

Процессы и операции формообразования

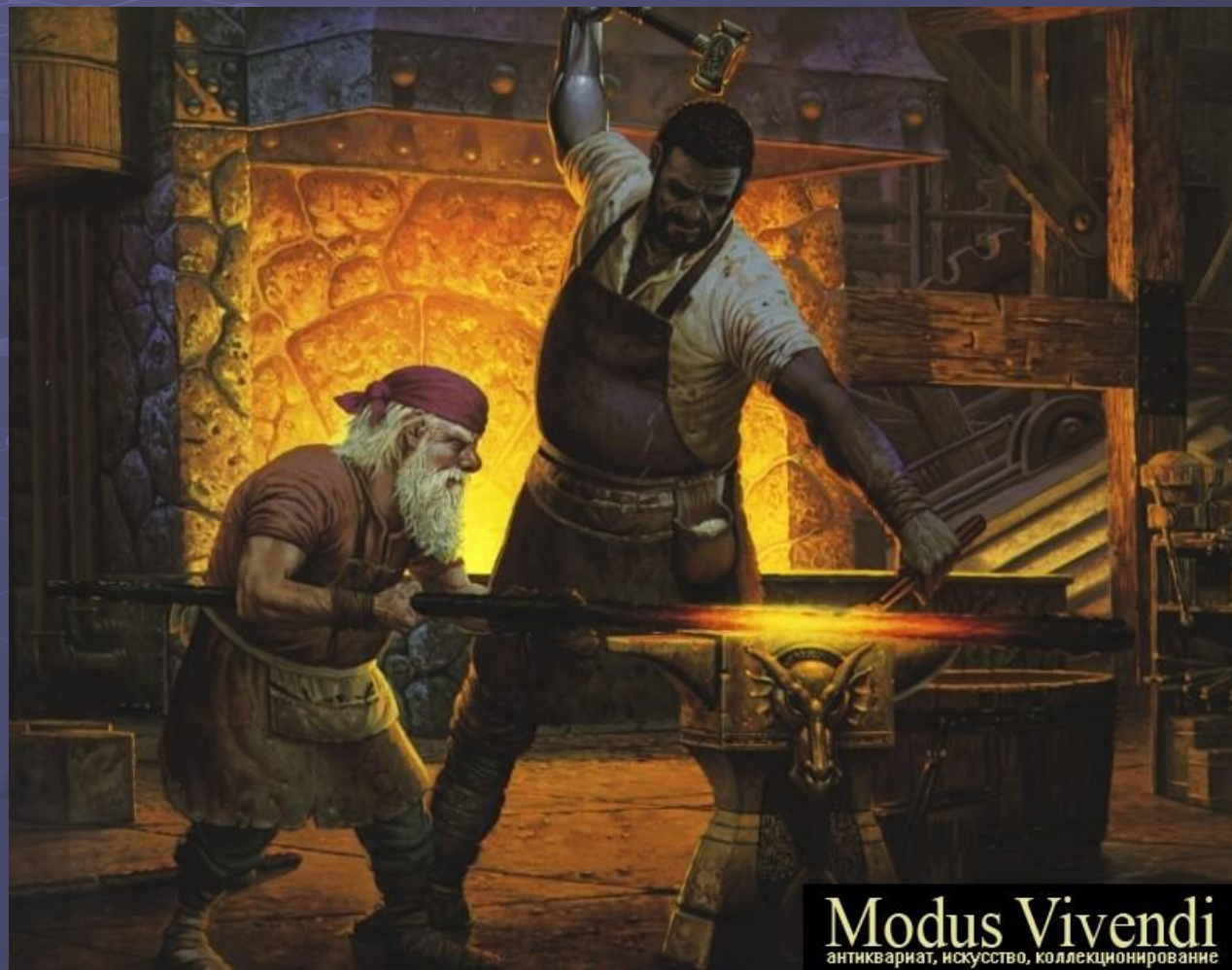
*18. ЛЕКЦИЯ-12
ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА
ЗАГОТОВОК И ГОТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ
ОМД*

План лекции

1 Ковка

2 Объемная
штамповка

3 Листовая
штамповка



Ковка

- **Ковка** – это процесс обработки давлением, при котором для получения заданных форм и размеров по заготовке наносится ряд последовательных ударов бойками молота или нажимов пресса
- Ковкой получают поковки массой от 0,1 кг до 400 т.
- Ковка делится на *ручную* и *машинную*.
- Ковку применяют при штучном (единичном) и мелкосерийном производствах, если к деталям предъявляются повышенные требования по совокупности механических свойств (вибропрочность, сопротивление усталости и др.).

Ковка

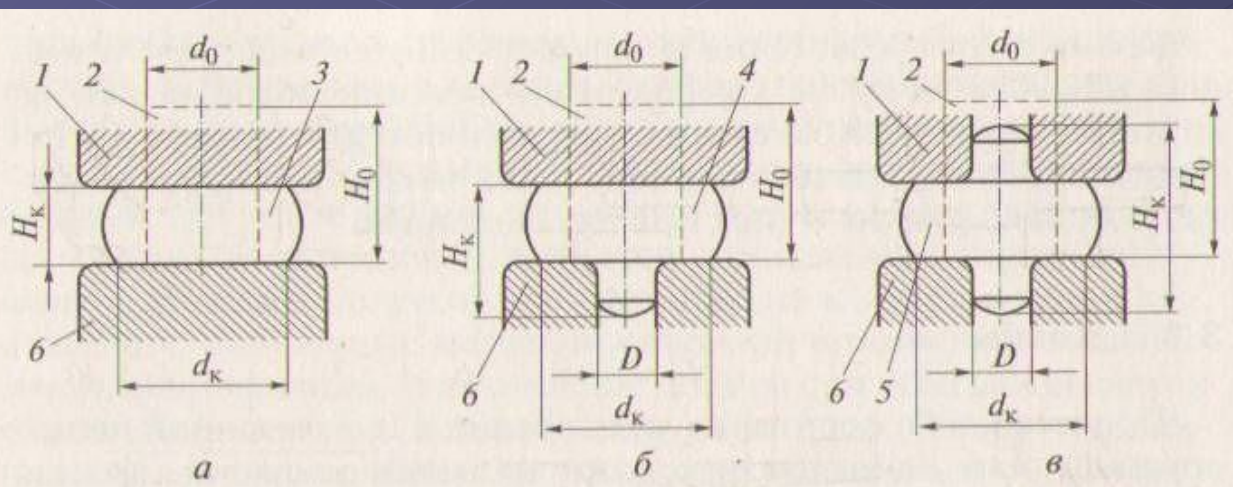
Исходные материалы

- Исходным материалом для ковки служат слитки, прокат и прессованные заготовки.
- Малые (до 50 кг) и средние (до 250 кг) поковки (вагонные оси, шатуны, небольшие коленчатые валы, кольца крупных подшипников, рычаги, крюки, заготовки для штамповочного инструмента и др.) изготавливают из блюмов, сортового проката и прессованных заготовок.
- Тяжелые поковки массой свыше 250 кг (судовые прямые и коленчатые валы, валы гидрогенераторов и турбин, колонны прессов, прокатные валки и др.) проводят из слитков круглого, многогранного и квадратного сечений.
- Пустотелые крупные поковки (цельнокованные барабаны сосудов и котлов высокого давления, роторы генераторов, турбинные диски, трубы и кольца) куют из полых слитков.

Основные операции ковки.

Осадка

- **Осадка** – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения
- **Высадка** – разновидность осадки – металл осаживают лишь на части длины заготовки



1 – верхние плиты;
2 – заготовки;
3, 4, 5 – поковки;
6 – нижние плиты;
 D – диаметры отверстий в плитах;
 d_0 и d_k – диаметр соответственно заготовок и поковок;
 H_0 и H_k – высота заготовки соответственно начальная и конечная

Рисунок 18.1-Схемы операций ковки:

а, б, в – осадка без истечения и с течением материала

Основные операции ковки.

Осадка

- Показатели степени деформации металла при осадке ε , %, является относительное обжатие:

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_k}{H_0} 100$$

- где H_0 и H_k – высота заготовки соответственно начальная и конечная.
- При осадке отожженных заготовок между плоскими плитами предельно допустимая степень деформации составляет:
 - для стали 60...70 %,
 - для алюминия 80...90 %;
- при осадке с истечением в полость
 - для стали 70...80 %,
 - для алюминия 80...90 %;
- Силу осадки при подборе пресса рассчитывают в меганьютонах по формуле $P = qF$, где F – площадь детали, м², q – удельное давление, МПа
 - для алюминия 100...400 МПа,
 - для стали 600...1300 МПа – табличные значения

Основные операции ковки.

Прошивка

- **Прошивка** – операция получения полостей в заготовке за счет вытеснения металла (рис. 18.1, з). Прошивкой можно получить сквозное отверстие или углубление.
- Инструментом для прошивки служат прошивни (рис. 18.1, е) сплошные и пустотелые; последними прошивают отверстия большого диаметра (400...900 мм).
- При сквозной прошивке сравнительно тонких поковок применяют подкладные кольца (рис. 18.1, д). Более толстые поковки прошивают с двух сторон без подкладного кольца (рис. 18.1, з).
- Диаметр прошивня выбирают не более $1/3...1/2$ наружного диаметра заготовки; при большем диаметре прошивки заготовка значительно искажается.
- Про

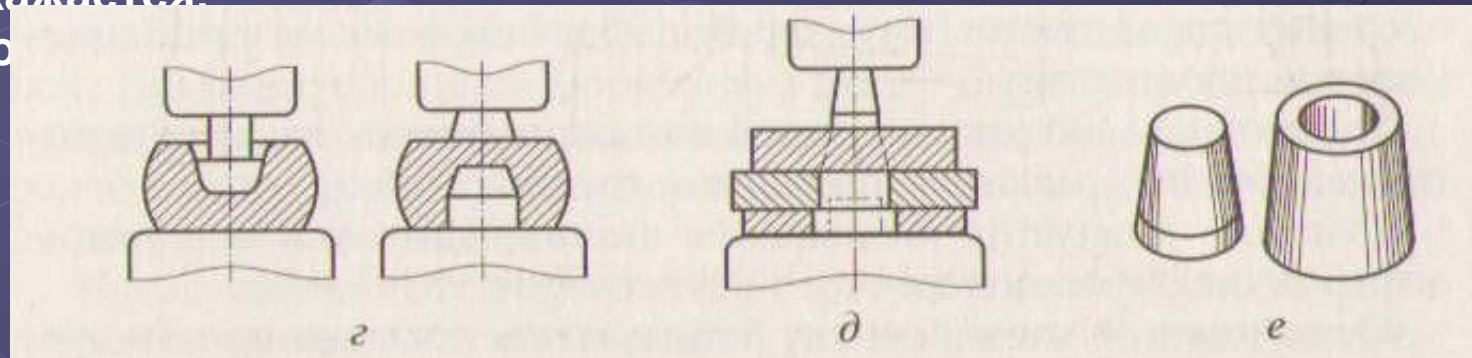


Рисунок 18.1-Схемы операций ковки:

з – двухсторонняя прошивка; д – сквозная прошивка; е – прошивни

Основные операции ковки.

Отрубка

- **Отрубка** – операция отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента (рис. 18.1, ж).
- Инструмент для отрубки – топоры различной формы (рис. 18.1, з).
- Отрубку применяют для получения из заготовок большой длины несколько коротких, для удаления излишков металла на концах поковок, а также прибыльной и донной частей слитков и т.п.

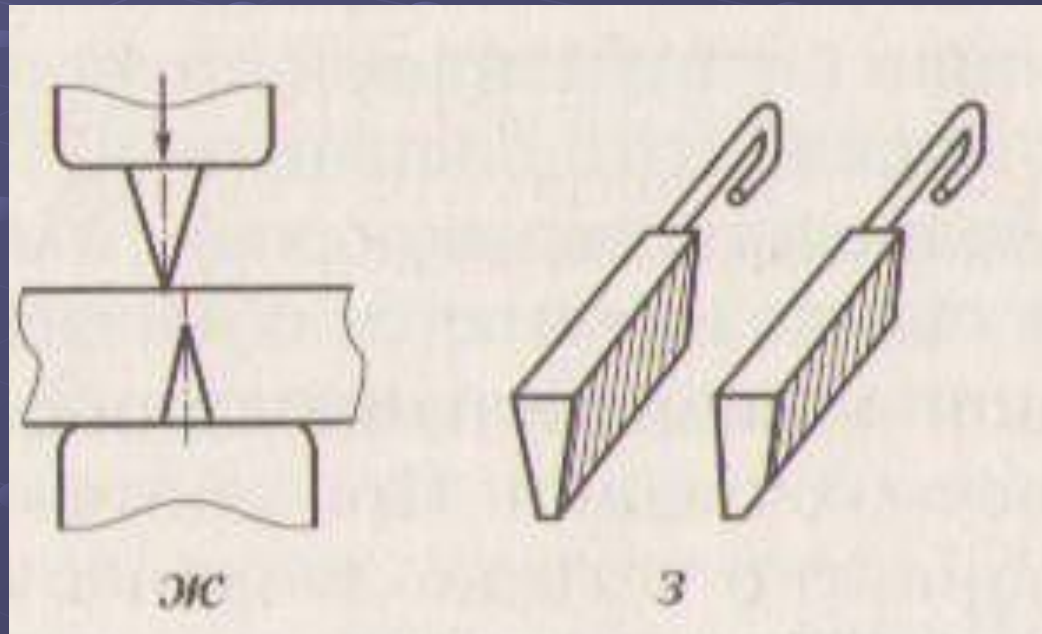
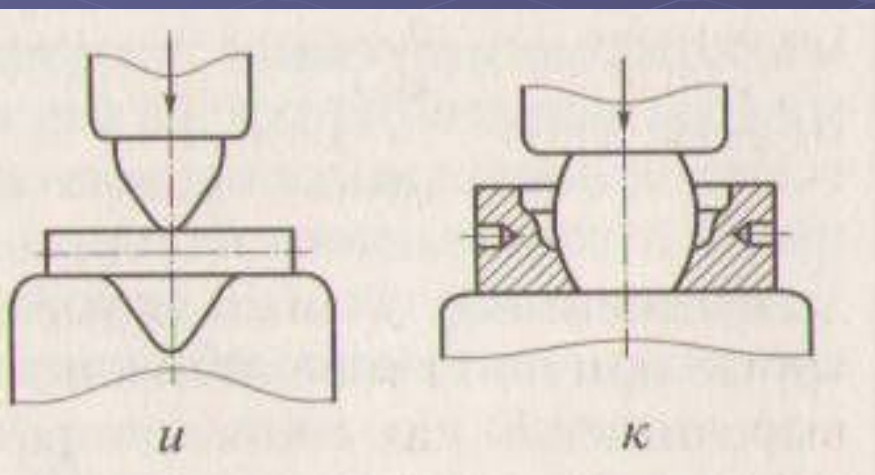


Рисунок 18.1-Схемы операций ковки:
ж – отрубка; з – топоры

Основные операции ковки. Гибка



- **Гибка** – операция придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру (рис. 18.1, *u*).
- Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны и т.п.
- Гибка сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки и уменьшением его площади в зоне изгиба, называемым утяжкой.
- Для компенсации утяжки в зоне изгиба заготовке придают увеличенные поперечные размеры.
- При гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному.
- Во избежание этого явления к заданному углу изгиба заготовки подбирают соответствующий радиус скругления.

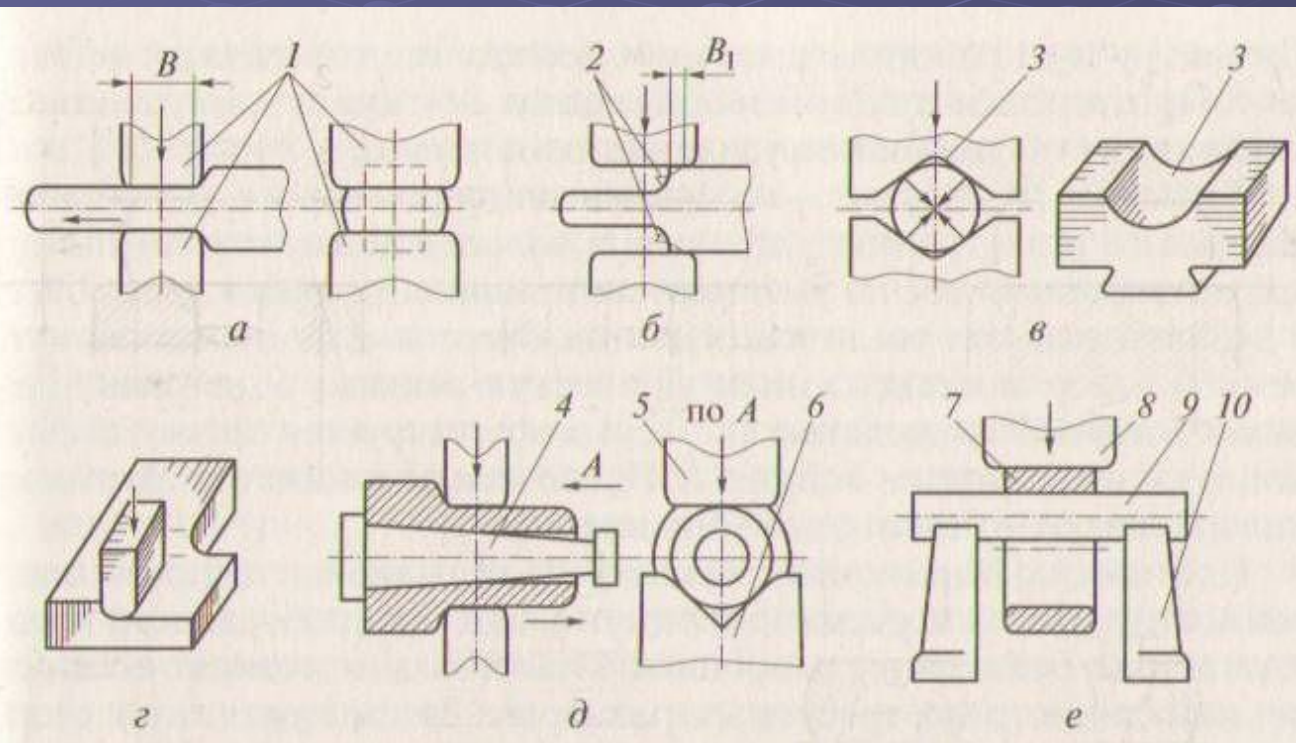
Рисунок 18.1-Схемы операций ковки:

u – гибка;

к – штамповка в подкладных штампах

Основные операции ковки.

Протяжка



- 1 – плоские бойки;
- 2 – зажим;
- 3 – вырез;
- 4 – коническая оправка;
- 5, 6 – плоский и вырезной бойки;
- 7 – заготовка;
- 8 – боек;
- 9 – цилиндрическая оправка;
- 10 – подставка;
- B и B_1 – ширина площади нажатия

Рисунок 18.2-Схемы протяжки и ее разновидностей:

$a, б$ – протяжка плоскими бойками; $в$ – протяжка вырезными бойками; $г$ – разгонка бойками; $д$ – протяжка с оправкой; $е$ - раскатка на оправке

Основные операции ковки.

Протяжка

- **Протяжка** (рис. 18.2) – операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади ее поперечного сечения (на рис. 18.2, а пунктиром показан контур первоначальной заготовки).
- Протяжку проводят последовательными ударами или нажатиями на отдельные участки заготовки, примыкающие один к другому, с подачей заготовки вдоль оси протяжки и поворотом ее на 90град вокруг этой оси.
- Протягивать можно *плоскими* (рис. 18.2, а) и *вырезными* (рис. 18.2, в) бойками.
- При протяжке на плоских бойках в центре изделия могут возникнуть значительные растягивающие напряжения, которые приводят к образованию осевых трещин.
- При протяжке в вырезных бойках силы, направленные с четырех сторон к осевой линии заготовки, способствуют более равномерному течению металла и устранению возможности образования осевых трещин.

Объемная штамповка

- **Штамповка** – способ пластической деформации заготовки давлением либо разделением ее на части
- **Штамп** - специальный инструмент для осуществления процесса штамповки .
- Штамп состоит из двух или нескольких частей, которые в сомкнутом состоянии образуют одну или несколько полостей. При сближении частей штампа происходит принудительное перераспределение металла заготовки, в результате чего металл заполняет полость штампа, в результате чего получают заданные формы и размеры поковки.
- Основными видами объемной штамповки являются:
 - горячая, происходящая в условиях, близких к горячей деформации;
 - холодная – в условиях холодной деформации;
 - теплая – в условиях неполной холодной деформации;
 - полугорячая – в условиях неполной горячей деформации.

Штамповка в открытых штампах

- Характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа.
- В этот зазор вытекает часть металла – **облой** (заусенец), который закрывает выход из полости штампа и заставляет основной металл целиком заполнять всю полость.

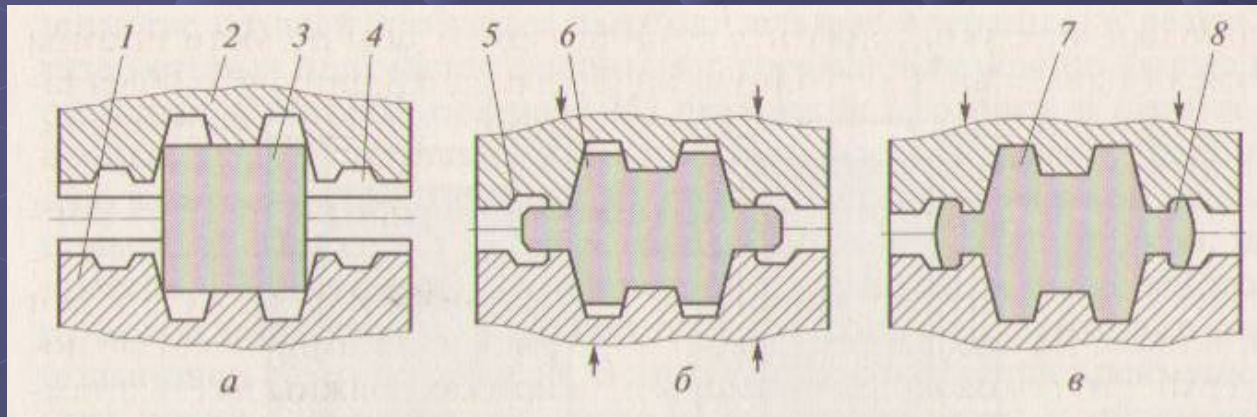
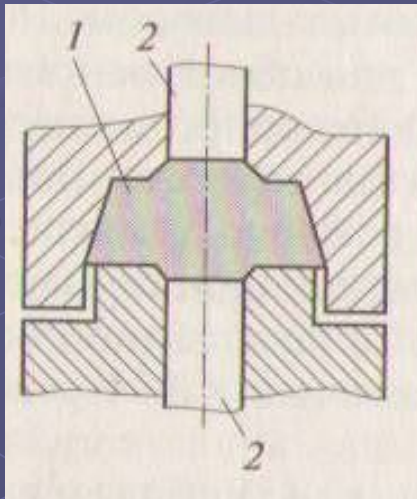


Рисунок 18.3-Открытая штамповка:

- а, б, в – начальный, промежуточный и конечный момент штамповки;
1, 2 – нижняя и верхняя части штампа; 3 – заготовка; 4 – облойная канавка;
5 – магазин для облоя; 6 – поковка на промежуточной стадии процесса;
– готовая поковка; 8 – облой.

Штамповка в закрытых штампах

- Характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой.
- Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, так что образование облоя в нем не предусмотрено.
- Очевидно, что в данном случае масса заготовки практически полностью расходуется на получение изделия.



Штамповкой в закрытых штампах получают диски, колеса, втулки и кольца. Достоинством штамповки в закрытых штампах является уменьшение расхода металла, так как нет отхода в облой. По этой же причине поковки имеют более благоприятную структуру, так как волокна металла обтекают контур поковки, а не перерезаются в месте выхода металла в облой.

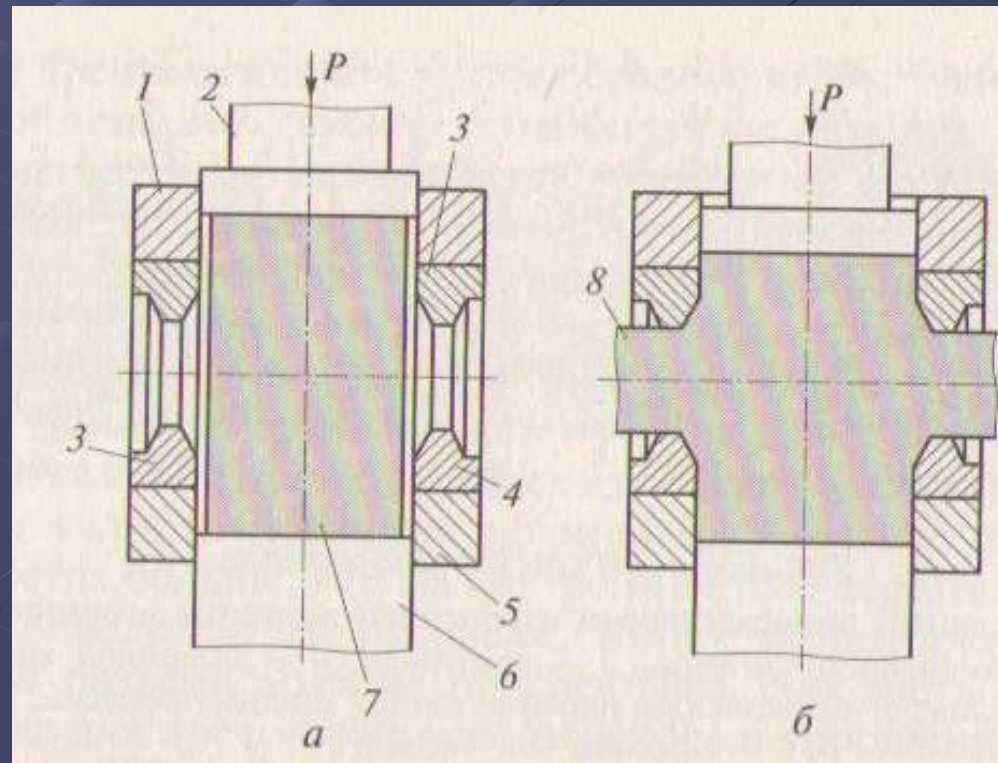
Рисунок 18.4-**Закрытая штамповка:**

1 – поковка; 2 - выталкиватель

Штамповка в закрытых штампах

- К штамповке в закрытых штампах можно отнести штамповку *выдавливанием* (рис. 18.5) и *прошивкой*, так как штамп в этих случаях выполняют по типу закрытого и заусенец не предусматривают

Рисунок 18.5-**Поперечное выдавливание в разъемных матрицах:** *а* – перед началом выдавливания; *б* – промежуточный момент выдавливания;
1, 5 – матрицедержатель;
2 – пуансон; 3, 4 – матрица;
6 – нижний пуансон и выталкиватель;
7 – заготовка до выдавливания;
8 – заготовка в процессе выдавливания; *P* – усилие выдавливания.



Горячая объемная штамповка

Преимущества:

- значительно более высокая производительность;
- стабильность формы и размеров;
- более высокая точность размеров;
- возможность получения поковок более сложной формы;
- меньшие конструктивные припуски, причем значимость этих припусков уменьшается по мере расширения технологических возможностей автоматизированных комплексов.

Недостатки:

- требуются дорогостоящие штампы, имеющие ограниченную стойкость.
- По мере увеличения массы (объема) поковок стоимость штампа возрастает, а стойкость уменьшается.
- Поэтому особое внимание уделяется *фасонированию* заготовок перед штамповкой.
- Возможна также замена штамповки специальными видами прокатки.

Горячая объемная штамповка

- По сравнению с обработкой резанием горячая объемная штамповка имеет следующие преимущества:
 - значительно более высокие механические свойства изделий, в том числе сопротивление усталости и вибропрочность;
 - увеличение *коэффициента использования металла (КИМ)* при оптимизации технологии и конструкции штампов.
- В настоящее время разрабатываются и реализуются новые технологии, конструкции штампов и оборудования, обеспечивающие рентабельность процесса не только при массовом и крупносерийном, но и при серийном и мелкосерийном производствах, доля которых в выпуске продукции машиностроительных предприятий постоянно увеличивается.
- Автоматизируется процесс проектирования технологии и инструмента, создаются автоматизированные технологические комплексы, расширяется сеть специализированных заводов по производству поковок горячей штамповкой.

Горячая объемная штамповка

Исходные материалы для штамповки —

- стальной прокат в виде прутков (обычно круглого, а также квадратного, прямоугольного и других сечений), блюмов, труб и профилей переменного сечения (периодический прокат), прессованные прутки и трубы из бронзы, алюминиевых сплавов и других сплавов с пониженной пластичностью.
- Наиболее распространена штамповка мерной заготовки, отрезанной в штампе от прутка по заданным размерам и массе. Из каждой заготовки обычно штампуется одна поковка.
- Для повышения производительности иногда применяют многоштучную штамповку, при которой из одной мерной заготовки получают 6 — 8 поковок относительно небольшого размера.

Холодная объемная штамповка

- Способ получения в штампах заготовок и деталей из сортового проката и прессованных прутков, основанный на процессе холодной деформации, называется холодной объемной штамповкой (ХОШ).
- Основные операции ХОШ:
 - высадка открытая и закрытая,
 - выдавливание,
 - вдавливание.

Холодная объемная штамповка

- **Высадку** применяют для получения деталей с образованием фланцев и других местных утолщений (рис. 18.6) для доведения формы до требуемого размера изделия последующей окончательной штамповкой.
- На процессе высадки основано производство крепежных деталей (болтов, винтов, заклепок, гвоздей и т. п.), шаровых пальцев автомобилей и других деталей с шаровой головкой, штуцеров и т.п.

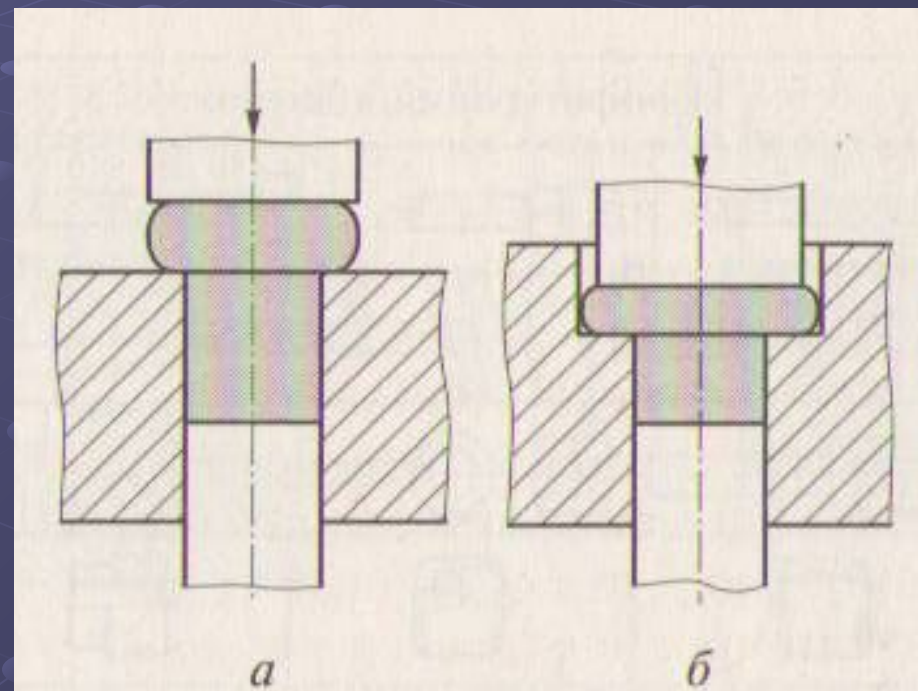
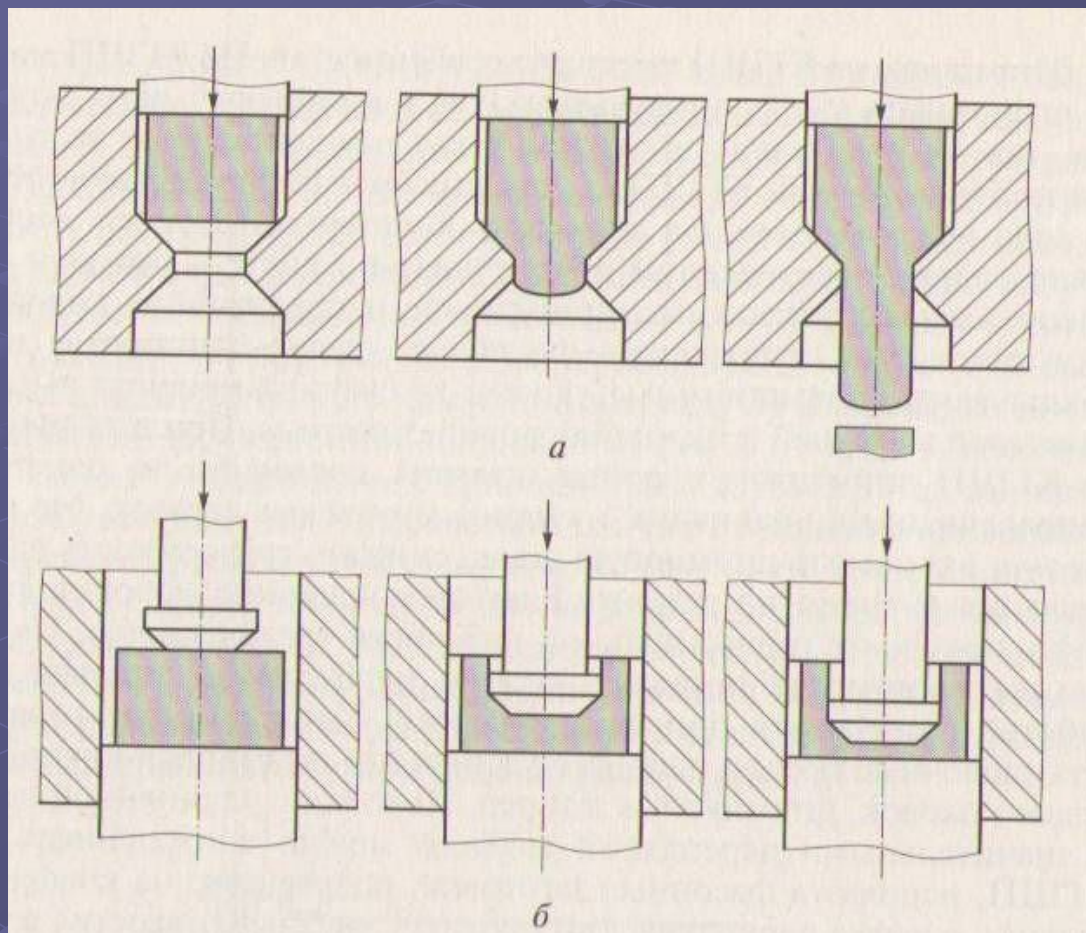


Рисунок 18.6-Схемы высадки:

а – открытой; б – закрытой;

→ – направление действия рабочего усилия

Холодная объемная штамповка



- **Выдавливание** может быть как заготовительным переходом, так и штамповочным. Имеются четыре разновидности процесса выдавливания (рис. 18.7):
 - прямое,
 - обратное,
 - поперечное,
 - комбинированное.
- При прямом выдавливании металл течет в сторону движения пуансона, при обратном – навстречу.

Рисунок 18.7-Схемы прямого (а) и обратного (б) методов выдавливания:
стрелка – направление действия силы при выдавливании

Листовая штамповка

- *Листовая штамповка* – способ получения плоских и пространственных деталей, при котором листовой материал пластически деформируется в холодном состоянии при помощи штампов
- Применяется для изготовления самых разнообразных деталей, в том числе деталей кузовов и кабин автомобилей, летательных аппаратов, электрических машин, изделий народного потребления и др.

Листовая штамповка

Достоинства:

- высокая точность и чистота поверхностей деталей, как правило, не требующих дальнейшей механической обработки;
- высокая прочность деталей при незначительной их массе;
- высокая производительность процесса;
- возможность полной автоматизации процесса;
- существенная экономия металла;
- низкая себестоимость изготавливаемых деталей.

Листовая штамповка

- В соответствии с ГОСТ 18970 – 84 операции листовой штамповки подразделяются на:
 - разделительные: отрезка, вырубка, пробивка, обрезка, зачистка и др., характеризующиеся отделением одной части заготовки от другой по незамкнутому или замкнутому контуру;
 - формоизменяющие: гибка, вытяжка, формовка, отбортовка, правка и др., которые характеризуются изменением формы исходной заготовки без ее разрушения.
- Операцию листовой штамповки часто осуществляют комбинированно, т.е. несколько операций выполняются одновременно в одном штампе.

Разделительные операции

а – отрезка; б, в – разрезка с отходом и без отхода;

г – вырубка; д – надрезка;

е – проколка; ж – пробивка;

з – отрезка; и – зачистка;

к – высечка; л – просечка;

1 – упор; 2 – пуансон;

3 – прижим; 4 – исходный металлопродукт (лист);

5 – матрица; 6 – полученный металлопродукт; 7 – отходы;

8 – выталкиватель;

9 – подкладная плита;

s – толщина обрабатываемой металлопродукции;

→ – направленное действие рабочего усилия;

→ – движение рабочих частей

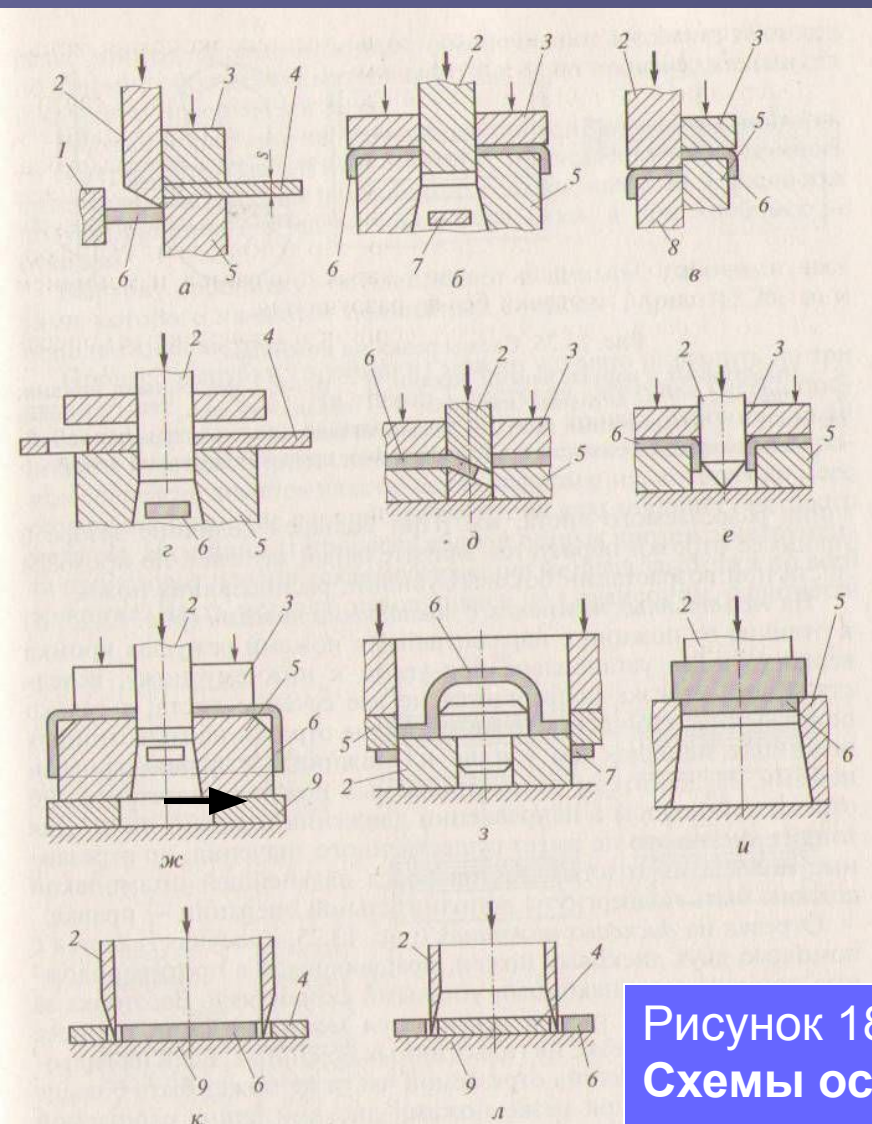


Рисунок 18.8.

Схемы основных разделительных операций металлопродукции

Разделительные операции

- **Отрезка** (рис. 18.8, а) – полное отделение одной части заготовки от другой по незамкнутому контуру путем сдвига.
- Отрезка применяется как заготовительная операция для получения заготовок в виде полос для последующей штамповки.
- Для отрезки применяют ножницы с параллельными, наклонными (гильотинные) и дисковыми (роликовые) ножами (рис. 18.9).

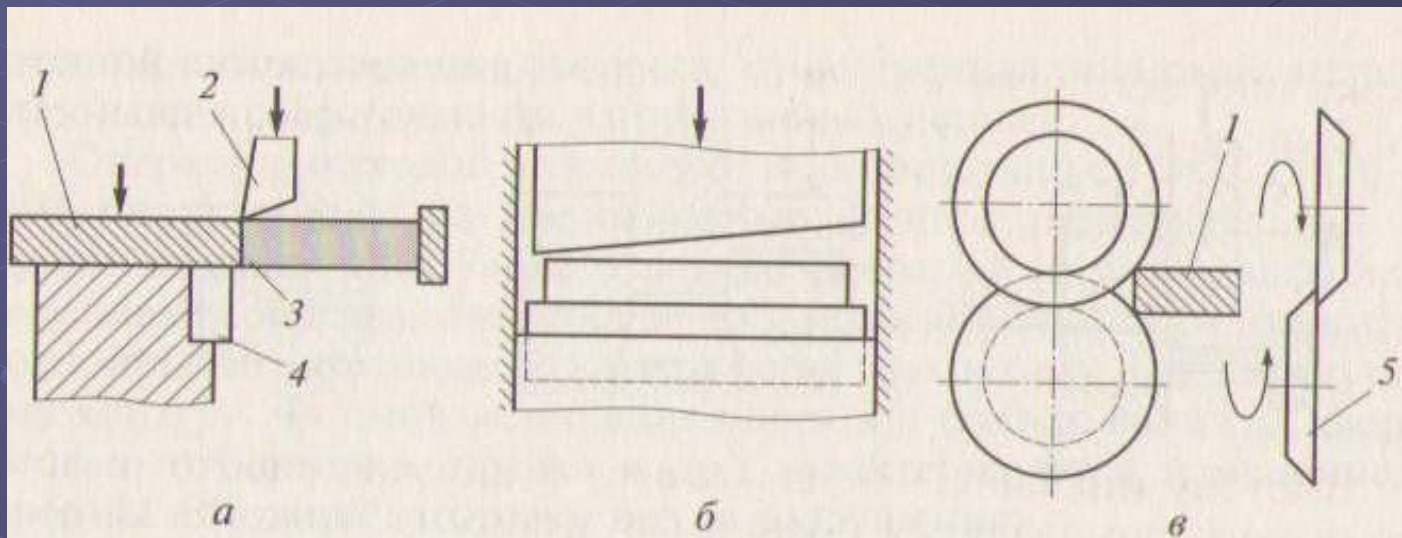


Рисунок 18.9-Схемы резки на ножницах: а – гильотинных с параллельными ножами; б – то же, с наклонными ножами; в – дисковых; 1 – исходный материал; 2 – подвижный нож; 3 – заготовка (деталь); 4 – неподвижный нож; 5 – дисковый нож; \rightarrow – направленное действие режущего усилия; \curvearrowright – направления вращения дисковых ножей

Разделительные операции

- **Вырубка и пробивка** (рис. 18.10, г, ж) являются операциями разделения листового материала по замкнутому контуру, причем при вырубке часть материала, находящаяся внутри этого контура, является деталью или полуфабрикатом для дальнейшей обработки, а при пробивке – отходом.

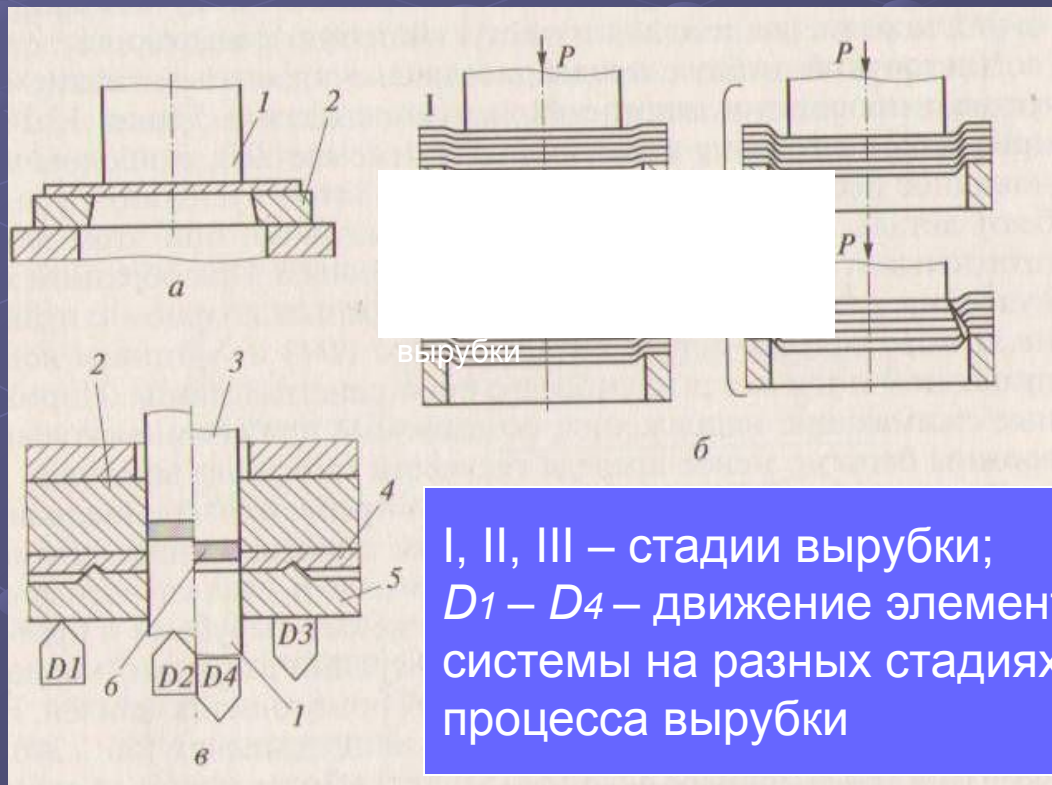


Рисунок 18.10-Вырубка (пробивка):

- а* – схема; *б* – стадии вырубки; *в* – чистовая вырубка в штампе; *1* – подвижный пуансон; *2* – неподвижная матрица; *3* – контрпуансон; *4* – отход; *5* – прижимное кольцо; *б* – вырубленная деталь; *P* – усилие вырубки;

I, II, III – стадии вырубки;
 $D1 - D4$ – движение элементов системы на разных стадиях процесса вырубки

Разделительные операции

- **Зачистка** (рис. 18.11) заключается в срезании припуска на боковых поверхностях деталей.
- Зачисткой обрабатывают заготовки из цветных металлов и их сплавов (медь, латунь, алюминий и др.), низкоуглеродистой и коррозионно-стойкой сталей и титановых сплавов.
- Ширина отделяемого зачисткой слоя материала всегда меньше толщины заготовки, процесс его отделения принципиально иной, чем при обычной вырубке и пробивке.
- Отделение припуска в виде стружки происходит постепенно, по мере опускания пуансона вплоть до опорной поверхности заготовки, а не путем скалывания, как при обычных вырубке и пробивке.

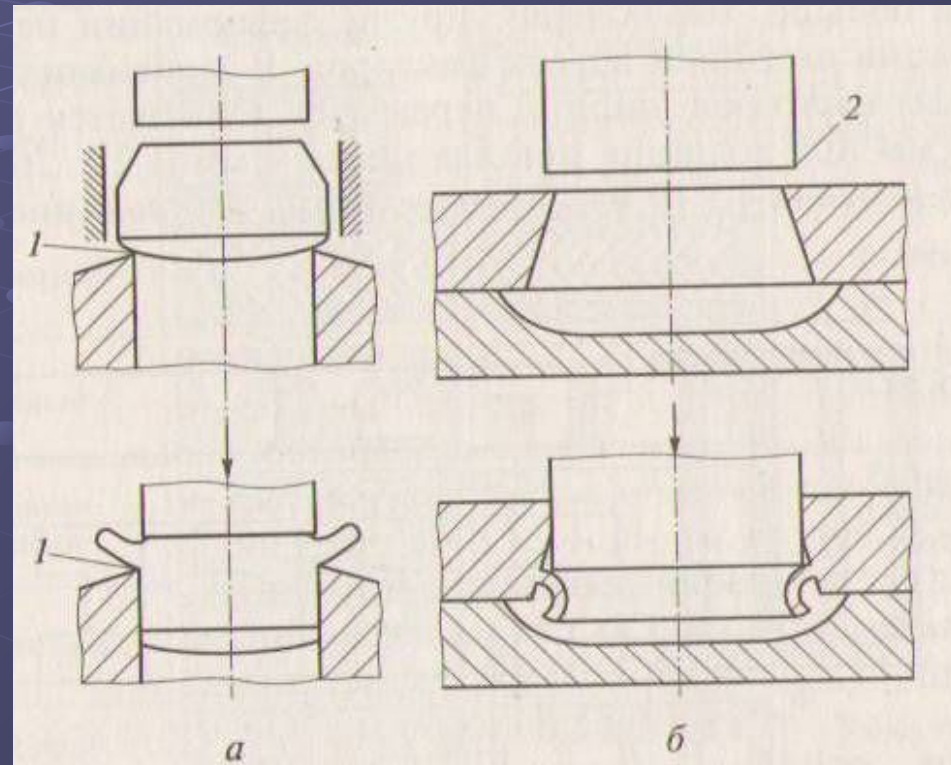


Рисунок 18.11-Схема зачистки наружного (а) и внутреннего (б) контура детали:
1 – режущая кромка матрицы;
2 – то же, пуансона; → – направление действия режущих кромок

Разделительные операции

- **Разрезка** – разделение заготовки или полуфабриката на части по незамкнутому контуру, которое может выполняться с отходом материала или без.
- **Надрезка** – неполное отделение части заготовки, сопровождающееся ее отгибом.
- **Проколка** – образование в заготовке отверстия острым пуансоном без удаления металла в отход.
- **Пробивка** – образование в заготовке отверстия острым пуансоном с удалением металла в отход.
- **Обрезка** – удаление технологического припуска детали.
- **Высечка** – полное отделение заготовки или изделия по замкнутому контуру путем внедрения инструмента в материал исходной заготовки.
- **Просечка** – образование отверстия в заготовке путем внедрения в нее инструмента с удалением части материала в отход.

Формоизменяющие операции

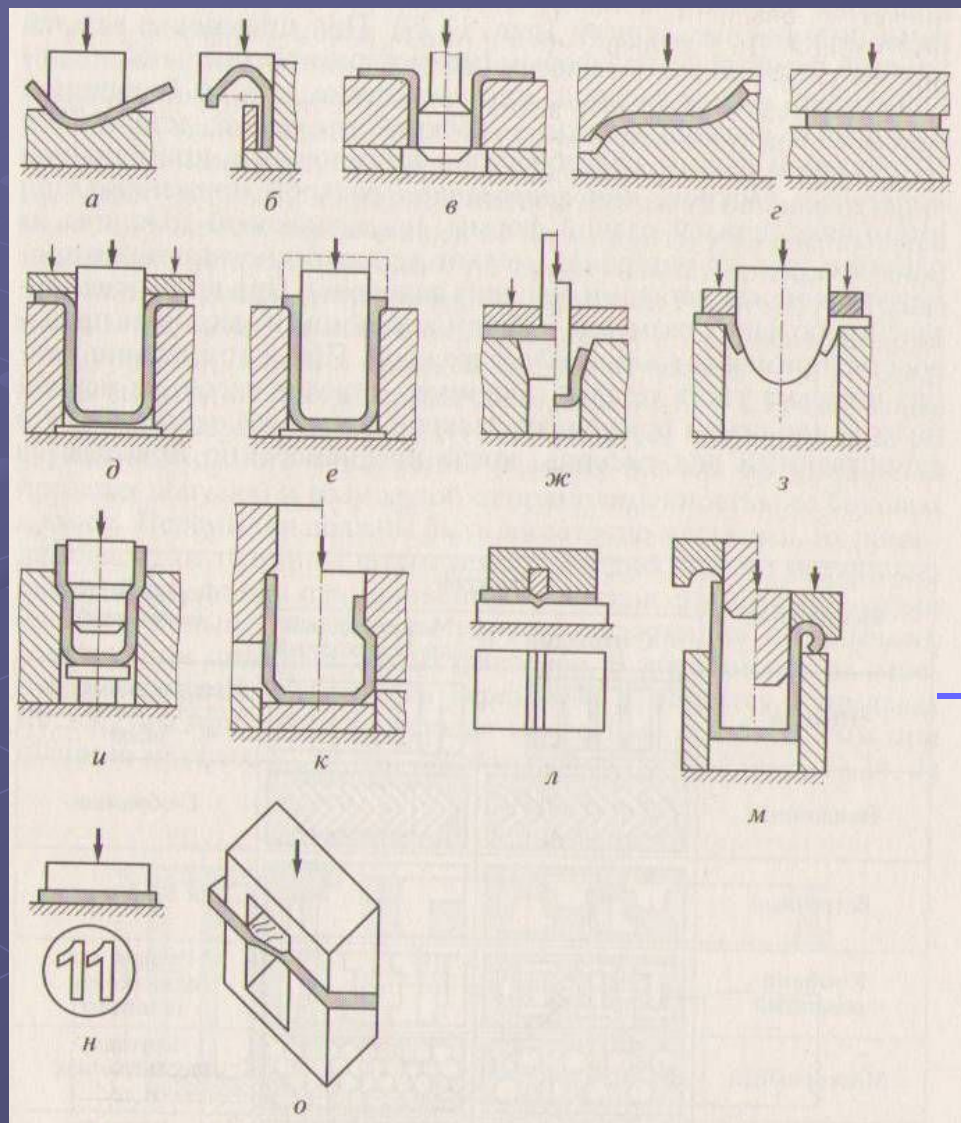
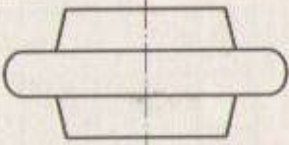
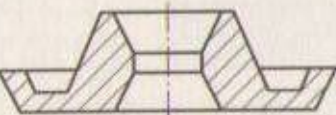
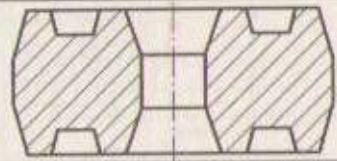
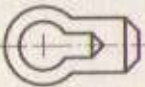
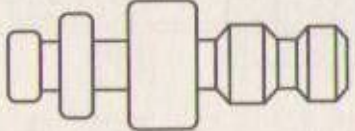
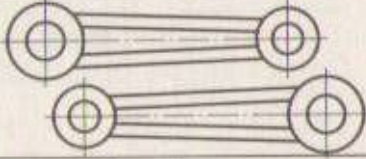

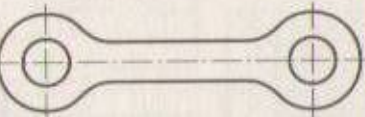


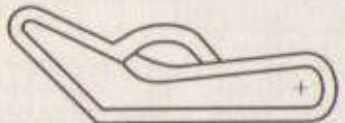
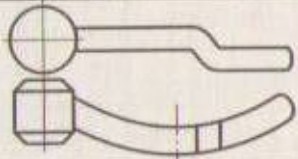

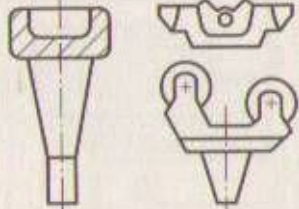
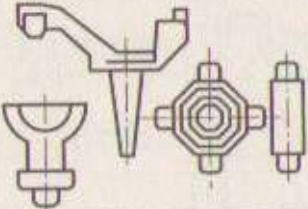


Рисунок 18.12-Схемы основных формоизменяющих операций:

а – гибка; *б* – завивка;
в – калибровка; *г* – правка;
д – вытяжка; *е* – вытяжка с утонением; *ж* – комбинированная вытяжка; *з* – отбортовка; *и* – раздача; *к* – обжим; *л* – рельефная формовка; *м* – закатка; *н* – чеканка (число 11 – для примера); *о* – скручивание;
→ – направление действия силы; → – направление прижима

Приложение 18.1

Классификация поковок, штампуемых в кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП), на группы I – V и подгруппы 1 – 3

Группа	Подгруппа		
	1	2	3
I			
II			
III			
IV			
V			


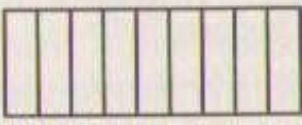


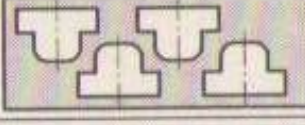
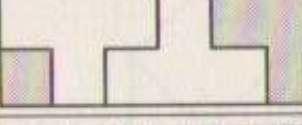
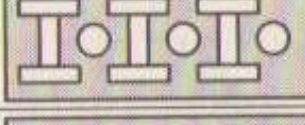





Приложение 18.2


Классификация поковок, штампуемых в горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), на группы I – IV и подгруппы 1 – 3

		Конфигурация поковок					
Группа	Подгруппа	I	1				
			2				
			3				
		II	1				
			2				
			3				
		III	1				
		IV	1				
		V	1				
VI	1						

Приложение 18.3

Основные виды раскроя материала штампуемых деталей

Вид раскроя	Раскрой		Форма детали (заготовки)
	С отходами	Малоотходный или безотходный	
Прямой			Простая геометрическая с вытянутой осью
Наклонный			Г-образная
Встречный			Т- и Ш-образные
Комбинированный			Разная, но одинаковой толщины
Многорядный			Круглая, шестигранная и др.
С вырезкой перемычек			Узкая (стрелки и др.), удлиненная

 Отход

Приложение 18.4

Схемы гибки

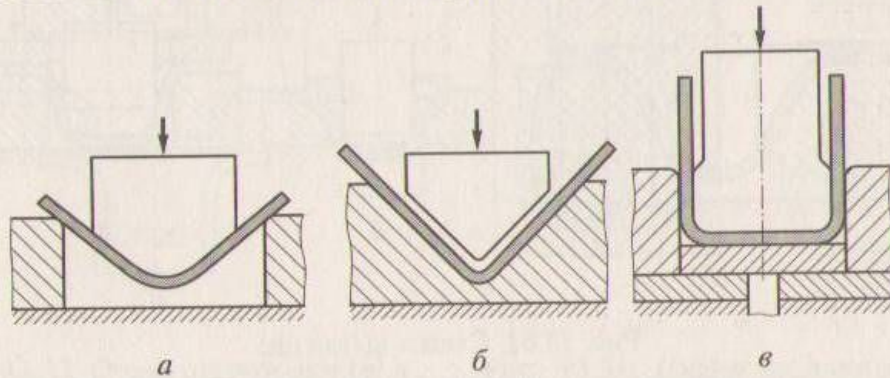


Рис. 13.31. Схемы гибки:

a — свободная; *б* — одноугловая с правкой в конце хода пуансона; *в* — двухугловая с прижимом металла; \longrightarrow — направление действия силы

Схемы вытяжки

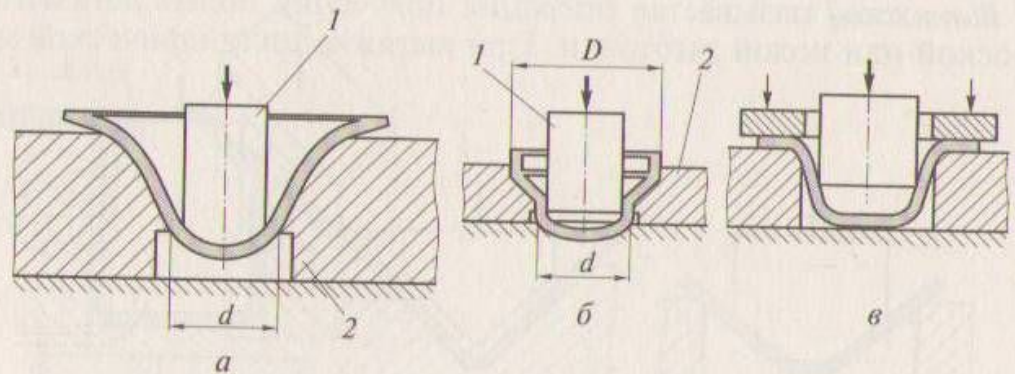


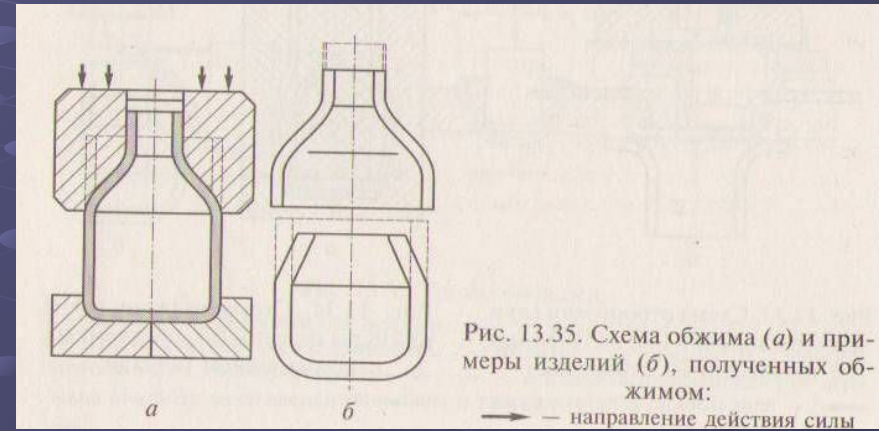
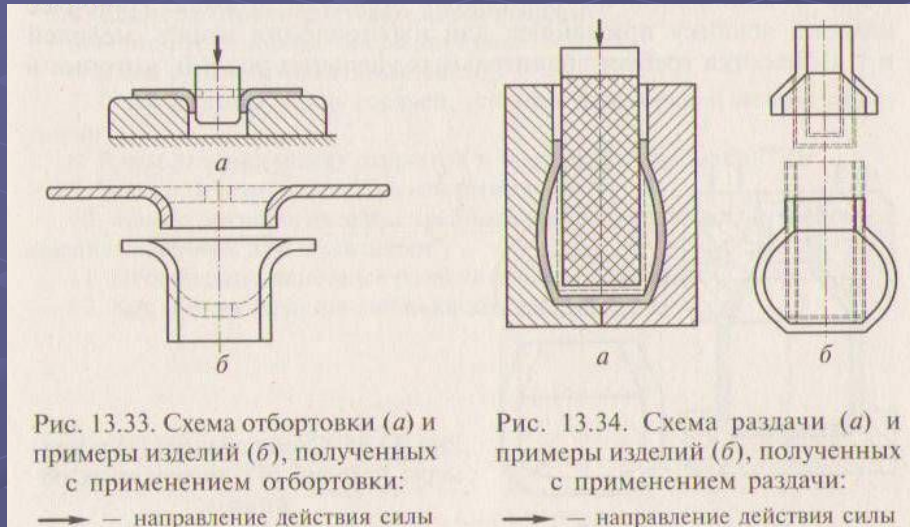
Рис. 13.32. Схемы вытяжки:

a — из плоской заготовки без прижима; *б* — из поллой заготовки без прижима; *в* — из плоской заготовки с прижимом; 1 — пуансон; 2 — матрица; D — диаметр заготовки; d — диаметр стакана; \longrightarrow , \rightarrow — соответственно направление действия силы и прижима

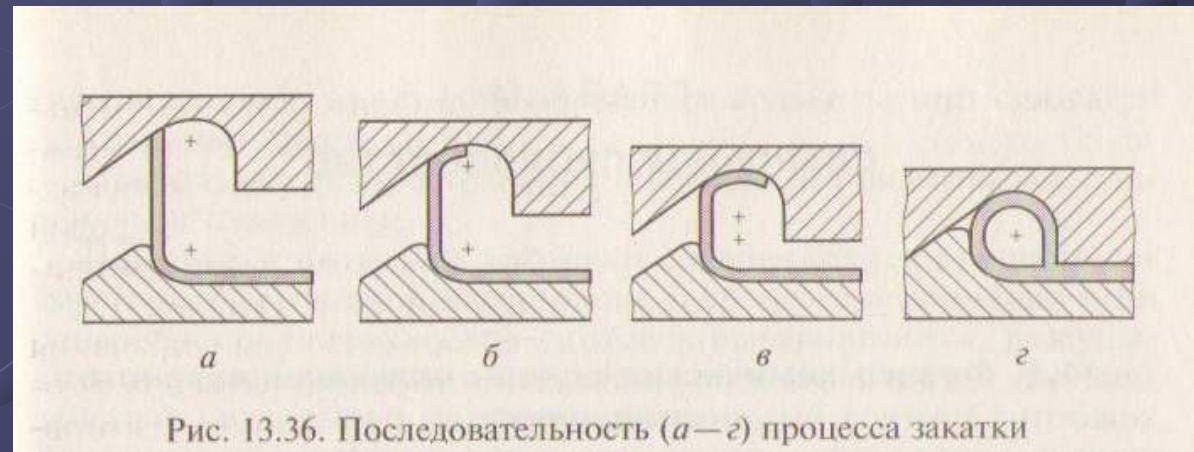
Приложение 18.5

Схемы отбортовки и раздачи

Схема обжима



Последовательность процесса закатки



ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гоцеридзе, Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Р.М. Гоцеридзе. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 384 с.
2. Лернер, П.С. Послушный металл: Кн. для учащихся ст. классов сред. шк. / П.С. Лернер. – М.: Просвещение, 1989. – 175 с.
3. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студ.в. учеб. заведений / В. Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепяхина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.