

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ГУМАНИТАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ**

А. Ю. Боташев

## **ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА**

Методические указания для проведения практических занятий для аспирантов направление 15.06.01 Машиностроение Профиль Технологии и машины обработки металлов давлением Уровень основной образовательной программы: подготовка кадров высшей квалификации

Черкесск  
2015

УДК 621.7.(075.8)  
ББК 34.623  
Б86

Рассмотрено на заседании кафедры ТМ и ПМ.

Протокол №11 от «30» мая 2015 г.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СевКавГГТА.

Протокол №9 от «25» июня 2015 г.

**Рецензенты:** Казиев Ш.М. – к. т. н., зав. кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин»

**Б86 Боташев, А. Ю.** Листовая штамповка: учебно-методические указания для проведения практических занятий для аспирантов 2 курса обучающихся по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение профиль «Технологии и машины обработки давлением» / А. Ю. Боташев. – Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2015. – 40 с.

Методические указания разработаны в соответствии с учебным планом направления подготовки аспирантов 15.06.01 Машиностроение на основе рабочей программы дисциплины «Листовая штамповка». Они предназначены для обеспечения практических занятий по листовой штамповке. Сформированы требования к листовым материалам для листовой штамповки. Рассмотрена классификация операций листовой штамповки и методы реализации технологических процессов листовой штамповки.

УДК  
621.7.(075.8)  
ББК 34.623

© Боташев А. Ю., 2015  
© ФГБОУ ВПО СевКавГГТА, 2015

## Оглавление

Введение.....	4
1. Материалы, применяемые в листовой штамповке .....	5
2. Классификация операций и материалы для листовой штамповки .....	17
3. Классификация деталей, изготавливаемых вытяжкой.....	21
4. Расчет усилий вытяжки .....	26
5. Вытяжка с жидкостным противодействием.....	30
Список использованных источников .....	41

## Введение

Учебный курс «Листовая штамповка» входит в образовательную программу аспирантов по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение по профилю «Технологии и машины обработки давлением». Основной целью этого курса является формирование у аспирантов знаний, умений и навыков, позволяющих разрабатывать рациональные и экономически эффективные технологические процессы листовой штамповки.

Обработка давлением наряду с резанием и литьем является основным способом обработки материалов и осуществляется путем их пластического деформирования. Штамповка является одним из видов обработки давлением. Штамповку листовых материалов, у которых толщина во много раз меньше двух других размеров, называют листовой штамповкой.

Листовая штамповка является основным, а во многих случаях и единственным, способом обработки листовых материалов и по этой причине применяется практически во всех отраслях промышленности — от микроэлектроники до ракетостроения и атомного энергомашиностроения. Номенклатура деталей, получаемых листовой штамповкой, очень разнообразна. Она включает плоские и пространственные детали, детали миниатюрные (стрелки часов) и крупногабаритные (облицовочные детали автомобилей, элементы обшивки самолетов и кораблей) [1].

Листовая штамповка обеспечивает высокую производительность труда и экономию материалов. Детали, полученные листовой штамповкой, отличаются хорошим качеством и высокой прочностью. Благодаря этим качествам листовая штамповка находит все большее применение в промышленном производстве.

Данные методические указания предназначены для обеспечения практических занятий по листовой штамповке. При их составлении основное внимание уделено изучению разделительных операций листовой штамповки и технологии вытяжки, которые находят наибольшее применение на практике, а также определению усилий деформации. Рассмотрены также материалы, используемые для листовой штамповки.

## **1. Материалы, применяемые в листовой штамповке**

### **1.1. Материалы**

Для деталей, получаемых листовой штамповкой, применяют разнообразные металлические и неметаллические материалы. Исходные материалы используют в виде листа, ленты, полосы и различных профилей.

Наиболее распространенными металлическими материалами, применяемыми для листовой штамповки, являются сталь, медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы, титан и его сплавы.

Материал для листовой штамповки должен удовлетворять не только назначению и условиям работы штампованной детали, но и технологическим требованиям, вытекающим из характера производимой деформации.

Вследствие этого материал должен обладать определенными физическими, химическими и механическими свойствами, удовлетворяющими техническим условиям по толщине и качеству поверхности.

При выборе материала необходимо учитывать последующую обработку и отделку (травление, полирование, возможность нанесения антикоррозионных покрытий), а также пригодность для создания разъемных и неразъемных (сварка, клепка, пайка) соединений.

Существенное значение имеют экономические факторы, зависящие, главным образом, от количества деталей подлежащих изготовлению [2].

### **1.2. Государственные стандарты на тонколистовую сталь**

Для холодной листовой штамповки применяют листовую горячекатаную и холоднокатаную тонколистовую сталь в листах и рулонах.

#### ***ГОСТ 19903-74. ПРОКАТ ЛИСТОВОЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ.***

##### Листы горячекатаные.

толщина 0,4 - 10 мм

ширина 500 - 2200 мм

длина 1200 - 8000 мм

выбирать в указанных пределах  
из соответствующего ряда по  
ГОСТ 19903-74

##### Листы горячекатаные в рулонах.

Толщина 1,2 - 10 мм

Ширина 200 - 2300 мм

Листовую сталь подразделяют:

- по точности прокатки: повышенной точности - А, нормальной точности - Б;
- по плоскостности: особо высокой плоскостности - ПО, высокой плоскостности - ПВ, улучшенной плоскостности - ПУ, нормальной плоскостности - ПН;
- по характеру кромки: с необрезной кромкой - НО, с обрезной кромкой - О.

Пример условного обозначения (согласно ГОСТ 1577-81 «Прокат листовой и широкополосный универсальный из конструкционной качественной стали. Технические условия») на листовой горячекатаный прокат нормальной точности прокатки (Б), нормальной плоскостности (ПН), размерами 6x700x6000 мм по ГОСТ 19903-74 из стали марки 20, категории 2, термообработанный (Т).

### ***ГОСТ 19904-90. ПРОКАТ ЛИСТОВОЙ ХОЛОДНОКАТАНЫЙ.***

#### Листы холоднокатаные.

толщина 0,35 - 5,00 мм  
 ширина 500 – 1500 мм  
 длина 1000 - 4500 мм

выбирать в указанных пределах  
 из соответствующего ряда по  
 ГОСТ 19904-90

Листы холоднокатаные в рулонах. Толщина 0,35 - 3,5 мм Ширина 200 - 2300 мм Листовую сталь подразделяют:

- по точности прокатки: повышенной точности - А, нормальной точности -Б;
- по плоскостности: особо высокой плоскостности - ПО, высокой плоскостности - ПВ, улучшенной плоскостности - ПУ, нормальной плоскостности - ПН;
- по характеру кромки: с необрезной кромкой - НО, с обрезной кромкой - О.

Пример условного обозначения (согласно ГОСТ 16523-70 «Сталь листовая углеродистая качественная и обыкновенного качества общего назначения») холоднокатаного листа из стали 20 размером 1,0x1000x2000 мм, с допуском по толщине для нормальной точности Б, нормальной плоскостности ПН, 5 категории по нормируемым характеристикам, III группы отделки поверхности, глубокой вытяжки.

### ***ГОСТ 82- 7 0. СТАЛЬ ПРОКАТНАЯ ШИРОКОПОЛОСНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ.***

Толщина 6 – 10 мм ( +0,3 мм; -0 ,5 мм )  
 Ширина 20 0 - 1050м м(предельные отклонения для полос до 400 мм вкл. (+2,0 м м; -2 ,5 мм)  
 от 42 0 до 800 м м вкл. (+2,0 мм ; - 3,0 мм), от 850 мм и более (+3,0 мм; -4,0 мм)  
 Длина 5000-12000 мм (+15 мм)

По ребровой кривизне полосы выпускаются двух классов: повышенной точности изготовления - класс А; обычной точности изготовления - класс Б.

Более подробно информацию см. в ГОСТ 82-70

Пример условного обозначения широкополосной стали марки Ст 3сп толщиной 7 мм, шириной 500 мм с ребровой кривизной по классу А.

Пример условного обозначения (согласно ГОСТ 1577-81 «Прокат листовой и широкополосный универсальный из конструкционной качественной стали. Технические условия») на широкополосный универсальный прокат обычной точности изготовления по ребровой кривизне (Б) размером 6x700x6000 мм по ГОСТ 82-70, из стали марки 20, категории I, без термообработки.

Полоса универсальная Б-6x700x6000 ГОСТ 9903-74  
20-1 ГОСТ 1577-81

### ***ГОСТ 6009-74. ЛЕНТА СТАЛЬНАЯ ГОРЯЧЕКАТАНАЯ.***

Для холодной листовой штамповки применяют ленту стальную полученную горячей прокаткой или продольной резкой горячекатаной листовой стали.

толщина 1,2 - 3,8 мм  
ширина 20 - 220 мм

выбирать в указанных пределах из соответствующего ряда по ГОСТ 6009-74

Предельные отклонения по толщине для ленты с катаной кромкой:  
+0,15 мм; -0,20 мм - для лент шириной от 20 до 100 мм.

+0,20 мм; -0,25 мм - для лент шириной свыше 100 до 150 мм.

+0,25 мм; -0,30 мм - для лент шириной свыше 150 до 220 мм.

Предельные отклонения по ширине должны соответствовать:

+0,8 мм; -1,0 мм - для ленты с катаной кромкой шириной до 60 мм;

+1,5%; -2,0% ширины - для ленты с катанной кромкой шириной свыше 60 мм.

+2,0 мм - для разрезной ленты.

Ленту изготавливают из углеродистой стали обыкновенного качества марок БСт0 - БСт5 первой и второй категории всех степеней раскисления по ГОСТ 380-71.

Пример условного обозначения горячекатаной ленты толщиной 3,5 мм, шириной 50 мм из стали марки БСТ 2 ПС:

Лента 3,5x50 БСТ 2 ПС ГОСТ 6009-71.

### ***ГОСТ 503-81. ЛЕНТА СТАЛЬНАЯ ХОЛОДНОКАТАНАЯ ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ.***

Для холодной листовой штамповки применяют ленту стальную холоднокатаную из низкоуглеродистой стали, предназначенную для гибки, вырубки и пробивки.

1. Ленту изготавливают:

по состоянию материала: особо мягкая - ОМ, мягкая - М, полунагартованая - ПН, нагартованая - Н, высоконагартованая - ВН; по точности изготовления:

по толщине: нормальной точности - Т, высокой точности - В; по ширине: нормальной точности, повышенной точности - Ш; по виду и качеству поверхности: первой группы - 1, второй группы - 2, третьей группы - 3, четвертой группы - 4;

по виду кромок: с обрезными кромками, с необрезными кромками -НО; по микроструктуре: без контроля, с контролем - К; по серповидности: без контроля, с контролем, класс А, класс Б.

2. Лента изготавливается с размерами:

по толщине: 0,05 - 4,00 мм	выбирать в указанных пределах из
по ширине: 4 - 450 мм	соответствующего ряда по ГОСТ 503-81

#### Пример условного обозначения.

Лента из стали 08кп, особо мягкая, высокой точности изготовления по толщине, нормальной точности изготовления по ширине, 1-й группы поверхности, с обрезной кромкой, с контролем микротекстуры, с контролем серповидности класса А, толщиной 0,2 мм, шириной 60мм:  
Лента 08кп-ОМ-В-1-К-А-0,2х60 ГОСТ 503-81

Таблица 1 – Механические свойства листов и лент из качественной стали



Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_B$ (МПа)	Предел прочности материала при срезе $\sigma_{ср}$ (МПа)	Относительное удлинение $\delta$ % не менее			
			Горячекатаной толщиной (мм)		Холоднокатаной толщиной (мм)	
			до 2 мм вкл.	св. 2 до 10 мм вкл.	до 2 мм вкл.	св. 2 до 10 мм вкл.
08пс, 08, 10кп	280 - 400	250	24	26	25	28
10пс, 10	300 - 420	270	24	26	25	28
15кп, 15пс	320 - 450	320	23	25	24	27
15, 20кп	340 - 470	320	23	24	24	25
20пс, 20	360 - 510	320	22	23	23	24
25	400 - 550	360	21	22	22	23
30	450 - 600	430	19	20	20	21
35	500 - 650	460	17	18	18	19
40	520 - 670	490	16	17	17	18
45	560 - 700	520	14	15	15	16
50	550 - 730	540	12	13	13	14

### ***ГОСТ 21631-76. ЛИСТЫ АЛЮМИНИЕВЫЕ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ***

Для холодной листовой штамповки применяют листы из алюминия и алюминиевых сплавов в отожженном состоянии марок А7М – А5М, АМЦМ, АМЦСМ, Д12М, АМг2М, АМг5М, АВМ, Д1АМ, Д16АМ, В95-2БМ и в нагартованном состоянии А7Н – А5Н, АМЦН, АМЦСН, АМг2Н, АМг6Н.

Листы подразделяют:

а) по способу изготовления:

неплакированные – обозначаются без дополнительных знаков с технологическим плакированием – Б  
с нормальным плакированием - А с  
утолщенным плакированием - У;

б) по состоянию материала:

без термической обработки (дополнительное обозначение не присваивается) отожженные - М нагартованные - Н

в) по качеству отделки

поверхности:

на группы:

высокой отделки - I

повышенной отделки - II

обычной отделки - (без дополнительного обозначения)

2) по точности изготовления по

толщине:

повышенной точности - II

нормальной точности - (без дополнительного обозначения)

Листы из алюминия и алюминиевых сплавов.

толщина 0,3 - 10,5 мм

ширина 600 - 1000 мм

длина 2000 - 7000 мм

выбирать в указанных пределах

из соответствующего ряда по

ГОСТ 21631 - 76Е

Пример условного обозначения:

Лист из сплава марки А7М отожженный, толщиной 5 мм, шириной 1000 мм, длиной 2000 мм.

Лист А7М - 5x1000x2000 ГОСТ 21631 - 76Е

### ***ГОСТ 13726 - 78. ЛЕНТЫ ИЗ АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ***

Для холодной листовой штамповки применяют ленты в рулонах из алюминия А7 - А5 и алюминиевых сплавов Амц , АМг2 , АМг5 , Д1 , Д16 , В95-2. Ленты изготавливают прокаткой требуемой ширины или продольной резкой широких лент.

Ленты подразделяются:

по способу изготовления на:

не лакированные - обозначаемых маркой без дополнительных знаков

лакированные с нормальной лакировкой - обозначается - А;

по состоянию материала:

без термической обработки - дополнительного обозначение не присваивается;

отожженные - М

нагартованные - Н;

Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов

толщина 0,25 - 10,5 мм

ширина 40 – 1800 мм

выбирать в указанных пределах

из соответствующего ряда по ГОСТ 13726

– 78

Пример условного обозначения:

Лента из алюминиевого сплава арки Д16 с лакировкой в отожженном состоянии, толщиной 2,0 мм, шириной 1000 мм:

Лента Д16 АМ 2x1000 ГОСТ 3726 – 78

Лакировка – создание антикоррозийного слоя из алюминия на

поверхности листов и лент из алюминиевых сплавов.

Таблица 2 – Механические свойства листов и лент из алюминия и алюминиевых сплавов в отожженном состоянии

Марка	$\sigma_B$	$\sigma_{ср}$	$\delta, \%$
	МПа		
А7М-А5М	59	47	20
АМцМ	88	70	18
АМцСМ	90	72	20
Д12М	160	128	14
АМг2М	167	133	16
АМг5М	275	220	15
АВМ	147	118	15
Д1АМ	235	200	12
Д16АМ	235	200	10
В95-2БМ	245	196	10

Таблица 3 – Механические свойства листов и лент из алюминия и  
алюминиевых сплавов в нагартованном состоянии

Марка	$\sigma_B$	$\sigma_B$	$\delta, \%$
	МПа		
А7Н-А5Н	147	118	3
АМцН	186	149	1
АМцСН	190	152	2
АМг2Н	264	211	3
АМг6Н	372	298	6

### **ГОСТ 931-90. ЛИСТЫ И ПОЛОСЫ ЛАТУННЫЕ**

Для холодной листовой штамповки применяют холоднокатаные листы и полосы латунные.

#### Холоднокатаные листы.

толщина 0,4 - 10 мм  
ширина и длина  
600 x 1500 мм  
600 x 2000 мм  
800 x 2000 мм  
1000 x 2000 мм

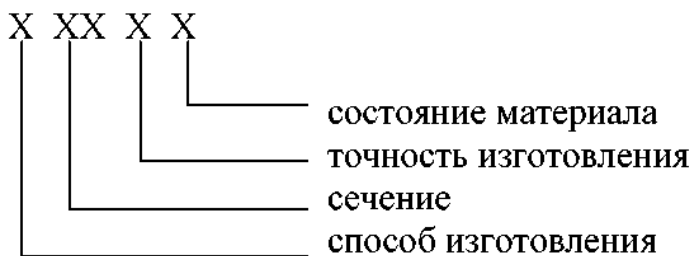
выбирать в указанных пределах из соответствующего ряда по ГОСТ 931-90

#### Холоднокатаные полосы.

толщина 0,4 - 10 мм  
ширина 40 - 500 мм  
длина 500 - 2000 мм

выбирать в указанных пределах из соответствующего ряда по ГОСТ 931-90

Условные обозначения листов и полос проставляют по схеме:



при следующих  
сокращениях:  
горячекатаные – Г;  
холоднокатаные – Д;  
прямоугольного сечения –  
ПР; нормальной точности –  
Н; повышенной точности –  
П;  
мягкое – М;  
четверть-твердое – Ч;  
полутвердое – П;  
твердое – Т;  
особо твердое – О;  
немерной длины – НД;  
мерной длины – МД;  
кратной длины – КД;  
антимагнитная – АМ;

Знак «Х» ставится вместо отсутствующих данных.

Пример условного обозначения:

Полоса холоднокатаная, прямоугольного сечения, повышенной точности изготовления, полутвердая размером 1,2х300 мм, длиной кратной 600 мм из антимагнитной латуни марки Л68:

Полоса ДПРПП 1,2х300х600 КД Л68АМ ГОСТ 931-90

Лист холоднокатаный прямоугольного сечения, мягкий размером 4х1000х2000 мм, мерной длины, из латуни ЛМц 58-2:

Лист ДПРХМ 4х1000х2000 МД ЛМц 58-2 ГОСТ 931-90

Таблица 4 – Механические свойства листов, полос и лент из мягкой латуни

Марка	$\sigma_B$	$\sigma_B$	$\delta, \%$
	МПа		
Л90	340	296	35
Л85	350	302	38
Л80	370	322	40
Л68	370	322	42
Л63	400	350	38
ЛМц 58-2	470	410	30

## ГОСТ 2208-91. ЛЕНТЫ ЛАТУННЫЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Для холодной листовой штамповки применяют ленты латунные.

толщина 0,05 - 2,0 мм

выбирать в указанных пределах из

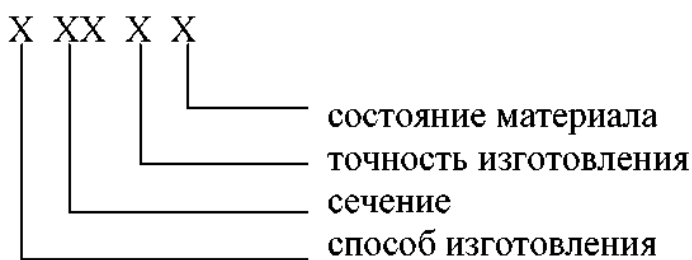
ширина 10 - 600 мм

соответствующего ряда по ГОСТ

длина 2000 - 7000 мм

2208-91

Условные обозначения листов и полос проставляют по схеме:



при следующих  
сокращениях:

холоднокатаные – Д;

прямоугольного сечения –

ПР; нормальной точности –

Н; повышенной точности –

П;

мягкая – М;

четверть-твердая – Ч;

полутвердая – П;

твердая – Т;

особо твердая – О;

немерной длины – НД;

антимагнитная – АМ;

### Пример условного обозначения:

Лента холоднокатаная, прямоугольного сечения, нормальной точности изготовления, мягкая, толщиной 0,20 мм, шириной 150 мм, немерной длины, из латуни ЛМц 58-2:

Лента ДПРМ 0,20x150 НД ЛМц 58-2 ГОСТ 2208- 91

Лента холоднокатаная, прямоугольного сечения, повышенной точности изготовления, полутвердая, толщиной 0,50 мм, шириной 175 мм, немерной длины из латуни марки Л63:

Лента ДПРПП 0,50x175 НД Л63 ГОСТ 2208-91

Таблица 5 – Механические свойства листов, полос и лент из твердой латуни

Марка	$\sigma_B$	$\sigma_{ср}$	$\delta, \%$
	МПа		
Л90	350	300	3
Л85	390	340	3
Л80	390	340	3
Л68	540	470	10
Л63	630	550	4

**ГОСТ 495-92. ЛИСТЫ И ПОЛОСЫ МЕДНЫЕ**

Для холодной листовой штамповки применяют холоднокатаные листы и полосы из меди марок М1 - М3 в твердом и мягком состоянии.

Листы

толщина 0,4 - 10,0 мм (выбирать в указанных пределах из соответствующего ряда по ГОСТ 495-92)

размеры листов, мм: 600x2000; 600x1500; 800x2000; 710x1410; 1000x2000.

Полосы

толщина 0,4 - 6,0 мм

ширина 40 - 600 мм

длина 500 - 2000 мм

выбирать в указанных пределах из соответствующего ряда по ГОСТ 495-92

По толщине листы и полосы изготавливают повышенной и нормальной точности.

Таблица 6 – Механические свойства листов и полос из меди

Марка	$\sigma_B$	$\sigma_{ср}$	$\delta, \%$
	МПа		
М1 - М3 в твердом состоянии	294	260	3
М1 - М3 в мягком состоянии	196	180	30

Пример условного обозначения:

Лист холоднокатаный прямоугольного сечения, повышенной точности

по ширине и длине, полутвердый, размером 1,0x1000x2000 мм, из меди марки М1:

Лист ДПРМП 1,0x1000x2000 М1 ГОСТ 495-92

### **ГОСТ 22178-76Е. ЛИСТЫ ИЗ ТИТАНА И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

Для холодной листовой штамповки применяют листы из титана марок ВТ1- 00, ВТ1 - 0, и титановых сплавов марок ОТ4 - 0, ОТ4, ВТ6, ВТ14, ВТ20.

#### Листы

толщина 0,3 - 10,5 мм  
ширина 400 - 1200 мм  
длина 1200 - 5000 мм

выбирать в указанных пределах из соответствующего ряда по ГОСТ 22178-76Е

#### Пример условного обозначения:

Лист из титанового сплава марки ОТ4, толщиной 5,0 мм, шириной 1000 мм и длиной 1500 мм:

Лист ОТ4 - 5x1000x1500 ГОСТ 22178-76Е

Таблица 7 – Механические свойства листов из титана и титановых сплавов

Марка	$\sigma_B$	$\sigma_{ср}$	$\delta, \%$
	МПа		
ВТ1 - 00	300	240	20
ВТ1 - 0	380	305	20
ОТ4 - 0	480	385	20
ОТ4	700	600	10
ВТ6	900	770	8
ВТ14	1200	950	4
ВТ20	950	800	8

#### *Контрольные вопросы:*

- 1. Перечислите наиболее распространенные металлические материалы, применяемые для листовой штамповки?*
- 2. Какой толщины применяют стальную ленту, полученную горячей прокаткой для холодной листовой штамповки?*
- 3. Какие марки алюминия применяют для холодной штамповки?*
- 4. Что такое плакировка?*
- 5. Какие марки меди применяют для холодной штамповки?*



6. Какие марки титана и сплавов применяют для холодной штамповки?

## 2. Классификация операций и материалы для листовой штамповки

### 2.1. Классификация операций листовой штамповки

Все детали, изготавливаемые листовой штамповкой, можно разделить на *плоские* и *пространственные* (неплоские). Для того чтобы получить плоскую деталь с заданным наружным контуром, необходимо отделить ее по этому контуру от исходной плоской заготовки, имеющей обычно форму прямоугольника. Если в детали должны быть отверстия, то и по внутреннему контуру от нее нужно отделить часть материала.

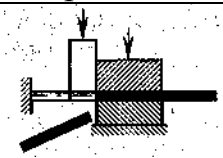
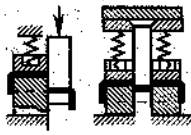
Таким образом, для получения плоских деталей нужно что-то с чем-то разделить: заготовку и деталь; деталь и отход; деталь и технологический припуск и т. п. Операции листовой штамповки, предназначенные для этих целей, называются *разделительными*.

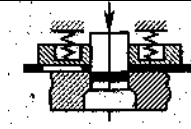
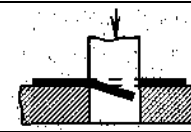
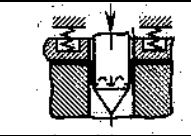
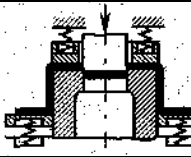
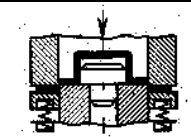
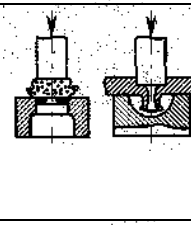
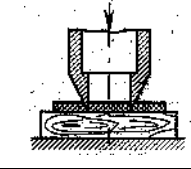
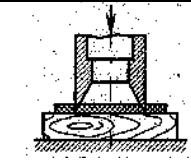
*Разделительные операции* являются наиболее распространенными операциями листовой штамповки и применяются как для получения готовых деталей, так и для получения заготовок для других операций. В большинстве разделительных операций отделение одной части заготовки от другой осуществляется относительным смещением этих частей в направлении, перпендикулярном к плоскости заготовки, т. е. путем сдвига. Это смещение сопровождается пластической деформацией и завершается разрушением материала по заданному контуру.

*Пластическая деформация*, предшествующая полному отделению одной части заготовки от другой, приводит к искажению формы поперечного сечения материала по сравнению с исходной, и это искажение тем больше, чем длительнее стадия пластической деформации, т. е. чем выше пластичность материала. Однако и очень низкая пластичность материала неблагоприятно отражается на качестве поверхности Деталей, так как процесс разделения оказывается трудноуправляемым [1].

К разделительным операциям относятся *вырубка, пробивка, отрезка, разрезка, обрезка, надрезка, проколка, зачистка, высечка, просечка*. Определения и схемы разделительных операций приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Определения и схемы разделительных операций

Наименование и определение операции	Схема операции
<b>Отрезка</b> — полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига	
<b>Разрезка</b> — разделение заготовки на части по незамкнутому контуру путем сдвига (с отходом и без отхода)	

<p><b>Вырубка</b> — полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига (отделенная часть — изделие)</p>	
<p><b>Надрезка</b> — неполное отделение части заготовки путем сдвига</p>	
<p><b>Проколка</b> — образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход</p>	
<p><b>Пробивка</b> — образование отверстия или паза путем сдвига с удалением отделенной части металла в отход</p>	
<p><b>Обрезка</b> — удаление излишков металла (припусков, обляя) путем сдвига</p>	
<p><b>Зачистка</b> — удаление технологических припусков с помощью штампа с образованием стружки для повышения точности размеров и уменьшения шероховатости штампованной заготовки</p>	
<p><b>Высечка</b> — полное отделение заготовки или изделия по замкнутому контуру путем внедрения инструмента в материал исходной заготовки</p>	
<p><b>Просечка в штампе</b> — образование отверстия в заготовке путем внедрения в нее инструмента с удалением части материала в отход</p>	

При изготовлении пространственных деталей необходимо изменить форму плоской заготовки, полученной с помощью разделительных операций, и для этих целей применяется большая группа операций, называемых *формоизменяющими*.

В отличие от разделительных операций, завершающихся разрушением материала по заданному контуру, *формоизменяющие операции* осуществляются за счет использования пластических свойств материала. Разрушение материала при формоизменяющих операциях недопустимо и приводит к браку. Чем выше пластичность материала, тем интенсивнее можно осуществлять формоизменение, тем меньшее число переходов будет включать в себя технологический процесс штамповки.

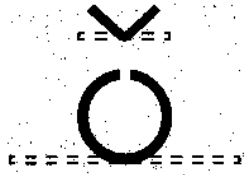



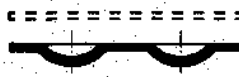

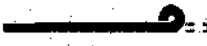
Определения и схемы формоизменяющих операций приведены в

таблице 9.

Помимо определенных в таблицах 8 и 9. операций, к листовой штамповке обычно относят операции, при выполнении которых инструмент совершает вращательное движение: *ротационная вытяжка, гибка на валковых листогибочных машинах, профилирование — гибка на многопарнораликовых профилировочных станах* и др.

Кроме основных операций в листоштамповочном производстве выполняют и ряд вспомогательных операций: смазку заготовок, зачистку заусенцев, обезжиривание, травление и др. [1].

Таблица 9 – Определения и схемы формоизменяющих операций

Наименование и определение формоизменяющей операции	Изменение формы заготовки, осуществляемое операцией
<b>Гибка</b> — образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы	
<b>Вытяжка</b> — образование полого полуфабриката или изделия из плоской или полой заготовки	
<b>Вытяжка с утонением</b> — вытяжка полуфабриката или изделия с обусловленным уменьшением толщины стенки полой заготовки без изменения ее внутреннего диаметра	
<b>Комбинированная вытяжка</b> — вытяжка полуфабриката или изделия с обусловленным уменьшением толщины стенки полой заготовки и ее внутреннего диаметра	
<b>Рельефная формовка</b> — образование рельефа в заготовке за счет местного растяжения без обусловленного изменения толщины материала	
<b>Закатка</b> — образование закругленных бортов на краях полой заготовки	
<b>Завивка</b> — образование закруглений на концах плоской заготовки или заготовки из проволоки	

<p><b>Отбортовка</b> — образование борта по внутреннему или (и) наружному контуру заготовки</p>	
<p><b>Обжим в штампе</b> — уменьшение размеров поперечного сечения полой заготовки</p>	
<p><b>Раздача</b> — увеличение размеров поперечного сечения полой заготовки</p>	
<p><b>Правка давлением</b> — устранение искажений формы заготовки, уменьшение радиусов сопряжений отдельных участков заготовки</p>	
<p><b>Обтяжка</b> — образование заготовки заданной формы приложением растягивающих усилий к ее краям</p>	

*Контрольные вопросы:*

1. Что относят к разделительным операциям листовой штамповки?
2. Что относят к формоизменяющим операциям листовой штамповки?
3. Как называется операция образования закругленных бортов на краях полой заготовки?
4. Какие вспомогательные операции выполняют при листовой штамповке?
5. Что называется пластической деформацией?
7. Как называется операция листовой штамповки, при которой плоская заготовка превращается в полое тело?
8. Как называется операция образования отверстия или паза путем сдвига с удалением отделенной части металла в отход?
9. Как называется операция образования или изменения углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы?
10. Как называется операция отделения заготовки по замкнутому контуру, при котором отделяемая часть, является деталью?

### 3. Классификация деталей, изготавливаемых вытяжкой

*Вытяжкой* называют операцию получения полых пространственных деталей из плоской (рисунок 1, а) или полый заготовки (рисунок 1, б). Следует отличать вытяжку без утонения стенки от вытяжки с утонением стенки.

Вытяжкой можно получать детали из металла толщиной от 0,2 мм до 30—40 мм с диаметрами от нескольких десятых долей миллиметра до нескольких метров и с массой от долей грамма до нескольких тонн. Вытяжкой получают пустотелые детали различных конфигураций, не требующие, как правило, дальнейшей механической обработки, кроме обрезки краев.

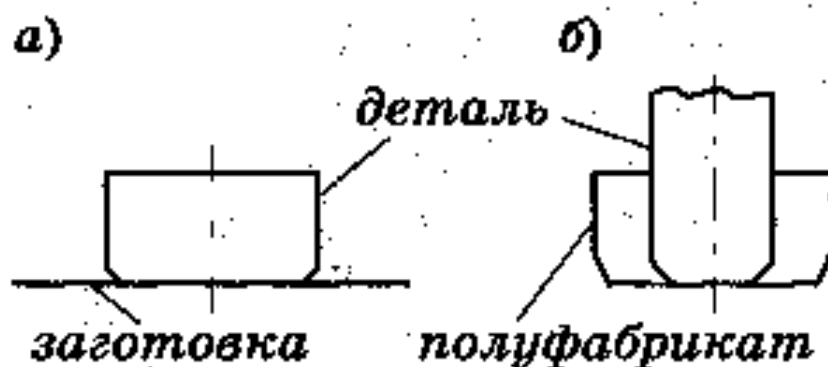


Рисунок 1 – Схема вытяжки деталей: а) из плоской заготовки; б) из полый заготовки

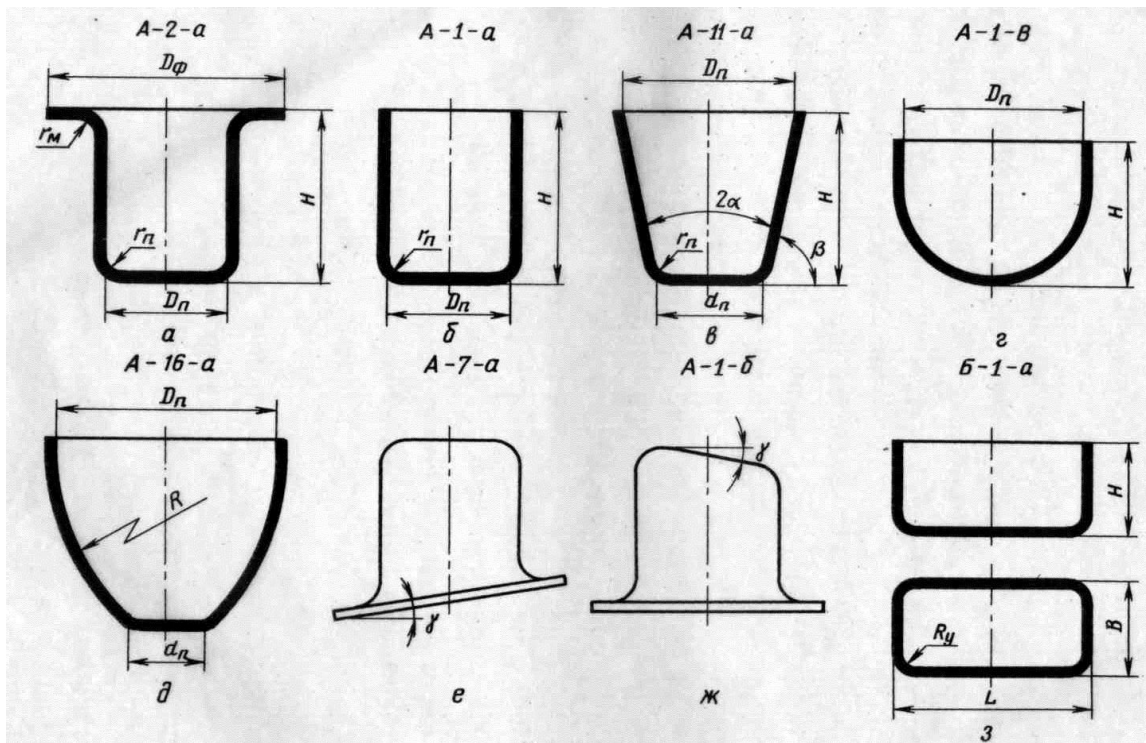


Рисунок 2 – Типовые формы полых листовых деталей, изготавливаемых глубокой вытяжкой

Основными конструктивными элементами полых листовых деталей являются:

- вид образующей её боковой поверхности;
- форма направляющей боковой поверхности;
- форма фланцевой части и форма донной части.

Характеристика полых листовых деталей в соответствии с приведенными признаками представлена на рисунке 3.

Согласно рисунку 2, полая цилиндрическая деталь с плоским дном и плоским фланцем может быть обозначена А-2-а. Примеры шифровки других типовых форм полых листовых деталей, согласно характеристике их конструктивных элементов, представлены на рисунке 2.

Для оценки технологичности полых листовых деталей и выбора способа глубокой вытяжки для их изготовления целесообразно пользоваться относительными геометрическими параметрами изделия и механическими свойствами штампуемых материалов.

- исходный коэффициент вытяжки, представляющий отношение диаметра заготовки к диаметру пуансона ;
- относительная ширина фланцевой части детали, представляющая отношение диаметра фланца к диаметру пуансона ;

- исходный угловой коэффициент вытяжки (для деталей прямоугольной формы в плане), представляющий отношение радиуса заготовки  $R_0$  к радиусу пуансона в плане  $R_n$  ;

$$\bar{H} = \frac{H}{D}$$

- относительная глубина вытяжки, представляющая отношение высоты детали  $H$  к диаметру пуансона ;

$$\bar{S}_d = \frac{S_0}{D_n}$$

- относительная толщина детали, представляющая отношение

исходной толщины заготовки  $S_0$  к диаметру пуансона ;

		Форма боковой поверхности детали			
		Цилиндрическая	Наклонная	Коническая	Криволинейная
Форма фланцевой части	б/фланца	1	6	11	16
	Плоская	2	7	12	17
	Коническая	3	8	13	18
	Криволин.	4	9	14	19
	Ступенч.	5	10	15	20

Форма детали в плане				
А. Круг	Б. Многоугол.	В. Овал	Г. Криволин.	Д. прям.+ крив.

Форма донной части детали				
а. Плоская	б. Наклонная	в. Двойной кривизны	г. Торидальная	д. Ступенчатая

Рисунок 3 – Характеристика полых листовых деталей



$$\bar{S}_0 = \frac{S_0}{D_n}$$

относительная толщина штампуемого материала, представляющая отношение исходной толщины заготовки  $S_0$  к диаметру заготовки ;  
 $\sigma_{\text{в}}$  - предел прочности штампуемого материала;  
 $n$  - показатель упрочнения штампуемого материала.

### ***Контрольные вопросы***

- 1. Что называют вытяжкой?*
- 2. Детали какой толщины можно получать вытяжкой?*
- 3. Перечислите конструктивные элементы полых листовых деталей?*
- 4. Отношением каких размеров характеризуется исходный коэффициент вытяжки?*
- 5. Отношением каких размеров характеризуется исходный угловой коэффициент вытяжки?*

#### 4. Расчет усилий вытяжки

Схема процесса вытяжки представлена на рисунке 4. Вытяжка может осуществляться за одну или несколько операций. Число операций, необходимых для вытяжки, определяется путем последовательного подсчета диаметров детали после каждой операции вытяжки до получения диаметра, равного (или меньшего) данному диаметру детали [3].

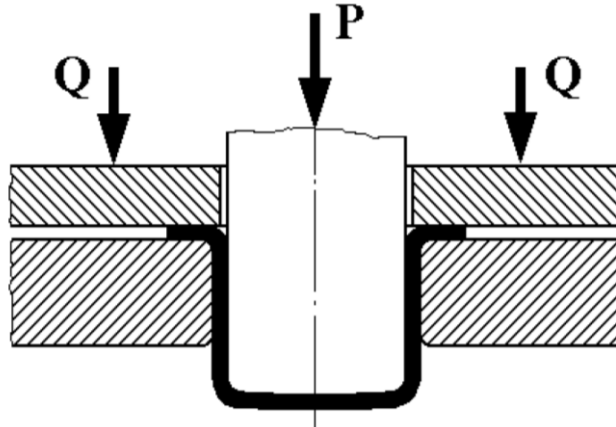


Рисунок 4 – Схема процесса вытяжки

Диаметр детали после первой вытяжки ( $d_1$ , мм) определяется по формуле:

$$d_1 = m_1 D_3, \quad (4.1)$$

где  $m_1$  – допускаемый коэффициент вытяжки на первой операции, определяемый по таблице 10;  $D_3$  – диаметр заготовки, мм.

Диаметр после последующих вытяжек ( $d_n$ , мм):

$$d_n = m_n d_{n-1}, \quad (4.2)$$

где  $n$  – номер операции вытяжки;

$m_n$  – допускаемый коэффициент вытяжки на  $n$ -й операции (таблица 10);

$d_{n-1}$  – диаметр детали, полученный на предыдущей операции вытяжки, мм.

Коэффициент вытяжки на последней операции ( $m_k$ ), как правило, больше предельного допускаемого и должен быть уточнен по формуле:

$$m_k = \frac{d}{d_{k-1}}, \quad (4.3)$$

где  $k$  – номер последней операции вытяжки;  $d$  – диаметр готовой детали,

мм;  $d_{k-1}$  – диаметр детали перед последней вытяжкой, мм.

Таблица 10 – Допускаемые коэффициенты вытяжки

Коэффициент ВЫТЯЖКИ	Значения коэффициентов при относительной толщине заготовки $100S/D_3$					
	0,1–0,3	0,3–0,6	0,6–1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	Свыше 2,0
$m_1$	0,58–0,60	0,56–0,58	0,54–0,56	0,52–0,54	0,50–0,52	0,48–0,50
$m_2$	0,81–0,82	0,80–0,81	0,79–0,80	0,78–0,79	0,77–0,78	0,76–0,77
$m_3$	0,82–0,83	0,81–0,82	0,80–0,81	0,79–0,80	0,78–0,79	0,77–0,78
$m_4$	0,84–0,85	0,83–0,84	0,82–0,83	0,81–0,82	0,80–0,81	0,79–0,80
$m_5,$ $m_6$	0,86–0,87	0,85–0,86	0,84–0,85	0,83–0,84	0,82–0,83	0,81–0,82

В качестве расчетных диаметров принимают диаметры по средней линии, определяемые для деталей различной формы согласно рисунку 5 [3].

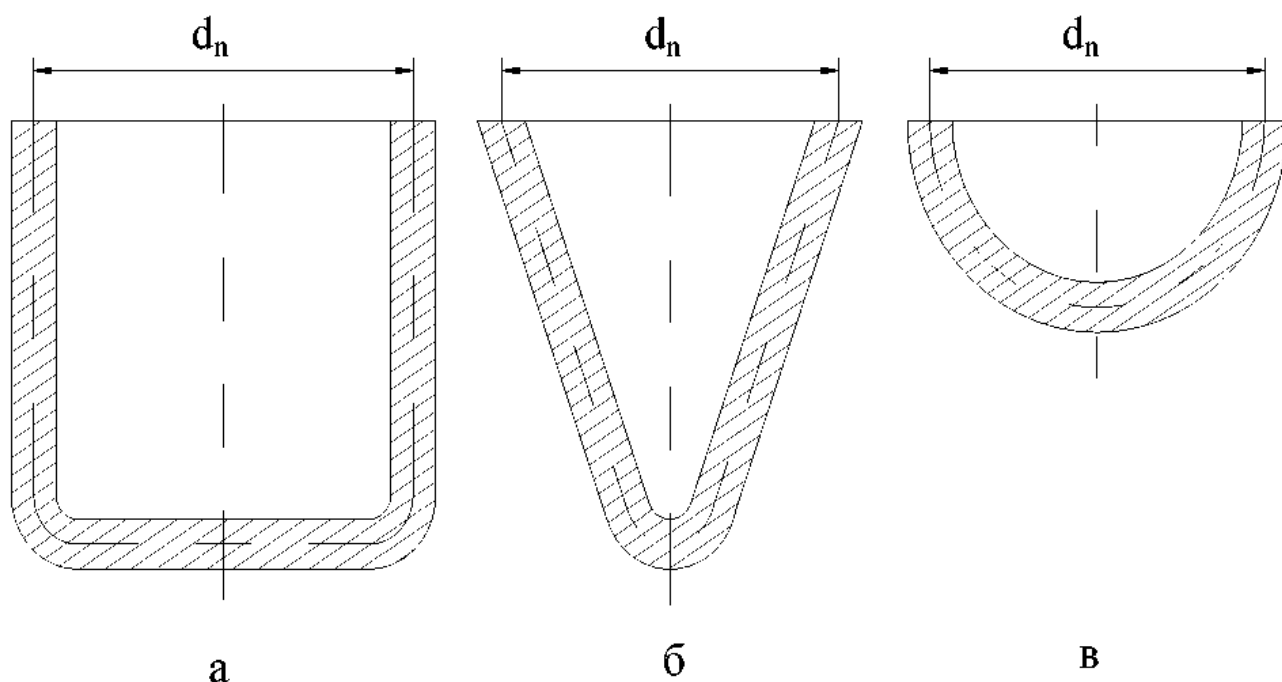


Рисунок 5 – Расчетные диаметры для деталей цилиндрической (а), конической (б) и сферической (в) форм

Полное усилие прессы на n-й операции вытяжки ( $P_n$ , Н) определяется по формуле:

$$P_n = P_{вп} + Q_n, \quad (4.4)$$

где  $P_{вп}$  – усилие n-й операции вытяжки, Н;  
 $Q_n$  – усилие прижима n-й операции вытяжки, Н.

Усилие n-й операции вытяжки:

$$, \quad (4.5)$$

где  $d_n$  – диаметр детали после n-й вытяжки, мм;  
 $S$  – толщина материала, мм;  
 $\sigma_B$  – временное сопротивление материала при растяжении, МПа;  
 $K_n$  – коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки и определяемый по таблице 11 ( $K_1$  – для первой вытяжки,  $K_2$  – для второй и последующих).

Таблица 11 – Значения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$

$m$	<b>0,50</b>	<b>0,52</b>	<b>0,55</b>	<b>0,60</b>	<b>0,65</b>	<b>0,70</b>	<b>0,75</b>	<b>0,78</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	<b>0,85</b>	<b>0,88</b>	<b>0,90</b>
$K_1$	<b>1,10</b>	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,75</b>	<b>0,60</b>	<b>0,50</b>	<b>0,40</b>	-	-	-	-	-	-
$K_2$	-	-	-	-	-	-	<b>1,00</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>	<b>0,57</b>	<b>0,46</b>	<b>0,35</b>	<b>0,27</b>

Для предотвращения образования складок на детали при вытяжке применяют прижим заготовки. Однако вытяжка может осуществляться без прижима, если при первой вытяжке [4]:

$$d_1 = \frac{S}{D_3} 100 > 2,$$

при последующих:

$$D_n = \frac{S}{d_{n-1}} 100 > 1,5.$$

Усилие прижима n-ой операций вытяжки ( $Q_n, Н$ ):

$$Q_n = F_n q \quad (4.6)$$

где  $F_n$  – площадь заготовки под прижим на n-й операции вытяжки,  $мм^2$ ;  
 $q$  – удельное усилие прижима, МПа. Для стали при  $S < 0,5$  мм  $q = 2-3$  МПа,  
 при  $S > 0,5$  мм  $q = 1,5-2,5$  МПа.

Площадь заготовки под прижим на первой операции вытяжки ( $F_1, мм^2$ ):

$$F_1 = \frac{P}{4} (D_3^2 - d_1^2). \quad (4.7)$$

На последующих ( $F_n, мм^2$ ):

$$F_n = \frac{P}{4} (d_{n-1}^2 - d_n^2), \quad (4.8)$$

где  $D_3$  – диаметр заготовки, мм;

$d_1 \dots d_n$  – диаметры деталей после первой и n-й операции вытяжки, мм.

## 5. Вытяжка с жидкостным противодавлением

Вытяжку с жидкостным противодавлением следует применять при изготовлении полых глубоких деталей различной формы в плане (окружность, овал, многоугольник), с цилиндрической, конической или криволинейной формой боковой поверхности, плоским, сферическим, наклонным и др. формы дном как с фланцем, так и напровал из листового пластичного металла с пределом прочности  $\sigma_{\text{в}}$  от 100 до 700 МПа (от 10 до 70 кгс/мм<sup>2</sup>).

Вытяжка с жидкостным противодавлением позволяет получать за одну вытяжную операцию детали, относительная глубина которых в 1,5-2,0 раза больше, чем при обычной вытяжке в инструментальных штампах.

Вытяжка с жидкостным противодавлением применима для относительных толщин штампуемых деталей  $\bar{S}_g$  от 0,005 до 0,03.

### 5.1. Сущность процесса

Сущность процесса вытяжки с жидкостным противодавлением заключается в следующем (рисунок 6). Заготовка 1 устанавливается, на поверхность матрицы 2, предварительно заполненную рабочей жидкостью. После этого складкодержатель 3 прижимает заготовку 1 усилием, достаточным для предотвращения складкообразования на фланце в процессе вытяжки. Затем пуансон 4 осуществляет вытяжку листовой заготовки 1 в полое изделие. При внедрении пуансона 4 в полость матрицы в ней компримируется рабочая жидкость, которая вытесняется из штампа под давлением.

Вытяжка с жидкостным противодавлением может осуществляться по двум схемам формообразования:

- в штампе с уплотнением перед вытяжной кромкой матрицы (рисунок 6, а);
- в штампе с истечением рабочей жидкости в зазор между фланцем и матрицей (рисунок 6).

В случае вытяжки по схеме на рисунке 6, а, жидкость вытесняется из штампа через соответствующее регулирующее устройство 6.

Эта схема целесообразна при вытяжке деталей сложных форм, когда требуется регулирование давления по ходу пуансона в пределах узкого диапазона допустимых давлений.

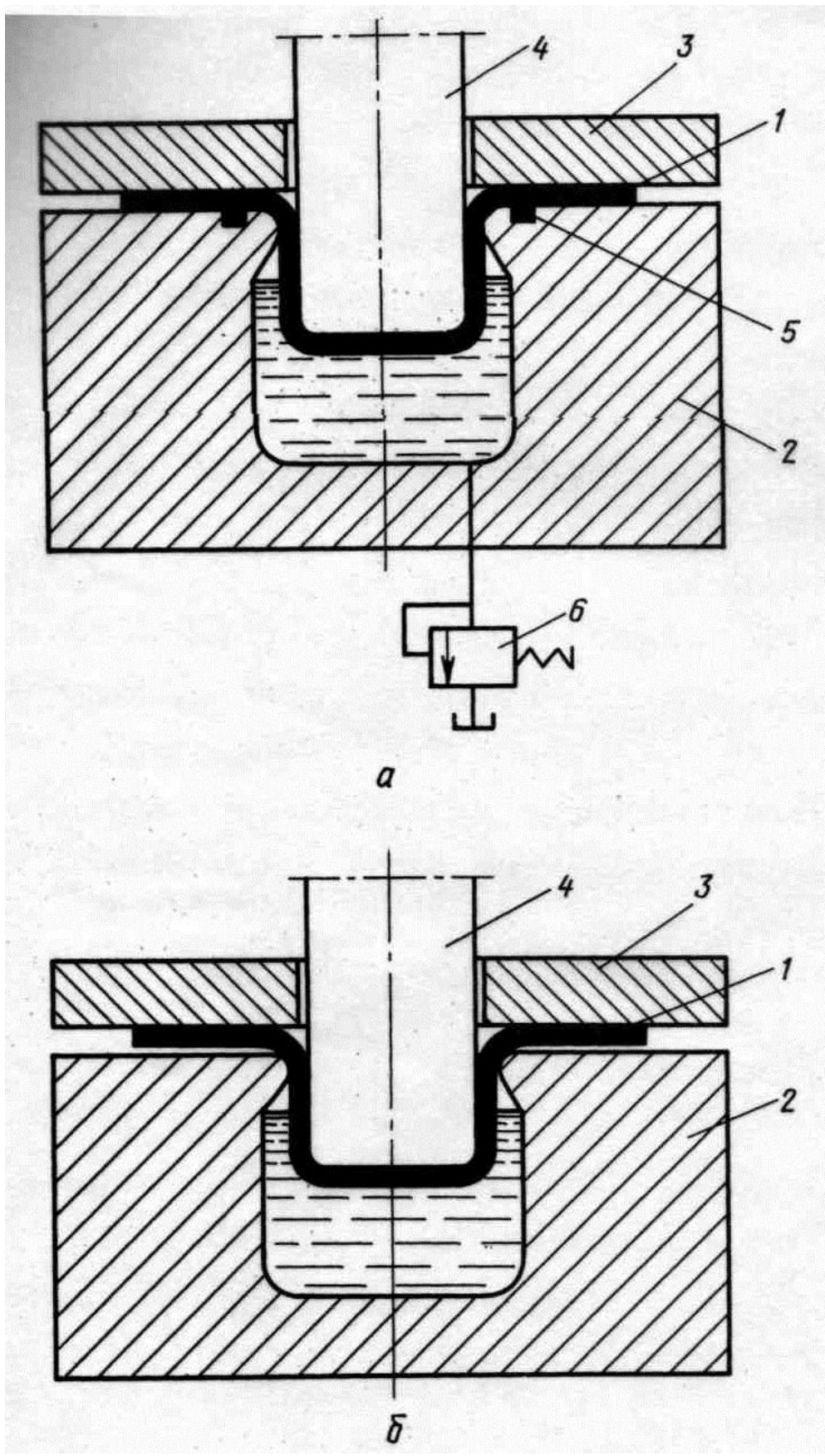


Рисунок 6 – Схемы процесса вытяжки с жидкостным противодействием

В случае вытяжки по схеме на рисунке 6, б, вытеснение жидкости из штампа осуществляется в зазор между заготовкой и рабочей поверхностью матрицы. Эта схема является предпочтительной при изготовлении деталей цилиндрической, коробчатой и т.п. формы, когда регулирование давления жидкости устанавливается геометрическими параметрами штамповой оснастки и усилием со стороны прижима.

Штамповку деталей напровал целесообразно осуществлять по схеме на рисунке 6, б, во избежание разрушения уплотнительного кольца 5 (рисунок 6, а) при сходе с него фланца заготовки в конце вытяжки.

Вытяжка с жидкостным противодавлением обеспечивает формообразование плоской заготовки в полое изделие, внутренние контуры которого соответствуют рабочей поверхности вытяжного пуансона.

Вытяжка с жидкостным противодавлением обеспечивает также формообразование деталей из пространственной заготовки.

## 5.2. Особенности и возможности процесса

Отличительной особенностью процесса вытяжки с жидкостным противодавлением является то, что создаваемое давление жидкости в рабочей полости матрицы, во-первых, предотвращает складкообразование штампуемого материала при изготовлении конических, сферических, ступенчатых и т.п. формы деталей с криволинейной стенкой в осевом сечении, во-вторых, способствует блокированию опасного сечения заготовки, в-третьих, повышает равномерность и точность штампуемых деталей.

Под действием давления жидкости, находящейся в матрице, в цилиндрической части заготовки возникают полезные напряжения от трения заготовки по пуансону, которые способствуют увеличению предельных коэффициентов вытяжки, т.е. расширению технологических возможностей процесса вытяжки с жидкостным противодавлением.

Значения предела прочности  $\sigma_B$  и показателя упрочнения  $n$  для наиболее широко применяемых в отрасли материалов с соответствующими им значениями предельных и рабочих коэффициентов вытяжки  $K_{0\text{ пр.}}$  и  $K_{0\text{ раб.}}$  для вытяжки с жидкостным противодавлением приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Значения предела прочности и показателя упрочнения соответствующими им значениями предельных и рабочих коэффициентов  
ВЫТЯЖКИ

Марка материала	$\sigma_B$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$n$	$K_{0\text{ пр.}}$	$K_{0\text{ раб.}}$
X18H10T	550-650 (55-65)	0,40-0,50	2,7-2,9	2,45-2,60
Д16АМ	210-230	0,20-0,25	2,3-2,4	2,10-2,20



	(21-23)			
АМцМ	100-140 (10-14)	0,20-0,25	2,3-2,4	2,10-2,20
ОТ4-1		0,10-0,15	2,0-2,1	1,90-2,00
Латунь	320-380 (32-38)	0,40-0,45	2,7-2,8	2,45-2,50
Сталь 08КП	350-400 (35-40)	0,35-0,40	2,6-2,7	2,35-2,45

Рабочие коэффициенты вытяжки  $K_{0\text{ раб.}}$  для вытяжки при втором и последующих переходах с промежуточными термообработками следует принимать по таблице 13.

Таблица 13 – Рабочие коэффициенты вытяжки

Номер перехода	Штампуемый материал	
	Алюминиевые сплавы	Стали и латуни
Второй переход	1,65 – 1,75	1,70 – 1,80
Последующие переходы	1,50	1,60

При вытяжке коробчатых деталей рабочие угловые коэффициенты вытяжки  $K_{y\text{ раб.}}$  в зависимости от отношения наименьшей стороны коробки "В" к угловому радиусу пуансона в плане  $R_{\Pi}$  устанавливать либо по формуле:

$$K_{y\text{ раб.}} = e^n + 0,5 + 0,25 \frac{B}{R_{\Pi}} \quad (5.1)$$

либо по графику на рисунке 7.

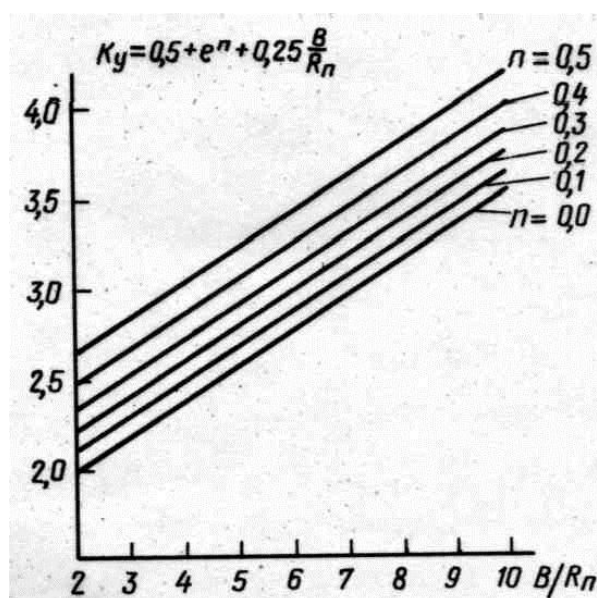


Рисунок 7. График изменения  $K_{y\text{ раб.}} = f\left(\frac{B}{R_{\Pi}}\right)$  для различных  $n$

О возможностях вытяжки конических деталей судят по

коэффициенту вытяжки  $K_{\text{к раб.}}$ , где  $d$  - диаметр пуансона на участке перехода от донной части к конической.

Рабочие коэффициенты вытяжки конических деталей  $K_{\text{к раб.}}$  устанавливать по формуле:

$$K_{\text{к раб.}} = \left(1 + \frac{\sin \beta}{2}\right) K_{0 \text{ раб.}} \quad (5.2)$$

где  $\beta$  - угол конусности детали, т.е. угол между образующими конической детали.

Значения  $K_{0 \text{ раб.}}$  определять по таблице 12.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Для получения каких деталей применяют вытяжку с жидкостным противодавлением?
2. По каким двум схемам может осуществляться вытяжка с жидкостным противодавлением?
3. Для чего необходимо жидкостное противодавление?
4. Что называют вытяжкой напровал?

## 6. Вытяжка пластичным металлом

### 6.1. Область применения процесса

Вытяжку пластичным металлом следует применять при изготовлении полых глубоких деталей преимущественно конических с любой формой донной части, штампуемых либо напровал, либо с конической формы фланцем из листового пластичного металла с пределом прочности  $\sigma_{\text{в}}$  от 100 до 700 МПа (от 10 до 70 кгс/мм<sup>2</sup>).

Процесс вытяжки пластичным металлом применим для относительных толщин штампуемых деталей  $\bar{S}$  от 0,01 до 0,10 (для материалов типа АМцМ, Д16М) и  $\bar{S}$  от 0,01 до 0,05 (для материалов типа Х18Н10Т).

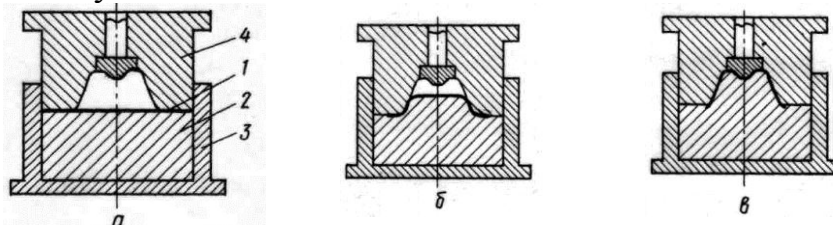
### 6.2. Сущность процесса

Схема процесса вытяжки пластичным металлом показана на рисунке 8, согласно которой плоская листовая заготовка 1 устанавливается на пластичный металл 2 (свинец, медь, олово и т.п.), который помещается в контейнере 3 (рисунок 8,а).

При рабочем ходе пресса матрица 4, прикреплённая к ползуну пресса, вдавливается в пластичный металл, который вместе с заготовкой течёт в рабочую полость матрицы (рисунок 8, б, в). В результате этого происходит свёртка заготовки в полое изделие. Пластичный металл - универсальный формообразующий инструмент - выполняет роль пуансона и складкодержателя.

После того, как деталь отштампована, матрица 4 поднимается в крайнее верхнее положение, а деталь выталкивается выталкивателем 5 и удаляется из рабочего пространства штампа.

Пластичный металл, принявший форму матрицы (рисунок 8, г), обжимается плоской плитой (рисунок 8, д, е), после чего штамп готов к штамповке следующей детали.



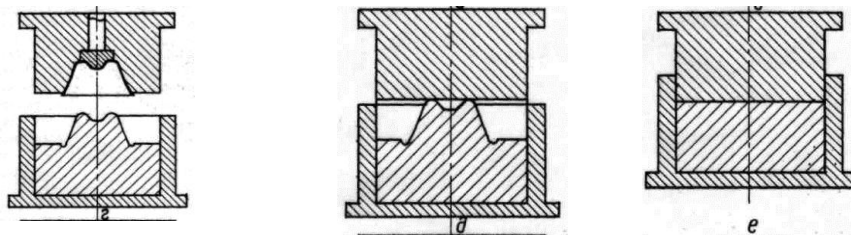


Рисунок 8. Схема процесса вытяжки пластичным металлом

Геометрические размеры и форма деталей должны обеспечивать формообразование их за один переход.

### 6.3. Особенности и возможности процесса

В процессе вытяжки пластичный металл, выполняя роль пуансона, одновременно является и складкодержателем. Штампуемая заготовка в зоне её деформирования прижимается пластичным металлом к рабочей поверхности матрицы. В результате этого предотвращается складкообразование штампуемого материала.

Отличительной особенностью этого процесса вытяжки является необходимость создания со стороны пластичного металла давления штамповки порядка 50-150 МПа (500-1500 кгс/см<sup>2</sup>), которое обеспечивает вытяжку деталей сложных форм из материалов типа АМцМ и Д16М при относительных толщинах деталей  $\bar{s}$  от 0,01 до 0,10 и из материалов типа Х18Н10Т при  $\bar{s}$  от 0,01 до 0,05.

Процесс вытяжки пластичным металлом имеет более широкие технологические возможности (по сравнению с обычной вытяжкой в инструментальных штампах) за счёт наличия полезного давления подпора со стороны пластичного металла, действующего в торец фланцевой части заготовки, благодаря чему создаются условия для получения больших коэффициентов вытяжки за один переход.

Давление штамповки со стороны пластичного металла складываются из давления, потребного для формообразования детали, и давления, потребного для затекания пластичного металла в рабочую полость матрицы, т.е.

(6.1)

Значения давления, потребного для формообразования детали, определяются по формуле.

(6.2)

Значения давления, потребного для затекания пластичного металла в рабочую полость матрицы, определяются по формуле

(6.3)

где  $d$  - диаметр контейнера;

$d_{\min}$  - минимальный диаметр штампуемой детали;

$r_n$  - радиус сопряжения образующей с донной частью детали.

Технологические возможности изготовления деталей конической формы зависят от механических свойств штампуемого материала ( $\sigma_B, n$ ) и

от величины относительного давления подпора  $\bar{q} = \frac{q_{шт}}{\sigma_B}$  со стороны пластичного металла.

Максимальный коэффициент вытяжки устанавливать по графикам на рисунке 9.

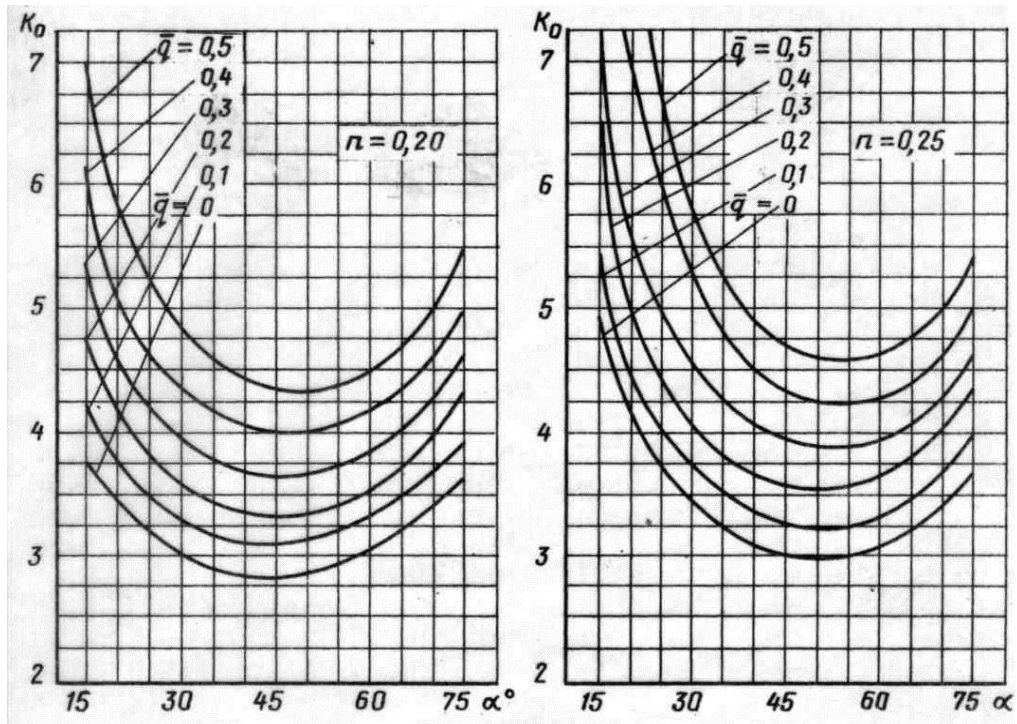


Рисунок 9. Зависимость максимального коэффициента вытяжки от угла конусности матрицы

В качестве примера рассмотрим вытяжку конической детали с  $d = 50$  мм;  $r_n = 15$  мм при  $\alpha = 60^\circ$  из материала Х18Н10Т ( $\sigma_B = 600$  МПа (60 кгс/мм<sup>2</sup>),  $n = 0,45$ ) толщиной  $S_0 = 1,0$  мм. Диаметр заготовки принимаем  $D = d = 150$  мм

равным диаметру контейнера, т.е.

Согласно формулам (6.1), (6.2) и (6.3) определяем:

$$\bar{q} = \frac{q_{шт}}{\sigma_B} = \frac{130}{600} = 0,22.$$

Согласно графику на рисунке 9,г для  $\bar{q} = 0,22$ ;  $\alpha = 60^\circ$  имеем

$K = 4,2$ . Для рассматриваемой детали  $K = 3,0$ . Поскольку  $K < K_{max}$

, деталь может быть отштампована за один переход вытяжки пластичным металлом.

Давление разглаживания пластичного металла не должно превышать давления, потребного для штамповки детали.

Важное значение для получения качественной детали при вытяжке пластичным металлом имеет центрирование заготовки относительно матрицы.

Центрирование заготовки осуществлять либо при помощи установочных колец, либо предусматривать на торцовой поверхности матрицы специальные уступы.

При вытяжке пластичным металлом максимальное утолщение на кромке деталей не превышает 7%. Максимальное утонение материала зависит от коэффициента вытяжки и находится либо в донной части детали, либо в зоне Перехода боковой поверхности детали в донную часть её.

В чертежах деталей, изготавливаемых вытяжкой пластичным металлом, следует указывать допустимое утонение в процентах от исходной толщины заготовки, если оно превышает 20%.

#### 6.4. Выбор смазок

В качестве смазок при штамповке-вытяжке пластичным металлом следует применять пластично-вязкие смазки (парафин, петролатум, хозяйственное мыло и т.п.). Применение смазок меньшей вязкости приводит к возникновению сухого трения, в результате чего на матрицу налипает металл, поверхность матрицы загрязняется, что является, в конечном итоге, причиной брака отштампованных деталей.

Перед нанесением смазки обе стороны заготовки следует тщательно обезжирить.

Во избежание расслаивания пластичного металла последний следует



обезжировать перед осадкой его плоским пуансоном.

В качестве растворителя смазок следует применять ацетон и смывки.

## 6.5. Требования к оснастке

В процессе вытяжки пластичным металлом сменным элементом штампа является только матрица, внутренние контуры которой соответствуют наружным контурам штампуемой детали. Типовые конструкции матриц для вытяжки деталей различных форм приведены на рисунке 10. Роль пуансона и складкодержателя выполняет пластичный металл.

В качестве пластичного металла применять технически чистый свинец марки С1 или С2 (ГОСТ 3778-56).

Высоту свинцовой подушки в контейнере принимать равной от 0,8 до 1,2 диаметра контейнера. Высота контейнера определяется из условия, что наивысшая точка свинца после выдавливания его в матрицу должна находиться на 25-30 мм ниже верхней плоскости контейнера.

В контейнере предусмотреть заходный конус с высотой в 10-15мм с наклоном образующей конуса к вертикали 5-10°.

Стенки контейнера перед заливкой в него свинца должны быть смазаны тонким слоем графита, смешанного с машинным маслом в пропорции 1:1.

Контейнер должен заполняться пластичным металлом (свинцом, например) путём непрерывной заливки требуемого объёма свинца.

Не допускается заливка свинца порциями, так как это приводит к расслоению его при штамповке и обжатии и к образованию пустот. Пустоты, в свою очередь, могут стать причиной складкообразования в штампуемом материале.

Контейнер, в который помещается пластичный металл, должен быть рассчитан из условия создания в нём гидростатического давления со стороны свинца. Расчёт должен производиться на максимальные рабочие давления штамповки.

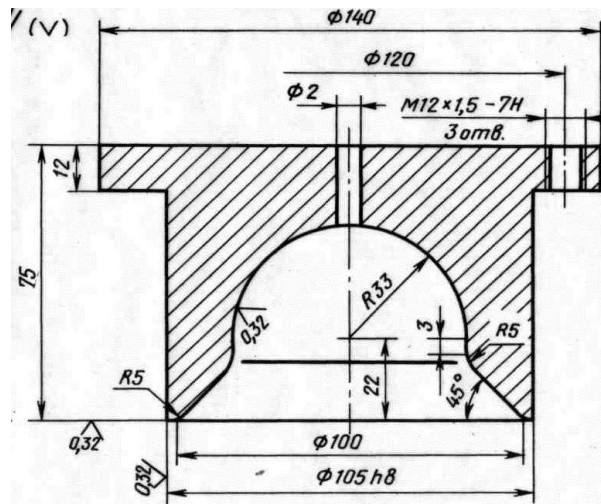


Рисунок 10. Типовая конструкция матрицы для вытяжки пластичным металлом

Перед осадкой (после очередной штамповки) и перед штамповкой пластичный металл должен быть обезжирен во избежание расслаивания его.

Вытяжные матрицы необходимо изготавливать из углеродистых или инструментальных сталей.

Чистота рабочей поверхности матрицы, с которой контактируют - пластичный металл и деформируемая заготовка, должна соответствовать восьмому классу, а твердость рабочей поверхности матрицы должна соответствовать НВС 58...62.

Матрица должна входить в контейнер по посадке скольжения, так как при больших зазорах между контейнером и матрицей возможно затекание свинца в зазор между их поверхностями, что значительно усложняет и затрудняет съём готовой детали.

Для удобства съёма отштампованной детали с пластичного металла (в случае вытяжки, например, коробчатых деталей) необходимо предусматривать в матрице штамповочные уклоны в 3-4°.

При штамповке деталей сложных форм в матрице необходимо предусмотреть конический раструб или радиусный сбеги на входе для более равномерного затекания свинца с заготовкой в рабочую полость матрицы. Это позволит также избежать "защемления" фланца заготовки в начальный момент формообразования.

В донной части матрицы необходимы дренажные отверстия для воздуха диаметром не более 2-3 мм.

Для удобства выемки детали из матрицы в последней предусмотреть подпружиненный вкладыш-выталкиватель.

Матрица должна крепиться к верхней плите прессы, а контейнер с пластичным металлом устанавливается и крепится на нижней плите прессы.

5.18. Разглаживание свинца после очередной штамповки осуществлять пуансоном, который также, как и матрица, должен входить в контейнер по посадке скольжения. Рабочую поверхность пуансона



обрабатывать по шестому классу. Материал пуансона - сталь 45, HRC 38...42.

## **6.6. Требования к оборудованию**

Вытяжку полых деталей пластичным металлом следует производить на универсальных гидравлических прессах одинарного действия или на падающих молотах соответствующей мощности.

При этом необходимо учитывать, что контактные давления на стол и ползун прессы не должны превышать допустимых. В противном случае необходимо применять сменные плиты для снижения контактных давлений.

Мощность гидравлических прессов устанавливать исходя из площади контейнера и необходимости создания на этой площади рабочих давлений штамповки со стороны пластичного металла (свинца) до 150 МПа (1500 кгс/см<sup>2</sup>).

### ***Контрольные вопросы:***

- 1. Для вытяжки получения видов деталей применяют вытяжку пластичными металлами?*
- 2. Какими преимуществами обладает вытяжка пластичным металлом по сравнению с другими способами?*
- 3. Каким образом осуществляют центрирование заготовки относительно матрицы?*
- 4. Какие виды смазок применяют для вытяжки пластичным металлом?*
- 5. Что применяют в качестве пластичного металла?*

### **Список использованных источников**

1. Ильин, Л.Н. Технология листовой штамповки : учеб. для вузов / Л.Н. Ильин, И.Е. Семенов. – М. : Дрофа, 2009. – 475, с. : ил.
2. Шевельков В.В., Былеев А.С., Корж Г.А. Основы проектирования технологических операций холодной листовой штамповки. Методические указания и справочные материалы для студентов машиностроительных специальностей. – Псков: Изд. ППИ, 2011. – 86 с.
3. Изучение операций листовой штамповки: Методические указания к лабораторной работе по технологии конструкционных материалов / Сост.: В.В. Акимов, М.С. Корытов, А.Ф. Мишуров. – Омск : СибАДИ, 2012. –16с.
4. Драчев В.В. Технология листовой штамповки. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов» / В.В. Драчев. – Кемерово: КузГТУ, 2012.

. БОТАШЕВ Анвар Юсупович

## **ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА**

Методические указания для проведения практических занятий для аспирантов направление 15.06.01 Машиностроение Профиль Технологии и машины обработки металлов давлением Уровень основной

## образовательной программы: подготовка кадров высшей квалификации

Корректор Чагова О.Х.  
Редактор Чагова О.Х.

Сдано в набор 21.09.2015г.  
Формат 60x84/16  
Бумага офсетная  
Печать офсетная  
Усл. печ. л. 2,32  
Заказ № 2110  
Тираж 100 экз.

Оригинал-макет подготовлен  
в Библиотечно-издательском центре СевКавГГА  
369000, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36