

## 55. КОВКА

**Свободная ковка** - это процесс деформирования нагретого металла за счет последовательного воздействия инструмента ударами молота или давлением прессы.

**Поковки** используют в качестве заготовок для дальнейшей механической обработки с целью получения готовых деталей машин; при невысоких требованиях к точности поковки могут быть и готовыми изделиями.

Свободной ковкой изготавливают детали массой - от нескольких граммов до 250т (и более) и линейными размерами - от нескольких сантиметров до десятков метров. Свободная ковка разделяется на ручную и машинную. Ручная ковка как древнейший способ обработки металла давлением сохранилась в настоящее время в мелких ремонтных мастерских для небольших поковок, обработки металла при изготовлении индивидуальных, мелкосерийных художественных и бытовых изделий.

В качестве исходного материала дляковки в основном используют литой металл многогранного, круглого и квадратного сечений для крупных заготовок, а также прокатанные заготовки для перековки на мелкие размеры - **блумы**, сортовой прокат квадратного, круглого и прямоугольного сечений.

К основным **достоинствам** свободнойковки относятся:

- **возможность получения микроструктуры металла** заготовки более высокого качества по сравнению с отливками;
- **возможность получения крупных поковок**, что другими способами либо недостижимо, либо экономически нецелесообразно;
- **сравнительно небольшие усилия**, требуемые для изготовления крупных поковок, так как обработку осуществляют **обжатием отдельных небольших участков**;
- **применение универсального оборудования и инструмента**, что резко снижает затраты на производство, особенно при мелкосерийном его характере;
- **изготовление заготовок практически из всех марок и видов металлов и деформируемых конструкционных сплавов.**

**Недостатки** свободнойковки:

- **низкая производительность** по сравнению с горячей штамповкой; этот недостаток в определенной степени устраним путем **механизации** процесса;
- **большие напуски на поковках**, что требует большого объема последующей обработки.

### Изготовление поковок машиностроительных деталей

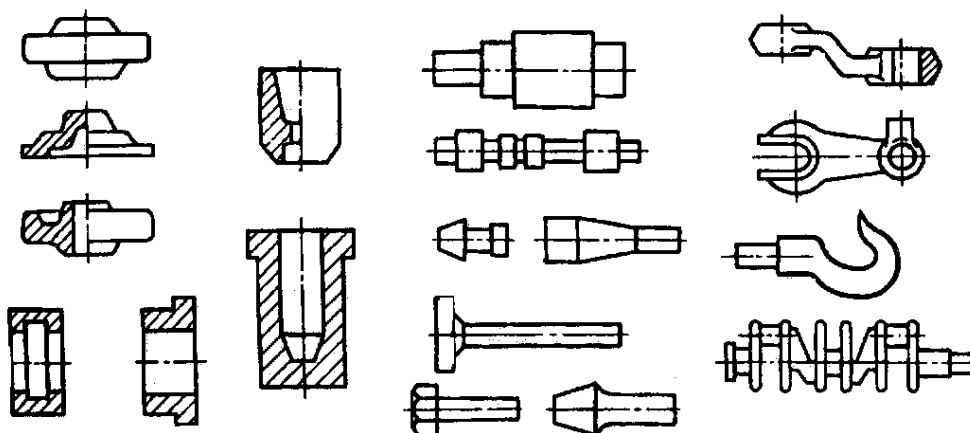


Рис. 154. Виды машиностроительных поковок

Поковкой называют заготовку детали, полученную ковкой или штамповкой.

## ШТАМПОВКА

**Штамповкой** изменяют форму и размеры заготовки с помощью специализированного инструмента – штампа, который для каждой детали изготавливается индивидуально.

Существует два вида штамповки - горячая и холодная.

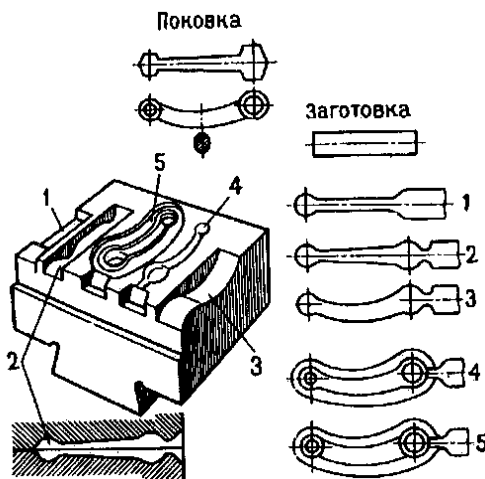
### 56. ГОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Технологический процесс **горячей объемной штамповки** заключается в том, что нагретую до оптимальной температуры заготовку помещают в полость одной из половин штампа, где она под воздействием второй половины приобретает заданную форму. Таким образом, **сущность процесса заключается в принудительном перераспределении металла в полости штампа.**

Штампы изготавливаются из инструментальных углеродистых и легированных сталей (У8, У10, 5ХГС, 7Х3). *Штампы бывают одно- и многоручьевые* (рис. 155) для изготовления штамповки в несколько переходов.

**Заготовки для штамповки: прокат** (квадратный, круглый, прямоугольный, с периодически повторяющимся профилем). Для получения фасонных заготовок применяют специальные заготовительные операции (свободная ковка, предварительная штамповка).

При изготовлении очень большого числа одинаковых поковок (в автотракторной, авиационной промышленности и др.) значительного экономического эффекта достигают *применением фасонных заготовок из периодического проката*. В этом случае прутки с периодически повторяющимся профилем сечения состоят из элементов однотипных конфигураций, каждый из которых представляет собой подготовленную для штамповки заготовку. На рис. 141, б показаны примеры периодического проката для штамповки в автомобильной промышленности. Чаще всего в настоящее время фасонную заготовку получают в заготовительных ручьях штампов. Этот способ в зависимости от характера производства осуществляют либо в одном многоручьевом штампе, либо в нескольких одноручьевых, установленных на отдельных штамповочных машинах. В первом случае в одном блоке расположены полости (ручьи) для получения фасонной заготовки и окончательного формообразования поковки (рис. 155).



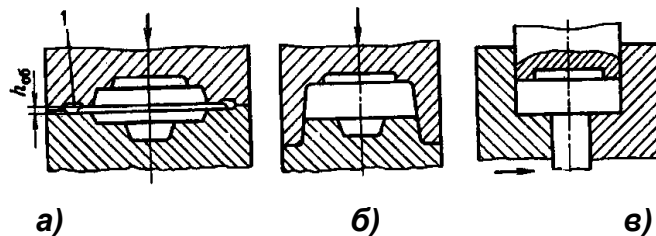
**Рис. 155. Многоручьевой штамп:**

**1 – протяжной ручей (для увеличения длины отдельных участков за счет уменьшения площади поперечного сечения); 2 – подкатной ручей (для местного увеличения сечения заготовки за счет уменьшения соседних участков); 3 – гибочный ручей; 4 – штамповочный черновой ручей; 5 – штамповочный чистовой ручей**

#### Способы штамповки

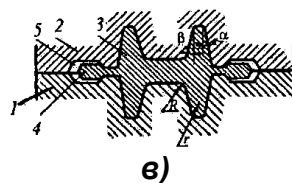
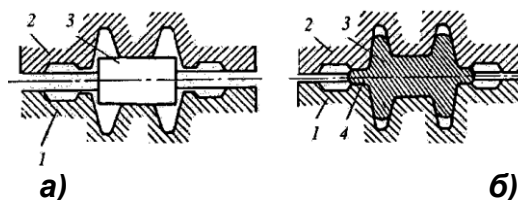
Горячую штамповку проводят:

- **в открытых штампах** (рис. 3.3, а, 177) с образованием **облоя** (заусеницы), приводящего к лишнему расходу материала, затратам на снятие заусенцев. При этом облой облегчает заполнение штампа металлом, и не требуется точная дозировка заготовок по массе;



**Рис. 156. Схемы штамповки в открытых и закрытых штампах:**

**1 - облойная канавка**



**Рис. 157. Штамповка в открытых штампах:**

**а — начальная стадия; б — стадия образования заусенца; в — конечная стадия штамповки; 1—2 — нижняя и верхняя половины штампа; 3 — исходная заготовка; 4 — заусенец; 5 — заусеничная канавка**

- в закрытых штампах (рис. 156, б, в) с обеспечением более высокой точности и малоотходности, а также возможности переработки малопластичных материалов вследствие более благоприятной схемы напряженного состояния (всестороннего неравномерного сжатия). При этом стойкость штампов ниже и необходимы специальные выталкивающие устройства.

#### **Оборудование для горячей объемной штамповки**

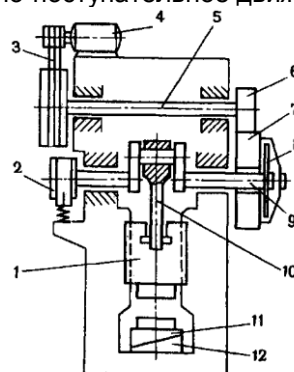
1. Паровоздушный молот

2. Кривошипный горячештамповочный пресс (рис.158),

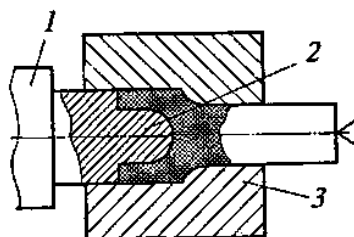
3. Горизонтально-ковочные машины (для закрытых штампов (рис.159), без штамповочных уклонов)

4. Гидравлический пресс.

Кинематическая схема горячештамповочного кривошипного пресса приведена на рис.158. Электродвигатель 4 передает движение клиновыми ремнями на шкив 3, сидящий на приемном (промежуточном) валу 5, на другом конце которого закреплено малое зубчатое колесо 6. Это колесо находится в зацеплении с большим зубчатым колесом 7, свободно вращающимся на кривошипном валу 9. С помощью пневматической фрикционной дисковой муфты 8 зубчатое колесо 7 может быть сцеплено с кривошипным валом 9; тогда последний придет во вращение. Посредством шатуна 10 вращение кривошипного вала преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна 1. Посредством шатуна 11 и ползуна 12.



**Рис.158. Кинематическая схема горячештамповочного кривошипного пресса**



**Рис. 159. Штамп на горизонтально-ковочных машинах:**  
1 — пуансон; 2 — подвижная матрица; 3 — неподвижная матрица

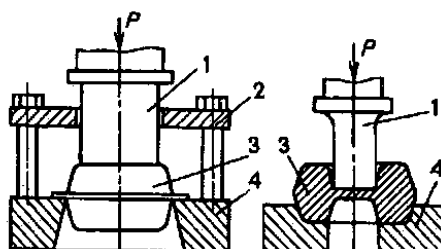
### Отделочные операции

Отделочные операции горячей объемной штамповки:

-снятие облоя на обрезных прессах (рис.160,а);

-снятие окалины галтовкой (мокрой или сухой), обработкой стальной дробью, травлением в водных растворах кислот. При галтовке в барабанах поковки очищают следующим образом. Их загружают в барабан с наклонной осью вращения, в котором находятся стальные звездочки. При вращении барабана поковки трутся и ударяются друг о друга и о звездочки, благодаря чему окалина сбивается. При очистке тяжелых поковок на их поверхности образуются забоины, поэтому таким способом их не очищают;

-калибровка и чеканка в основном в холодную.

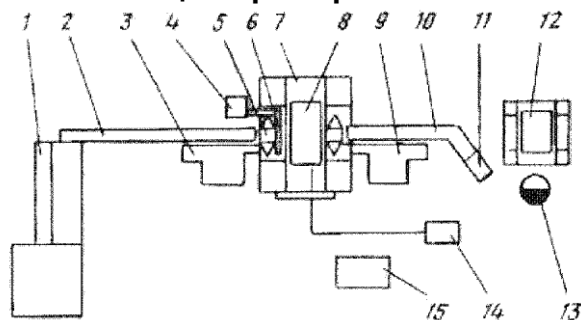


а)

б)

**Рис. 160. Схемы обрезки заусенца (а) и пробивки пленки (б):**  
1 — пуансон; 2 — съемник; 3 — поковка; 4 — матрица

### Автоматизация при горячей штамповке



**Рис. 161. Схема РТК:**

1 — индуктор; 2, 10 — цепной конвейер; 3, 9 — роботы; 4 — пирометр; 5 — ориентатор; 6 — лоток; 7 — КГШП (кривошипный горячештамповочный пресс); 8 — штамп; 11 — стол; 12 — обрезной пресс; 13 — место рабочего; 14 — устройство смазки; 15 — система управления

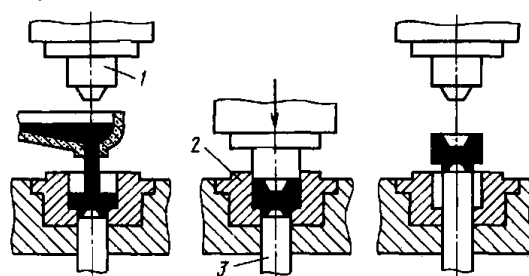
### Прогрессивные способы горячей штамповки

1. Штамповка с использованием высокоскоростных молотов (до 2мм толщина стенки штамповки).

2. Штамповка на горячештамповочных автоматах со штампами последовательного действия.

3. Изотермическая штамповка (в рабочей зоне поддерживается температура 800-1100 С).

4. Жидкая штамповка производится в штампах, снабженных полостями – типа литниковой системы (рис. 162)



а)

б)

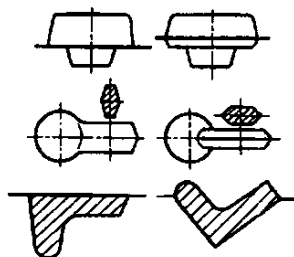
в)

**Рис. 162. Стадии процесса жидкой штамповки:**

**а) – заливка металла в полость штампа; б) – кристаллизация под давлением; в) – извлечение поковки; 1 – пуансон, 2 – штамп; 3 – выталкиватель**

### **Особенности проектирования чертежа поковки**

Чертеж поковки составляют по чертежу детали. При этом необходимо выполнение следующих условий:



а)

б)

**Рис.163. Выбор плоскости разъема штампа: а - неправильно; б – правильно**

- наличие штамповочных уклонов 2...7° и радиусов закругления в местах сопряжения;

- в закрытых штампах плоскость разъема – наибольшая торцовая поверхность, в открытых – поверхность разъема должна пересекать вертикальную поверхность заготовки (рис.3.10);

- **припуски** назначают главным образом на сопрягаемые поверхности детали;

- величина припуска зависит от габаритных размеров и массы поковки, от вида оборудования штамповки, требований к точности и шероховатости детали.

### **Достоинства и недостатки горячей объемной штамповки**

**Достоинства горячей штамповки:**

- **высокая производительность и точность;**

- возможность получения **заготовок сложной конфигурации;**

- малоотходный метод (**малые припуски и напуски**);

- более **высокие показатели механических свойств**, чем у отливок, а также отсутствие пористости, определенное направление волокон металла получаемых заготовок;

- **высокая эффективность в массовом и крупносерийном производствах.**

**Недостатки горячей штамповки:**

- наличие **окалины**, слоя окисленного металла на поверхности заготовки;

- **большие усилия**, необходимые для проведения деформации;

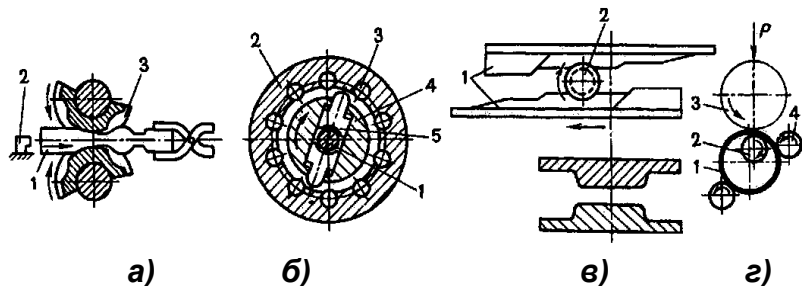
- **дороговизна изготовления штампов;**

- низкая эффективность в мелкосерийном производстве;
- ограниченность массы и размеров (до 30кг, макс – 100кг).

## 57. РОТАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК

В основе этих способов лежит процесс ротационного обжатия при вращении инструмента или заготовки.

**Штамповка на ковочных вальцах** напоминает продольную прокатку в одной рабочей клетке, на двух валках которой закрепляют **секторные штампы**, имеющие соответствующие ручки (рис. 164, а). Нагретую заготовку 1 подают до упора 2 в тот момент, когда секторные штампы 3 расходятся. При повороте валков происходит захват заготовки и обжатие ее по форме полости; одновременно с обжатием заготовка выталкивается в сторону подачи. На вальцах изготавливают **поковки сравнительно несложной конфигурации**, типа звеньев цепей, рычагов, гаечных ключей и т.п. Кроме того, на вальцах **фасонируют заготовки для последующей штамповки**, чаще всего на горячештамповочных кривошипных прессах.

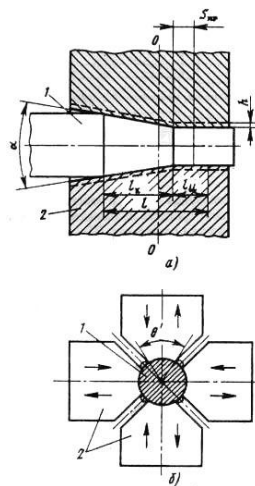


**Рис. 164. Схемы действия ковочных вальцов (а), ротационно-ковочной машины (б), станов поперечно-клиновой прокатки (в) и раскатки (г)**

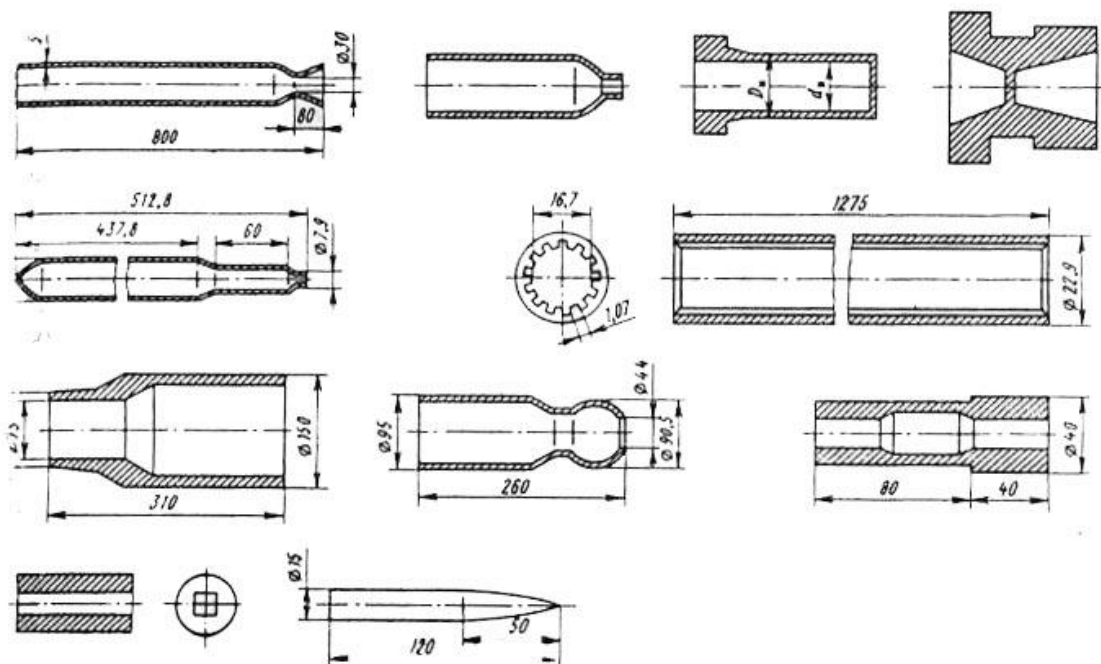
**Штамповка на ротационно-ковочных машинах** подобна операции протяжки и заключается в местном обжатии заготовки по ее периметру. Заготовку 1 (рис. 164,б) в виде прутка или трубы помещают в отверстие между бойками 5 машины, находящимися в шпинделе 4. Бойки могут свободно скользить в радиально расположенных пазах шпинделя. При вращении шпинделя ролики 3, помещенные в обойме 2, толкают бойки 5, которые наносят удары по заготовке. В исходное положение бойки возвращаются под действием центробежных сил. В машинах этого типа **получают поковки, имеющие форму тел вращения**; за счет нанесения ударов со скоростью 160-1800 уд/мин повышается производительность и увеличивается износостойкость поверхностей (рис.165). Типовыми поковками, изготавливаемыми радиальным обжатием, являются различного рода ступенчатые цилиндрические или конические валики, трубы с оттянутыми на конус концами и т.п. (рис.166).

**Поперечно-клиновой прокаткой** (рис. 164, в) получают заготовки **2 валов и осей с резкими ступенчатыми переходами диаметром от 12 до 130 мм**. Деформирование может осуществляться инструментом в виде двух валков, валка и сегмента или двух плоских плит 1.

**Раскатка кольцевых заготовок на раскатных станах** получила особенно большое распространение **при производстве колец подшипников**. Схема процесса показана на рис. 164, г. Заготовка 1 представляет собой кольцо с меньшим диаметром и большей толщиной стенки, чем у поковки. Заготовки под раскатку получают штамповкой на горизонтально-ковочных машинах или на молотах. При подведении к заготовке 1, надетой на валок 2, быстровращающегося валка 3 заготовка и валок 2 начинают вращаться. При дальнейшем сближении валков 2 и 3 увеличивается наружный диаметр заготовки за счет уменьшения толщины и происходит ее контакт с направляющим роликом 4, обеспечивающим получение правильной кольцевой формы поковки. После касания поковкой контрольного ролика 5 раскатка прекращается.

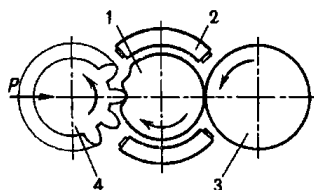


**Рис. 165. Инструмент и заготовка при ротационной ковке: а - сечение в направлении продольной оси заготовки; б - поперечное сечение; 1 - заготовка; 2 - бойки; I - область пластической деформации;  $I_c$  - калибрующий участок;  $h$  - радиальное обжатие; в - рабочий участок бойка**



**Рис. 166. Детали сложной формы, изготавливаемые ротационной ковкой**

**Горячая накатка зубчатых колес** (рис. 167) находит применение, в частности, в автомобильной и тракторной промышленности. **Сущность процесса заключается в обкатке нагретой штучной или прутковой заготовки в зубчатых валках.** Изготовление зубчатых колес методом горячего накатывания повышает износостойкость и усталостную прочность зубьев на 20 ... 30 %. Это объясняется, в частности, благоприятной макроструктурой, при которой волокна обтекают контуры зубьев. Расход металла на 18 ... 40 % меньше, чем при получении зубьев на зубонарезных станках, а производительность накатки в несколько раз выше производительности черного зубофрезерования. **В дальнейшем холодным накатыванием калибруют зубчатые колеса.**



**Рис. 167. Схема горячей накатки зубьев зубчатого колеса 1-заготовка; 2 – индуктор; 3 – ролик; 4 – зубчатый валок**

## ХОЛОДНАЯ ШТАМПОВКА

Холодная штамповка подразделяется на:

- холодную объемную штамповку;
- листовую штамповку.

### 58.ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Холодная объемная штамповка бывает трех видов:

- *холодное объемное деформирование (холодная штамповка в открытом штампе),*
- *холодное выдавливание,*
- *холодная высадка.*

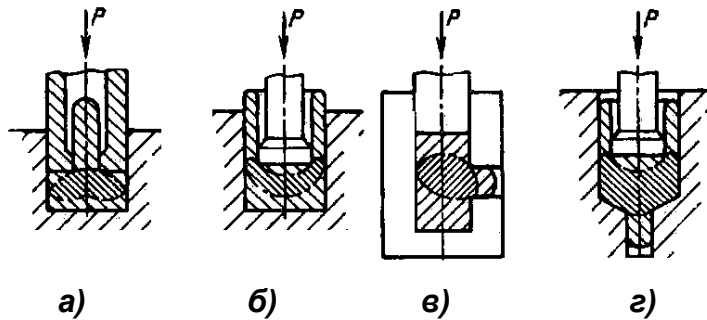


Рис. 168. Схемы выдавливания

**Холодное выдавливание** бывает: **прямое** (рис.168,г); **обратное** (рис.168,а,б); **боковое** (рис.168,в); **комбинированное** (рис.168,г).

**Холодная высадка** – высокоэффективный безотходный метод получения **метизных** (крепежных) деталей (рис.169, 170) диаметром от 0,5 до 40мм. Штампуют от прутка или проволоки. Пруток подается до упора, поперечным движением ножа отрезается заготовка требуемой длины и с помощью специального механизма последовательно переносится в позиции штамповки, на которых из заготовки получают деталь (рис.169).

На рис. 170 показаны последовательные переходы штамповки двух характерных деталей.

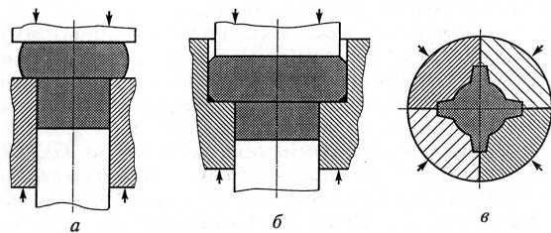


Рис.169. Основные операции холодной высадки:

а — открытая высадка; б — закрытая высадка; в — вдавливание

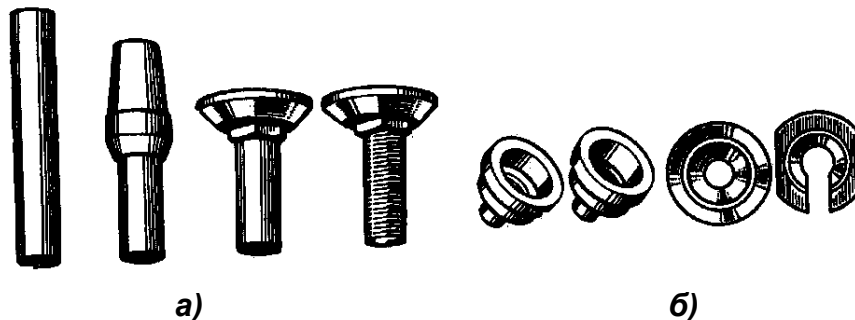


Рис. 170. Последовательность переходов изготовления деталей на холодновысадочных автоматах: а - винта; б – колпачка



## 59. ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА

Заготовкой при листовой штамповке служит металл в виде **листа из стали или цветных металлов и сплавов на их основе**. Листовой металл толщиной свыше **15 мм**, как правило, штампуют в горячем виде.

**Разделительные и формообразующие операции листовой штамповки**

**Листовая штамповка** позволяет осуществлять

**разделительные** (резка, вырубка (рис.171-173;175), пробивка (рис.175), обреза (рис. 174)) и

**формообразующие** (гибка, вытяжка, отбортовка, обжим, рельефная формовка и т.п. (рис.176-179)) операции.

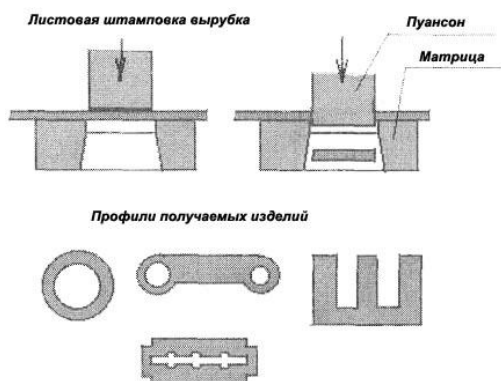


Рис. 171. Схема вырубки

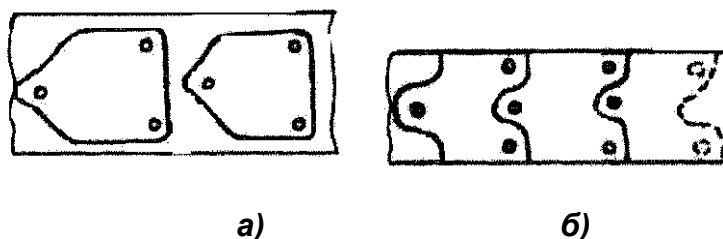


Рис. 172. Примеры раскроя: а — нерационального; б — рационального

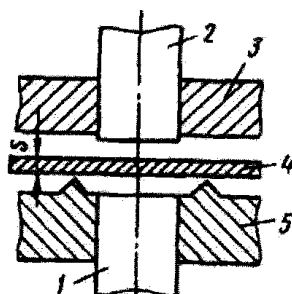


Рис. 173. Схема вырубки со сжатием:

1 - пуансон; 2 - контр-пуансон; 3 - матрица; 4 - заготовка; 5 — прижим

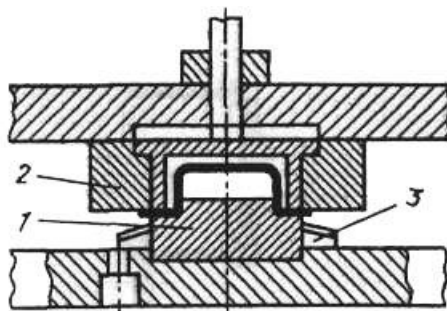
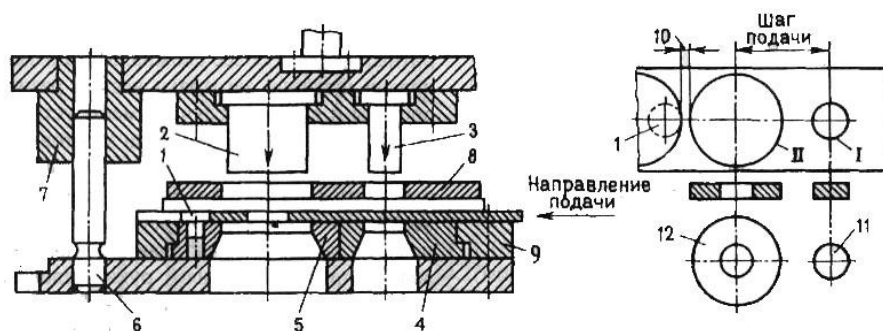
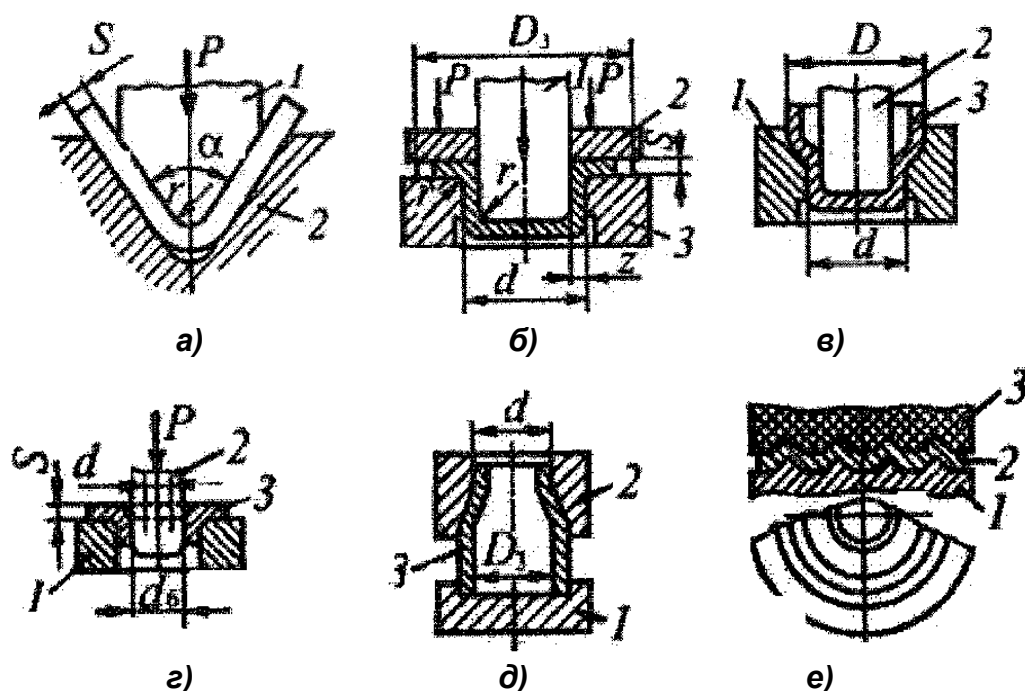


Рис. 174. Схема штампа для обрезки фланца:  
1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — ножи-рассекатели



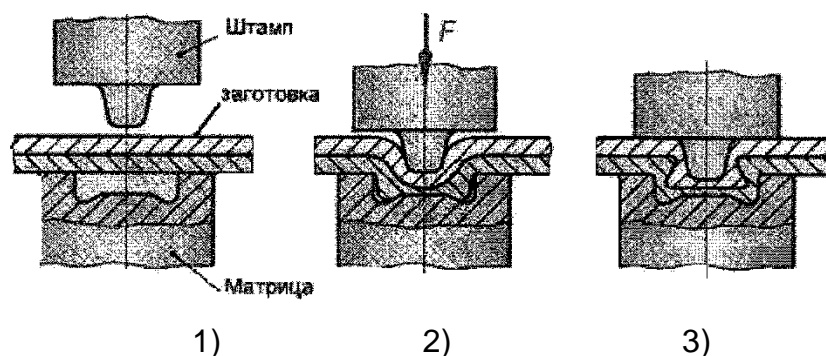
**Рис. 175. Схема штампа последовательного действия для пробивки и вырубки:**

1 - упор; 2 - пуансон вырубки; 3 - пуансон пробивки; 4 - матрица пробивки; 5 - матрица вырубки; 6 - направляющая колонка; 7 - направляющая втулка; 8 - съемник; 9 - матрицедержатель; 10 - перемычка; 11 - отход; 12 - изделие

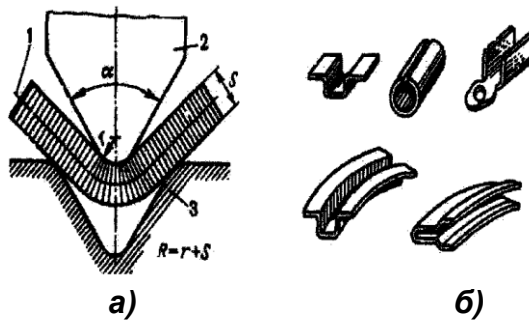


**Рис. 176. Формообразующие операции:**

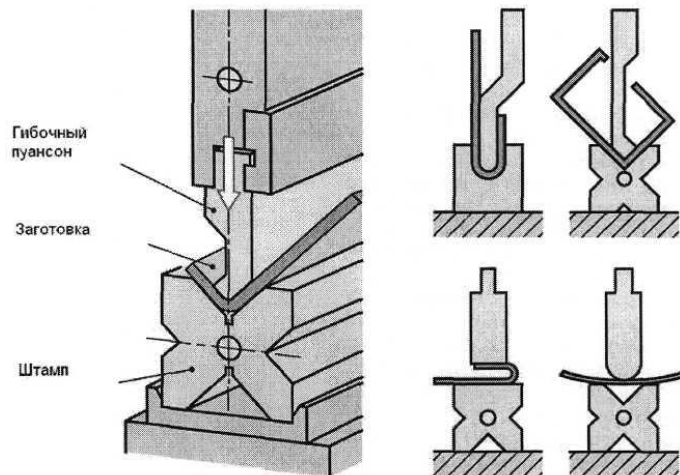
а — гибка; б — вытяжка; в — многоступенчатая вытяжка; г — отбортовка; д — обжим; е — формовка; 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — заготовка



**Рис. 177. Листовая штамповка. 1,2,3 - стадии процесса**



**Рис. 178. Схема гибки (а) и изделия, получаемые с ее использованием (б): 1 - нейтральный слой; 2 - пуансон; 3 – матрица**



**Рис. 179. Гибка листового материала, получение изгибов различной формы**

### **Оборудование для листовой штамповки**

К оборудованию для листовой штамповки относятся *кривошипные прессы* (одинарного действия, двойного действия), *гидравлические прессы*.

К специализированному оборудованию для штамповки малыми партиями относятся *комбинированные пресс-ножницы*, *пробивные однопозиционные*, *вибрационно-вырезные*, *координатно-револьверные прессы* и др..

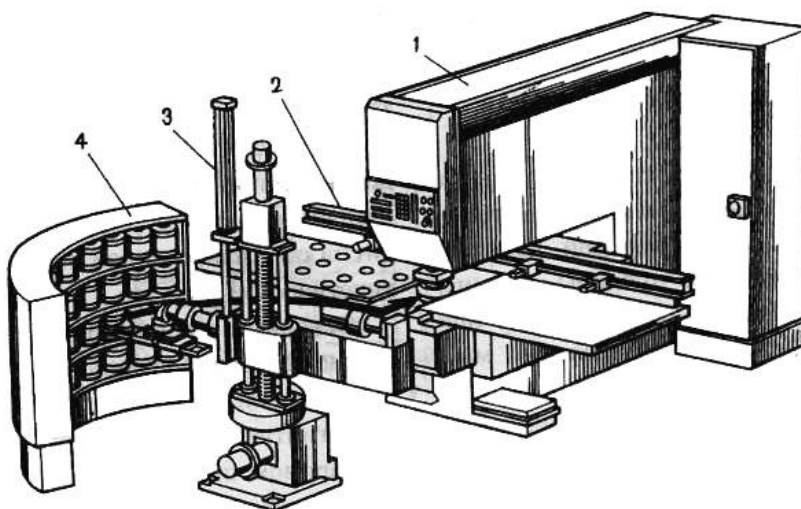
На **комбинированных пресс-ножницах**, кроме *отрезки листового и сортового материала*, можно выполнять *пробивку и вырубку элементов наружного контура* (пазы, угловые вырезы, скосы и пр.) с помощью имеющихся у них устройств.

**Пробивные однопозиционные прессы** имеют узел для крепления инструмента и стол с приспособлениями для фиксации заготовки. После пробивки с соответствующей фиксацией всех отверстий в заготовке заменяют сменный комплект инструмента для другого типоразмера отверстий (рис.180). Использование этих прессов **для пробивки отверстий одного типоразмера** более предпочтительно, чем прессов с программным управлением или прессов с координатным столом.

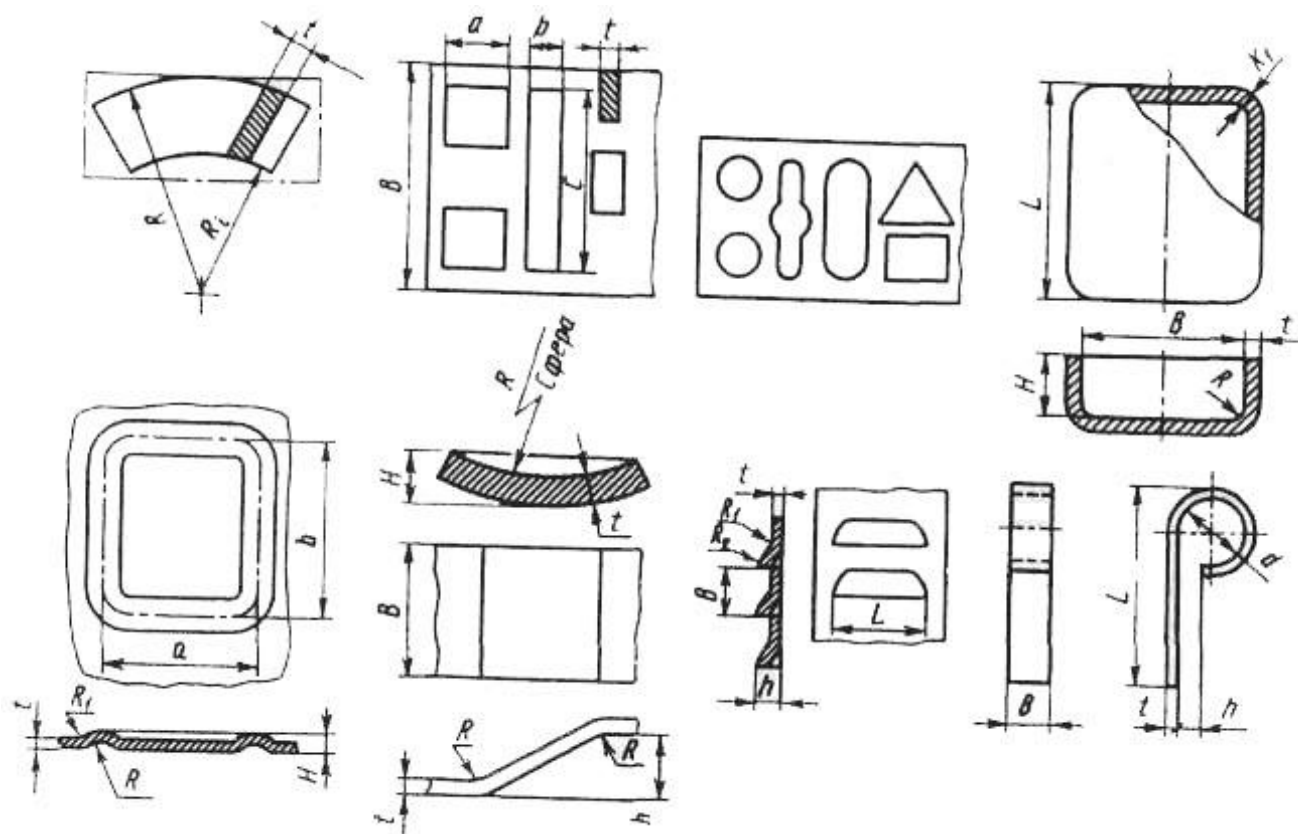
**Вибрационно-вырезные прессы** применяют для выполнения **операций поэлементно-строчной вырезки по наружному и внутреннему контуру элементов детали, пробивки отверстий, формовки ребер жесткости, уступов, прорезки и формовки жалюзи, отбортовки-вытяжки, выколотки сферических поверхностей, завивки петель** (рис. 181) с помощью сменного инструмента.

Наиболее универсальная схема поэлементно-строчной вырезки представлена на рис. 182. Размер образующихся при этом гребешков-выступов по контуру изготавливаемого элемента детали зависит от формы и размеров инструмента и

подачи. Заготовку в процессе вырезки позиционируют с помощью координатного стола, управляемого в процессе работы вручную по шаблону или с помощью программного управления (например, ЧПУ).

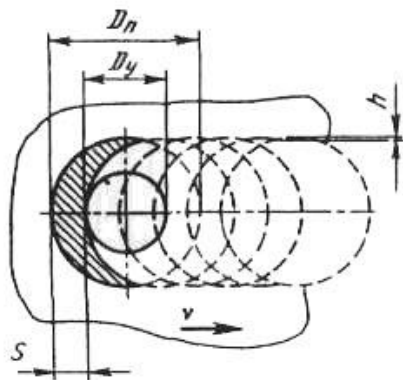


**Рис. 180. Схема использования промышленного робота для замены инструмента на координатно-однопозиционном прессе:**  
**1 – пресс; 2 – устройство для перемещения заготовок; 3 – робот; 4 – магазин инструмента**

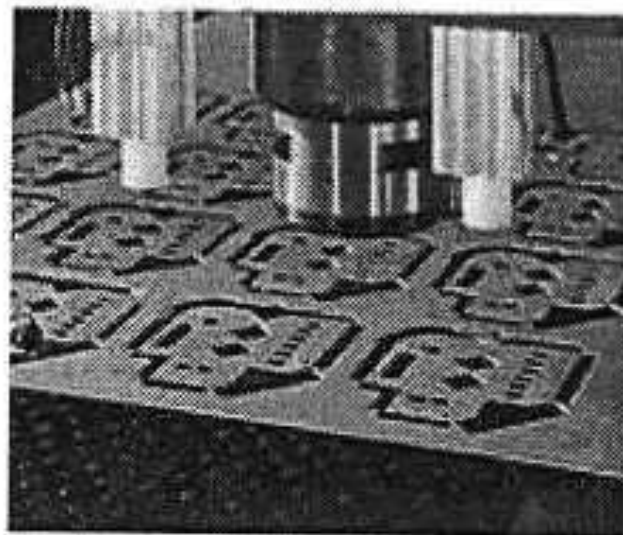
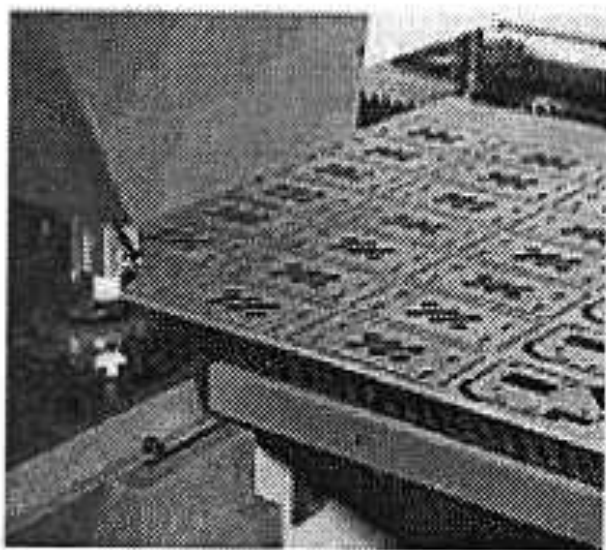


**Рис.181. Типовые элементы и детали, получаемые на вибрационно-вырезных прессах**

**Рис. 182. Схема поэлементно-строчной вырезки и образования контура изделия:**  
 $D_p$  — диаметр пуансона;  $D_u$  — диаметр упора;  $h$  — высота гребешков;  $S$  — шаг подачи;  $v$  — направление подачи



**Рис 183. Гидравлический координатно-револьверный пробивочный пресс с ЧПУ фирмы НАСО (Бельгия) модели Omatic 212 RH**



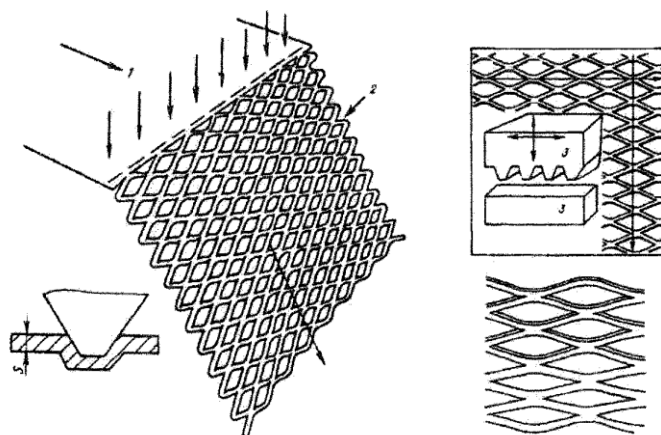
**Рис 184. Образцы пробивки на гидравлическом координатно-револьверном пробивочном прессе с ЧПУ**

**В координатно-револьверных прессах** (рис.183, 184) в револьверной головке, состоящей из двух дисков, **одновременно устанавливают до 32 инструментов**. Такие прессы позволяют сократить время на установку и фиксацию инструмента и заготовки. Прессы выпускают с ручным и программным управлением.

#### **Метод безотходной просечки ленты для изготовления сетки**

Своеобразной разновидностью процесса холодной листовой штамповки является **метод безотходной просечки ленты** (листа), применяемый для изготовления сетки из стали, титана, алюминия и других цветных металлов и спла-

**вов.** Технологический принцип основан на надавливании и растяжении с формированием ячейки различной конфигурации в зависимости от геометрии инструмента (рис.5.18). Этим способом изготавливают сетки толщиной от 0,05 до 8 мм с размером ячеек по вертикали 0,1 — 90 и 1,5—200 мм по горизонтали при перемычке, равной или большей, чем толщина сетки, которая равна толщине исходной листовой заготовки. Основное назначение сеток: элементы фильтров, сит, ограждений экранов, электротехнических изделий, строительных конструкций и др. Метод безотходной просечки имеет неоспоримые преимущества перед всеми традиционными способами изготовления сеток (сварка, плетение из проволоки, перфорация листа пробивкой, сверлением и т.д.) и имеет самые широкие перспективы.



**Рис.185. Принципиальная схема установки безотходной просечки ленты:**  
1 — лента, 2 — сетка, 3 — рабочий инструмент (штамп)

## 60. УПРОЩЕННЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

### Упрощенные способы обработки листового металла

В мелкосерийном производстве достаточно широко применяют упрощенные способы обработки давлением листовых заготовок: *штамповку эластичными материалами* (рис. 186,187), *штамповку жидкостью* (рис.188), *давлильные работы* (рис.189), *высокоскоростную штамповку* и т.п.

**При штамповке эластичными материалами** только один рабочий элемент (пуансон или матрицу) изготавливают из металла, роль другого инструмента (матрицы или пуансона) выполняют *резина, пластмассы (полиуретан) и жидкость*.

**Штамповка жестким пуансоном в жидкостную матрицу** аналогична деформированию заготовки в эластичную матрицу жестким пуансоном. **Высокое гидростатическое давление жидкости создает благоприятные условия процессу деформирования.**

Заготовку 3 (рис. 188) укладывают на прижимное кольцо 5, установленное на столе прессы 7. Пуансон 2 деформирует заготовку, которая обтягивается вокруг него резиновой диафрагмой 4, прикрепленной к корпусу матрицы 1 манжетным кольцом 6.

Жидкость высокого давления (до 70... 120 МПа) через резиновую диафрагму плотно прижимает заготовку к пуансону, возникают силы трения между поверхностями пуансона и заготовки, которые направлены по движению пуансона к его торцу. Они уменьшают утонение, снижают растягивающие напряжения, разгружают опасное сечение.

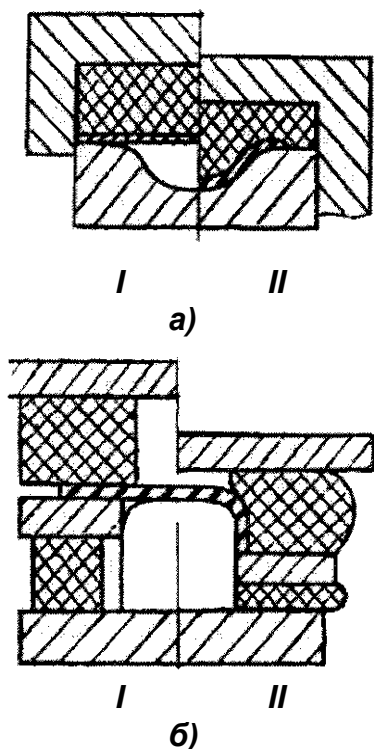


Рис.186.Штамповка эластичной средой:  
а — вытяжка резиновым пуансоном; б — вытяжка резиновой матрицей; I — начальная стадия процесса; II — конечная стадия процесса

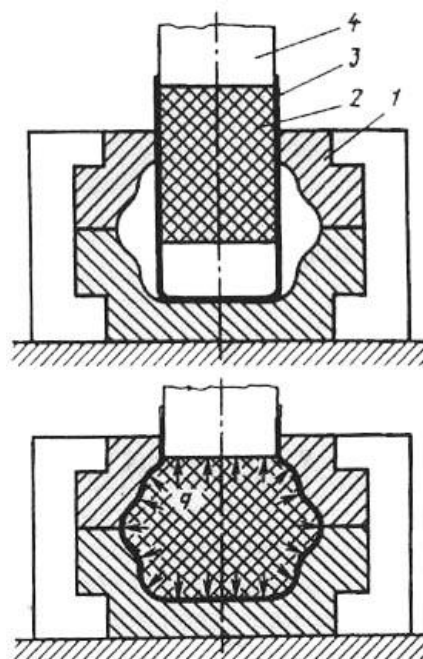


Рис.187. Схема штампа для формовки пространственной детали:  
1- разъемная матрица; 2 — эластичный пуансон; 3 — полая заготовка; 4 — пуансон- толкатель

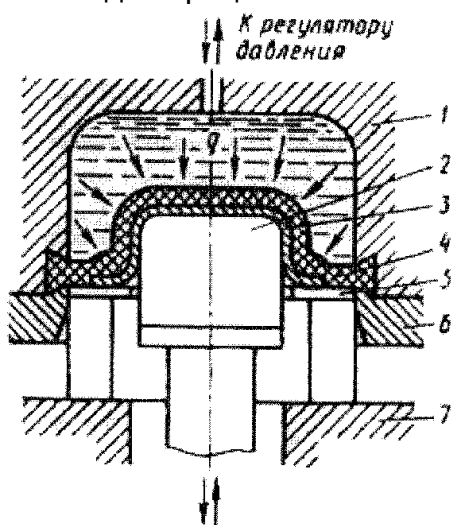
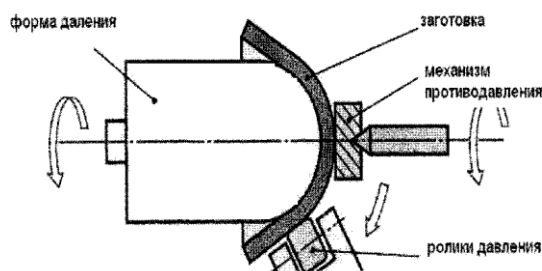


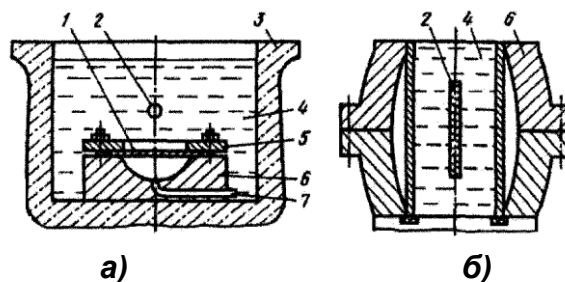
Рис.188.Схема процесса вытяжки жестким пуансоном в жидкостную матрицу:  
1 — корпус матрицы; 2 — пуансон; 3 — заготовка; 4 — резиновая диафрагма; 5 — прижимное кольцо; 6 — манжетное кольцо; 7 — пресс



**Рис. 189. Давильные работы: гибка заготовки с заданными параметрами**  
Давильные работы предназначены для получения деталей, имеющих форму тел вращения.

## Основные виды высокоскоростной листовой штамповки

Основные **виды высокоскоростной** (заготовка разгоняется до 150м/сек) листовой штамповки: *штамповки взрывом*; *электрогидравлическая*; *электромагнитная*.

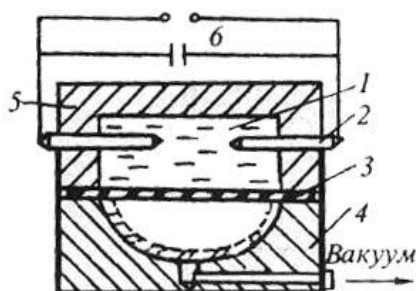


**Рис. 190. Схема штамповки взрывом деталей из плоской (а) и трубной (б) заготовки в стационарном бассейне:**

1 — заготовка; 2 — заряд взрывчатого вещества; 3 — бассейн, 4 — передающая среда, 5 — прижимное кольцо, 6 — матрица, 7 — вакуумная система

При **штамповке взрывом** энергия ударной волны взрывчатых веществ **передается заготовке через промежуточную среду** — воздух, сыпучие или эластичные материалы. Форма деталей определяется матрицей. Детали различной конфигурации изготавливают из плоских или фасонных листовых заготовок. **Толщина штампуемой детали может превышать 25 мм (легированные стали) и достигать 100 мм (алюминиевые сплавы), длина и ширина 3,5м и более.**

Взрывная штамповка осуществляется путем холодной (рис. 190) или горячей деформации. В последнем случае в качестве передающей среды применяют песок. **В процессе взрывной штамповки металл упрочняется без резкого снижения пластических свойств.** Матрицы в зависимости от серийности производства изготавливают из чугуна, стали, железобетона с пластмассовой облицовкой. **Точность изготовления деталей значительно выше, чем при листовой штамповке на прессах,** и допуски составляют 0,05...0,1 мм. Штамповку осуществляют в специальных закрытых камерах или на полигонах. Оборудование конструктивно несложно и имеет низкую стоимость. Штамповку можно совмещать с другими операциями — отбортовкой, пробивкой отверстий и т.д.



**Рис. 191. Схема электрогидравлической штамповки:**

1—камера; 2—электроды; 3—заготовка; 4—матрица; 5—контейнер; 6—источник тока

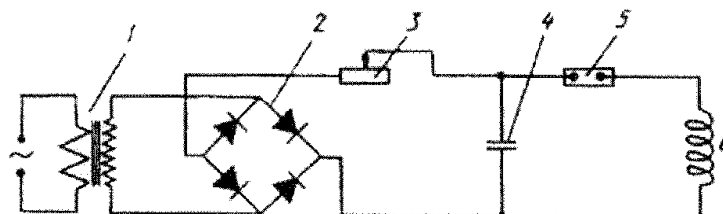
**В основу электрогидравлической штамповки положен электрогидравлический эффект образования ударных волн при мощных электрических разрядах в несжимаемых жидкостях** (рис. 191). Заготовку 3 укладывают на матрицу 4, имеющую полость, соответствующую конфигурации желаемой детали, и сверху закрывают контейнером 5. В контейнер введены электроизолированные электроды 2, подсоединенные к сети высоковольтных конденсаторов большой емкости. Полость матрицы вакуумируют, а в полость контейнера закачивают воду. При мгновенном разряде конденсаторной батареи (время разряда  $4 \cdot 10^{-5}$  с) в жидкости возникает ударная волна, деформирующая заготовку, которая принимает форму матрицы.



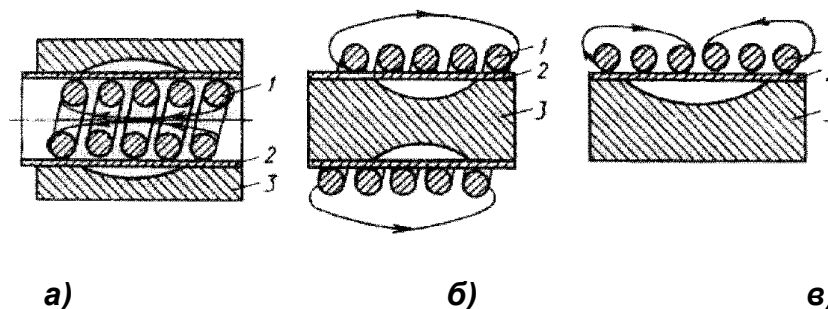
Идея использования энергии импульсных магнитных полей для перемещения и деформирования твердых тел была высказана академиком П.Л. Капицей в 1925 году, ее реализация и начало промышленного применения относятся к концу 50-х годов.

**Схема установки для электромагнитной штамповки** аналогична рассмотренной выше электрогидравлической штамповке, только вместо электродов и резервуара с жидкостью используется **индуктор**. Она состоит из повышающего трансформатора 1 (рис. 192), выпрямителя 2, переменного сопротивления 3, батареи конденсаторов 4, системы поджига (ионного или воздушного разрядника) 5 и рабочего инструмента — индуктора 6.

Если заготовка имеет трубчатую форму, то она помещается в индуктор или индуктор охватывает заготовку; при плоских заготовках индуктор имеет плоскую спиральную форму и располагается над или под заготовкой (рис.193).



**Рис. 192. Схема установки для электромагнитной штамповки**



**Рис. 193. Основные схемы электромагнитной штамповки:**

**а — раздача трубчатой заготовки; б — обжим трубчатой заготовки; в — формовка, неглубокая вытяжка листовой заготовки; 1 — индуктор; 2 — заготовка; 3 — матрица (оправка)**

Воздействие импульсного магнитного поля на заготовку можно осуществлять также через передающую среду, в качестве которой используют эластичный материал или жидкость. Электропроводность материала заготовки в этом случае не имеет значения. Посредством этого метода можно деформировать заготовки из высокопрочных сталей и сплавов, имеющих низкую электропроводность, а также тонколистовые заготовки (менее 0,1 мм), имеющие высокую электропроводность, но при штамповке которых возникает опасность проникновения магнитного поля за заготовку и образования "магнитной подушки". Рабочим инструментом для электромагнитной штамповки является индуктор. Индукторы могут быть однократного и многократного использования.