

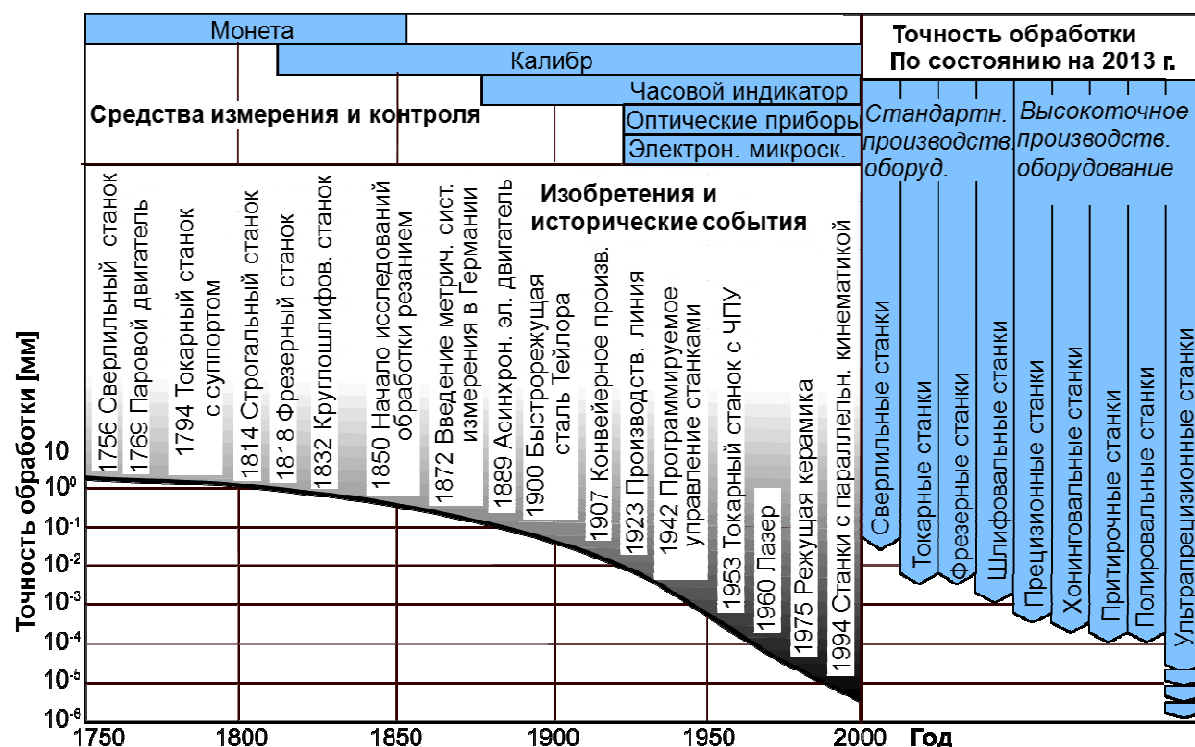


Рис. 1-3: Этапы развития средств металлообработки

Благодаря археологическим находкам, изображениям и упоминаниям в старинных текстах, прослеживается история обрабатывающего оборудования. Первыми инструментами были нож и скребок. Изобретение рычага и клина поднимают производительность примитивных резцов. В раскопах каменного века находят деревянные сверла с кремниевыми наконечниками, которые вращались обернутой вокруг державки натянутой на лук тетивой.

Первое упоминание о токарном станке в его примитивной форме присутствует еще в стихах Гомера, датируемых VIII веком до н.э. Привод того станка был веревочным. Кроме веревочного привода в обрабатывающих устройствах применялся кулисный механизм.

Развитие устройств для механической обработки шло медленно, пока не изобрели подходящие для их производства конструкционные материалы. Разработки Леонардо Да Винчи (1452 – 1519), выполненные из дерева, во многом опередили свое время, но деревянная конструкция не обеспечивала ожидаемой точности. Чугун во времена Леонардо Да Винчи был большой редкостью.

Основой для дальнейшего развития станков, на которых была возможна обработка металлических заготовок, послужил изобретенный в 1712 году Томасом Ньюкоменом паровой двигатель. Джеймс Ватт провел оптимизацию КПД парового двигателя во второй половине XVIII века, чем внес свой вклад в наступление промышленной революции. Стала возможна механизация привода станков и механизмов, для которых ранее использовалась исключительно физическая сила.

В 1774 англичанин Джон Уилкинсон, приняв за основу предложенную в 1765 году конструкцию Джона Смитона, разработал сверлильную установку. Данную конструкцию принято считать первым металлообрабатывающим станком. Точность обработки, достигнутая на этом станке, позволила осуществить обработку цилиндров для парового двигателя Джеймса Ватта. В 1776 году Метью Боултон писал своему партнеру Ватту: «Господин Уилкинсон рассверлил для нас цилиндры почти без ошибок, а отклонения 50-ти дюймового не превышают толщину стертого шиллинга».

В 1794 году Генри Моудсли изготовил первый токарный станок. В его конструкции направляющие задней бабки применялись также и для перемещения инструментальной каретки, положение которой в более старых конструкциях было жестко связано с задней бабкой. За счет этого была значительно повышена жесткость

несущей системы инструмента. Движение продольной подачи инструмента реализовывалось с помощью ходового винта, что положительно влияло на точность и производительность обработки. Дальнейшее развитие важнейших видов станков, как например токарные, долбежные, сверлильные и фрезерные, было практически завершено к концу 19 века.

В 1864 году Николаус Август Отто изобрел газовый двигатель внутреннего сгорания, а в 1876 году - 4-х тактный мотор. Паровые машины, с их низким КПД, уступили место новым разработкам. Станки в производственных цехах были, как и ранее, расположены вдоль трансмиссионных ременных приводов. С их помощью энергия от центрального двигателя внутреннего сгорания передавалась на отдельные станки. Только в 1889 году с изобретением двигателя переменного тока трансмиссии уступили место индивидуальным приводам для каждого станка.

Особо важным открытием для технологии машиностроения явилось открытие американцем Фредериком Вислоу Тейлором быстрорежущей стали, которая была представлена в Париже на всемирной выставке в 1900 году. За счет добавления легирующих элементов - 3,8% хрома, 8% вольфрама, ванадия и молибдена инструментальная сталь сохраняла свои режущие свойства до температуры 600 °С. Скорость резания возросла, по сравнению с обычной углеродистой сталью, в 3-5 раз. Улучшение свойств режущих материалов изменило требования к металлорежущим станкам - потребовались более мощные приводы, более высокие скорости вращения шпинделя, более жесткие и прочные направляющие, главные шпиндели и структурные компоненты. Во избежание вибраций при резании необходимо было улучшение динамических характеристик отдельных компонентов.

Развития в данной области продолжается. Применение керамики и твердосплавных покрытий позволяет реализовать такие скорости резания и значения подачи, при которых достигается предел физических возможностей современных подшипников шпиндельных узлов и систем перемещений подачи.

Для отражения значительного разброса достигнутой точности обработки в разные периоды времени была применена логарифмическая шкала. По оси абсцисс отмечены даты значительных технических достижений и изобретений. Одновременно с повышением достигнутой точности станков повышается точность средств измерения и контроля, применяемых для проверки качества обработки. Они представлены в верхней части Рис. 1-3. С правой стороны рисунка указаны средние показатели точности различных стандартных типов станков в соответствии с сегодняшним уровнем развития науки и техники. Верхняя граница точности ультрапрецизионных станков сравнима с размерами атомной решетки.

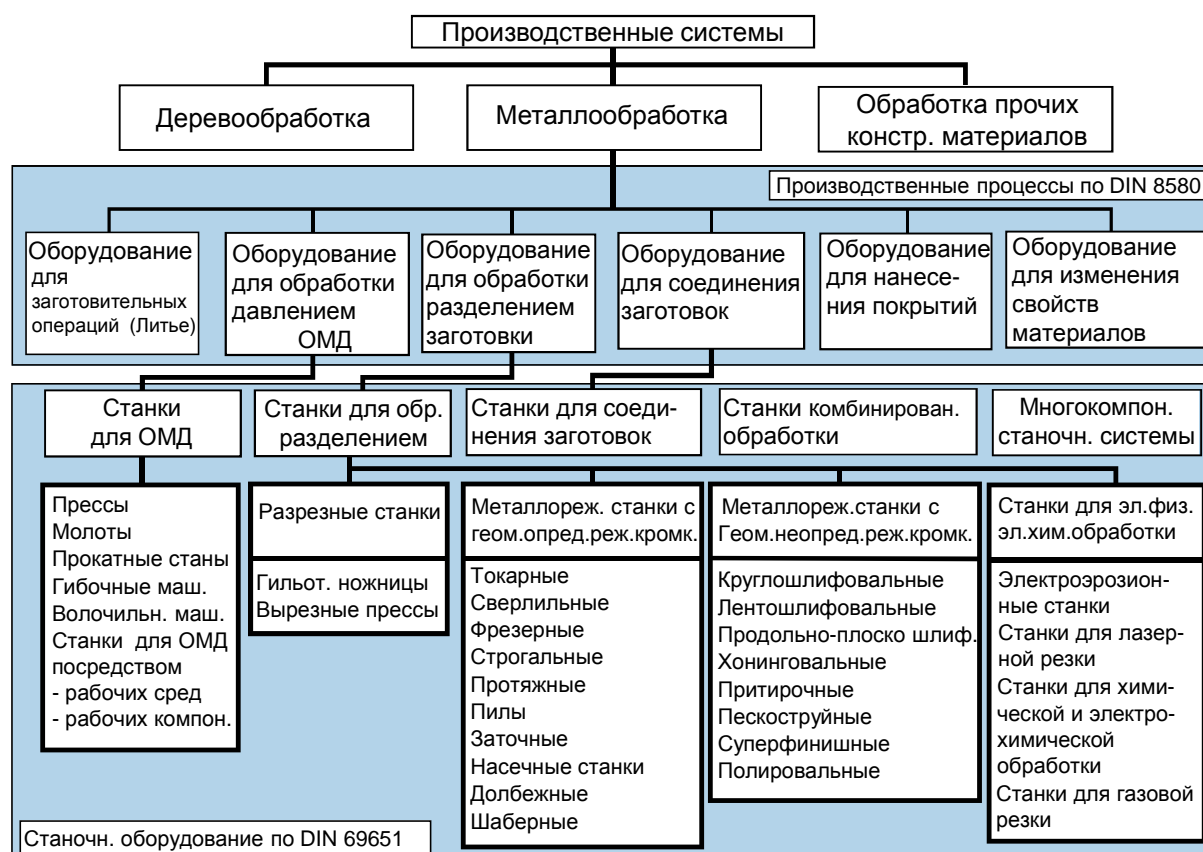


Рис. 1-4: Классификация металлообрабатывающих станков (DIN 69651)

Для реализации разнообразных технологических задач существует широкий спектр различного оборудования. При разработке классификации станков необходимо было систематизировать и дать однозначное определение всем исторически сложившимся обозначениям. Классификация и обозначение типов станков осуществляется по видам технологических операций. Классификация и обозначение станков приведены в стандарте DIN 69651. На Рис. 1-4 представлена классификация станков как группы производственных систем. Металлообрабатывающие станки определяются как «...механизированные и, в определенной степени, автоматизированные производственные устройства, которые посредством относительных перемещений между инструментом и заготовкой осуществляют обработку или изменение формы заготовки». Станки рассматриваются как элементы производственных систем. Классификация производственных систем производится аналогично классификации способов металлообработки по DIN 8580. Как видно на Рис. 1-4, в понятие «станок» включаются способы обработки давлением, разделением и соединением.

В соответствии с DIN 69651 станки подразделяются на отдельные станки и системы, состоящие из нескольких станков. Обозначение станков производится с указанием осуществляемой технологической операции и степени автоматизации. Отдельные станки обозначаются в соответствии с осуществляемой технологической операцией. Если на станке может выполняться только одна технологическая операция, то название станка отражает данную операцию, например, токарный станок. Если же на станке могут осуществляться вспомогательные операции, то обозначение станка производится по названию основной технологической операции, выполняемой на данном станке. Например, фрезерные станки могут также осуществлять операции сверления.

В случае, когда на одном станке могут осуществляться разнообразные операции, в название станка выносятся название групп деталей, которые могут обрабатываться на данном станке, например, станок для токарной обработки деталей, для обработки призматических заготовок, листовых заготовок и т.п.

Станки для осуществления одной операции принадлежат к группе специализированных станков и не являются универсальными. Для их определения применяется обозначение заготовки и способа обработки, например, зубострогальный станок, шлифовальный станок для заточки дисковых пил, и т. д.

Дальнейшее подразделение станков ведется по их конструктивному исполнению, например консольный фрезерный станок, порталый фрезерный станок, многошпиндельный токарный автомат, токарный станок с наклонной станиной, двухстоечный сверлильный станок.

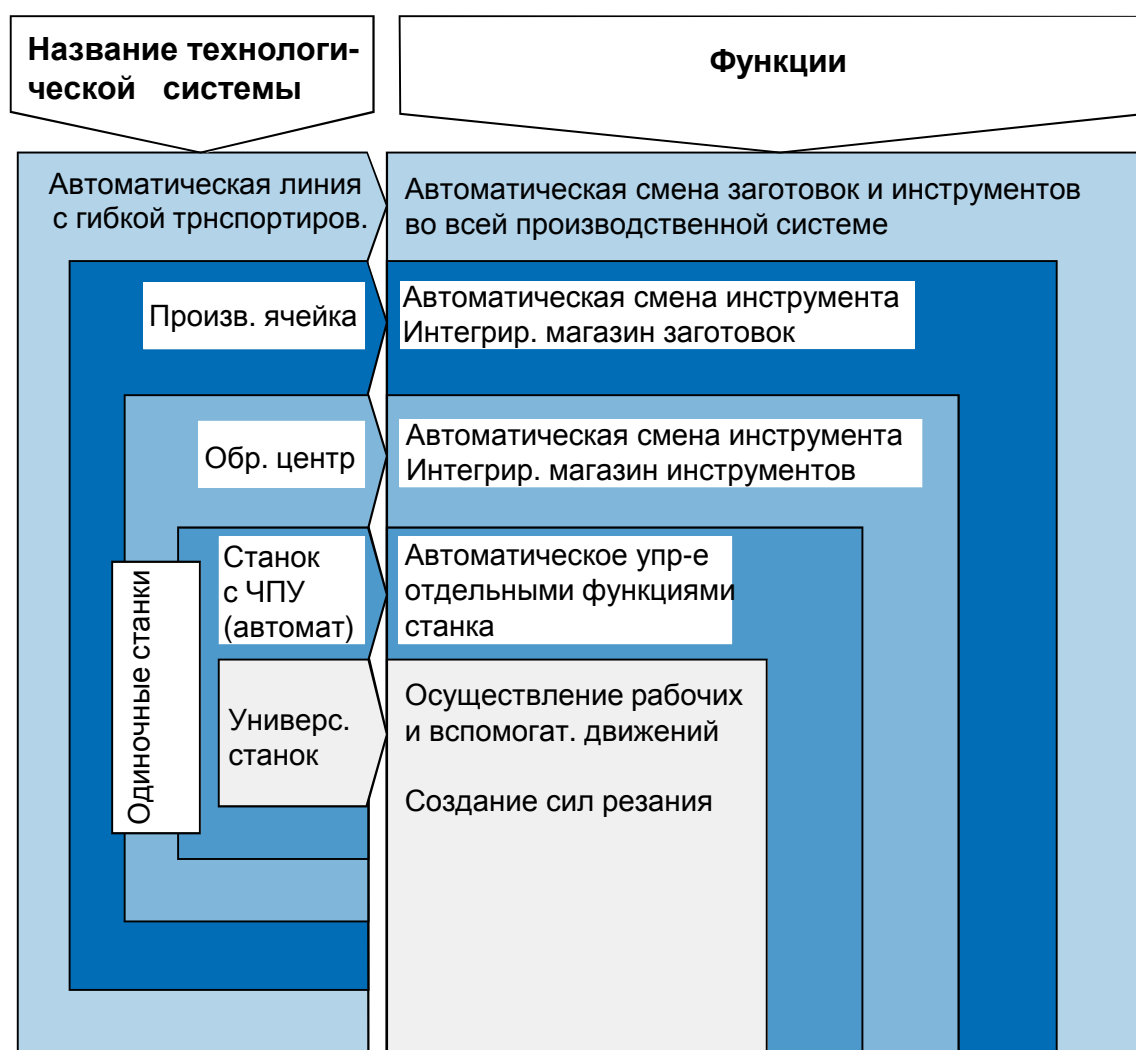


Рис. 1-5: Обозначение технологических систем по степени автоматизации

Более подробное обозначение производственных систем, к которым кроме отдельных станков относятся также системы, состоящие из нескольких станков, производится по степени их автоматизации. На Рис. 1-5 приведены пояснения к принятым обозначениям. В центре рисунка расположен универсальный станок, механические компоненты которого осуществляют главные движения и движения подачи. На следующем уровне представлен станок с ЧПУ, который характеризуется программируемым автоматическим управлением главными и вспомогательными движениями. Если дополнительно станок оснащен автоматической сменой инструмента, то такая система обозначается как обрабатывающий центр (ОЦ). Далее, если один или несколько ОЦ снабжаются магазином заготовок и автоматической сменой заготовок (например, робот), то они образуют так называемую гибкую производственную ячейку. Установки, включающие несколько обрабатывающих центров, соединенных гибкой транспортной системой с центральным хранилищем

заготовок и инструментов, обозначаются как гибкие обрабатывающие системы (ГОС). В крупносерийном производстве чаще встречаются менее гибкие автоматизированные производственные системы, состоящие из большого числа обрабатывающих центров. Например, роторно-конвейерные производственные линии или трансферные линии. Последние обычно состоят из станков с ЧПУ или обрабатывающих центров, связанных единой транспортной системой заготовок в соответствии с технологической последовательностью.

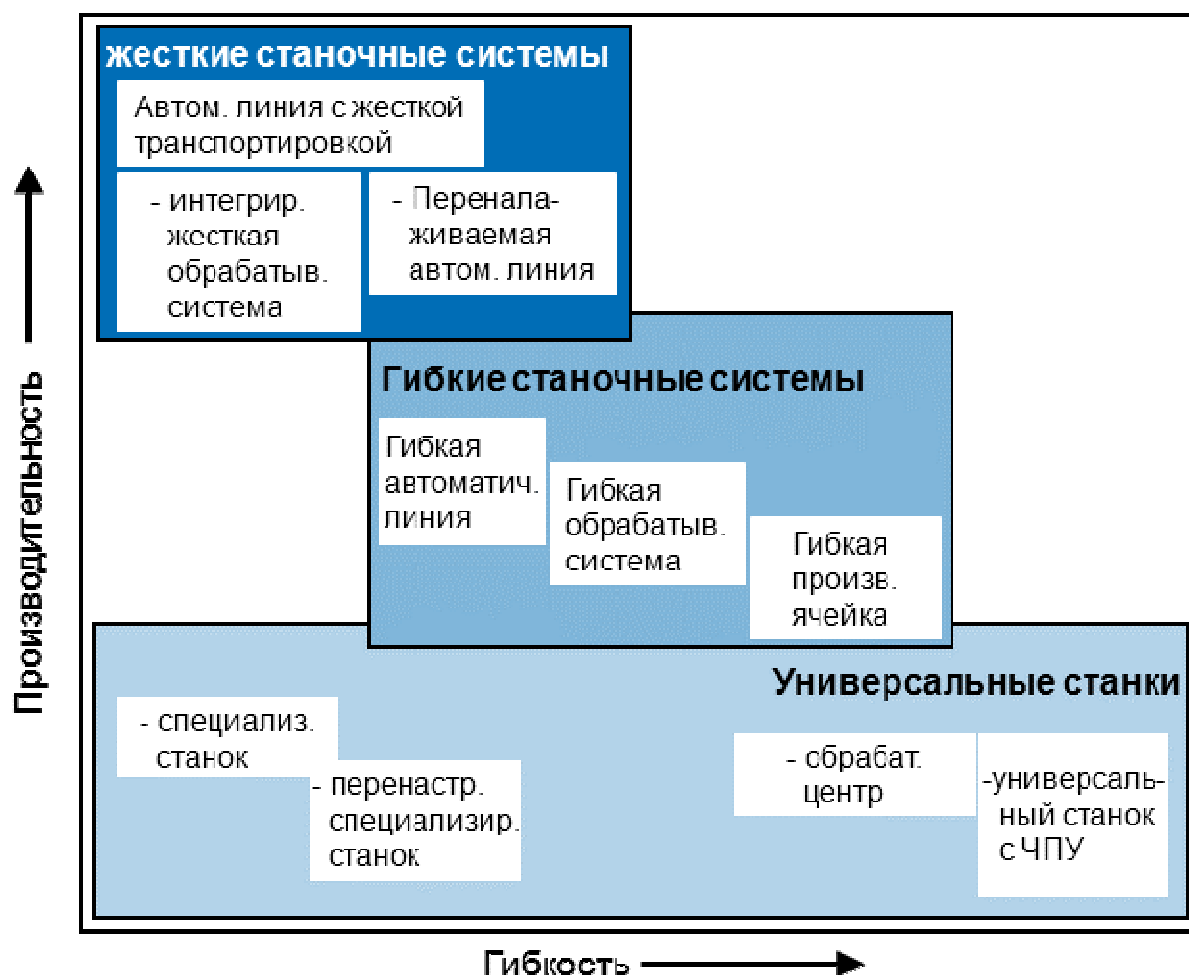


Рис. 1-6: Взаимосвязь между гибкостью и производительностью различных технологических систем

Требования высокой производительности и одновременной гибкости существует так же долго, как само станочное оборудование. Данные противоречивые требования обуславливают разделение станков на универсальные, имеющие высокую гибкость, но низкую производительность, и жесткие трансферные линии, отличающиеся наивысшей производительностью и отсутствием перенастраиваемости. Специальные производственные установки и трансферные линии конструируются специально для производства конкретного вида заготовок. Они состоят из большого количества отдельных станций для выполнения конкретных технологических переходов при обработке одной детали. Каждая станция включает станок, предназначенный для выполнения только одной операции (операционный станок). Для удовлетворения требований современного производства с постоянно уменьшающимся размером серии деталей и сокращающимся жизненным циклом продукта были разработаны технические решения, позволяющие повысить перенастраиваемость жестких трансферных линий. Ими явились гибкие обрабатывающие линии, которые характеризуются применением связанных между собой в одну систему станков с ЧПУ,

позволяющих более быструю перенастройку всей системы для новых производственных задач.

Гибкие производственные ячейки находят применение в тех областях производства, в которых требуется экономически целесообразное изготовление малых и средних серий деталей. Такие системы состоят из обрабатывающего центра, являющегося центральным компонентом системы, соединенного с магазином заготовок, а также с устройством смены заготовок и инструмента. Отличительной особенностью данного типа производственных систем является высокая гибкость. Однако их производительность значительно ниже, чем у трансферных линий.

Гибкие обрабатывающие системы применяются для мелко-, средне- и крупносерийного изготовления деталей. Данные системы отличаются высокой гибкостью и степенью автоматизации. Кроме того, такие системы могут быть расширены и перенастроены в будущем для иного технологического применения. Отличительным признаком служит применение большого числа универсальных станков с ЧПУ, имеющих общую транспортную систему для заготовок и инструмента с собственным компьютерным управлением, объединенных в единую замкнутую систему.



Рис. 1-7: Автоматическая линия с жесткой транспортировкой (трансферная)

Трансферные линии состоят из большого числа последовательно установленных обрабатывающих станций (токарная, сверлильная, шлифовальная, хонинговальная, метрологическая и т.п.). В данном случае обработка на отдельных станциях производится с помощью операционных станков, также как, например, на роторно-конвейерных производственных линиях, разработанных специально для выполнения конкретной производственной задачи. Также характерным для трансферных производственных линий является упорядоченное движение заготовок от станции к станции. Перемещение заготовок через производственную линию осуществляется с помощью транспортной системы, причем поток заготовок проходит непосредственно через рабочие зоны отдельных станков. Обработка заготовок производится с выдержкой фиксированного временного шага (такта), а с применением промежуточных накопителей и без выдержки. Перемещение заготовок к следующей обрабатывающей станции производится по завершении обработки на всех станциях. Такие системы чрезвычайно дороги в разработке и вводе в эксплуатацию. Кроме того, они отличаются крайне низкой перенастраиваемостью на производство других деталей. Отсюда их применение только в массовом и крупносерийном производстве.

На Рис. 1-7 показана модульная трансферная линия для производства блоков цилиндров легкового автомобиля. Заготовки подвозятся к портальному погрузчику на паллетах, как показано на рисунке с левой стороны, который производит их загрузку непосредственно в трансферную линию. В нижней части рисунка показан шаговый транспортер заготовок, рабочим органом которого является приводимый в движение серводвигателем и шариковинтовой передачей ползун. На отдельных обрабатывающих станциях может производиться одно-, двух и трехкоординатная обработка. Ускоренные перемещения между станциями осуществляются со скоростью до 40 м/мин. Рабочие станции могут располагаться с одной или с обеих сторон

транспортера. Функциональными компонентами рабочих станций являются модульные многошпиндельные головки, включающие до 6 шпинделей. Время перестановки от реза до реза достигает 1 с. В случае, если обработка на одной станции занимает больше времени, чем на предыдущей, вводят одновременную обработку двух заготовок двумя одинаковыми станциями. Для обеспечения высокого качества обработки деталей, станции, на которых реализуются важные технологические переходы, снабжаются измерительными устройствами, по результатам которых производится немедленная корректировка осей. Высокая производительность трансферных линий достигается за счет снижения вспомогательного времени. Такие трансферные линии позволяют обрабатывать при трехсменном рабочем режиме до 1500 заготовок в день.

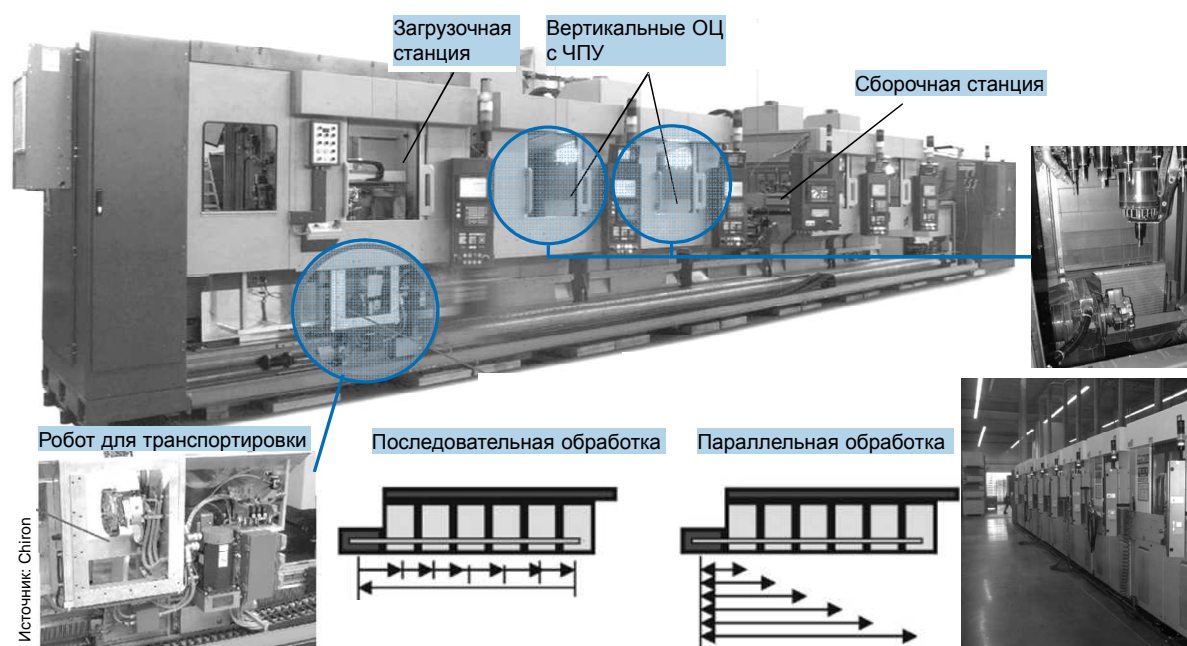


Рис. 1-8: Концепция автоматической линии Flexline

Для снижения себестоимости и повышения гибкости мелко- и крупносерийного производства были разработаны новые виды гибких трансферных линий для изготовления деталей малого размера. В этих многокомпонентных производственных системах был применен новый вид закрепления заготовок, а также инновационная система интеграции отдельных станков в единую систему. Представленная на Рис.1-8 автоматическая линия состоит из стандартизованных одношпиндельных вертикально-фрезерных станков с ЧПУ, развивающих скорости подачи до 60 м/мин и ускорения до 1,2 g. Каждый станок оснащен автоматической сменой инструмента с магазином на 20 инструментов. Для сокращения вспомогательного времени была оптимизирована система смены инструмента, что позволило сократить время между переходами до 2...3,5 секунд. Кроме стандартных станков, в состав автоматической линии вошли специализированные станки, например, для запрессовки втулок (Рис. 1-8). Закрепление заготовок реализуется с помощью специализированных зажимных устройств. Установка заготовок в зажимные приспособления на паллете производится рабочими на загрузочной станции. Затем, уже в автоматическом режиме, производится зажим держателей, фиксирующих заготовки. Данные об установленных заготовках (идентификационный номер) записываются на электронный чип, интегрированный в паллету. С помощью этих данных ЧПУ станка может распознать заготовки и загрузить необходимые для обработки программы и инструменты. Перемещение паллет производится транспортным роботом, расположенным в углублении под полом и закрытого специальным кожухом. Для смены паллеты с заготовками робот оснащен захватом, который вводится в рабочее пространство станка через технологическое

окно и извлекает паллету с готовыми деталями. Затем в рабочее пространство станка загружается паллета с новыми заготовками. Смена паллеты с заготовками длится от 6 до 8 секунд. Транспортный робот может поступательно перемещаться вдоль линии со скоростью до 4 м/с.

Все паллеты оснащены стандартной конусной оправкой HSK для закрепления на рабочем столе станка, опорной поверхности транспортного робота или на загрузочной станции. Благодаря применению конусной оправки достигается высокая жесткость закрепления заготовок на столе станка, а также высокая точность установки с погрешностью позиционирования, не превышающей 3 мкм. Система Flexline позволяет вести как последовательную, так и параллельную обработку заготовок. Последовательная обработка применяется обычно для деталей сложной формы, для изготовления которых требуется более 20 инструментов, входящих в стандартный магазин одного ОЦ. Параллельный режим позволяет более производительную обработку менее сложных заготовок. Также обработка может осуществляться в смешанном режиме при комбинировании последовательного и параллельного типов.

В сравнении с трансферной линией система Flexline отличается более высокой надежностью и безотказностью. Каждый обрабатывающий центр оснащен собственной системой ЧПУ, благодаря чему проведение профилактических работ или перенастройки станка, равно как и сбои в работе одного ОЦ не ведут к остановке всей производственной системы, что непременно произошло бы при применении трансферной линии. Конструкция линии Flexline особенно полно отвечает требованиям производителей массовых изделий с учетом индивидуальных требований заказчика. Например, для автомобильной промышленности или для производителей бытовой электроники. Представленная на Рис. 1-8 автоматическая линия Flexline совмещает гибкость обрабатывающего центра с производительностью трансферной линии.

1 Обзор металлорежущих станков

2 Оборудование для обработки металлов давлением

3 Заключение



Рис. 1-9: Оборудование для обработки металлов давлением ОМД (DIN 8580, DIN8582)

Под технологическим понятием «обработка давлением» в соответствии со стандартом DIN 8580 понимается придание заготовке формы посредством пластической деформации в твердом или пластичном состоянии. При этом масса и гомогенность материала сохраняется. При обработке наблюдается только перераспределение материала в пределах новой формы, благодаря чему обработка давлением осуществляется без снятия стружки и характеризуется низким отходом материала и высокой скоростью обработки. При холодной обработке заготовок достигается дополнительное упрочнение материала за счет изменения его структуры.

В промышленной практике принята следующая классификация способов обработки давлением. По виду деформации заготовок различают листовую и объемную обработку. При этом объемная обработка (например, штамповка выдавливанием, осадка, ковка) характеризуется трехмерным перераспределением материала в крупногабаритных заготовках при значительном изменении сечения и толщины стенки. Обработка листового материала (например, глубокая вытяжка, гибка) характеризуется изготовлением трехмерных деталей из плоских заготовок, с приблизительно постоянной толщиной стенки, соответствующей толщине исходного листа. Тяжелые кузнечно-прессовые машины и инструменты для обработки давлением подвержены высоким нагрузкам, вследствие чего их структура характеризуется высокой жесткостью и более компактным конструктивным исполнением, чем машины для обработки листового материала. Другим параметром для классификации служит температура заготовки при обработке. Различают холодную и горячую обработку давлением. При холодной обработке начальная температура заготовки находится на уровне комнатной температуры. Горячая обработка обычно проводится при температуре заготовки выше температуры рекристаллизации для данного материала. По другому определению (по DIN 8582) горячей обработкой считаются операции, при которых температура заготовки превышает температуру окружающей среды.

Для обработки давлением кузнечно-прессовые машины должны развивать необходимые для обработки усилия, а также осуществлять заданные рабочие ходы с требуемой точностью. Для выполнения различных операций на одной и той же кузнечно-прессовой машине могут применяться разнообразные инструменты и вспомогательные устройства. Исходя из этого, классификация ведется по виду и технологическому назначению оборудования. Дальнейшее разделение производится по конструктивным признакам: принципу работы, виду приводов, кинематике, виду

перемещения инструмента, геометрии инструмента и заготовки, а также области применения (Рис. 1-9).

Принцип работы	Энергетический				Кинематический				Силовой
	Молот	Пневмат. молот	Молот двойного действия	Винтовой пресс	Эксцентриковый пресс	Кривошипный пресс	Кривошип.-коленный пресс	Кривошип.-коленный пресс(мод)	Гидравлический пресс
Расчетная величина	$E = m \cdot g \cdot h$ $= \frac{1}{2} m v^2$	$E = m \cdot g \cdot h$ $+ A \cdot p(h) \cdot dh$ $= \frac{1}{2} m v^2$	$E = A \cdot p(h) \cdot dh$ $= \frac{1}{2} v^2 (m_0 + m_u)$	$E = \frac{1}{2} J \omega^2$	$h = r(1 - \cos \alpha)$ für $r \ll l$	$h = r(1 - \cos \alpha)$ für $r \ll l$	$h = f(\alpha, r, \dots)$	$h = f(\alpha, r, \dots)$	$F = p \cdot A$
Перемещение ползуна как функция времени									
Преимущества данного вида оборудования	Низкие затраты, высокая скорость обработки	Компактность, высокая скорость обработки	Высокая скорость обработки. Выс. энергия удара	Высокая точность, Высокое усилие при обработке	Высокая производит., настраив. рабочий ход	Высокая производит., большой рабочий ход	Высокое усилие, низкая скорость работы	Низкая скорость работы, высокая скорость обработки	Свободно настраиваем. перемещен. ползуна по времени

Рис. 1-10: Принцип работы оборудования для ОМД

На Рис. 1-10 представлены принципиальные рабочие схемы различных кузнечно-прессовых машин, а также их основные расчетные характеристики. По принципу работы они различаются на энергетические, кинематические и силовые.

Для молотов и винтовых прессов реализуемая энергия представляет основную расчетную характеристику. Для каждого рабочего хода требуется определенная энергия, величина которой зависит от массы и скорости передвижения подвижных компонентов. Рабочий ход считается законченным, когда вся кинетическая энергия подвижных компонентов перешла в работу по изменению формы заготовки. Возникающие при этом усилия зависят от конкретного производственного процесса. Факторами, определяющими величину возникающих усилий при обработке, являются форма, размеры и материал заготовки, а также необходимая величина деформации.

Расчетной величиной при обработке на эксцентриковых, кривошипных, кривошипно-коленных, а также клиновых прессах, является перемещение ползуна (кинематический принцип работы). Реализуемое усилие зависит от положения ползуна. Номинальное усилие пресса достигается в точке при угле поворота приводного вала на несколько градусов меньше угла реверса. К установкам с кинематическим принципом работы относятся также прокатные станы, для которых расчетной величиной является перпендикулярная подача вала.

Гидравлические прессы характеризуются величиной усилия на поршне ползуна, определяемой давлением в системе и площадью поршня. Величина усилия контролируется гидравлической системой, которая позволяет относительно простую настройку усилия, скорости и величины перемещения ползуна.

При выборе кузнечно-прессовых машин для конкретной технологической операции учитывают следующие критерии:

- Размер заготовки → рабочее пространство
- Требуемое усилие, энергия → размер машины
- Скорость обработки → принцип работы
- Требуемая точность заготовок → геометрическая точность и
- Жесткость кузнечно-прессовой машины и инструмента

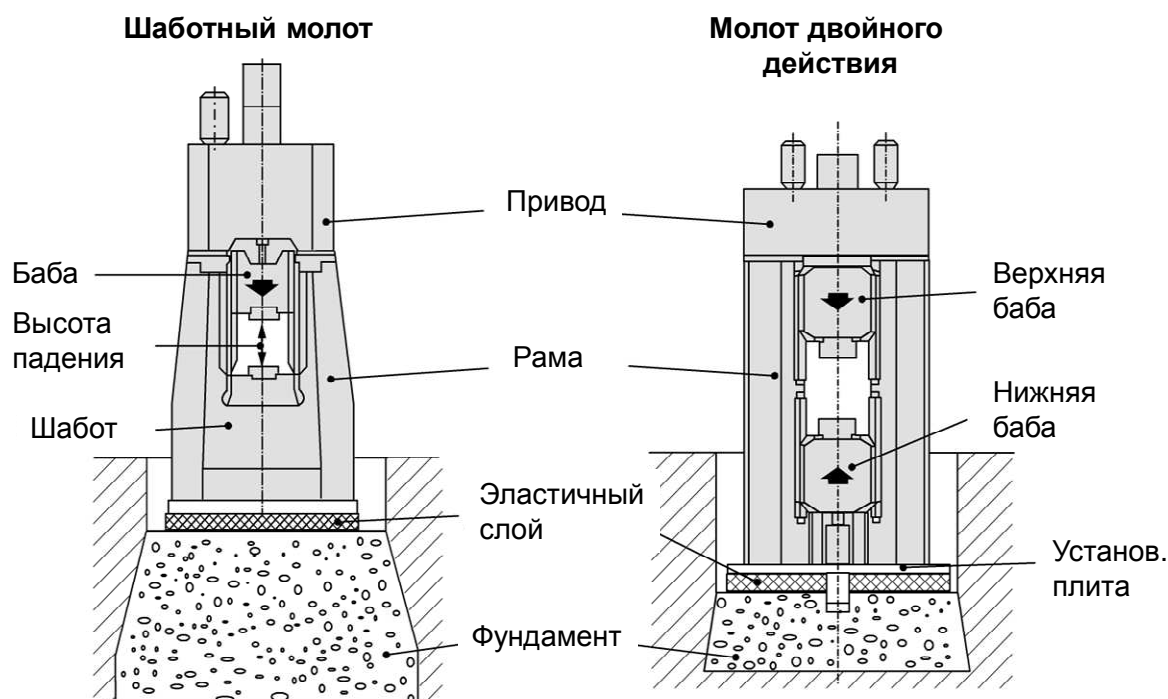


Рис. 1-11 Принципиальная конструкция ковочных молотов

Ковочные молоты характеризуются энергетическим принципом работы. Простое конструктивное исполнение этих машин обуславливает их экономичность при решении технологических задач обработки давлением, для которых требуются значительные усилия. Данный вид оборудования для ОМД позволяет проводить быструю перенастройку в зависимости от выполняемой операции, включающей настройку силы воздействия, рабочей последовательности импульсов, а также скорости обработки. Ковочные молоты могут оснащаться ЧПУ. Преимуществом молотов является отсутствие перегрузки, так как станина и приводы молота находятся вне действия потока сил. По виду подвижных компонентов («баба») различают шаботные молоты и молоты двойного действия. Шаботные молоты характеризуются рабочей схемой, при которой падающая баба воздействует непосредственно на неподвижный шабот. Возникающие при этом силы действуют на шабот и фундамент. Напротив, при применении молотов двойного действия нижняя и верхняя бабы движутся с равной скоростью навстречу друг другу, благодаря чему нагрузки на прилегающие компоненты теоретически равны нулю. Это позволяет значительно снизить вибрации, передаваемые на фундамент. Поэтому для молотов двойного действия требуются значительно меньшие фундаменты. Применение специальных конструктивных решений позволяют реализовать более компактную конструкцию молота при сохранении энергии деформации. В дополнение к обычным падающим молотам были разработаны молоты с дополнительной системой избыточного давления. К последним относятся, в первую очередь, электрогидравлические молоты. В данных устройствах для дополнительного ускорения бабы во время рабочего движения применяется гидравлический привод. Это повышает доступную энергию деформации при меньшей необходимой высоте молота.

Молоты двойного действия разделяются также по виду привода верхней и нижней бабы на конструкции с механическим, пневматическим или гидравлическим приводом. Движение нижней бабы вверх управляется через привод движения верхней бабы.

Компоновки кузнечных молотов разделяются на одно- и двухстоечные. Поскольку двухстоечное исполнение позволяет достичь лучшей точности обработки заготовок, обычно на практике встречаются именно двухстоечные молоты. Двухстоечные станины изготавливаются, как правило, как цельные конструкции.

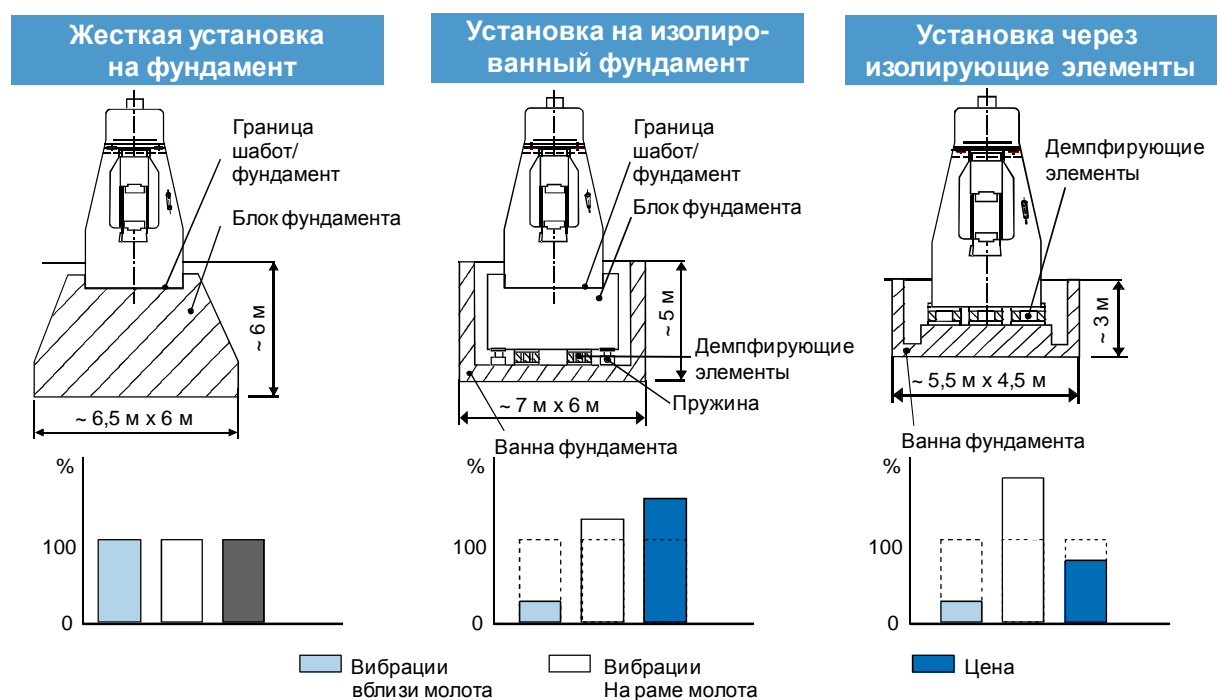


Рис. 1-12: Виброизоляция при ОМД

При обработке на кузнечно-прессовых машинах окружающая среда подвергается сильным вибрационным воздействиям. Для снижения этого воздействия до приемлемого уровня необходимо применение специальных установочных элементов. Конструктивные способы для снижения передаваемых в окружающую среду вибраций показаны на Рис. 1-12. При применении виброизолирующих установочных элементов достигается коэффициент изоляции до 85%. Путем установки ограждений по периметру молота мощность звуковой эмиссии может быть снижена на 10 дБ. Несмотря на существующие методы снижения уровня вибрационной и звуковой эмиссии, данные величины и в будущем будут представлять собой ограничивающие факторы применения кузнечных молотов.



Рис. 1-13: Применение пружинных амортизаторов для виброизоляции

На Рис. 1-13 показан пример применения активной виброизоляции с применением пакета пружин и демпфирующих элементов.

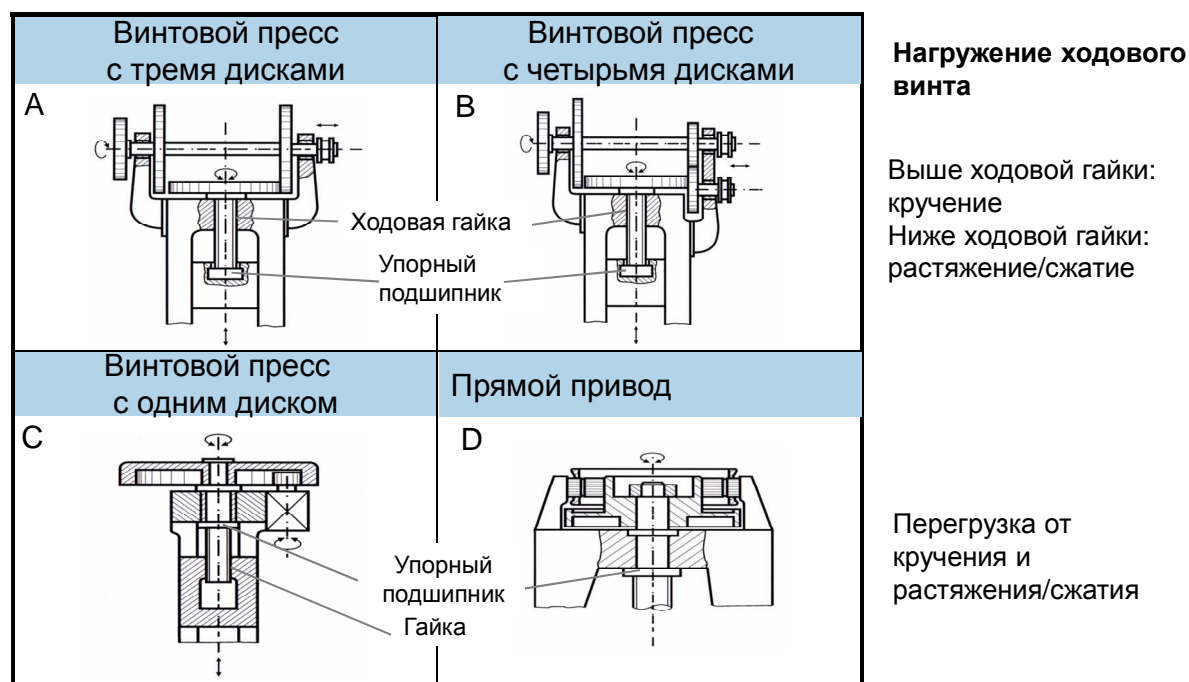


Рис. 1-14: Виды приводов для винтовых фрикционных прессов

Конструкции винтовых фрикционных прессов различаются по виду привода маховика, а также конструкцией передачи винт-гайка – с подвижным или неподвижным ходовым винтом. На Рис. 1-14 представлены различные виды приводов маховика пресса. Традиционно привод маховика осуществляется через фрикционную муфту. В конструкции с перемещаемым в вертикальном направлении ходовым винтом применяется схема с тремя дисками. Электродвигатель вращает вал с расположенными на нем приводными дисками, которые могут перемещаться в осевом направлении. Вращение дисков осуществляется с постоянной скоростью. Соединение приводящих дисков с маховиком осуществляется через фрикционный замок. Контакт одного из приводящих дисков с маховиком вызывает его перемещение в вертикальном направлении и реализует рабочее движение пресса. Возвращение ползуна в исходное положение осуществляется с помощью противоположного диска. Маховик жестко соединен с ходовым винтом с многозаходной резьбой. В верхней балке пресса жестко закреплена ходовая гайка из специального никелево-бронзового сплава, в которой перемещается ходовой винт, соединенный с маховиком. При рабочем движении ходового винта радиус в точке контакта с маховиком увеличивается. Вследствие этого требуемое ускорение маховика достигается при постоянной скорости вращения приводящих дисков. При обратном перемещении ползуна, когда противоположный диск закручивает маховик, начальное передаточное отношение является неоптимальным. Маховик должен быть приведен в движение в точке максимального радиуса из положения покоя, что ведет к проскальзыванию и, следовательно, интенсивному износу фрикционного покрытия. Это снижает коэффициент полезного действия. Применение более сложных конструкций приводов позволяет избежать потерь, характерных для фрикционного привода с тремя дисками. Более простые рабочие схемы используются, например, в конструкции винтового пресса с одним диском и пресса с прямым приводом. В последней конструкции двигатель приводит непосредственно маховик или же ротор двигателя является составной частью маховика. Недостатком данной схемы является закрепленный ходовой винт, который в промежутке между осевым подшипником в верхней поперечине пресса и ползуном нагружается на растяжение, сжатие и кручение. Ходовая гайка должна быть интегрирована в ползун пресса. Вследствие этого, для реализации равных усилий деформации, диаметр ходового винта должен быть больше для схемы с прямым приводом, чем для фрикционной. В последней схеме ходовой винт нагружен исключительно на растяжение - сжатие.

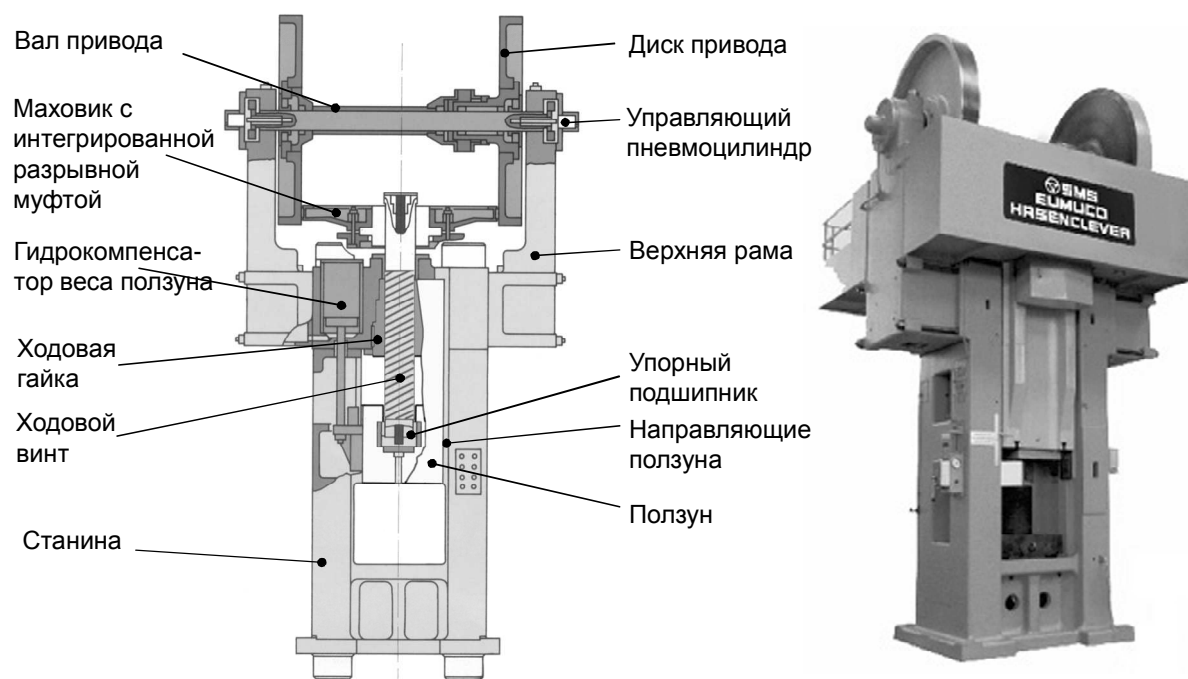


Рис. 1-15 Фрикционный винтовой пресс с тремя дисками

Особенностью показанного на Рис. 1-15 винтового пресса с фрикционным приводом является закрепление станины на фундаменте посредством анкерных болтов. Гайки анкерных болтов, передающие усилие преднатяга и усилие деформации заготовки, нагружаются на растяжение. Специальная форма гайки позволяет избежать перегрузки первых витков. Сильно нагруженный ходовой винт изготавливается из высокопрочной, термообработанной хромоникелевой стали. Соединение ходового винта и ползуна осуществляется посредством гидродинамического осевого подшипника. Управление перемещением приводного вала с закрепленными на нем приводными дисками осуществляется с помощью пневмоцилиндров. Остановка маховика производится с помощью электропневматического тормоза.

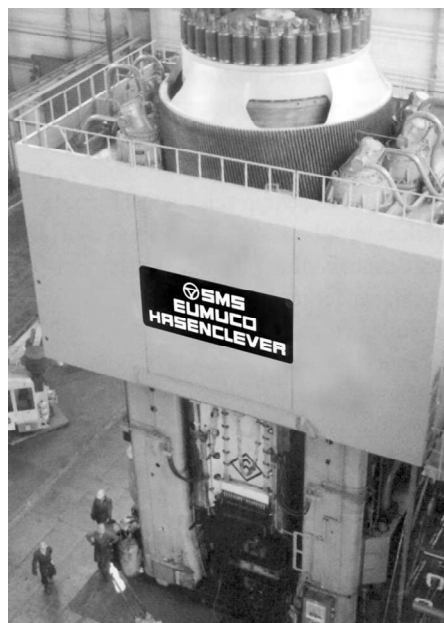
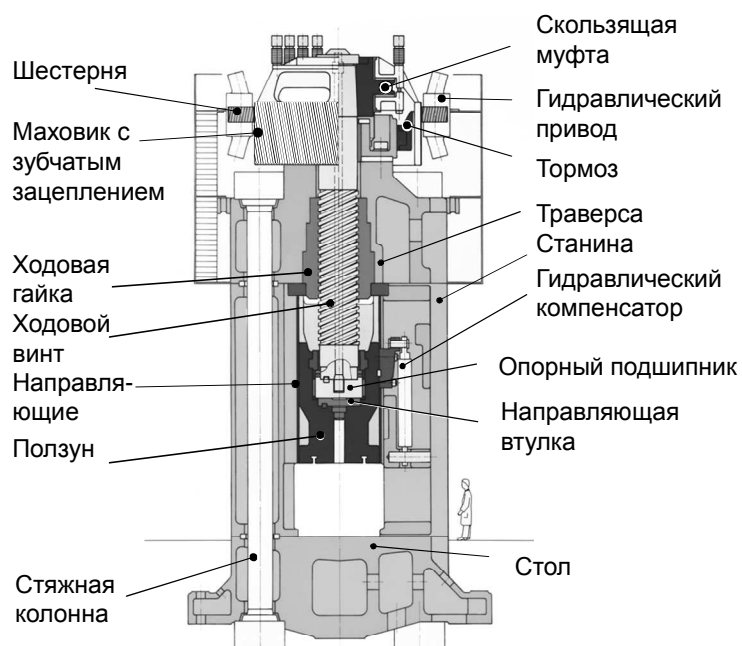


Рис. 1-16: Винтовой пресс с гидроприводом маховика

Привод маховика винтовых прессов с большим номинальным усилием (80 МН максимальное усилие воздействия), изготовленного в виде косозубого колеса большого диаметра, обычно реализуется по однодисковой схеме через шестерни, соединенные с асинхронными двигателями или аксиальными гидравлическими приводами. Фрикционный привод для передачи больших усилий не применяется из-за интенсивного износа контактных элементов. Между маховиком и ходовым винтом расположена скользящая муфта, ограничивающая максимальное усилие при обработке. Ходовой винт перемещается в бронзовой ходовой гайке, жестко закрепленной в траверсе пресса. Маховик и ходовой винт приводятся в движение двигателями и перемещаются в вертикальном направлении в пределах рабочего хода. Так как двигатели закреплены в структуре пресса жестко, зубья приводных колес скользят по зубьям маховика при вертикальном перемещении ходового винта с маховиком. Для этого ширина маховика должна быть достаточной. Минимальная ширина зубчатого колеса маховика должна быть равной величине рабочего хода и ширине приводящих шестерен. Для реализации обратного хода применяется реверс приводов. Давление в гидравлической системе привода создается насосным агрегатом. С его помощью и при использовании аккумулятора давления и управляющего блока осуществляется регулирование рабочих параметров системы. Преимуществом системы с перемещаемым ходовым винтом является его нагружение в зоне выше ходовой гайки только на кручение, а ниже гайки только на сжатие. Неподвижные шпиндели, напротив, подвергаются действию напряжений сжатия и кручения.

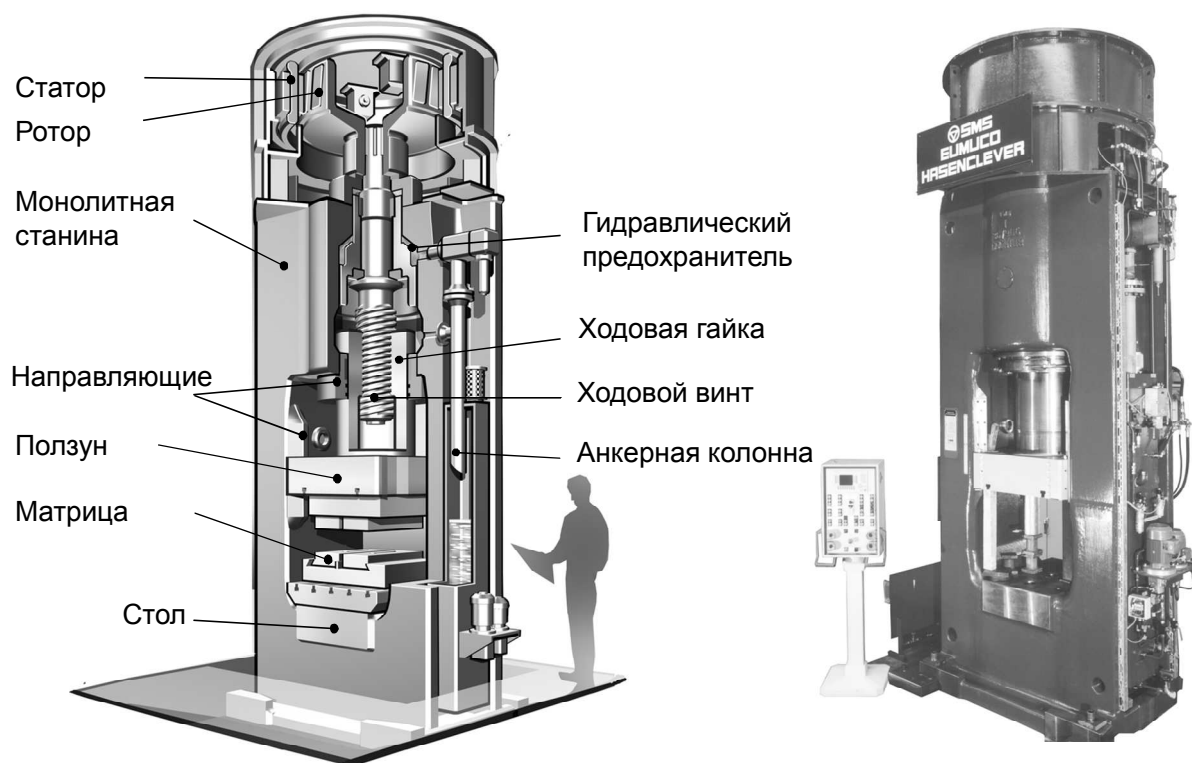


Рис. 1-17: Винтовой пресс с прямым электроприводом

Показанный на Рис. 1-17 винтовой пресс с электроприводом имеет неподвижный ходовой винт и перемещаемую вместе с ползуном ходовую гайку. Отличительной особенностью данной конструкции является прямой привод маховика и соединенного с ним ходового винта от электродвигателя. Привод осуществляется бесконтактно с помощью реверсивного электродвигателя. Ротор двигателя соединен с маховиком и ходовым винтом. Статор расположен в верхней поперечине прессы. Крутящий момент для приведения в движение ротора генерируется между ротором и статором. Благодаря низким механическим потерям и незначительному скольжению КПД данного привода достигает 70-80%, что гораздо выше показателей других видов приводов. Кроме того, электропривод позволяет осуществлять точную настройку и управление обработкой, благодаря чему рабочие усилия настраиваются в соответствии с конкретной технологической задачей. Еще одной особенностью данной конструкции является наличие в ходовом винте в продольном направлении гидрокарманов, препятствующих перегрузке прессы. Данные гидравлические предохранители выполняют функцию описанной выше скользящей муфты. Станина прессы выполнена в виде моноблока. Опора ходового винта, воспринимающая его вес, осуществляется с помощью подшипника качения, расположенного в верхней части структуры прессы. Нагрузки в процессе обработки воспринимаются упорным подшипником скольжения, расположенным в нижней поперечине прессы. При увеличении силы давления ходовой винт перемещается на величину осевого зазора в упорном подшипнике и через упорный буртик подшипника упирается в нижнюю поперечину прессы.

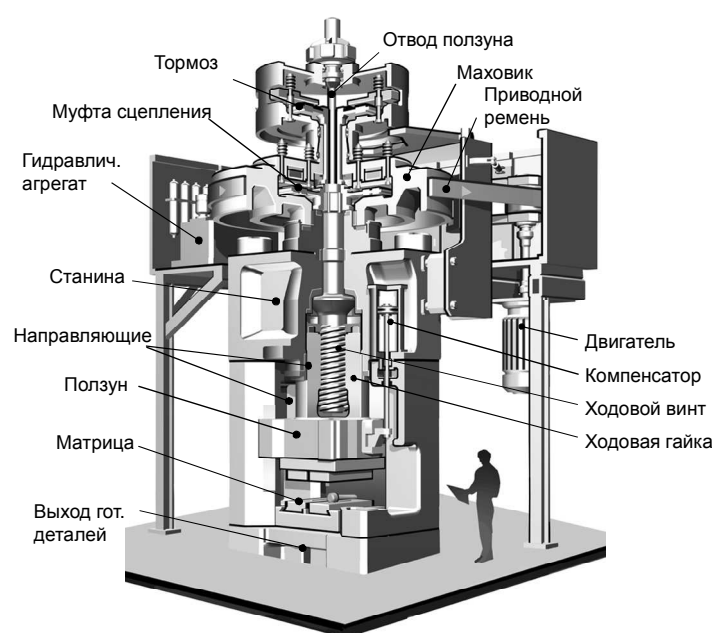


Диаграмма перемещения ползуна по времени

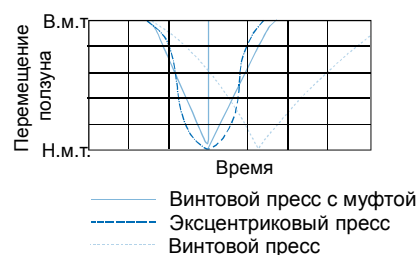


Рис. 1-18: Винтовой пресс с муфтой сцепления

На Рис. 1-18 показан винтовой пресс, конструкция которого позволяет избежать обычных недостатков, присущих прессам этой группы. К таким недостаткам относятся малое количество рабочих ходов и ограниченное максимальное усилие вследствие инертности компонентов пресса. Основные изменения, по сравнению с обычными винтовыми прессами, затронули механизм привода, конструкцию маховика и ходового винта. Отличительной особенностью данного винтового пресса является постоянный привод маховика от электродвигателя через клиноременную передачу, как в кривошипных или эксцентриковых прессах. Поскольку маховик вращается с постоянной скоростью и в одном направлении, его не требуется ускорять, благодаря чему возможно применение относительно маломощного электродвигателя. Для осуществления рабочего хода маховик соединяется с ходовым винтом посредством специальной фрикционной муфты сцепления, диск которой отжимается с помощью гидравлических цилиндров. Ведомый диск, ходовой винт и ползун имеют гораздо меньшую массу, благодаря чему ходовой винт ускоряется до требуемой скорости вращения в течение короткого промежутка времени. Это позволяет реализовать практически по всему рабочему ходу постоянную скорость движения ползуна. За счет управляемого момента сцепления возможно реализовать постоянное усилие при обработке.

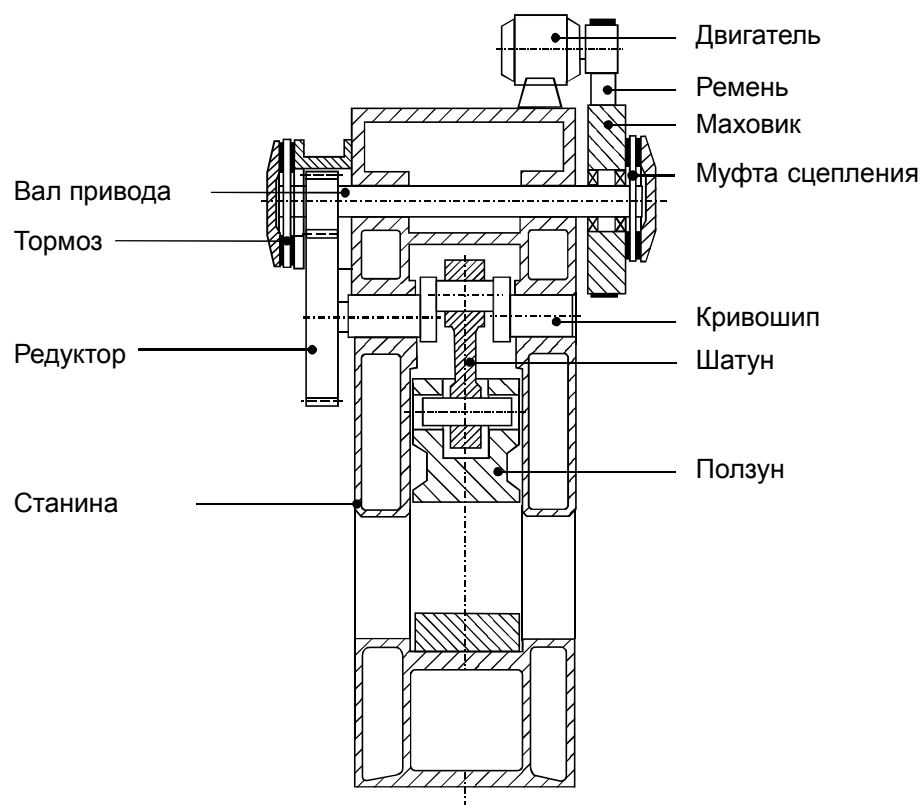


Рис. 1-19: Схема привода кривошипного пресса

На Рис. 1-19 показана принципиальная схема кривошипного пресса. Электродвигатель приводит в движение маховик через ременную передачу. Маховик соединен с кривошипом через пневматически или гидравлически управляемую муфту. Кривошип соединяется через шатун с ползуном, обычно выполняющим возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении. Конструкция тормоза позволяет быструю остановку ползуна. Привод кривошипа может осуществляться непосредственно, или, как показано на рисунке, через дополнительную коробку скоростей для изменения скорости вращения и настройки других рабочих параметров. Коробка скоростей располагается между маховиком и передаточным механизмом кривошипа. Маховик служит для накопления энергии, необходимой для проведения обработки.

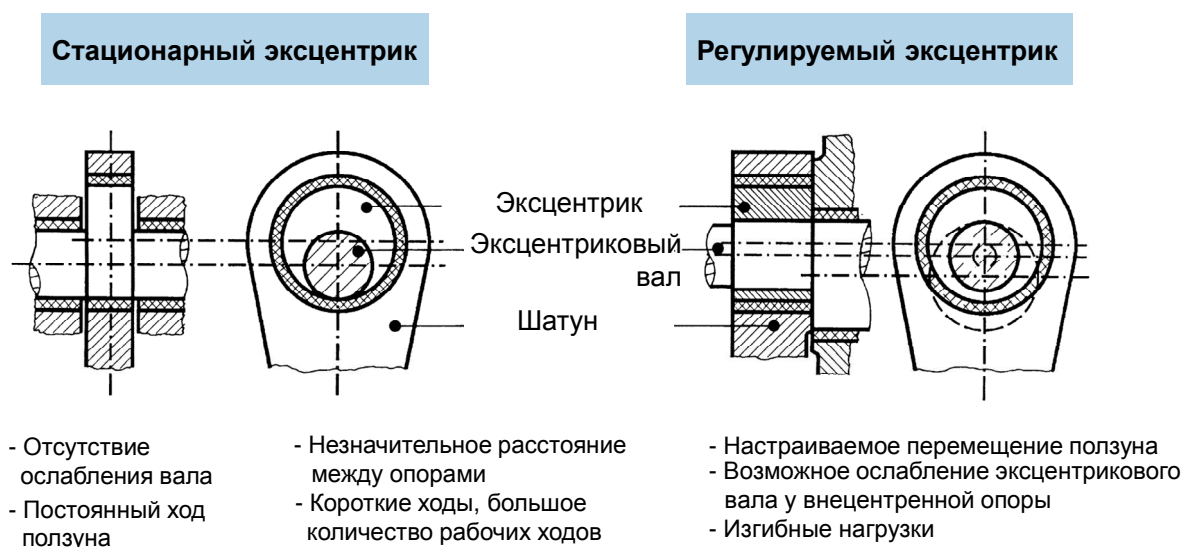


Рис. 1-20: Схема эксцентрикового пресса

Конструкция эксцентрикового пресса сходна с конструкцией кривошипного пресса. Различие заключается в возможности настройки величины рабочего хода посредством изменения характеристик эксцентрикового вала. В сравнении с кривошипными прессами, эксцентриковые прессы позволяют реализовать значительно меньший рабочий ход, большее число рабочих ходов, а также отличаются более высокой жесткостью благодаря меньшему расстоянию между подшипниками. Эксцентриковые прессы применяются, как правило, для операций вырезки, гибки и чеканки, для которых достаточна относительно небольшая величина рабочего хода. Кривошипные прессы, в свою очередь, применяются для объемной обработки давлением, при которой необходимы большие рабочие ходы и допускается непостоянная скорость движения ползуна. Примерами таких операций являются штамповка выдавливанием, объемная штамповка, глубокая вытяжка и гибка.

Положение эксцентриковой цапфы, втулки и шатуна при максимальном H_{\max} , среднем H и минимальном ходе H_{\min}

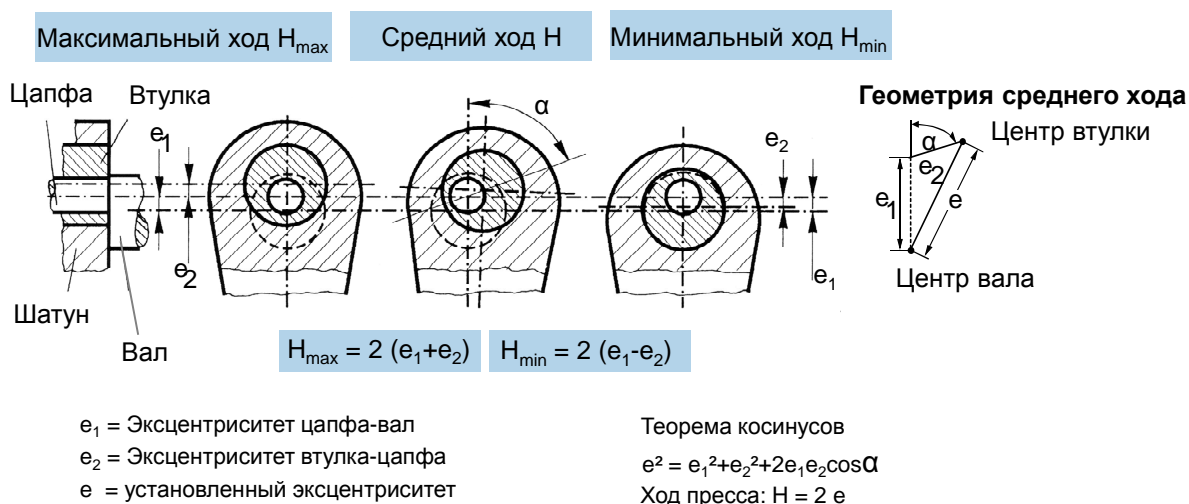


Рис. 1-21: Принцип настройки перемещения ползуна

Рабочий ход эксцентрикового пресса осуществляется за счет вала с эксцентриком. Различают жесткие и настраиваемые эксцентрики. Преимущество жесткого эксцентрика по сравнению с кривошипным валом заключается в более жесткой, неослабленной конструкции вала. В эксцентриковых приводах с возможностью настройки рабочего хода шатуна, на цапфу эксцентрикового вала монтируется втулка. Затем во втулку устанавливается шатун. В итоге, за счет изменения относительного углового положения втулки и цапфы, достигается изменение величины эксцентриситета системы и, следовательно, рабочего хода шатуна. Втулка фиксируется в шатуне торцевым зубчатым зацеплением Хирта в заданном положении. Это положение передается в систему ЧПУ для расчета верхней мертвой точки положения ползуна.

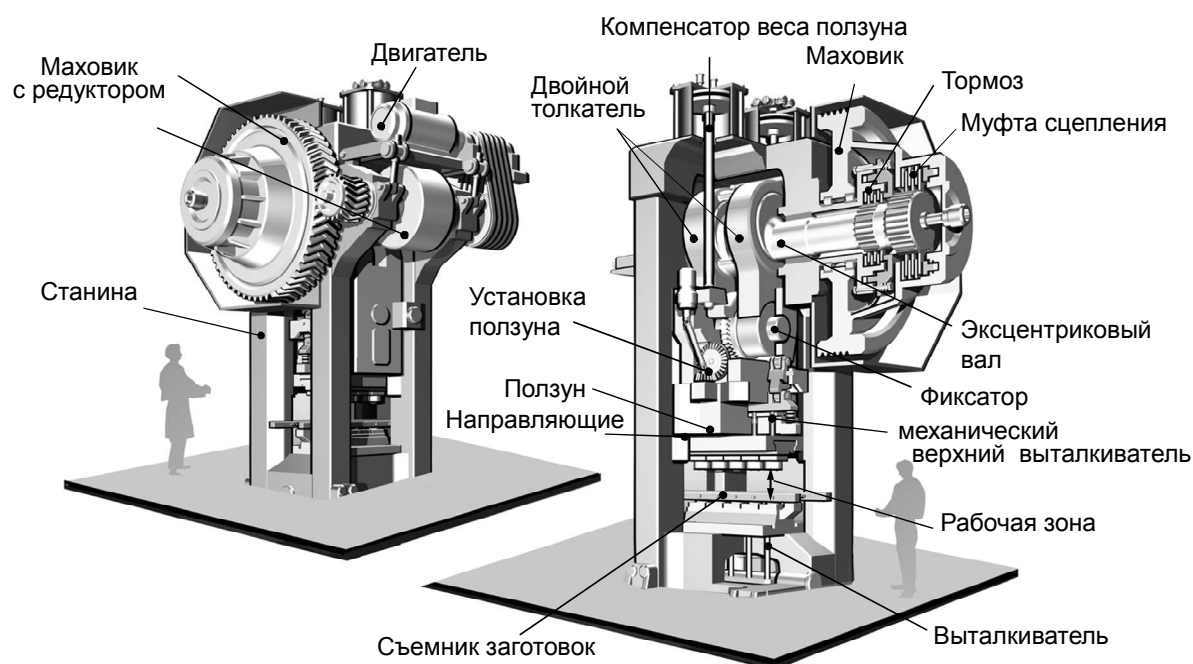
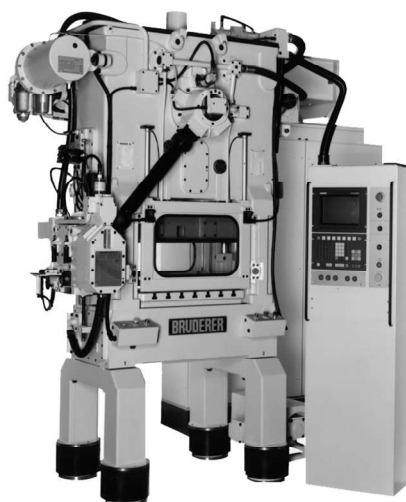
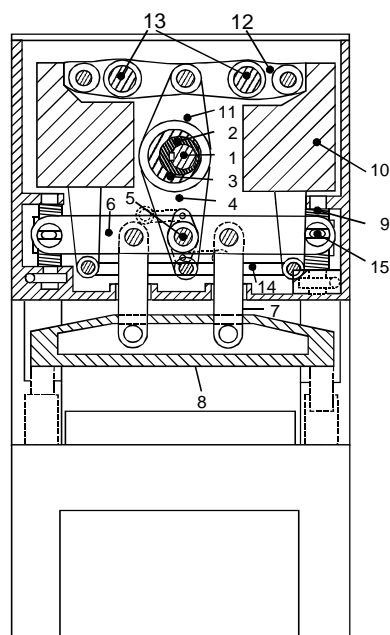


Рис. 1-22: Эксцентриковый ковочный пресс

Эксцентриковые и кривошипные прессы применяются в области объемной обработки давлением и для ковочных работ с номинальным усилием до 160 000 кН, (Рис. 1-22). Проектирование станины и привода рабочего движения прессы производится из расчета на жесткость. Станина прессы из стального литья с небольшой опорной шириной и «О»-образной формой сечения рассчитана на максимальное усилие в 40000 кН и крепится к фундаменту анкерными болтами. Эксцентриковый кованный вал привода отличается высокой жесткостью на изгиб и широкой эксцентриковой частью. Шатун также имеет большую ширину. При обработке шатун давит на эксцентриковый нажимной штифт, который приводит в движение ползун. Пневмоцилиндры используются для создания преднатяга между шатуном и ползуном и предотвращения появления люфта. Задний цилиндр компенсатора применяется дополнительно к зажиму эксцентрического нажимного штифта. В сочетании с массивными, диагонально расположенными направляющими, даже при действии внецентренных нагрузок, достигается высокая точность позиционирования по вертикальным и горизонтальным осям. Фрикционная муфта и тормоз расположены непосредственно на эксцентриковом валу и управляются с помощью пневмоцилиндров. Муфта служит одновременно как предохранительный механизм при перегрузках и начинает проскальзывать при превышении допустимого крутящего момента.



- 1 эксцентриковый вал
- 2 эксцентрик
- 3 втулка эксцентрика
- 4 первый шатун
- 5 ось шатуна
- 6 рычаг
- 7 толкатель
- 8 ползун
- 9 ходовой винт
- 10 компенсир. масса
- 11 второй шатун
- 12 рычаг
- 13 точки крепления к станине
- 14 коромысло
- 15 втулка скольжения

Рис. 1-23: Высокоскоростной автомат для вырубки с противовесом

На Рис. 1-23 показан пресс-автомат для вырубки. Особенностью конструкции является применение компенсаторов инерционных сил, возникающих при перемещении ползуна и шатунов. Компенсаторы представляют собой детали с заданной массой, соединенные шатунами и ползуном через систему рычагов, которые совершают движения, направленные противоположно перемещениям шатунов и ползуна. Компенсация горизонтальных инерционных сил деталей эксцентрика, которые теоретически могут привести к возникновению качательных колебаний пресса, также производится установкой противовесов, приводимых в движение толкателем. Предложенное решение для компенсации инерционных сил является самонастраивающимся при изменении величины рабочего хода и начального положения ползуна. С помощью данной системы компенсации достигается стабильная работа пресса на всех допустимых режимах практически без вибраций.

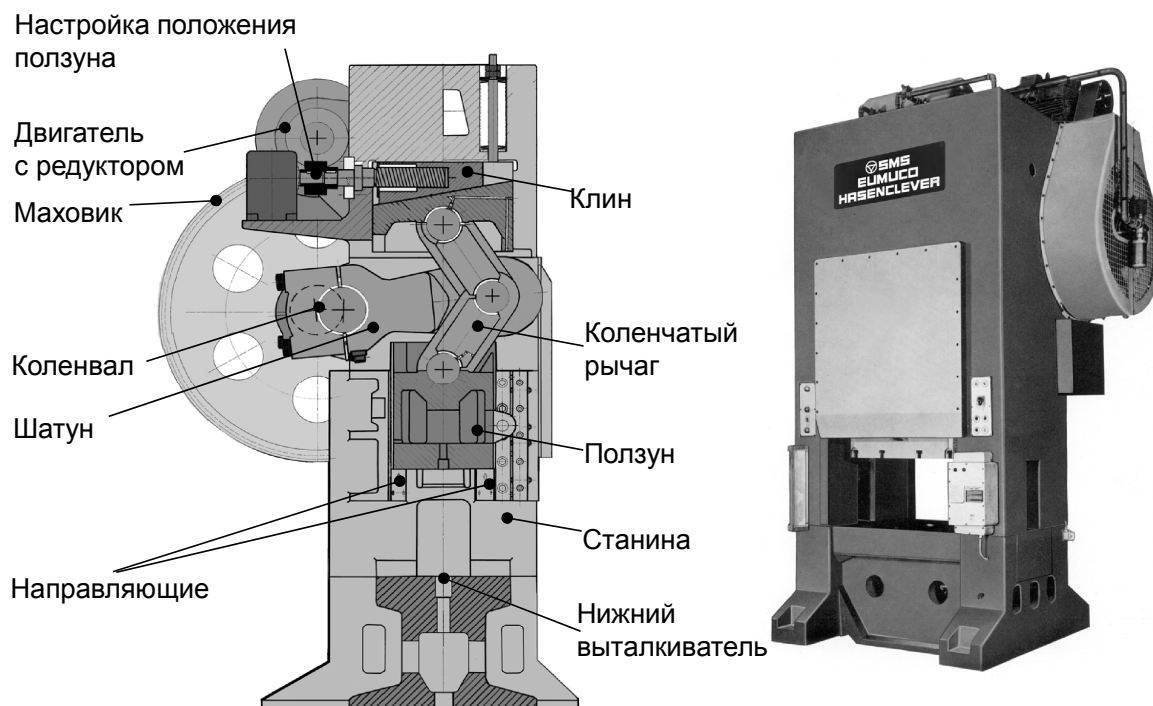


Рис. 1-24: Пресс с приводом коленчатого вала

Коленно-кривошипный пресс (Рис. 1-24) отличается от кривошипного и эксцентрикового прессов конструкцией привода. Рабочее усилие передается через коленный рычаг на ползун и верхнюю структурную часть станины пресса. Привод коленного рычага может осуществляться посредством гидравлической системы или механически, с помощью кривошипного механизма. За счет высокого передаточного отношения коленного рычага уровень нагрузок на кривошипно-шатунный механизм значительно ниже рабочего усилия пресса. Коленно-кривошипные прессы имеют отличную от кривошипных и эксцентриковых прессов временную характеристику рабочего хода. Недостатком этой конструкции является малый рабочий ход ползуна, при котором достижимо номинальное усилие. Поэтому коленно-кривошипные прессы применяются в тех процессах обработки давлением, в которых достаточны относительно малые рабочие ходы, но требуются большие рабочие усилия. Основными областями применения являются: чеканка монет, медалей, изготовление столовых приборов, украшений и т.д., а также калибровка и холодная штамповка выдавливанием заготовок с высокой точностью (с полями допуска IT5/IT6).

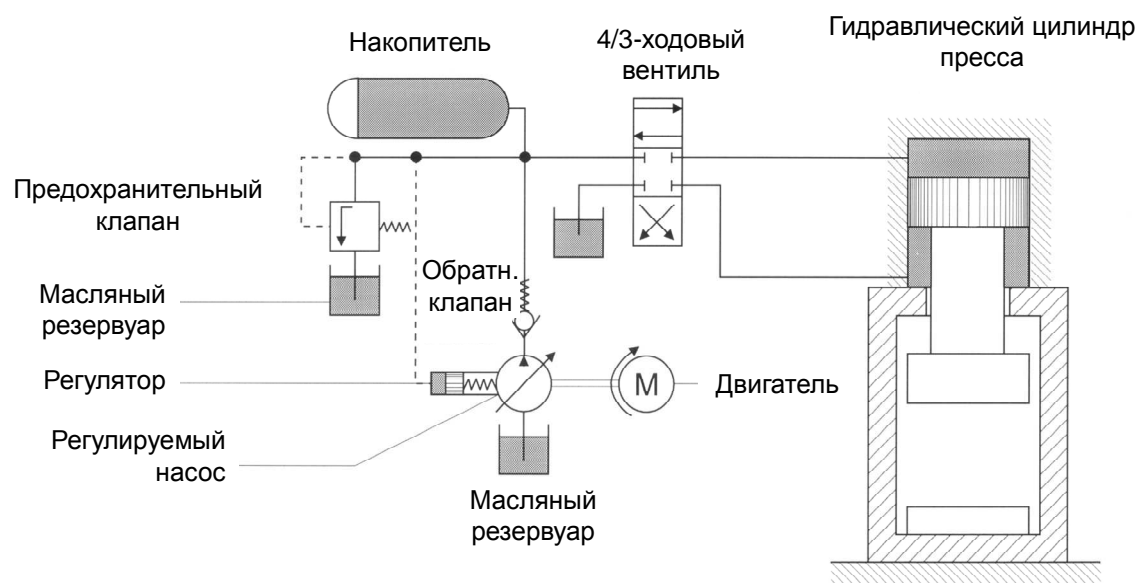


Рис. 1-25: Принцип работы гидравлического пресса

Гидравлические прессы различаются на конструкции с непосредственным гидроприводом и с накопительным приводом. На Рис. 1-25 показана схема прессы с непосредственным гидроприводом. Управление насосным агрегатом производится таким образом, чтобы обеспечить оптимальное снабжение рабочего цилиндра рабочей жидкостью. Для улучшения динамики привода применяется накопитель, способный осуществить кратковременную подачу рабочей жидкости в требуемом объеме и при заданном давлении. Рабочая жидкость воздействует на главный цилиндр, а именно на рабочую поверхность большой площади дифференциального поршня для осуществления рабочего движения. Для реализации обратного хода цилиндра жидкость подается к поверхности малой площади поршня. Для данной конструкции расчет параметров насосного агрегата, а также двигателя привода не требуется производить по максимальной моментальной мощности прессы, как для классической схемы с непосредственным приводом. Регулирующий клапан настраивает объемный расход насоса на уровень, требуемый в данный момент времени. Рабочее давление насосных агрегатов гидравлических прессов обычно находится в пределах 200 – 300 бар.

Нормальное рабочее состояние

Перегрузка

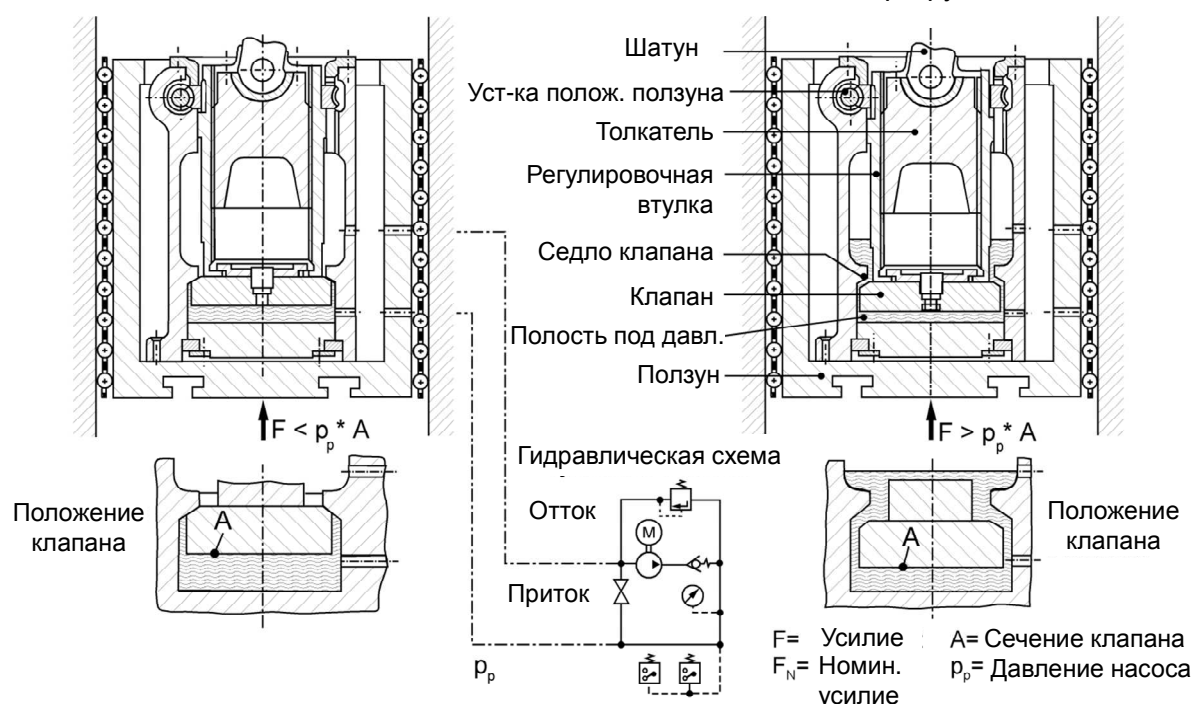


Рис. 1-26: Гидравлический предохранитель от перегрузки в ползуне пресса

В кузнечно-прессовых машинах для защиты обслуживающего персонала, защиты самой машины от перегрузок, а также для защиты окружающей среды от негативных воздействий при подготовке и проведении работ применяются механические и электронные системы. Данные защитные системы не должны мешать проведению основных операций, а также иметь приемлемую стоимость. Для предотвращения несчастных случаев, рабочее пространство кузнечно-прессовых машин огораживается решетками или другими защитными элементами, препятствующими случайному проникновению персонала извне. Также применяются защитные оптические приспособления, например устройства на фотоэлементах, защищающие обслуживающий персонал от непредвиденного перемещения компонентов пресса. Применение и вид защитных систем регламентируются законодательством. В ФРГ выполняются требования ассоциации по страхованию от несчастных случаев на производстве и требования законодательства Европейского союза. К прочим мерам по защите обслуживающего персонала относится применение принудительной схемы включения рабочего хода машины одновременно двумя руками. Кнопки включения рабочего хода должны быть нажаты в течение всего процесса обработки. Для осуществления следующего рабочего хода необходимо повторное нажатие и удерживание кнопок включения. Дополнительными устройствами безопасности являются системы диагностики работоспособности тормоза. Отдельные устройства предусмотрены для предотвращения продолжения работы в режиме торможения при отказе тормоза, а также в нормальном рабочем режиме при отказе неактивного тормоза. Последний упомянутый режим реализуется с помощью установки второго дублирующего тормоза, который также используется в нормальном режиме работы, однако способен остановить движение машины и самостоятельно. Из вышесказанного очевидно, что сцепление и тормоз представляют собой важнейшие элементы безопасности пресса. В соответствии с законодательством, для процессов, в которых предусмотрены ручные операции загрузки - выгрузки заготовок, разрешено применение конструкций сцепления и тормозов исключительно с силовым замыканием. Самой распространенной конструкцией, отвечающей этим требованиям, является однодисковая муфта сцепления и тормоз с пневматическим управлением. Кроме того, при сбоях в работе системы ЧПУ также должно гарантироваться

выполнение требований безопасности для предотвращения несчастных случаев. Надежность системы ЧПУ непосредственно влияет на работу остальных систем безопасности. В качестве систем для защиты от перегрузок кузнечно-прессовых машин применяются механические разрушаемые предохранители, а также специальные гидравлические устройства. Преимущество последних перед механическими системами состоит в том, что при возникновении сил, превышающих допустимые, не требуется производить замену разрушенных механических предохранителей, требующую больших затрат времени. Это обусловило широкое применение гидравлических предохранителей в конструкциях кривошипных и эксцентриковых прессов. На Рис. 1-26 приведен пример гидравлического предохранителя. Рабочее усилие, действующее на ползун, передается на нижнюю пластину клапана предохранителя через рабочую жидкость, в данном случае масло, находящуюся под давлением. Далее поток сил движется через седло клапана в корпус предохранителя, втулку предохранителя, толкатель и шатун. Если рабочее усилие превышает величину преднатяга в гидроклапане, нижняя пластина клапана поднимается относительно седла, поток сил между шатуном и ползуном прерывается, а масло свободно перетекает в безнапорном состоянии в свободное пространство над нижней пластиной клапана. При перегрузке датчик давления отключает все перемещения пресса. Еще одно преимущество гидравлического предохранителя заключается в очень простой настройке максимально допустимого рабочего усилия путем настройки допустимого давления масла в предохранителе. При возникновении перегрузки работоспособное состояние пресса возможно восстановить за несколько минут. Для защиты пресса от перегрузок по допустимому крутящему моменту, например при работах на крупногабаритных эксцентриковых и винтовых прессах, в кинематическую цепь привода устанавливается фрикционная перегрузочная муфта. При возникновении перегрузки муфта начинает проскальзывать. Настроенный момент проскальзывания муфты может менять свое значение с течением времени вследствие износа трущихся поверхностей, поэтому данная конструкция позволяет реализовать надежную защиту пресса только от значительных перегрузок.

Еще одним важным элементом безопасности в структуре прессов является так называемый клапан безопасности, который устанавливается в гидравлической схеме пресса между насосным агрегатом и системой приводов. При превышении максимально допустимого давления в гидравлической системе клапан открывается и препятствует перегрузке структурных компонентов пресса, а также пресс-формы. Перегрузки пресс-формы, кроме того, могут возникать при неполном удалении заготовок или облоя из пресс-формы перед загрузкой новых заготовок. С одной стороны, контроль состояния рабочего пространства пресса может осуществляться с помощью щупов и электронных сенсоров, встроенных в пресс-форму. С другой стороны, предохранение от перегрузок возможно реализовать с помощью встроенной системы измерения сил при обработке. Внезапное увеличение силы вызывает немедленную остановку пресса с помощью быстродействующих сцепления и тормозов. Снижение шумовой нагрузки на окружающую среду при работе кузнечно-прессовых машин осуществляется с помощью демпфирования вибраций при обработке, установке звукоизолирующих ограждений, виброизолирующей установке машин на фундамент, а также посредством целенаправленных технологических мер.

- 1 Обзор металлорежущих станков
- 2 Оборудование для обработки металлов давлением
- 3 Заключение

Преимущества ОМД

- Низкий расход материала
- Высокая скорость и малое время обработки
- Высокая прочность и однородная структура материала при холодной ОМД

Недостатки ОМД

- Высокие требования к установке на фундамент прессового оборудования
- Высокая стоимость оснастки
- Трудоемкость смены оснастки

Классификация оборудования и технологии**Кинематический принцип**

- Эксцентриковый пресс
- Коленчатый пресс
- Кривошипный пресс
- ...

Энергетический принцип

- Винтовой пресс
- Молот двойн. действия
- Молот с доп. источником силы
- Падающий молот
- ...

Силовой принцип

- Гидравлический пресс
- (Гидроформование)
- ...