



## Раздел II. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ.

### Тема 2.2. Обработка металлов давлением.

#### Занятие №1.

##### Учебные вопросы:

1. Общие сведения об обработке металлов давлением. Достоинства и недостатки
2. Основные виды обработки металлов давлением: прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка

#### 1. Общие сведения об обработке металлов давлением. Достоинства и недостатки

Обработка металлов давлением основана на использовании пластических свойств металлов, т. е. на их способности в определенных условиях принимать под воздействием внешних сил остаточные деформации без нарушения целостности.

При помощи давящего инструмента металлической заготовке придают требуемую новую форму, объем заготовки остается постоянным. Но за счет несовершенства применения технологических процессов происходит небольшая потеря металла. Она очень незначительна по сравнению с процессами обработки резанием, где придание детали определенной формы осуществляется путем удаления металла заготовки в стружку. Широкое использование современных методов обработки давлением обеспечивает снижение расхода металла, повышение производительности труда, сокращение времени на последующую обработку резанием, повышает рентабельность производства в целом.

Развитие процессов обработки давлением вместе с усовершенствованием применяемых для нее машин и выпуском новых ведет к все более широкому применению данного метода. Если раньше обработкой давлением получали только грубые заготовки, то в настоящее время этот способ дает возможность получать готовые детали, не требующие дальнейшей обработки.

Основы обработки металлов давлением были разработаны русским ученым Д. К. Черновым. В этой области работали и работают советские ученые В. В. Соколовский, С. И. Губкин, А. И. Целиков и др.

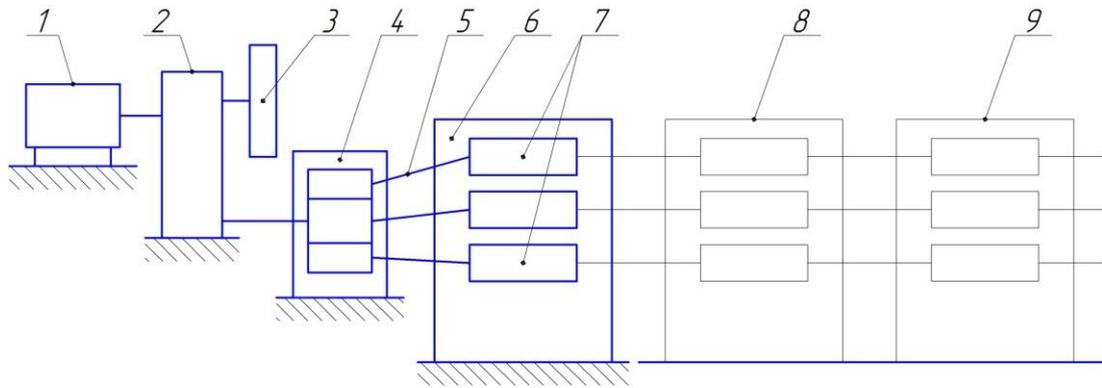
#### 2. Основные виды обработки металлов давлением: прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка

##### Прокатка металлов

**Прокаткой металлов** называют процесс изменения сечения заготовки путем пропуска ее между вращающимися в разные стороны валками. В результате прокатки поперечное сечение заготовки уменьшается, а длина увеличивается. Захват прокатываемой заготовки валками стана происходит в результате трения, возникающего между поверхностями валков и заготовки.

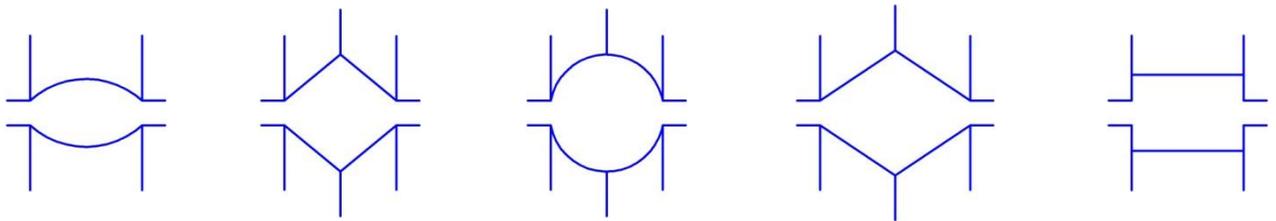
**Прокатное оборудование.** Процесс прокатки осуществляется на прокатных станах (рис. 1.1). Прокатный стан состоит из одной или нескольких рабочих клеток 6, 8, 9; шестеренчатой клетки 4; редуктора 2 с маховиком 3, привода (электродвигатель) 1, приводов валков 5. Комплект валков 7 вместе со станиной называется клетью. Прокатные валки изготавливают из отбеленного чугуна или стали. В зависимости от профиля прокатываемого изделия валки могут быть гладкими и калиброванными — с ручьями определенного профиля (рис. 1.2). Ручьем называется вырез определенной формы на боковой поверхности валка. Два ручья (пара валков) образуют калибр. Сложные профили получают последовательными пропусками заготовки через

серию калибров, часто расположенных не только на нескольких валках или рабочих клетях, но даже на нескольких прокатных станах.



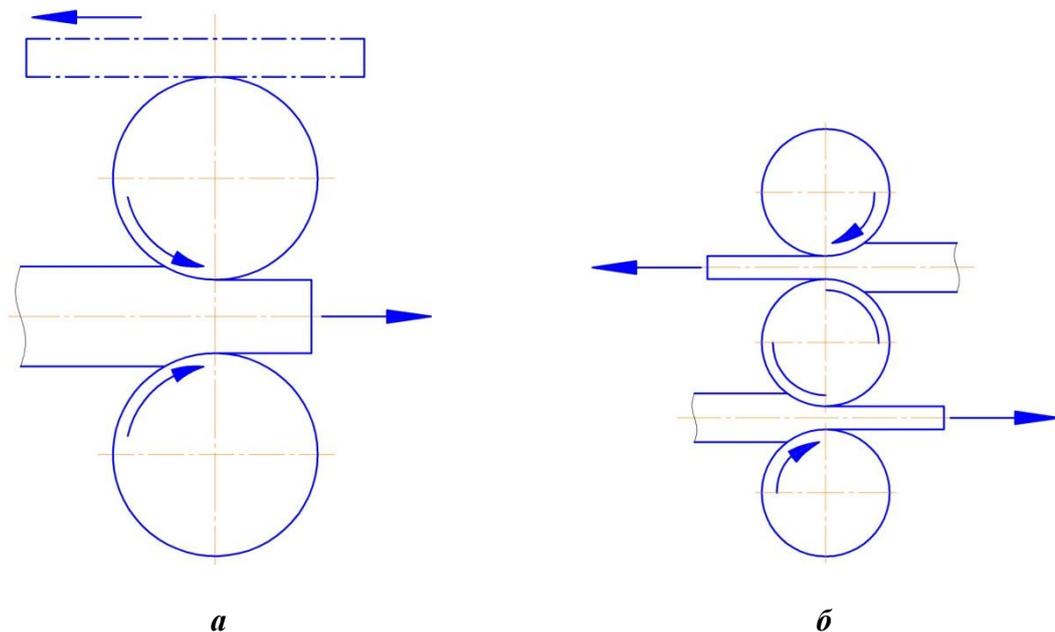
**Рис. 1.1.** Схема прокатного стана для продольной прокатки:

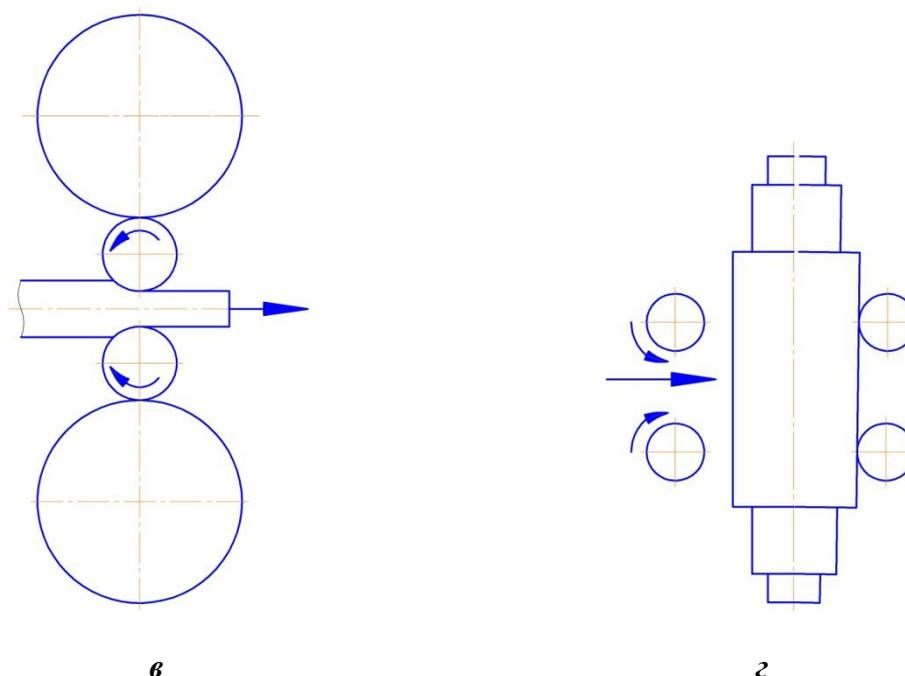
1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — маховик; 4 — шестеренчатая клетя; 5 — приводы валков; 6, 8, 9 — рабочие клетки; 7 — валки



**Рис. 1.2.** Профили обжимных ручьев валков для сортового проката

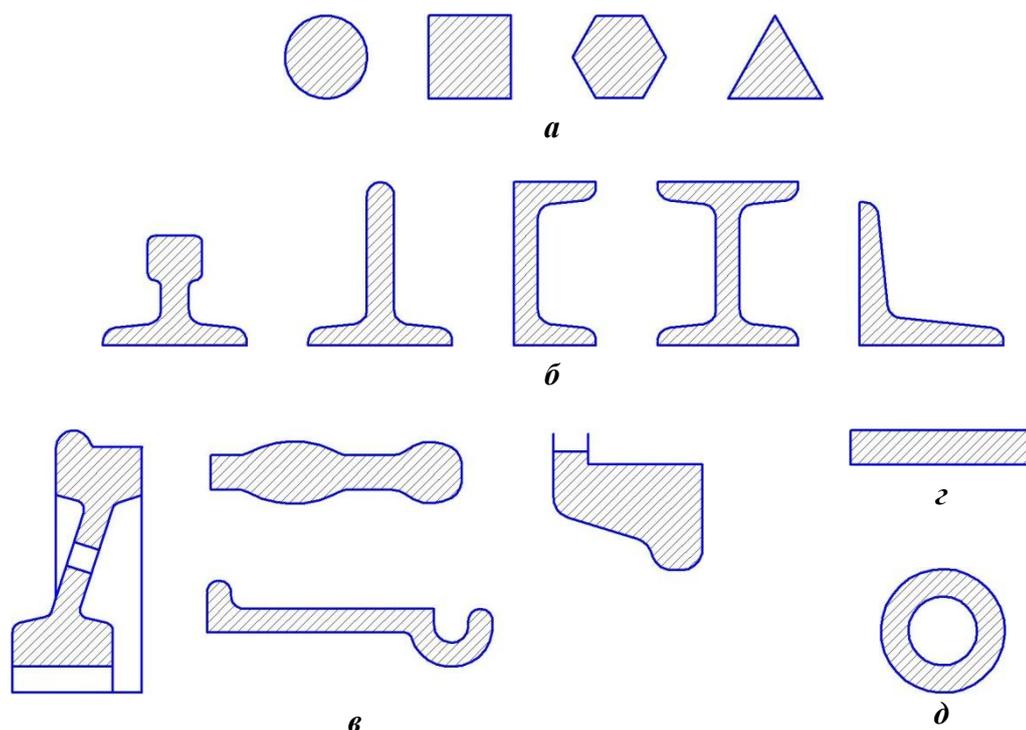
По количеству и расположению валков прокатные станы (рис. 1.3) делятся на двухвалковые (дуостаны) — *а*, трехвалковые — *б* (триостаны), четырехвалковые — *в* (квартостаны) и многовалковые — *г*. Дуостаны имеют в каждой клетке по два валка и могут быть как с постоянным направлением вращения, так и реверсивным, в котором направление можно менять. Триостаны имеют рабочую клетку из трех валков, прокатка на этих станах двусторонняя при постоянном направлении вращения валков.





**Рис. 1.3.** Схема расположения валков в рабочей клет: *а* — дуостан; *б* — триостан; *в* — квартостан; *г* — многовалковые станы

По роду выпускаемой продукции прокатные станы делятся на обжимные, листопрокатные, трубопрокатные, сортовые и специальные. К обжимным станам относятся блюминги и слябинги. Блюминги выпускают заготовку квадратного сечения, которая подвергается дальнейшей прокатке для получения сортового проката. Слябинги производят прокат прямоугольного сечения, являющийся заготовкой для проката листа. Сортовые станы производят фасонные и сортовые профили (рис. 1.4). Сортамент изделий можно разделить на следующие основные группы: сортовой прокат простой (рис. 1.4, *а*), сортовой прокат фасонный — *б*, специальный прокат — *в*, листовой — *г*, трубы — *д*.



**Рис. 1.4.** Виды проката

Листопрокатные станы применяют для прокатки листов толщиной 0,4—60 мм.

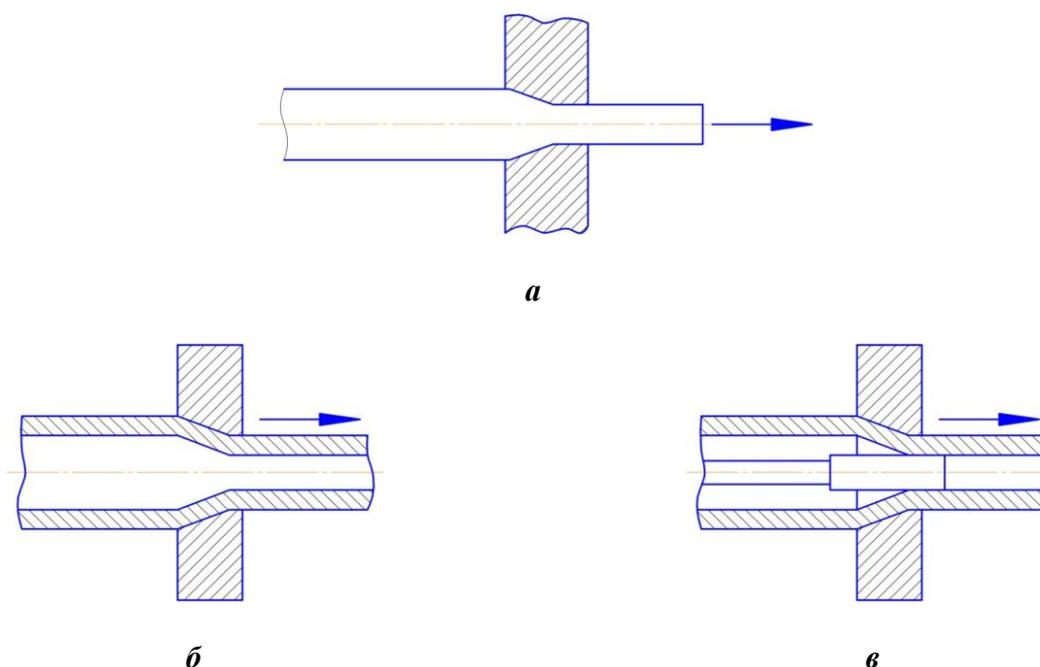
Прокатка металла производится в горячем или холодном состоянии. Эта продукция широко применяется в самолетостроении и в других отраслях промышленности.

Трубопрокатные станы применяют для изготовления сварных и цельнотянутых (бесшовных) труб. Заготовкой для проката труб является ленточная полоса листового материала шириной, равной длине окружности изготавливаемой трубы. На стане непрерывной прокатки полоса свертывается в трубу, сварка происходит при обжатии нагретого до сварочной температуры шва между парой калиброванных валков и специальной оправкой. В промышленности широко применяются цельнотянутые трубы, так как их прочность выше прочности сварных труб. Прокатка бесшовных труб производится из предварительно прокатанной заготовки круглого сечения.

### Волочение

Волочение заключается в протягивании обрабатываемой заготовки через калиброванное отверстие (фильер), размеры которого меньше размеров сечения исходного материала. При волочении площадь поперечного сечения заготовки изменяется, а длина ее увеличивается, так как объем остается постоянным (рис. 1.5, *а*). Волочением изготавливают проволоку, трубы малого диаметра и прутки различного сечения. Волочение труб производят без изменения толщины стенки (см. рис. 1.5, *б*) и с уменьшением диаметра трубы или толщины стенки при протяжке на пробке (см. рис. 1.5, *в*).

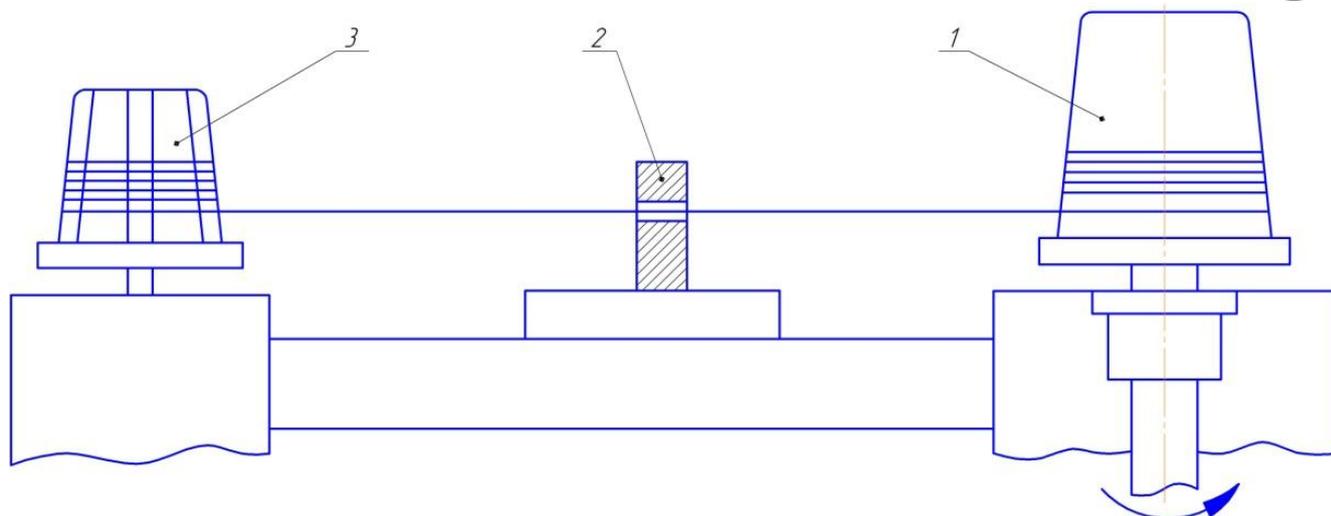
Если требуется значительное уменьшение поперечного сечения, заготовку пропускают через ряд уменьшающихся по сечению отверстий в волочильных досках.



**Рис. 1.5.** Схема процесса волочения:

*а* — волочение прутка (проволоки); *б* — волочение труб без изменения толщины стенки; *в* — волочение труб с уменьшением толщины стенки

Волочение осуществляется на специальных волочильных станах (рис. 1.6). Волочильный стан состоит из ведущего барабана 1, волочильной доски (волока) 2, ведомого барабана 3. Волочильные доски изготавливают из высокоуглеродистой или легированной стали. Вставные матрицы, которые имеют рабочие отверстия, изготавливают из инструментальной стали, твердых сплавов и алмазов. В качестве смазки при волочении используют растительные и минеральные масла, мыло, тальк, графит.

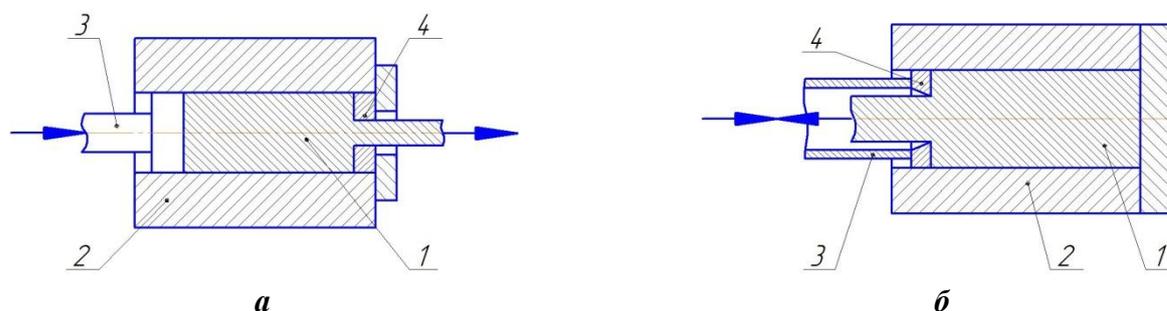


**Рис. 1.6.** Схема однократного волочения проволоки

Волоочильные станы подразделяются на клещевые и блочные. На клещевых станах заготовка осуществляет прямолинейное движение, а на блочных — накатывается на блоки. Клещевые станы используют для волочения труб, прутков, профилей, блочные — для получения проволоки от 5 мм до сотых долей миллиметров. После волочения заготовка имеет точные размеры, чистую поверхность и повышенную прочность. При волочении возникает наклеп, поэтому для восстановления пластичности производится отжиг. За одну протяжку обжатие доходит до 35%, а иногда и более. Скорость волочения прутков и труб достигает 50 см/мин, а для тонкой проволоки 500—1500 м/мин.

### Прессование

Прессованию подвергают цветные металлы и их сплавы для получения прутков и труб сложного профиля. Для прессования стальных профилей используется прокат. Сущность процесса заключается в том, что нагретый металл выдавливается из цилиндрического контейнера через отверстие в матрице, служащей одной из торцевых стенок контейнера. Прессование может быть прямым и обратным. При прямом прессовании (рис. 1.7, а) заготовку 1 выдавливают из контейнера 2 пуансоном 3 через отверстие матрицы 4. В этом случае металл выдавливается по направлению движения пуансона. При обратном прессовании металл 1 выдавливается из контейнера 2 через отверстие матрицы 4 навстречу движению пуансона 3 (рис. 1.7, б).



**Рис. 1.7.** Схема прессования

Прессование является высокопроизводительным процессом и осуществляется преимущественно на гидравлических прессах большой мощности.

Прессованием получают прутки  $\varnothing 3 \div 250$  мм, трубы до 800 мм и толщиной стенки 1,5 мм и более, а также многие изделия, которые нельзя получить другими способами обработки давлением.

## Ковка

**Ковка** — это процесс получения деталей путем пластического деформирования металла под действием последовательных ударов молота или под давлением пресса. Ковка делится на свободную ковку и ковку в штампах (ручную и машинную). Ручная свободная ковка ведется на наковальне при помощи кувалды, молотка и другого кузнечного инструмента. Ручной ковкой изготавливают мелкие поковки различной формы массой до 10 кг из прокатных профилей в условиях индивидуального производства или при ремонтных работах. Машинную или механическую ковку осуществляют на ковочных молотах и прессах для средних и крупных поковок в условиях серийного производства. Ковкой изготавливают поковки и заготовки различной формы путем последовательного выполнения основных кузнечных операций: рубка, вытяжка, осадка, высадка, гибка, прошивка отверстий, раскатка, кузнечная сварка.

**Рубка** — это операция разделения исходной заготовки на мерные заготовки.

**Вытяжкой** называется операция ковки, при которой длина заготовки увеличивается за счет уменьшения поперечного сечения. Вытяжку ведут на узком бойке молотка с поворотом заготовки на  $90^\circ$ . Удары наносят поперек заготовки, что обеспечивает течение металла в продольном направлении.

**Осадка** — операция ковки, при которой происходит увеличение сечения заготовки за счет уменьшения высоты. Для того чтобы при осадке не получался изгиб заготовки, отношение высоты заготовки к ее диаметру должно составлять не более чем 3:1. Осадкой изготавливают заготовки для шестерен, фланцев и дисков, так как при этом получается наиболее благоприятное направление волокон.

**Высадкой** называется операция, заключающаяся в увеличении сечения заготовки за счет уменьшения ее высоты. При высадке производят местный нагрев заготовки. Высадкой изготавливают болты, заклепки и подобные крепежные детали.

**Гибкой** называют операцию ковки, посредством которой заготовке или ее части придается изогнутая форма. Гибку производят также с местным нагревом заготовки. Для того чтобы не изменилось сечение в месте изгиба, необходимо в этом месте произвести высадку.

**Прошивка** — это операция для получения в заготовке отверстия или углубления посредством пробойников. Пробойником получают отверстия в тонких заготовках, а прошивкой — в толстых. Прошивку осуществляют в несколько переходов. Сначала прошивком 1 (рис. 1.8) намечают отверстие (положение I) и углубляют его при помощи подставок 2 и 3 почти на всю высоту заготовки (положение II), затем заготовку переворачивают на  $180^\circ$  и прошивком выталкивают остаток металла (положение III). При прошивке особенно толстых заготовок применяют трубчатые пустотелые прошивки. После прошивки, если требуется увеличить внутренний диаметр поковки или уменьшить толщину стенки, производят раскатку. Отделку производят гладилками и обжимками для получения точного профиля и гладкой поверхности.

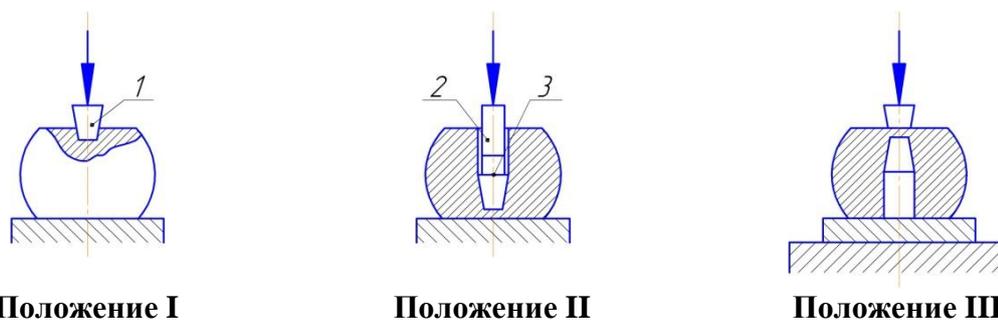


Рис. 1.8. Схема процесса получения отверстий в заготовке

К основному кузнечному оборудованию, выполняющему деформацию металла при ковке, относятся молоты и прессы. Молоты разделяются на паровые и приводные (с электроприводом). Паровые молоты могут работать на сжатом воздухе, поэтому их часто называют паровоздушными. Из приводных последнее время нашли применение пневматические молоты. Дляковки крупных поковок применяют гидравлические ковочные прессы.

### Штамповка

В крупносерийном и массовом производствах поковки изготавливают штамповкой. Процесс штамповки заключается в том, что заготовка помещается в полость одной половины штампа и под воздействием другой половины принимает форму полости штампа. Полость штампа называется ручьем. Штамповка производится на молотах, прессах и ковочных машинах. Штамповка обеспечивает высокую производительность, во много раз превышающую производительность свободнойковки, однородность и точность получаемых поковок. Припуски и допуски у штампованных поковок в два-три раза меньше, чем у кованных. Благодаря высокой точности и достаточной чистоте поверхностей штампованных поковок они почти не нуждаются в механической обработке, сокращаются отходы металла, снижается стоимость изготовления деталей.

Недостатками штамповки являются ограниченность поковок по массе и сравнительно высокая стоимость штампа. Поэтому штамповка экономически выгодна в массовом производстве. Штамповкой в современном производстве получают наиболее ответственные детали различных машин и механизмов. Так, в конструкции самолета масса штампованных деталей достигает 80% массы всех деталей. Создание мощных штампованных прессов дало возможность штамповать крупные детали машин и самолетов, которые ранее собирались из большого количества деталей. Так, например лонжерон крыла самолета, изготовлявшийся ранее из 272 деталей и 3200 заклепок, собирается из четырех штампованных заготовок.

В машиностроении применяется горячая и холодная штамповка.

**Горячая штамповка.** Основными инструментами горячей штамповки (объемной) являются штампы, внутреннее очертание которых соответствует конфигурации изделия. Они изготавливаются из легированных сталей марок 5ХГМ; 5ХНМ; ЭИ161; ШХ15. Штамп состоит из двух частей (рис. 1.9, а): верхней 1, закрепляемой в бабе молота или прессы, и нижней 4, установленной в штамподержателе.

Нагретую заготовку перед штамповкой укладывают в нижнюю половину штампа на торец. Под действием ударов верхней части штампа металл заполняет всю полость штампа, а излишки металла 5 (называемые «облой») вытекают в специальный ручей 3 (рис. 1.9, а). При облойной штамповке поковка получается как бы с пояском по месту разъема штампа. Облой помогает получить поковку, в точности соответствующую фигуре ручья, так как в облой вытесняется излишний металл, который получается вследствие неточности подбора заготовки. Облой удаляют на специальных обрезных штампах (рис. 1.9, б) и получают поковку. Отходы металла в облой составляют 15%.

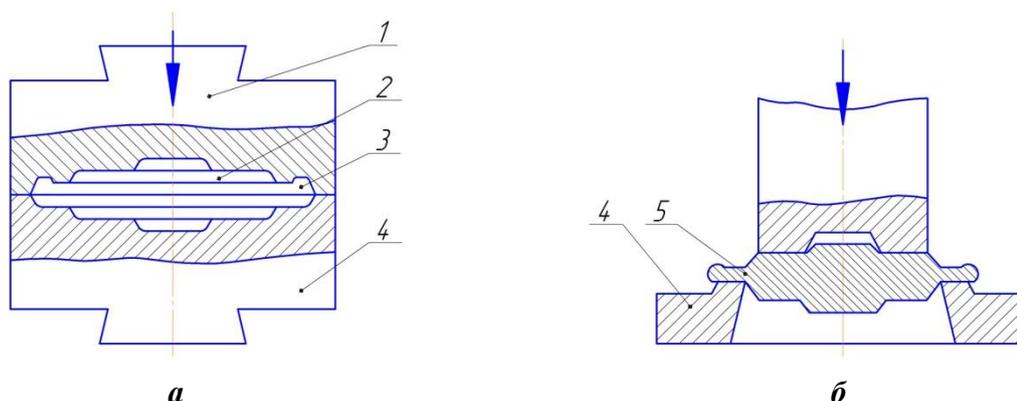
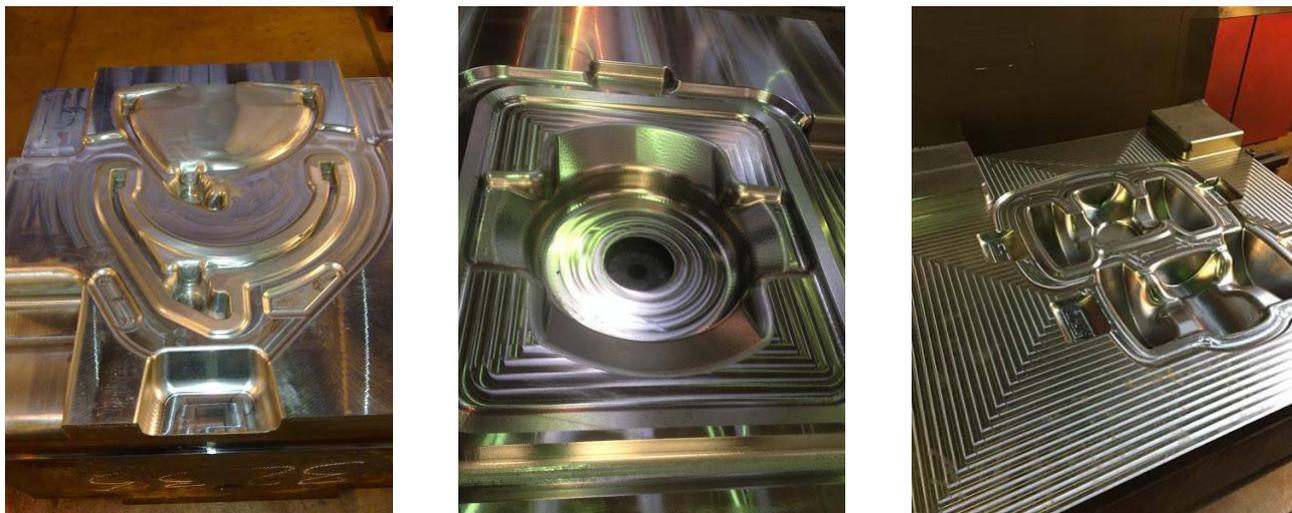


Рис. 1.9. Молотовые одноручьевые штампы

Штамповка на молотах имеет ряд существенных недостатков, поэтому в настоящее время она вытесняется горячей штамповкой на гидравлических и кривошипных прессах.

На (рис. 1.9, б) показан одноручьевого штамп, в котором производится только одна операция. Существуют многоручьевые штампы (рис. 1.10).



**Рис. 1.10.** Нижняя часть многоручьевого молотового штампа

Многоручьевого штамп отличается от одноручьевого прежде всего количеством ручьев, последовательное использование которых при штамповке в многоручьевом штампе полностью исключает потребность в предварительной ковке заготовок. Исходной является мерная заготовка из сортового проката. В зависимости от сложности поковки в многоручьевых штампах бывает от двух до шести ручьев. Ручьи по назначению в многоручьевом штампе могут быть классифицированы по трем группам: заготовительной, штамповочной и обрезающей (обрубной).

Преимущества многоручьевого штампа — это высокая производительность, а также то, что не требуется устанавливать штампы промежуточных операций.

**Холодная штамповка.** Холодная штамповка может быть объемной и листовой. Холодной объемной штамповкой (высадкой и выдавливанием) изготавливают мелкие металлические изделия при массовом производстве — болты, винты, заклепки, шарики, пробки, рамки подшипников качения, гайки и т. д. Холодная листовая штамповка применяется для изготовления тонкостенных изделий из листов, лент, полос различных металлов и сплавов.

Детали, полученные холодной штамповкой, отличаются большой точностью и почти не нуждаются в механической обработке. Листовой штамповкой изготавливают шайбы, втулки, сепараторы подшипников качения, баки, детали фюзеляжа, крыла самолета и др.

Все операции листовой штамповки можно классифицировать на разделительные (отделение одной части заготовки от другой) и формоизменяющие (получение изделий сложной формы перемещением элементарных объемов материала исходной заготовки без ее разрушения). Применяют также сборочные операции (соединение отдельных деталей в общий узел под давлением штампа).

К основным разделительным операциям относятся: резка — последовательное отделение части металла по прямой или кривой линии; вырубка — одновременное отделение материала от заготовки по замкнутому контуру, причем отделяемая часть является изделием. При вырубке заготовка 1 (рис. 1.11) укладывается на матрицу 2 и плоским пуансоном 4 из нее вырезается деталь. Чтобы пуансон при обратном ходе не увлек за собой порубленный лист, применяется специальное приспособление 3, называемое съёмником. Пробивка — получение отверстий отделением материала по замкнутому контуру внутри детали.

К основным формоизменяющим операциям относятся правка (рис. 1.12) — а, гибка — б, вытяжка — в, г, протяжка — д, отбортовка — е и формовка.

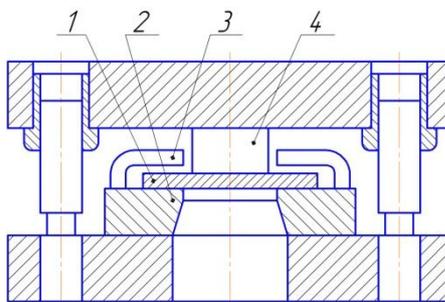


Рис. 1.11. Схема вырубного штампа

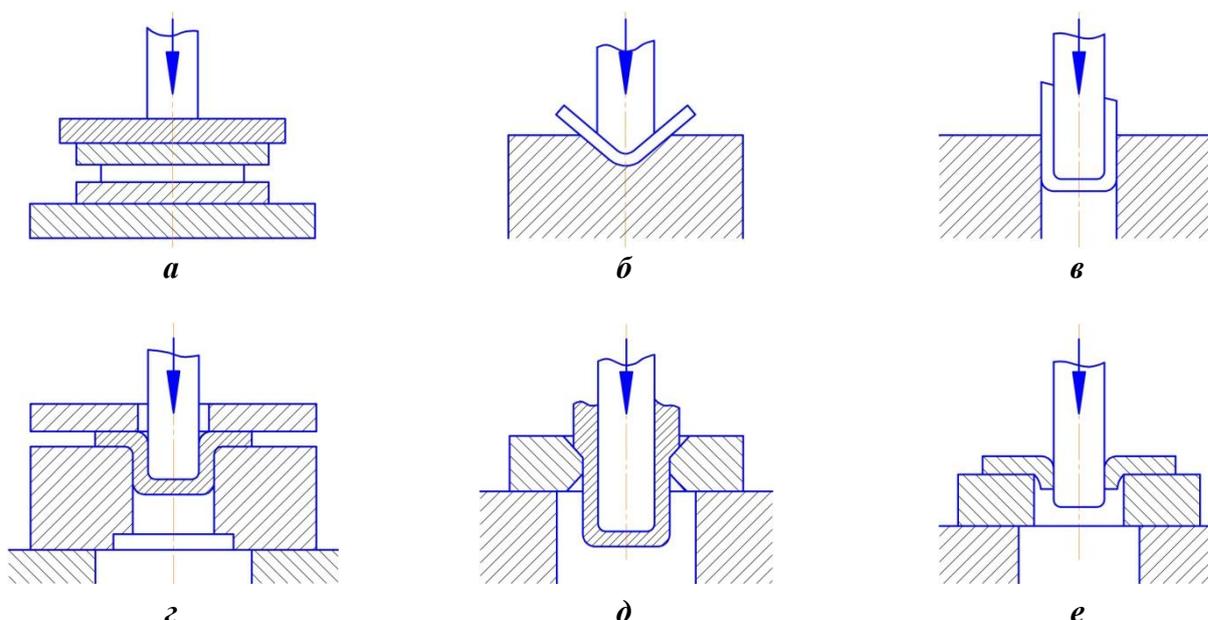


Рис. 1.12. Операции листовой штамповки

**Правка** применяется для устранения неровностей и исправлений плоских деталей после вырубки, пробивки, а также для исправления отдельных элементов формы деталей после гибки или других формоизменяющих операций. Так, например, плоские детали правят в штампах с гладкими плитами.

**Вытяжка** — операция, превращающая плоскую заготовку в полую деталь или полуфабрикат.

**Протяжка** — вытяжка с утончением. Эта операция применяется для изготовления полых тонкостенных деталей (рис. 1.12, д).

**Отбортовка и разбортовка** — операции, соответственно, для образования борта по наружному контуру заготовки или по контуру ранее выполненного отверстия (1.12, е).

**Формовка** — изменение формы заготовки или полуфабриката посредством местных деформаций, например увеличение диаметра средней части полой детали. Раздача средней части вытянутого стакана осуществляется с помощью резинового вкладыша или жидкости в разъемной матрице.

На основе выбранных операций определяют необходимое оборудование и применительно к нему разрабатывают конструкции штампов. Выбирая оборудование, в первую очередь учитывают возможность осуществления на нем необходимых операций, его производительность, возможность механизации или автоматизации процесса обработки, основные параметры его технологической характеристики и т. д.