Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫТЯЖНОГО ШТАМПА

Методические указания к выполнению практических работ
по дисциплине «Проектирование штампов и прессформ»
для студентов направлений

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2024

Цель работы: Изучение конструкции вытяжных штампов, расчет основных параметров вытяжных штампов.

1. Теоретическая часть

1. Технологические требования к деталям, получаемым вытяжкой

В процессе вытяжки плоская заготовка превращается за одну или несколько операций в полую деталь. Формоизменение происходит при сложном напряженно-деформированном состоянии материала. Поэтому детали, получаемые вытяжкой, должны иметь наиболее простые геометрические формы: цилиндрическую, ступенчатую в виде тела вращения и прямоугольную. Следует избегать высоких деталей с широким фланцем, требующих для изготовления много операций. Радиусы закруглений в местах сопряжения поверхностей сильно влияют на процесс вытяжки.

От радиуса закругления рабочей кромки матрицы зависят напряжения, возникающие в штампуемом мате- риале, а следовательно, и число вытяжных операций, вероятность обрывов, образования складок и др. Рекомендуемые значения радиусов сопряжений у полых цилиндрических и прямоугольных деталей приведены в табл. 1 и 2. Необходимо избегать сложных и несимметричных форм полных деталей, так как это усложняет процесс вытяжки, а иногда делает его невозможным. При проектировании полуоткрытых, несимметричных форм деталей нужно учитывать возможность вытяжки замкну- той фигуры с последующей разрезкой на отдельные детали (рис. 1).

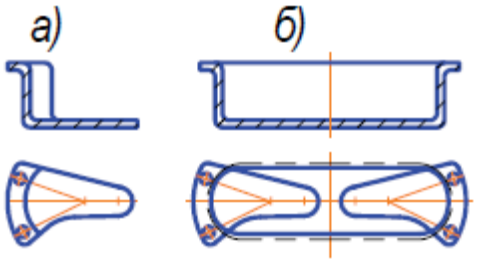


Рис. 1. Полая деталь с незамкнутым контуром, изготавливаемая вытяжкой: а – деталь; б – вытяжка двух деталей

Таблица 1

Радиусы сопряжений в цилиндрических деталях

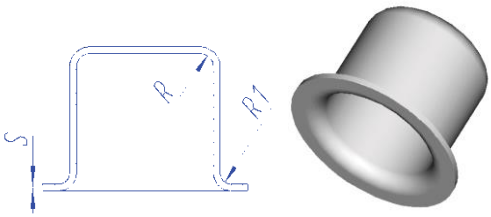
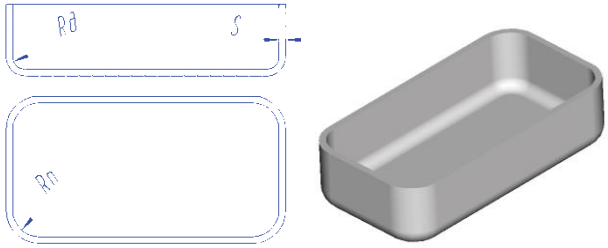
Эскиз	Расположение радиуса закругления	Рекомендуемые значения
	Между дном и стенкой $R_д$ (радиус дна)	$R_д \geq S$
	Между фланцем и стенкой R_1 (радиус фланца)	$R_1 \geq (2 \div 3)S$

Таблица 2

Радиусы закруглений в прямоугольных деталях

Эскиз	Расположение радиуса закругления	Рекомендуемые значения
	Между дном и стенкой $R_д$ (радиус дна)	$R_д = 1{,}5\,S$, желательно $R_д = R_п$
	Между фланцем и стенкой $R_п$ (радиус фланца)	$R_п \geq 3S$

Если у полой детали необходимо иметь на фланце местные вы- ступы, то для получения прямолинейной плоскости после вытяжки и обрезки на чертеже требуется предусматривать буртик не менее 0,2 – 0,5 мм на сторону (рис. 2).

Если к штампуемым деталям не предъявляются требования повышенной прочности, то толщину материала необходимо выбирать в зависимости от конструктивно техно- логических требований с обеспечением наименьшего расхода материала.

Толщину материала можно уменьшить введением ребер жесткости, это сопровождается местным утонением материала.

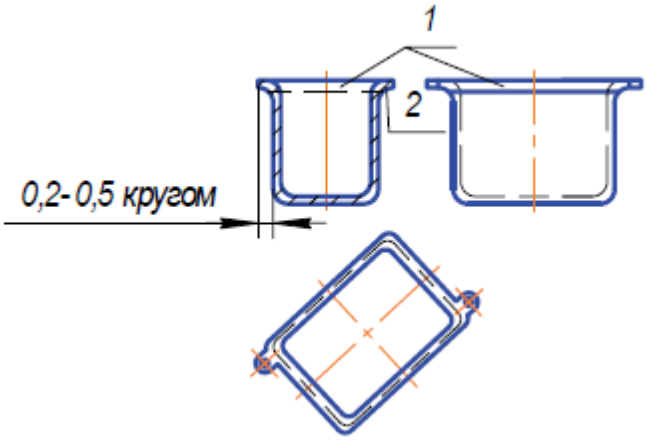


Рис. 2. Условия технологичности при вытяжке деталей с ушами:
1 – прилегающая плоскость;
2 – технологический буртик

При неблагоприятной конфигурации и больших размерах профиля ребра жесткости могут образовывать трещины и разрывы. Поэтому в таких случаях необходимо вводить предварительные операции по образованию более плавного профиля и с последующей формовкой за один или несколько переходов.

На рис. 3, а, б показаны примеры профилей ребер и их размеры, при которых они формуются за одну операцию. Минимальное расстояние между отверстиями во фланце определяют из соотношения $A \geq D + 2S + 2r + d_1$(рис. 3, в). Минимальный диаметр d отверстия в дне определяют из соотношения $d \leq D - 2r$.

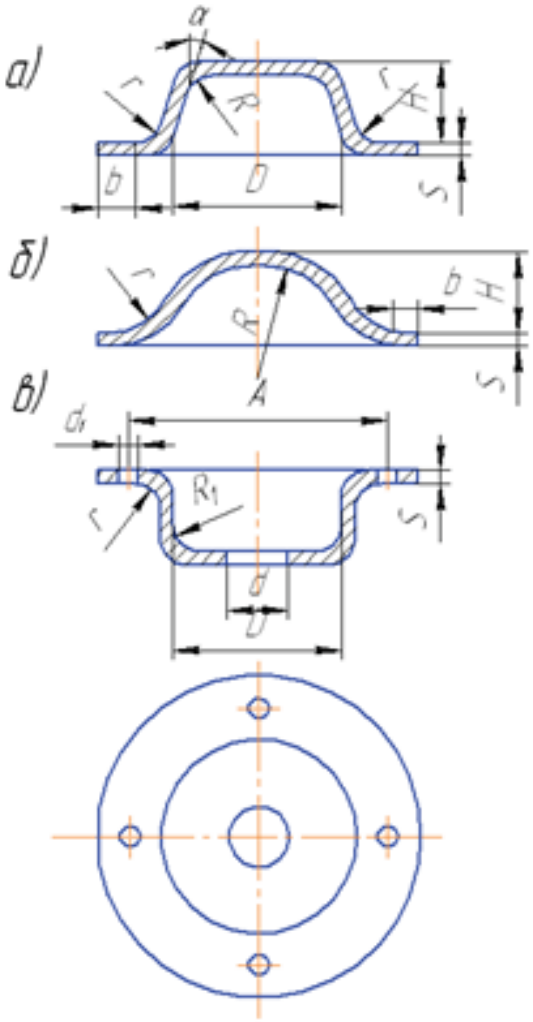


Рис. 3. Условия технологичности при формовке ребер:
а – с плоским дном: рекомендуемые размеры:
$H \le (1,5 – 2)S$; $R \ge (1 – 1,5)S$;
$\alpha \ge 15 – 20^o$; $D \ge 3H$; $r = 0,5S$;
$t \ge (3 – 3,5)S$; б – с радиусным дном:
рекомендуемые размеры: $R \ge (3 – 4)S$; $H \le 2S$; $r = 0,5S$; $t \ge (3 – 3,5)S$;
в – требования к расположению отверстий

В табл. 3 приведены некоторые рекомендации по выбору наиболее рациональной конфигурации вытягиваемых деталей.

На рис. 4 показана прямоугольная полая деталь, в которой требуется пробить четыре отверстия ∅3,2 мм и одно отверстие ∅16 мм. За базу принят фланец дета- ли. Но так как плоскость фланца чертежом не обусловлена, правильнее принять за базу дно детали, тогда точность расположения отверстий будет зависеть только от точности изготовления штампа.

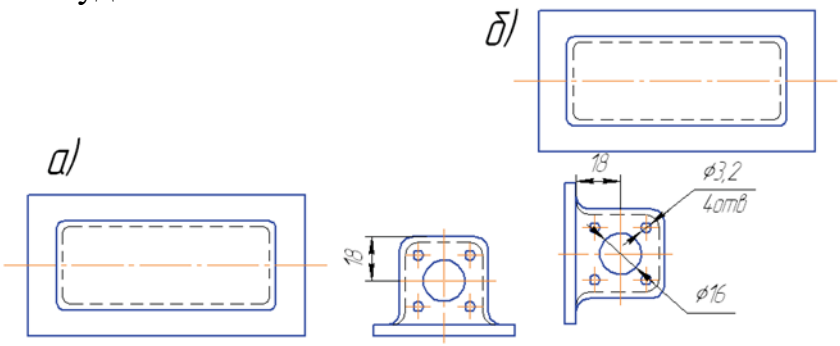
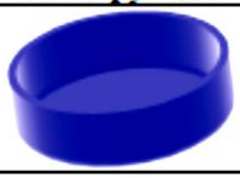
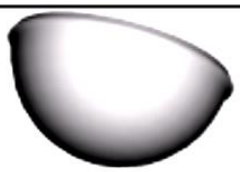


Рис. 4. Простановка размеров в вытянутой детали: а – нерекомендуемая; б – рекомендуемая

Таблица 3

Рекомендации по выбору конструкции деталей

Рекомендуемые конструктивные элементы	Неправильная конструкция	Правильная конструкция
Плоское дно более рационально, чем сферическое		
Прямой фланец упрощает конструкцию штампа		
В ступенчатых деталях переход от одного диаметра к другому рекомендуется выполнять наклонным. Разность диаметров (D и d) следует делать наименьшей		
Следует избегать криволинейных образующих на боковых поверхностях		
Вместо реверсивной вытяжки, дающей большой брак, рекомендуется составная матрица		
Выступы следует делать с конусными стенками и по возможности более низкими		
Рекомендуется слегка выпуклое дно вместо плоского, склонного к деформациям		
У сферических деталей следует у фланца делать небольшое ребро ($h \approx S$), улучшающее оформление выпуклой части		
Для изготовления детали цилиндрической формы требуется меньше операций, чем для конической. Наружная закатка кромки выполняется более легко, чем внутренняя		

В табл. 4 приведены допускаемые отклонения по высоте полых цилиндрических деталей с фланцем, которыми следует руководство- ваться при конструировани изделий. Размеры должны быть проставлены либо для наружных, либо для внутренних поверхностей. Одновременная простановка размеров для наружных и внутренних поверхностей не допускается.

Таблица 4

Допускаемые отклонения по высоте полых цилиндрических деталей с фланцем

Толщина материала, мм	Высота вытяжки Н, мм						
	До 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 200
До 1	±0,3	±0,4	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2
Св. 1 до 2	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,9	±1,2	±1,4
Св. 2 до 4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,8	±1,0	±1,4	±1,6
Св. 4 до 6	±0,6	±0,7	±0,8	±0,9	±1,1	±1,6	±1,8

2. Определение размеров заготовок для вытяжки полых тел вращения

Так как в процессе вытяжки объем металла остается постоянным, то основой для определения размеров заготовки и полуфабрикатов промежуточных переходов служит условие равенства их объемов. Поскольку толщина материала в среднем остается неизменной, равенство объемов сводится к равенству поверхности.

Припуски на обрезку. Вследствие неоднородности свойств металла вдоль и поперек направления проката верхние кромки деталей (рис. 5, а), а также края фланцев у деталей с фланцем (рис. 5, б) после вытяжки получаются неровными.

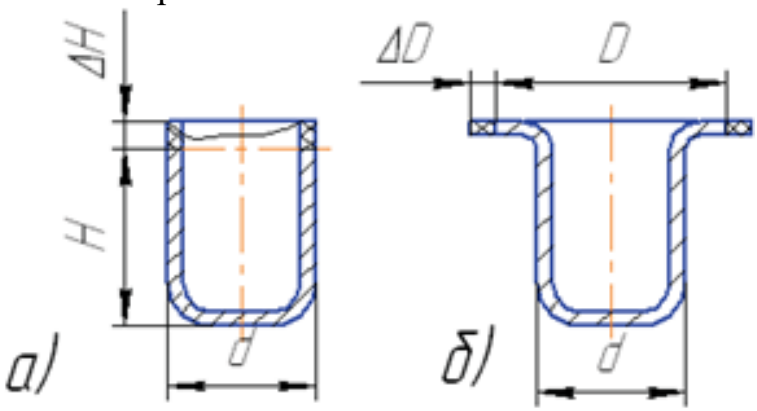


Рис. 5. Схема назначения припусков на обрезку

При расчете размеров заготовок необходимо учесть припуск на обрезку неровных кромок. В табл. 5 и 6 даны величины припусков на обрезку цилиндрических деталей без фланца и с фланцем.

Таблица 5

Припуск по высоте ΔH для деталей без фланца, мм

Высота детали	Относительная высота детали $H\ d$			
	0,5-0,8	0,8-1,6	1,6-2,5	2,5-4,0
10	1,5	1,8	2,3	3,0
20	2,2	3,0	3,7	4,5
50	3,5	4,5	6,0	7,0
100	5,0	6,5	8,5	10,0
150	6,5	8,0	10,5	12,0
200	7,5	9,0	12,0	15,0
250	9,0	11,0	13,5	16,0
300	10,0	13,0	15,0	18,0

Таблица 6

Припуск Δ D по фланцу на сторону, мм

Диаметр фланца	Относительный диаметр детали с фланцем $D\ d$			
	До 1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0
25	2,5	2,2	2,0	1,5
50	4,0	3,0	2,5	2,5
100	5,0	4,5	3,7	3,0
150	6,0	5,0	4,0	3,5
200	7,0	6,0	5,0	4,0
250	8,0	7,0	5,5	4,2
300	9,0	7,5	6,0	4,5

Диаметр заготовки при вытяжке цилиндрических деталей определяется способом поверхностей при вытяжке деталей простой формы без утонения материала, способом объемов при вытяжке деталей с утонением материала и графоаналитическим способом при вытяжке тел вращения сложной формы без утонения материала.

Способ поверхностей. Этот способ основан на равенстве площадей исходной заготовки и готовой детали с учетом припуска на обрезку. Расчет ведут по средней поверхности детали. Для определения диаметра заготовки поверхность детали, имеющей форму тела вращения, разбивают на простые геометрические элементы (рис. 6). Сумма площадей простых геометрических элементов Σf равна площади заготовки $F_з$, т.е.

$$\sum f = f_1 + f_2 + f_3 + \ldots + f_n = F_з = \frac{\pi D_з^2}{4}, \qquad (1)$$

Где $f_1, f_2, f_3, \ldots f_n$ площади отдельных геометрических элементов.

Согласно рис. 6, а площади элементов равны

$$f_1 = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_1^2);\ f_2 = \frac{\pi}{2} r_1 (\pi d_1 - 4r_1);\ f_3 = \pi d_2 H_1;$$

$$f_4 = \frac{\pi}{2} r (\pi d_3 + 4r);\ f_5 = \frac{\pi}{4} d_3^2.$$

Диаметр заготовки согласно формуле (1) равен $D_з = 1{,}13\sqrt{F_з}$.

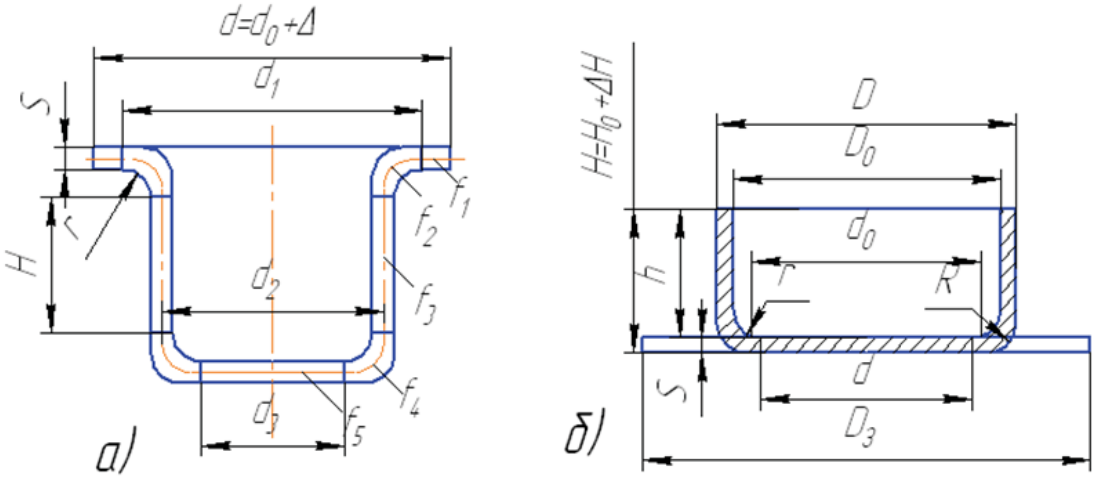


Рис. 6. Определение диаметра заготовки: а – по способу поверхностей; б – по способу объемов

Способ объемов. Этот способ применяют для расчета вытяжки цилиндрических деталей с утонением стенок. Он основан на равенстве объемов металла исходной заготовки и готовой детали с учетом припуска на обрезку.

Объем цилиндра $v_ц$ (рис. 6, б), равный разности наружного объема $v_ц$ и внутреннего v, мм^3:

$$v_ц = v_н - v_в = v_з; \qquad (2)$$

$$v_н = \frac{\pi D^2}{4}(H - R) + \frac{\pi D^2}{4}R + \frac{\pi}{4}dR^2 + \frac{2}{3}\pi R^2;$$

$$v_в = \frac{\pi D_0^2}{4}(h - R_0) + \frac{\pi d_0^2}{4}R_0 + \frac{\pi^2}{4}d_0 R_0^2 + \frac{2}{3}\pi R_0^3; \qquad (3)$$

$$v_з = \frac{\pi D_з^2}{4}S \qquad (4)$$

откуда диаметр заготовки

$$D_з = \sqrt{\frac{1{,}27\, v_з}{S}} = 1{,}13\sqrt{\frac{v_з}{S}}. \qquad (5)$$

Все обозначения показаны на рис. 6, б. Высота детали $H = H_0 + \Delta H$,

где H_0 – высота готовой детали, мм; ΔH– припуск на обрезку (по табл. 5).

Графоаналитический способ. Расчет проводят в следующем порядке: а) в натуральную величину или в увеличенном масштабе вычерчивают половину детали по средней линии с учетом припуска на обрезку; б) контур детали разделяют на отдельные элементы; криволинейные участки делят на небольшие отрезки, которые условно можно принимать за прямолинейные (рис. 7);

в) по масштабу чертежа определяют длины отрезков *i1,i 2,i 3,…in* и расстояния $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \ldots \rho_n$ от центров тяжести до оси вращения;

г) определяют и наносят на чертеж центры тяжести S_i каждого отрезка, которые находятся в середине этих отрезков;

д) вычисляют расстояние R_c от оси XX до центра тяжести кривой (образующей тела вращения) по формуле, мм

$$R_c = \frac{i_1\rho_1 + i_2\rho_2 + \ldots i_n\rho_n}{i_1 + i_2 + i_3 + \ldots i_n} = \frac{\sum i\rho}{\sum i}; \qquad (7)$$

е) определяют поверхность детали, образованной вращением кри- вой АВ (см. рис. 7) вокруг оси XX. Поверхность тела вращения, образованного кривой АВ произвольной формы при вращении вокруг оси XX, находится как произведение длины пути центра тяжести кривой АВ на ее длину L , мм

$$F = 2\pi R_c L, \qquad (8)$$

где R_c- формуле (7); L – Σi – длина кривой, определяемая по масштабу чертежа.

На основании равенства поверхности штампуемой детали и площади заготовки $2\pi R_c L = \frac{\pi D_з^2}{4}$ находим

$$D_з = \sqrt{8R_c L}. \qquad (9)$$

Подставив значения $R_c = \frac{\sum i\rho}{\sum i}$ и $L = \sum i$ получим:

$$D_з = \sqrt{8\sum i\rho}. \qquad (10)$$

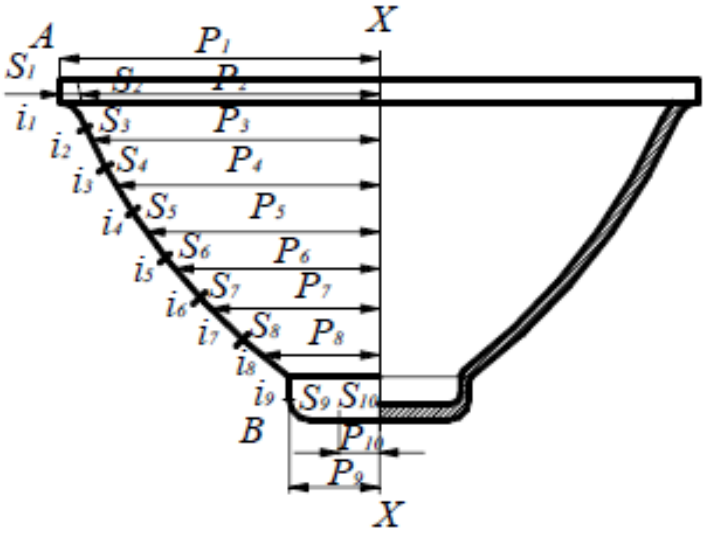


Рис. 7. Графоаналитический способ расчета заготовок сложных тел вращения

3. Расчет числа операций при вытяжке цилиндрических деталей без утонения

Число операций при вытяжке рассчитывают исходя из максимально допустимых степеней формоизменения на каждой операции.

Диаметр цилиндра, получаемый при вытяжке: для 1-й операции

$$d_1 = m_1 D_з, \qquad (11)$$

для последующих операций (2-й, 3-й, …n-й)

$$\left.\begin{aligned} d_2 &= m_2 d_1 \\ d_3 &= m_3 d_2 \\ d_n &= m_n d_{n-1} \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

(меньшим значениям коэффициентов вытяжки m соответствуют большие деформации).

В формулах приняты следующие обозначения: d_1 ;d_2 ; d_3 – диаметры полуфабрикатов 1, 2 и 3-й операции,d_{n-1}– диаметр полуфабриката предпоследней операции; d_n – диаметр детали после выполнения последней операции;m_1 ;m_2 ;m_3 ; m_n– коэффициенты вытяжки 1, 2, 3-й и последней операций.

Диаметры d1 , d2 и т.д. определяют по средней линии. Коэффициенты вытяжки выбирают с учетом следующих факторов: вида и механических свойств материала, отношения толщины к диаметру заготовки, способа вытяжки, промежуточных отжигов, рабочего профиля пуансонов и матриц, усилия прижима, качества поверхности, скорости вытяжки и т.п. В табл. 7 приведены рекомендуемые коэффициенты вытяжки с прижимом полых цилиндрических деталей (с промежуточным отжигом по мере надобности).

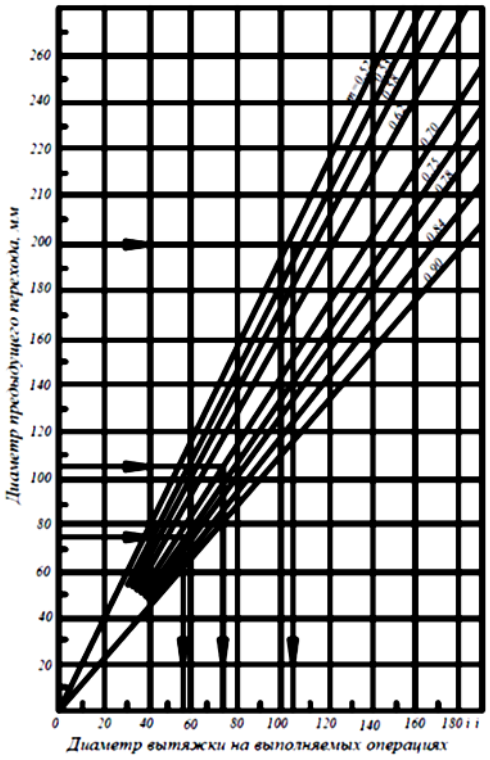


Рис. 8. Диаграмма для определения диаметров вытяжки и числа операций

Ориентировочные числа опе- раций в зависимости от размеров цилиндрических деталей, штам- пуемых из сталей марок 08кп – 10кп, даны в табл. 8 и 9.

На рис. 8 показана диаграмма для определения диаметров переходов и числа операций вытяжки исходя из выбранных значений коэффициентов вытяжки *m*.

Пример. Дано: D_3 *=200мм;* m_1*=0,52 ;*m_2 *=0, 70 ;*m_3 *=0, 75.*

Получим: *d1 =104мм, d2 =72,8мм, d3=54,5 мм.*

Таблица 7

Коэффициенты многооперационной вытяжки

Материал	Коэффициенты вытяжки, *m*	
	1-я операция	2-я и последующие операции
Сталь 08-10	-	0,72-0,74
Латунь Л62	-	0,73-0,76
Сплав АМцА-М	-	0,75-0,77
Сплав Д16А-М	-	0,76-0,78
Сплав Д16А-Т	-	0,82-0,85
Сплав В95А-Т	-	0,85-0,88
Сталь 1Х13	-	0,75-0,78
Сталь 1Х18Н9	-	0,70-0,75
Сталь 1Х18Н9Т	-	0,78-0,81
Сталь Х18Н11Б	0,52-0,55	0,78-0,81
Сталь Х23Н18	0,52-0,55	0,78-0,81
Сталь Х20Н80Т, Х478Т	0,52-0,55	0,78-0,81
Сталь 30ХГСА	0,62-0,70	0,80-0,84
Жесть белая	0,58-0,65	0,80-0,85
Цинк	0,65-0,70	0,85-0,90
Целлулоид (нагретый в льняном масле до 200 °С)	0,60	-
Кожа (нагретая в масле до 200 °С)	0,40-0,45	-
Титановый сплав ВТ1 без подогрева	0,57-0,61	0,80-0,85
Титановый сплав ВТ1 с подогревом	0,40-0,44	0,70-0,72
Титановый сплав ВТ5 без подогрева	0,63-0,65	0,80-0,85

Примечание. Для материалов с отношением $S/D_3*100 < 1$берутся большие коэффициенты, для материалов с отношением $S/D_3*100 > 1$ – меньше D_3

Таблица 8

Число операций вытяжки цилиндрических деталей без фланца из стали марок 08кп – 10кп

Отношение высоты к диаметру цилиндра $\frac{h}{D}$	0,6	1,4	2.5	4	7	12
Число операций вытяжки (ориентировочно)	1	2	3	4	5	6

Таблица 9

Число операций вытяжки (ориентировочно) цилиндрических деталей с фланцем из стали марок 08 кп – 10 кп

Отношение диаметра фланца к диаметру цилиндра $\frac{D_Ф}{D}$	Отношение высоты к диаметру цилиндра $\frac{h}{D}$		
	0,5	1,0	2,0
1,5	1	2	3
2,0	2	3	4
3,0	3	4	5

4. Определение необходимости прижима заготовки при вытяжке

Прижим заготовки применяют для того, чтобы предотвратить образование складок на стенках детали или на фланце. Давление при- жима должно быть оптимальным, так как повышенное давление уве- личивает усилие вытяжки, что приводит к отрыву дна или фланца де- тали, а пониженное давление вызывает образование складок.

Прижим необходим при вытяжке из плоской заготовки в случае, когда

$$D_з - d_1 \geq 25 \cdot S, \qquad (13)$$

где $D_ç$ – диаметр плоской заготовки, мм;

d_1 – диаметр первой вытяжки, мм; S – толщина материала, мм.

Для второй и последующих операций необходимость прижима определяют по относительной толщине материала

$$\varepsilon = \frac{S}{d_{n-1}} \cdot 100 \cdot \qquad (14)$$

Вытяжку осуществляют с прижимом, если ε<1, 25, без прижима, если ε>1,5 , с прижимом или без прижима при ε=1, 25 -1,5 . Вытяжка без прижима прямоугольных деталей из плоской заготовки возможна, если $\frac{H_{пр}}{S} \leq 14$ при одновременном соблюдении отношений $\frac{H_{пр}}{B} < 0,7$ и $\frac{r_n}{S} > 1$ здесь $H_{пр}$ – высота детали с припуском на обрезку; B – шири на детали в плане; r_n– радиус в плане между боковыми стенками; S – толщина материала. (Все размеры даны в миллиметрах). Вытяжка без прижима на 2-й операции осуществима при условии, что $B_1 - B \leq (12 \div 14)S$, где B_1 – ширина первой вытяжки, мм. На рис. 9 показана форма рабочих частей матриц при вытяжке без прижима.

Матрицу с конической рабочей частью (под углом образующей 30°) применяют (рис. 9, а) при сравнительно небольших переходах первой вытяжки (m ≥0,6); матрицу с криволинейным профилем (рис. 9, б) как более сложную в изготовлении следует применять для первой вытяжки при m < 0,6.

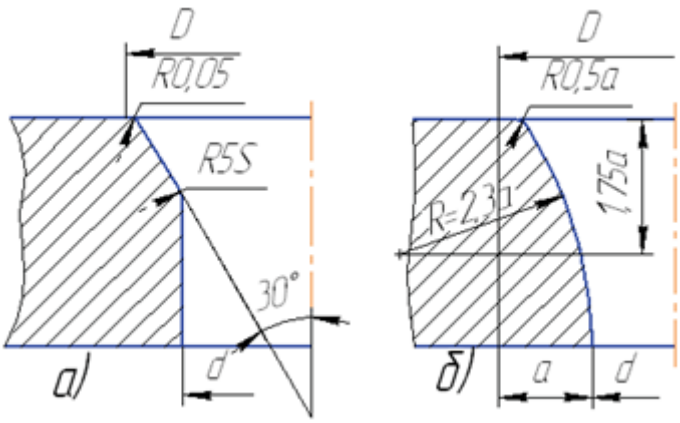


Рис. 9. Форма рабочих частей вытяжных матриц при вытяжке без прижима

Рабочий профиль матрицы для вытяжки без прижима прямоугольных деталей рассчитывают отдельно как для прямых участков, так и для закруглений в углах. Участки соединяют плавным переходом.

В вытяжных штампах в основном применяют плоские поверхности прижима (рис. 10, а). Прижимы с буртиком (рис. 10, б) используют при вытяжке деталей из тонкого материала и с большим радиусом закругления матрицы.

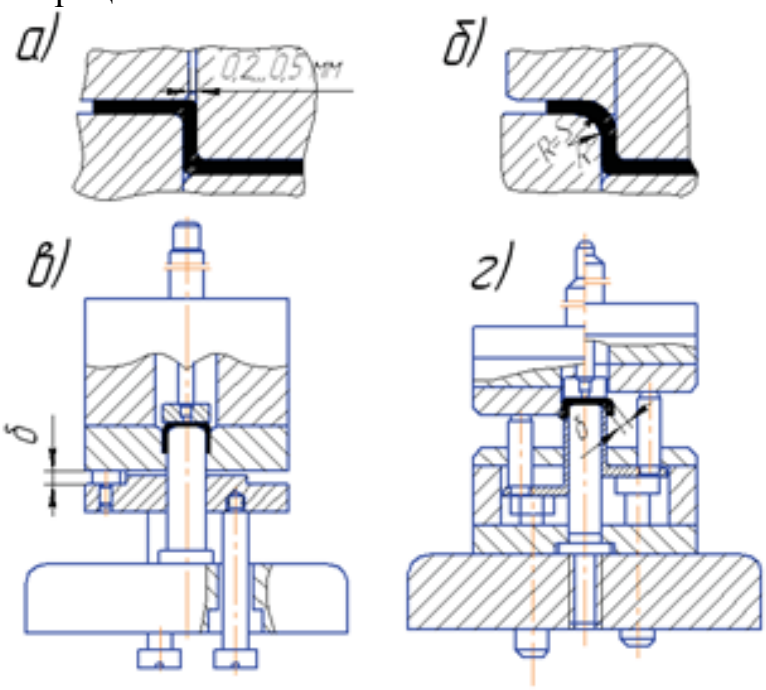


Рис. 10. Типы прижимов: а – плоский; б – прижим с буртиком; в – прижим с ограничителем при вытяжке деталей из плоской заготовки; г – прижим с ограничителем при вытяжке деталей из полой заготовки

Прижимы с ограничителями (рис. 10, г) применяют в тех случаях, когда необходимо выдерживать определенный зазор под прижимом в течение всего хода пуансона для предотвращения слишком сильного зажима заготовки. Эта конструкция рекомендуется при вытяжке деталей из тонкого материала, а также деталей с широким фланцем на прессах простого действия, снабженных резиновым или пружинным буфером. Ограничителями прижима материала могут быть упоры, прокладки, кольца, смонтированные на матрице или на прижиме. Зазор между прижимом и

матрицей для вытяжки деталей с большим фланцем принимают равным $\delta = S + (0,05 - 0,1)$ мм; для вытяжки на провал деталей из алюминиевых сплавов δ=1,1S ; для вытяжки деталей из тонколистовой стали δ=1, 2 S .

5. Вытяжка прямоугольных коробчатых деталей

Принципиальное отличие процессов глубокой вытяжки коробчатых деталей от вытяжки цилиндрических деталей – неравномерность напряженного и деформированного состояния по периметру и по вы- соте стенок детали. Эта неравномерность как по характеру, так и по диапазону ее значений зависит от абсолютных и относительных вели- чин геометрических параметров детали: длины детали A_n, ширины B_n, высоты H_n, радиусов в углах r_{yn}, радиуса у дна r_d и толщины листовой заготовки S (рис. 11).

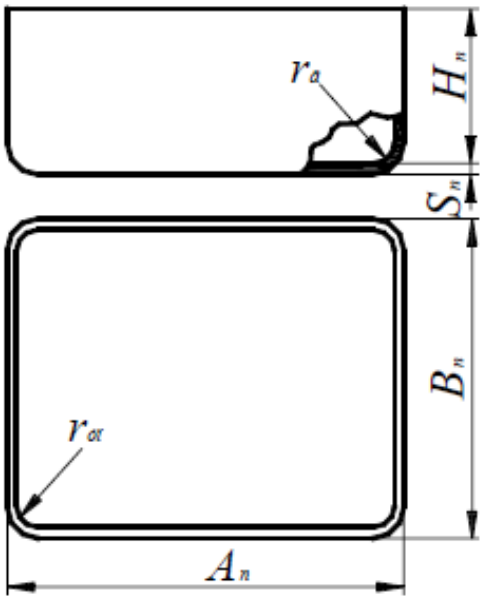


Рис. 11. Основные размеры коробчатых деталей

По технологическим признакам коробчатые детали разделяются на следующие основные типы:

1) по относительной высоте – низкие, средние и высокие;
2) по относительной длине – короткие и длинные;
3) по относительному угловому радиусу –

детали с большими и малыми радиусами угловых закруглений.

Каждому из перечисленных типов деталей можно дать характеристику, отражающую вариант технологического процесса его изготовления.

Низким следует считать детали, у которых при вытяжке в средних участках коротких стенок отсутствуют сжимающие напряжения, вследствие чего они подвергаются простому изгибу.

Критерием для определения данного типа коробчатых деталей является соотношение

$$H_п < 0,5HB - r_{уп}, \quad (15)$$

где $H_п$ - – высота детали с припуском на обрезку.

У средних вся поверхность коротких стенок в процессе вытяжки подвергается тангенциальным деформациям. Этот тип деталей можно определить по аналогичной формуле

$$H_п \geq 0{,}5HB - r_{уп}, \qquad (15а)$$

Кроме того, необходимо, чтобы данная деталь по величине усредненного коэффициента вытяжки могла бы изготовляться за одну операцию, т.е.

$$m_с = \sqrt{\frac{F_д}{F_0}} \geq m_{T1}, \qquad (16)$$

где $F_д$, F_0–соответственно площади дна детали и заготовки; $m_с$– усредненный коэффициент вытяжки коробчатых деталей; m_{T1}-коэффициент вытяжки из первой операции, принятый для цилиндрических деталей, изготовленных из того же материала и с такой же относи- тельной толщиной заготовки (см. табл. 7).

Высокими следует считать детали, у которых усредненная степень вытяжки больше допустимой на первой операции (для данных параметров детали), т.е. $m_с < m_{T1}$. Это означает, что данная деталь не может быть изготовлена за одну операцию вытяжки при любых значениях прочих параметров. Такие детали должны изготавливаться за несколько операций вытяжки.

Разделение деталей на длинные и короткие осуществляется по признаку неравномерности распределения напряжений в коротких и длинных стенках детали. Для низких деталей этот принцип классификации не применяется, так как при любых соотношениях длины и ширины средние участки их стенок не деформируются в тангенциальном направлении. Средние детали разделяют на длинные и короткие по характеру распределения деформаций в длинных стенках. Если средняя часть длинных стенок детали не деформируется в тангенциальном направлении, такие детали относятся к длинным согласно выражению

$$A_п - 2r_{уп} \geq 2{,}5H_п. \qquad (17)$$

Средние детали, не удовлетворяющие этому неравенству, отно- сятся к коротким.

Что касается высоких деталей, изготавливаемых многоопераци- онной вытяжкой, то критерием является выражение

$$A_п > 2{,}5H_п. \qquad (18)$$

Детали, не удовлетворяющие этому неравенству, считаются короткими, а удовлетворяющие – длинными.

В зависимости от величины углового радиуса все коробчатые де- тали разделяются на детали с большими и малыми угловыми радиусами. Отношение углового радиуса $r_{уп}$ к высоте детали $H_п$ у деталей, изготовляемых вытяжкой за одну операцию, является характеристикой концентрации

напряжений в угловых участках близ дна, причем предельно допустимым считается значение $r_{уп}$ /$H_п$=0,1 детали, у которых $r_{уп}$ /$H_п$≤0,1, относятся к деталям с малыми радиусами закруглений в углах, а детали, у которых отношение больше, – с большими закруглениями.

Для высоких деталей, которые могут быть изготовлены только за несколько операций, таким критерием служит соотношение

$$r_{уп} \geq 0,1\sqrt{H_п B_п}\ . \qquad (19)$$

Если это соотношение выполнено, угловые радиусы считаются большими, если нет – малыми.

5.1. Вытяжка низких деталей

Процесс изготовления низких деталей состоит из следующих операций: образование заготовки (вырубкой или вырезкой); вытяжка; обрезка припуска по высоте. Для изготовления небольших деталей эти операции можно совмещать.

Технологические расчеты сводятся к определению формы и размеров заготовки. В первую очередь необходимо установить, нужно ли делать обрезку припуска по высоте детали. Обрезка необходима в том случае, если допуск на высоту детали, предусмотренный чертежом, будет меньше, чем высота неровностей в угловых участках детали. Высоту неровностей можно приближенно оценить по формуле, мм:

$$\delta = AH_п \frac{\left(1 - m_y\right)^2}{\sqrt[3]{S}}, \qquad (20)$$

где δ– высота неровностей в угловых участках, мм; $H_п$–высота детали по чертежу, мм; S – толщина материала, мм; $m_у$–угловой коэффициент вытяжки, вычисляемый по общеизвестным формулам для четверти цилиндра, образующего угловые участки детали ($m_у = \frac{r_{уп}}{R_у}$, где $R_у$– радиусы углового участка заготовки); А – коэффициент, зависящий от анизотропии штампуемого материала (для наиболее широко применяемых материалов его принимают равным: 0,25 – для латуни Л62 и Л68; 0,3 – для алюминия и его сплавов; 0,35 – для стали углеродистой).

Припуск на обрезку в зависимости от высоты детали указан в табл. 10.

Таблица 10

Припуск на обрезку по высоте, мм

$H_п$	10	20	30	40	50	70	100	125	150
ΔH	1,5	2,5	3,0	4,0	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5

Расчет заготовки заключается в том, что прямые участки стенок рассчитывают, как при простой гибке, развертывая их на плоскость, а для

угловых участков вычисляют размеры условных секторов, как заготовку цилиндрических деталей. Затем в местах перехода от прямо- угольных разверток к секторам производят уравнивание площадей, как показано на рис. 12, а, с подбором радиусов перехода. Радиус $R_у$ вычисляют по следующим формулам:

$$R_у = \sqrt{2r_{уп}H_п}\,, \qquad (21)$$

если $r_{уп} = r_д$.

$$R_у = \sqrt{r_{уп}^2 + 2r_{уп}\left(H_п - 0,43r_д\right)}\,, \qquad (22)$$

Радиус перехода обычно принимают равным $R_у$

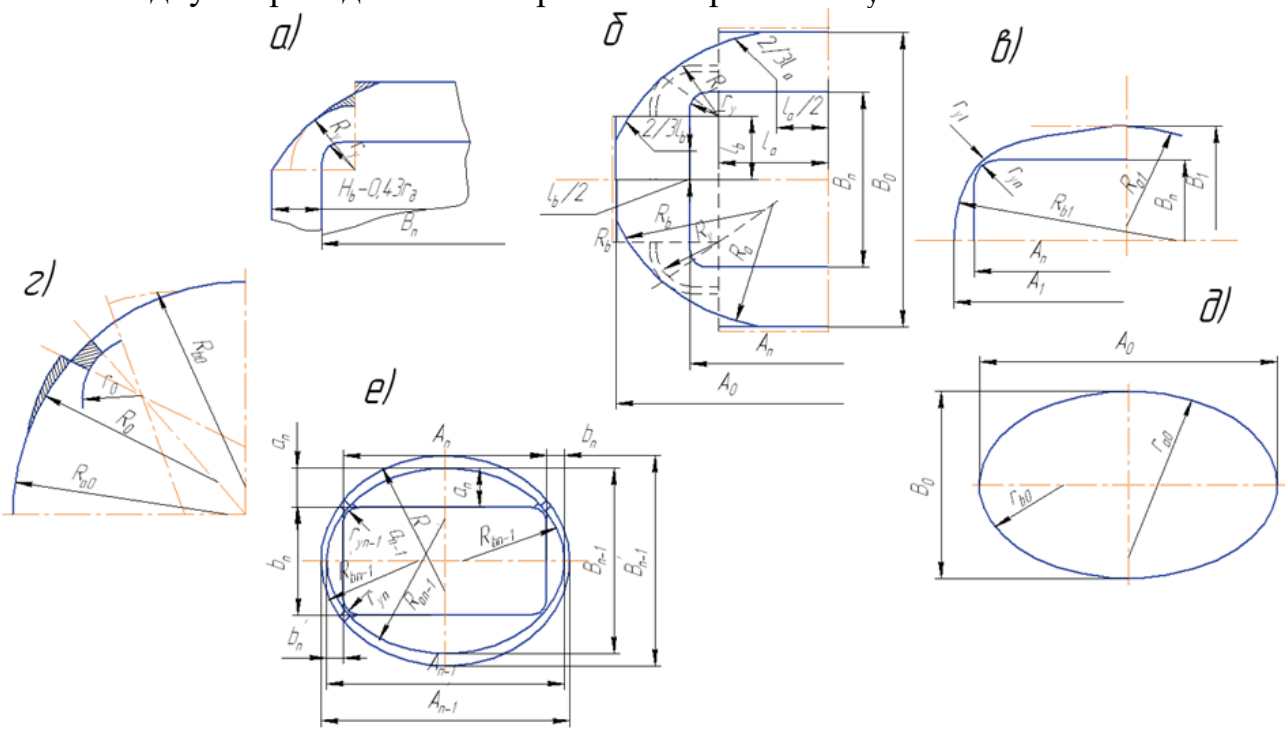


Рис. 12. Построение контуров заготовок и полуфабрикатов для коробчатых деталей: а – заготовка для низких коробчатых деталей; б – то же для средних коробчатых деталей с большими угловыми радиусами; в – полуфабрикат для коробчатой детали с малыми угловыми радиусами; г – заготовка для коробчатой детали с малыми угловыми радиусами; д – то же для высоких коробчатых деталей типов I и II; е – полуфабрикат для предпоследней вытяжки высокой коробчатой детали

5.2. Вытяжка средних деталей с большими радиусами в углах

Этот тип деталей подразделяется на короткие и длинные.

Технологический процесс изготовления этих деталей состоит из таких же операций, как и для низких деталей: образование заготовки, вытяжка и обрезка припусков. Отличие заключается лишь в том, что в связи с увеличенной степенью вытяжки неровности по высоте стенок получаются настолько значительными, что операция обрезки припус- ка по высоте, как правило, необходима.

Технологические расчеты также сводятся к определению формы и размеров заготовки. Величина припуска на обрезку ΔH определяется по табл. 10. Построение и вычисление размеров заготовки должно производиться с учетом распределения деформаций по периметру борта и, в частности, влияния на размеры заготовки сжимающих напряжений в стенках.

На практике обычно пользуются эмпирическим методом, сущность которого заключается в построении развертки детали (рис. 12, а) и корректировке ее по следующей формуле:

$$R_x = R_y\left(0{,}018\frac{R_y^2}{r_{уп}^2} + 0{,}98\right).$$

Затем ширину заготовки уменьшают на величину, отражающую прибавку площади заготовки в угловых участках:

$$h_b = 0{,}785\frac{R_x^2 - R_y^2}{B_n - 2r_{yn}}.$$

Если деталь короткая, длину заготовки уменьшают на величину, вычисленную по этой же формуле, но в знаменатель подставляют $A_n=2r_{yn}$. У длинных деталей поправка на ширину детали не вводит- ся, так как ширина заготовки будет равна ширине развертки.

Заготовка строится, как показано на рис. 12, б, причем возможны два варианта. При сравнительно малых радиусах угловых закруглений заготовку строят, как показано на нижней половине рис. 12, б. Если построение не получается, т. е. не удается подобрать радиусы R_a и R_b , которые должны сопрягаться с дугой радиуса R_x и с боковыми линиями контура заготовки, построение выполняют по верхней половине рис. 12, б.

Предельные отношения H/B в зависимости от отношений $A_п/B_п$ и S, при которых возможна вытяжка прямоугольных деталей за одну $B_п$ операцию, приведены в табл. 11. Если хотя бы одно из указанных соотношений не удовлетворяет величинам, приведенным в табл. 11, вытяжка будет многооперационной.

Таблица 11

Предельные отношения $H/B_н$

Отношение сторон $\frac{A_п}{B_п}$	Относительная толщина материала $\frac{S}{B_п}100$			$\frac{H}{r_g}$
	1,5-1,0	<1,0 до 0,5	<0,6 до 0,3	
1,0	0,70	0,63	0,56	До 10
1,2	0,75	0,67	0,60	
1,5	0,80	0,71	0,64	
2,0	0,90	0,81	0,72	
2,5	0,95	0,85	0,76	
3,0	1,00	0,90	0,80	

5.3. Вытяжка средних деталей с малыми радиусами закруглений в углах

Этот тип деталей, как и предшествующий, имеет две разновидности – короткие и длинные. Принципиальным отличием этого типа де- талей от рассмотренного ранее является то, что вытяжка их за одну операцию невозможна вследствие напряжений в углах детали, обусловленных малыми радиусами закругления $r_{уп}$.

Технологический процесс вытяжки состоит из двух операций. Полуфабрикат на 1-й операции должен иметь в плане очертания, снижающие напряжения в углах до предела, гарантирующего нормальное протекание процесса. Вместе с тем степень формоизменения на 2-й операции также должна обеспечивать получение доброкачественной детали. Расчет технологического процесса сводится к определению формы и размеров заготовки и полуфабриката, полученного на 1-й операции.

Для коротких деталей наиболее благоприятной формой полуфабриката в плане будет четырехугольник с закругленными углами и выпуклыми сторонами (рис. 12, в).

Его размеры определяют в такой последовательности.

1. Вычисляют габаритные размеры полуфабриката 1-й операции

$$B_1 = B_п + 2b; A_1 = A_п + 2a, \qquad (25)$$

где

$$b = 0,2B_п\left(1 - \sqrt{\frac{10r_{уп}}{H_п}}\right); \qquad (26)$$

$$a = 0,7b\sqrt{\left(\frac{A_п}{B_п} - 1\right)^3 + 1}. \qquad (27)$$

Если при расчете окажется, что a <(5...6)S , рекомендуется увеличить этот размер (и соответственно размер b) до этого значения.

2. Определяют усредненный коэффициент вытяжки на 2-й операции

$$m_{C2} = \sqrt{\frac{A_п B_п - 0,86r_{уп}^2}{A_1 B_1 + 2,67\left(aA_п + bB_п\right)}}. \qquad (28)$$

Величину m_{c2}, полученную по формуле (28), сравнивают с табличным значением коэффициента вытяжки 2-й операции для аналогичных условий (m_{T2}). Необходимо, чтобы $m_{c2} \geq m_{T2}$

Вычисляют радиусы закругления в углах полуфабриката 1-й операции

$$r_{y1} = \frac{r_{уп}}{m_{c2}}. \qquad (29)$$

4. Строят контур полуфабриката 1-й операции, для чего вычисляют радиусы R_a и R_b , пользуясь очевидными геометрическими соотношениями.

Если деталь по критерию, вычисляемому по формуле (17), относится к длинным, все расчеты выполняют для условной детали, длина которой $A_п=2,5H_п+2\ r_{уп}$, а затем середины длинных сторон фактической детали на участке длиной $A_п$ -$A_п$ соединяют двумя параллельными прямыми; причем построения производят как для короткой детали.

5. Строят контур заготовки как показано на рис. 12, г, где изображена одна четверть контура. Четыре стороны заготовки очерчивают дугами, радиусы которых равны соответственно R_{a0} и R_{b0} Величины радиусов вычисляют по формулам

$$R_{a0} = \sqrt{R_a + 2R_a(H_1 - 0,43r_{д1})};$$
$$R_{b0} = \sqrt{R_b + 2R_b(H_1 - 0,43r_{д1})}, \qquad (30\ а)$$

где $r_{д1}$ – радиус перехода от дна к стенкам полуфабриката 1-й операции; $r_{д1} = r_{д2}$, $H_1 = H_2$ м$_2$.

Для построения угла заготовки вычисляют условный радиус

$$r_0 = \sqrt{r_{у1}^{\ 2} + 2r_{у1}(H_1 - 0,43r_{д1})}.$$

Далее находят угловой радиус R_0 . Очерченная им дуга должна отделять от сторон заготовки участки, площадь которых равна площади дополнительных участков в углах заготовки (эти участки заштрихованы). Точный расчет значений радиуса R_0 довольно громоздок, а выполнение его необязательно, так как средние коробчатые детали обычно подвергаются обрезке после вытяжки. Поэтому практически достаточно провести дугу радиуса через середины отрезков РО , чтобы выполнить условие равенства площадей.

Последний этап технологических расчетов – определение необходимости прижима на 2-й операции (1-я операция ведется с прижимом заготовки). Для коробчатых полуфабрикатов условие вытяжки без прижима заключается в том, что наибольшее расстояние между стенками последовательно выполняемых полуфабрикатов (или полуфабриката и детали на последней операции) не должна быть больше пятишести толщин материала, т. е. $a \geq (5\text{-}6)S$.

В случае вытяжки без прижима сопряжение дна и стенок полуфабриката 1-й операции можно оформить по дуге радиусом $r_{д1} = (4\ \text{-}5)S$.

В случае вытяжки с прижимом рекомендуется это сопряжение выполнить в виде плоскости, скошенной под углом 45° к дну, а переходы от этой плоскости к дну и стенкам округлить дугами радиусом $r_{д1}$

5.4. Вытяжка высоких коробчатых деталей

Расчет базируется на следующих положениях:

1) равенство поверхностей деталей (с учетом припуска на обрезку), полуфабрикатов операций и заготовки;

2) ограничение степени формоизменения на каждой операции вытяжки;

3) равномерность степени формоизменения по периметрам двух последовательно образуемых полуфабрикатов, а также полуфабриката 1-й операции и заготовки и полуфабриката предпоследней операции и готовой детали.

Нарушение любого из этих условий приводит к ухудшению протекания процесса вытяжки или полной невозможности его осуществления.

Отступление от первого условия приведет на последней операции к недостатку материала (высота детали получится меньше требуемой по чертежу) или к его избытку, т. е. к напрасному расходу материала.

При нарушении второго условия, т. е. при назначении чрезмерных степеней деформации, вытяжка затрудняется (что приводит к увеличению брака) или становится невозможной из-за разрывов материала у дна или в углах полуфабрикатов или детали.

В случае нарушения третьего условия втягивание материала заготовки или стенок полуфабриката в матрицу будет проходить неравномерно, в результате чего на стенках детали появятся складки, обычно приводящие к отрыву дна.

Ограничение степени формоизменения при больших радиусах в углах детали лимитируется усредненным коэффициентом вытяжки (формула (16)), а для малых – показателем концентрации напряжений в углах на последней операции вытяжки, выражаемой формулой (19).

Равномерность степеней формоизменения обеспечивается при расчетах методом подбора параметров, обеспечивающих одинаковые степени деформации как периметров заготовки, так и полуфабрикатов. Для расчета высоких коробчатых деталей существуют четыре варианта, отражающих различные условия вытяжки деталей с большими и малыми радиусами в углах и с большой или малой длиной по отношению к высоте. Соответственно и признаками, определяющими вариант расчета, будут отношение высоты детали $H_п$ к ее длине $A_п$ и отношение углового радиуса $r_{уп}$ к ширине детали $B_п$. В зависимости от их значений выполняются четыре типа коробчатых деталей I –IV (табл. 12).

Число операций вытяжки для деталей типа I определяется по суммарному коэффициенту вытяжки $m_0 = \sqrt{\frac{F_д}{F_0}}$, где F_0 – полная площадь ее поверхности (с учетом припуска).

Далее определяют вспомогательную величину $D_у = 1{,}13\sqrt{F_0}$, вычисляют относительную величину $\frac{S}{D_у}100$ и находят число операций п вытяжки из условия

$$m_1 m_2 m_3 \ldots m_{n-1} m_n m_{n+1} < m_c < m_1 m_2 m_3 \ldots m_n, \qquad (32)$$

где m_1, m_2, … $m_п$ – коэффициенты вытяжки для данного материала и отношения $\frac{S}{D_у}100$ (табл. 7).

Таблица 12

Критерии для определения типа высокой коробчатой детали

Относительная высота $\frac{H_п}{A_п}$	Угловые радиусы	
	Большие $r_{уп} \geq 0{,}1\ H_п B_п$	Малые $r_{уп} < 0{,}1\ H_п B_п$
Короткие детали $\frac{H_п}{A_п} \geq 0{,}4$	Тип I	Тип II
Длинные детали $\frac{H_п}{A_п} < 0{,}4$	Тип III	Тип IV

Затем определяют форму и размеры заготовки, которая для коротких деталей (тип I и II, см. табл. 12) представляет собой эллипс. Расстояние между его фокусами

$$C_0 = \sqrt{A'^2_{n-1} B'^2_{n-1}}, \qquad (33)$$

где $A_{п-1}$ и $B_{п-1}$ – длина и ширина эллипса, размеры которого отвечают условию равенства степеней формоизменения по периметру детали. Точное вычисление размеров этого эллипса очень сложно, так как связано с решением уравнений высоких степеней. Поэтому на практике пользуются методом подбора или упрощенными формулами, дающими приближенное решение [14].

Длина заготовки

$$A_0 = 0{,}707\, C_0 \sqrt{1 + \sqrt{6{,}5\left(\frac{F_0}{C_0^2}\right)^2 + 1}}. \qquad (34)$$

Ширина заготовки

$$B_0 = \sqrt{A_0^2 - C_0^2}. \qquad (35)$$

Поскольку построение эллипса довольно сложно и затрудняет изготовление рабочих частей штампа, целесообразно заменить его близким по очертаниям овалом, имеющим такие же габариты (рис. 12, д).

Радиусы закругления, образующие приближенный контур овала, следующие:

$$R_{b0} = \frac{0{,}707\, B_0}{\sqrt{\left(\frac{A_0}{B_{02}}\right)^2 + 1}}; \qquad (36)$$

$$R_{a0} = \frac{(0,5A_0 + R_{b0})^2}{2(0,5B_0 - R_{b0})} + \frac{0,5B_0 + R_{b0}}{2}. \quad (37)$$

Габариты в плане полуфабрикатов первой и последующих (кроме предпоследней) операций вытяжки вычисляют по формулам

$$A_1 = 0,707\,C_0 = \sqrt{1 + \sqrt{\left(\frac{2q}{C_0^2}\right)^2 + 1}}, \quad (38)$$

где $q = A_0 B_0 m_1^2$ и m1 – коэффициент вытяжки на 1-й операции, принимаемый по обычным данным для цилиндрических деталей при соответствующих условиях;

$$B_1 = \sqrt{A_1^2 - C_1^2}. \quad (39)$$

Здесь в качестве примера приведена формула для 1-й операции; для последующих операций пользуются этими же формулами с заме- ной индексов и значений коэффициентов вытяжки. Радиусы закруглений эллипсовидных овалов определяют по формулам (36) и (37) с подстановкой размеров соответствующего полуфабриката.

Высоты полуфабрикатов 1-й и последующих операций (кроме предпоследней) вычисляют по формуле

$$H_1 = 0,353\frac{A_0 B_0 - A_1 B_1}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2}} + 0,43 r_{q1}. \quad (40)$$

Для определения формы и размеров полуфабриката предпоследней операции вытяжки детали типа I необходимо вычислить фактический коэффициент вытяжки на последней операции

$$m_n = \frac{m_c}{m_1 m_2 m_3 \ldots m_{n-1}}, \quad (41)$$

где m_1, m_2 и т.д. – коэффициенты вытяжки, по которым были рассчитаны полуфабрикаты 1, 2-й и последующих операций, кроме предпоследней.

Далее находят условный коэффициент вытяжки

$$m_n' = 1,13\sqrt{\frac{A_n B_n - 0,86 r_{\text{уп}}}{A_{n-1} B_{n-1}}}, \quad (42)$$

который получается, если вести вытяжку последней операции из полуфабриката, имеющего в плане контур эллипсовидной формы. Размеры этого овала вычислены из условий постоянного значения степени деформации периметра. Если окажется, что фактический коэффициент вытяжки, полученный по формуле (41), меньше m_n, формулу условного эллипсовидного овала корректируют, как показано на рис. 12, е, преобразуя его в четырехугольник, расстояние между контуром готовой детали и контуром условного овала a'_n и b'_n уменьшают пропорционально коэффициенту К, равному

$$K = \frac{1 - m_n}{1 - m_n^{'}}.$$

(43)

Умножая a'_n и b'_n получают фактические расстояния a_n и b_n между контуром готовой детали и сторонами полуфабриката, а радиусы в углах построенного таким образом выпуклого четырехугольника определяют из условия, что расстояние между контуром детали в углах и контуром условного овала Δ также необходимо умножить на К, что даст расстояние до фактического контура полуфабриката Δn. Величину радиуса в углу $r_{уп-1}$ можно вычислить, интерполируя зависимости между $R^{'}_{b_{n-1}}$, ρ, $r_{уп}$, Δ, $Δ_n$, где $\rho = \sqrt{r_{уп} R^{'}_{bn-1}}$.

Построение фактического контура полуфабриката предпоследней операцией показано на рис. 12, е. Радиусы дуг, образующие стороны этого четырехугольника, вычисляют по очевидным геометрическим соотношениям.

Отличие расчетов деталей типа II (коротких с малыми радиусами в углах) от приведенных выше заключается в том, что расчет последней операции ведут с учетом дополнительного лимитирующего фактора – увеличенных напряжений, возникающих при вытяжке из полуфабриката с габаритами A'_{n-1} и B'_{n-1} (см. рис. 12, е), выражаемого формулой $r_{уп} = 0{,}1\sqrt{H_n B_n}$ (см. табл. 12). Отсюда следует, что коэффициент вытяжки на последней операции не может быть меньше, чем полученный по формуле

$$m_n = 1 - \frac{(1 - m_n^{'}) r_{уп}}{0{,}1\sqrt{H_n B_n}}.$$

(44)

Если величина

m_n , полученная по этой формуле, будет больше, чем по формуле (41), коэффициент К (формула (43)) вычисляется по ней и соответственно корректируется форма полуфабриката пред- последней операции в плане.

Высоту полуфабриката предпоследней операции для деталей типов I и II вычисляют по формуле

$$H_{n-1} = \frac{H_n}{m_n}.$$

(45)

Отличие расчетов процесса вытяжки деталей типов III и IV (см. табл. 12) от приведенных выше заключается в том, что учитывается фактор уменьшения сжимающих напряжений в средних частях длинных стенок, вследствие чего эти участки стенок не деформируются в тангенциальном направлении. Исходя из этого, расчеты формы и размеров заготовок полуфабрикатов выполняют описанными способами, но для условной детали ширина и высота равны соответствующим размерам данной детали, а длина принимается равной $2{,}5H_п$. Затем по полученным размерам строят контуры

заготовки и полуфабрикатов для данной детали, у которых средние части образуются параллельными линиями, а концы представляют собой половины эллипсоидных овалов или четырехугольников с выпуклыми сторонами. Расчеты для деталей типа III ведутся как для деталей типа I, а для типа IV как для типа II.

6. Последовательная вытяжка в ленте

Штампы для последовательной вытяжки в ленте рекомендуется применять в серийном, крупносерийном и массовом производстве для изготовления небольших деталей. Материал для последовательной вытяжки в ленте должен обладать высокой пластичностью, так как промежуточный отжиг между операциями отсутствует.

Рекомендуемые марки материала: Л62 и Л68, сталь для глубокой вытяжки (ВГ) марок 08кп и 10кп; алюминиевый сплав АМцА-М. Различают два способа вытяжки в ленте – без надрезки и с надрезкой ленты.

Вытяжка в целой ленте. Этот способ (рис. 13) позволяет сократить расход материала (по сравнению с вытяжкой с надрезкой ленты), однако требует большого числа переходов. Поэтому он имеет ограниченное применение и может быть рекомендован для производства мелких деталей со следующими параметрами, мм:

$$\frac{H}{d} < 1,0 \quad \frac{D_ф}{d} < 1,2, \qquad (45)$$

где H – высота детали; d – внутренний диаметр детали; DФ – диаметр фланца.

Рис. 13. Схема штамповки в ленте без надреза

Число переходов фланца и их размеры определяют при вытяжке в целой ленте по табл. 13, в которой приведены коэффициенты вытяжки.

Таблица 13

Число переходов и коэффициенты вытяжки

Материал	Переходы вытяжки					
	1	2	3	4	5	6
	Коэффициенты вытяжки *m*					
Латунь Л62 и Л68	0,68	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90
Сталь 08кп-10кп, алюминиевый сплав АмцА-М	0,72	0,85	0,87	0,90	0,92	0,95

Gри последовательной вытяжке в целой ленте поверхность пере- хода вытяжки должна быть на 10 – 15 % больше поверхности готовой

детали, а на последующих переходах она последовательно уменьша- ется до размера поверхности готовой детали.

Ширина ленты равна

$$B = 1{,}1D_3 + 2b, \qquad (47)$$

где $D_з$– диаметр заготовки; b – ширина боковых перемычек по табл. 14.

Шаг подачи Т при вытяжке в целой ленте принимают равным

$$T = (0{,}8 - 0{,}9)D_з. \qquad (48)$$

Таблица 14

Ширина боковых перемычек при вытяжке в целой ленте, мм

Диаметр заготовки	Ширина боковой перемычки
До 10	1 – 1,5
Св. 10 до 30	1,5 – 2
Св. 30	2 – 2,5

Высоту вытяжки по переходам вычисляют следующим образом:

– по принятому диаметру заготовки определяют диаметр фланца на последнем переходе; этот диаметр должен быть постоянным и со- храняться с первого до последнего перехода вытяжки;

– по диаметрам заготовки и фланца определяют высоту вытяжки по переходам, учитывая, что поверхность каждого перехода должна быть равна поверхности заготовки.

При проектировании штампов для вытяжки в ленте необходимо следующее:

– для первого вытяжного перехода или для вырубного пуансона самостоятельный прижим, представляющий образование складок в ленте и перетяжку центров предыдущих переходов относительно по- следующих (рис. 16);

– матрицы изготовлять вставными;

– съемники для последующих переходов изготовлять подвижны- ми или жёсткими; подвижный съёмник должен осуществлять жёсткий удар, обеспечивая в конце хода штампа плоскость фланцев штампуе- мых деталей;

– съёмники для пробивных и обрезных пуансонов изготовлять от- дельно от съёмников для вытяжных переходов;

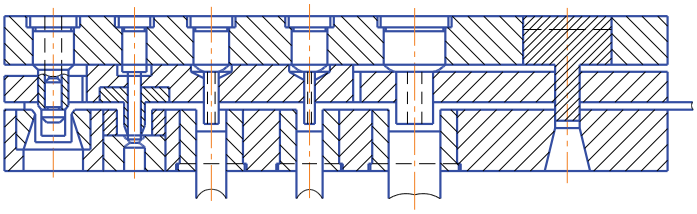
– значения зазоров для вытяжки в ленте принимать таким же, как однооперационных штампов;

– при трёх и более вытяжных переходах добавлять после первого перехода один резервный переход для облегчения наладки штампов.

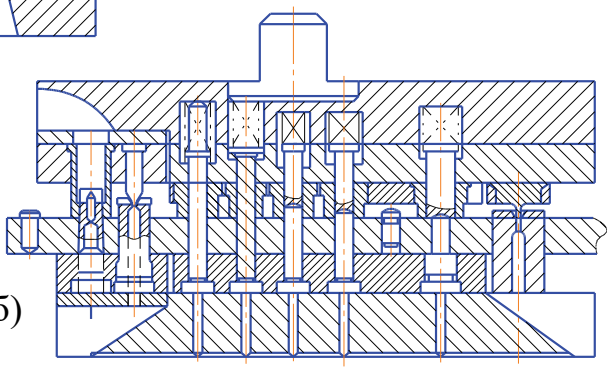
Пуансоны могут быть установлены в верхнем и нижнем пуансонодержателе. При расположении пуансонов в нижнем

пуансонодержателе более удобно фиксировать и подавать полосу, однако усложняют условия съёма готовой детали. Допускается установка самоустанавливающихся («плавающих») пуансонов.

Фиксация ленты (полосы) при ручной подаче осуществляется на первом шаге – шаговыми ножами, затем фиксатором, расположенным на последнем шаге, т. е. после вырубки детали. В вырубном пуансоне имеется ловитель, а по обе стороны ленты (полосы) расположены шрифты или планки.



а)



б)

Рис. 16. Многооперационные штампы для вытяжки в ленте с расположением пуансонов: а – в верхнем пуансонодержателе 1; б – в нижнем пуансонодержателе

7. Штампы совмещенного действия для вытяжки и обрезки деталей по высоте на закруглении матрицы

Для изготовления полых деталей из листовых материалов применяются вытяжные штампы совмещенного действия с одновременной вырубкой заготовки. Эта операция производится за один ход пресса в штампах двух конструкций, принципиально отличающихся одна от другой.

На рис. 17, а, показан штамп, в котором процесс изготовления детали осуществляется в два этапа: вначале из полосы вырубается за- готовка диаметром Dз, а при дальнейшем ходе ползуна пресса вниз происходит вытяжка детали. Готовая деталь выталкивается из матрицы верхним выталкивателем. Прижим заготовки в момент вытяжки и съем детали с пуансона производятся с помощью нижнего буфера (на чертеже не показан) прижимом. Эта конструкция непригодна для изготовления низких полых деталей, где вследствие небольшой разности между диаметром вырезаемой заготовки Dз и диаметром вытягиваемой детали d пуансон-матрица получается тонкостенной и непрочной.

Штамп, показанный на рис. 17, б, предназначен для изготовления низких полых деталей. Полоса или лента фиксируется в требуемом положении на штампе по утопающим упорам

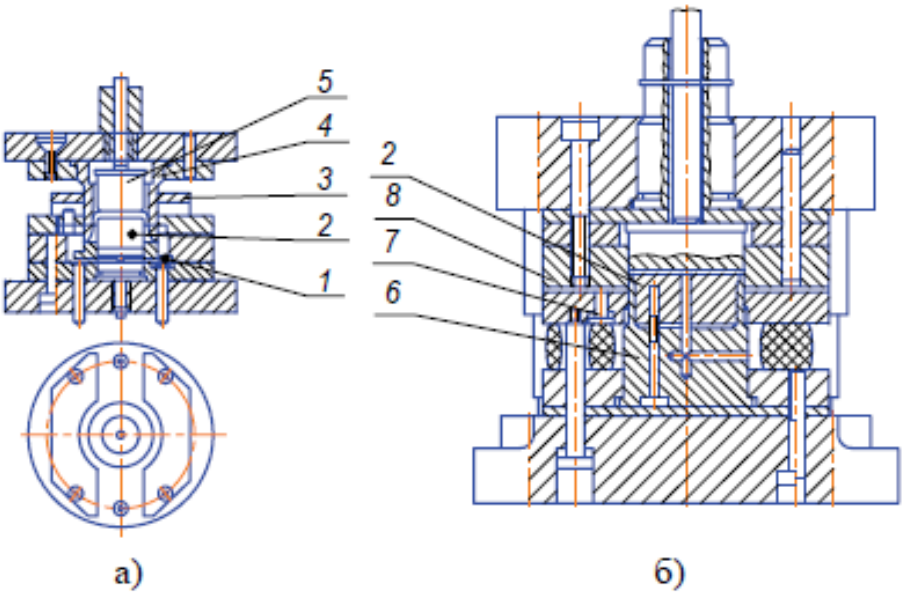


Рис. 17. Штамп совмещенного действия: а – для вырезки заго- товки и вытяжки детали; б – для изготовления низких полых де- талей; 1 – прижим; 2 – вытяжной пуансон; 3 – съемник; 4 – пу- ансон-матрца; 5 – верхний выталкиватель; 6 – вырубной пуансон; 7 – утопающий упор; 8 – вытяжная матрица

При ходе ползуна вниз вначале происходит вытяжка детали пуансоном, а затем отделение полосы при помощи вырубного пуансона. Последний отрезает готовую деталь от полосы на закруглении вытяжной матрицы. Ширина ленты определяется исходя из размеров такназываемой условной заготовки диаметром D' , который подсчитывается в зависимости от формы условной заготовки (рис. 18), имеющей фланец с диаметром $D_1 = D + 3(R_м + 0{,}5S)$.

Диаметр условной заготовки

$$D_з = D_з + \pi(R_м + 0{,}5S). \qquad (59)$$

Ширина полосы или ленты

$$B_n = D_з + \Delta_n, \qquad (60)$$

где $\Delta_п$ – допуск на разрезку полос. Значения $\Delta_п$ принимаются по табл. 14. Шаг подачи полосы Т определяется по формуле

$$T = \frac{D_з + D}{2} + \pi(R_m + 0{,}5S), \qquad (61)$$

(принятые обозначения см. на рис. 19).

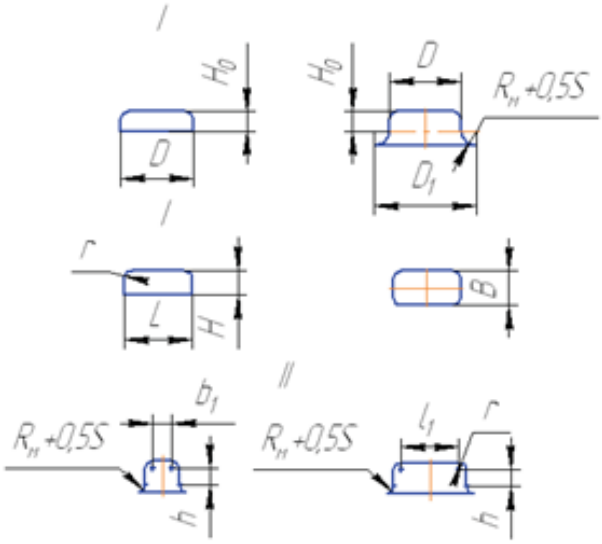


Рис. 18. Схема распределения размеров развертки: а – для круг- лых деталей; б – для прямоуголь- ных деталей; I – деталь; II – ус- ловная заготовка

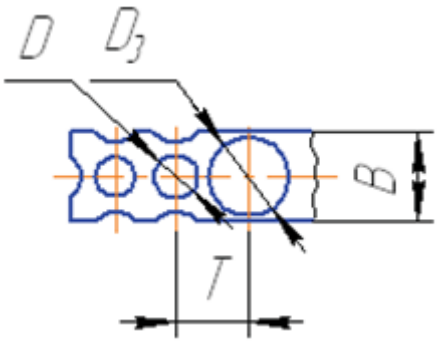


Рис. 19. Схема определения шага полосы

Возможность совмещенной вытяжки детали с обрезкой на радиусе матрицы следует проверить по допустимому коэффициенту вытяжки исходя из величины условной заготовки $D_з'$

$$m = \frac{D}{D_з'} \geq m_{доп},$$

где D и $D_з$ – диаметры соответственно вытягиваемой детали и условной заготовки в миллиметрах; $m_{доп}$ – допустимый коэффициент вытяжки.

Форма заготовки и ширина полосы при вытяжке с обрезкой на радиусе матрицы деталей прямо- угольной формы определяются так же, как и для круглых деталей. При выборе раскроя деталь необходимо располагать большей стороной вдоль полосы с тем, чтобы утяжка материала между деталями, которая происходит в момент вытяжки, происходила по короткой стороне детали (рис. 20). Размеры развертки определяются также исходя из условной формы заготовки.

Расчеты производятся по следующим формулам:

$$B_з = b_1 + 2h + \pi r, \qquad (62)$$

длина развертки

$$L_з = l_1 + 2h + \pi r, \qquad (63)$$

ширина условной заготовки

$$B'_з = B_з + 2l, \qquad (64)$$

длина условной заготовки

$$L_з = L_з + 2l,$$

где

$$l = \frac{\pi}{2}(R_m + 0,5S), \qquad (62)$$

ширина полосы

$$B_n = B_з + \Delta_n, \qquad (62)$$

шаг подачи

$$T = \frac{L_з + L}{2} + l. \qquad (62)$$

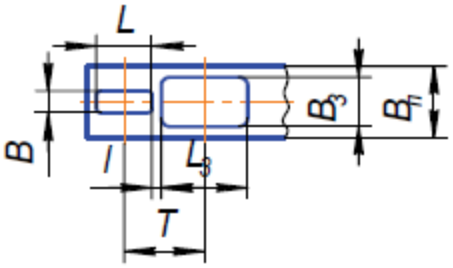


Рис. 20. Форма раскроя полосы

Все размеры заготовки рассчитываются по средней линии.

Форма раскроя полосы показана на рис. 20. Штампы для вытяжки с обрезкой на закруглении матрицы применяются при изготовлении деталей из материалов толщиной не более 1 мм.

8. Зазоры между матрицей и пуансоном при вытяжке

При недостаточном зазоре между матрицей и пуансоном увеличиваются усилие вытяжки и напряжения в металле. При чрезмерно большом зазоре на детали могут появиться складки, а форма ее искажается.

Зазор между матрицей и пуансоном при вытяжке круглых деталей без утонения материала зависит от принятого коэффициента вытяжки.

Рекомендуемые значения односторонних зазоров между матрицей и пуансоном при вытяжке круглых деталей приведены в табл. 19.

Величину зазора при вытяжке прямоугольных деталей назначают меньше на прямых участках и больше на углах.

Таблица 19

Зазоры при вытяжке крупных деталей

S, мм	$R_м$	$R_п$
0,5 – 2	(1,3 – 1,5)S	(1,2–1,8)S
Св. 2 до 6	1,25 – 1,5)S	(0,5–0,1)S

9. Расчет исполнительных размеров пуансонов и матриц вытяжных штампов

Допуски, заданные на соответствующие размеры вытягиваемой детали, учитывают лишь на последней (калибровочной) операции, а зазоры

между матрицей и пуансоном образуют при калибровке наружного размера детали за счет уменьшения размера пуансона, а при калибровке внутреннего размера детали за счет увеличения размера матрицы. На остальных операциях направление зазора может быть произвольным.

Исполнительные размеры пуансонов и матриц на последней операции подсчитывают по формулам:

при допусках на наружный размер детали (рис. 21, а)

$$L = (L - \Delta)^{+\delta_m}, \quad (68)$$

$$L_n = (L - \Delta - 2z)_{-\delta_n}, \quad (69)$$

при допусках на внутренний размер детали (рис. 22, б)

$$L_n = (L + \Delta)_{-\delta_n}, \quad (70)$$

$$L = (L + \Delta + 2z)^{+\delta_m}, \quad (71)$$

где L_m и L_n – исполнительные размеры матрицы и пуансона; L, I – наружный и внутренний номинальные размеры детали; Δ – допуск на соответствующий раз мер детали; z – односторонний зазор между матрицей и пуансоном (все размеры даны в миллиметрах); δm, δn – допуски на изготовление матрицы и пуансона.

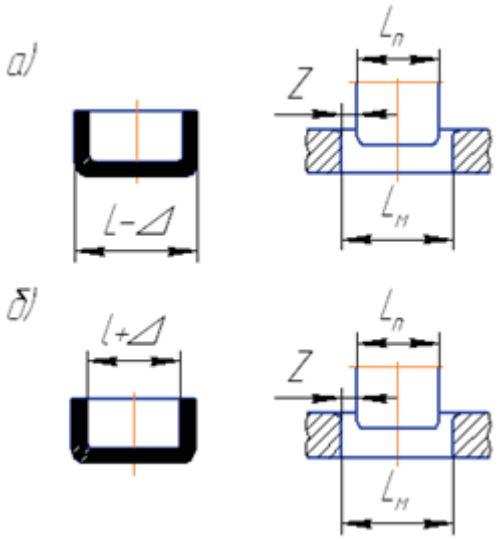


Рис. 21. Схема назначения исполнительных размеров пуансонов и матриц

При вытяжке деталей со сложным контуром допуск на изготовление назначают только на одну рабочую деталь штампа (пуансон или матрицу), а вторую деталь пригоняют с требуемым зазором.

Радиусы угловых участков пуансона и матрицы $R_п$ и $R_м$ штампов для вытяжки деталей прямоугольной формы

$$R_м = R_д; \quad (72)$$

$$R_м = R_п + 2z_{пр} - z_{угл}, \quad (73)$$

где $R_д$ – внутренний радиус сопряжения боковых стенок детали, мм; $z_{пр}$, $z_{угл}$ – зазоры между матрицей и пуансоном на прямых и угловых участках.

10. Конструктивные элементы рабочих деталей вытяжных штампов

Рекомендуемые геометрические формы рабочих деталей вытяжных штампов показаны в табл. 20.

При однооперационной вытяжке круглых деталей радиус закругления пуансона равен радиусу детали, т. е. $R_п$ = Rд. Радиус закругления матрицы Rм (в мм) принимают равным для деталей из малоуглеродистой стали: (6 – 10)S, для деталей из латуни и алюминия (5 – 8)S.

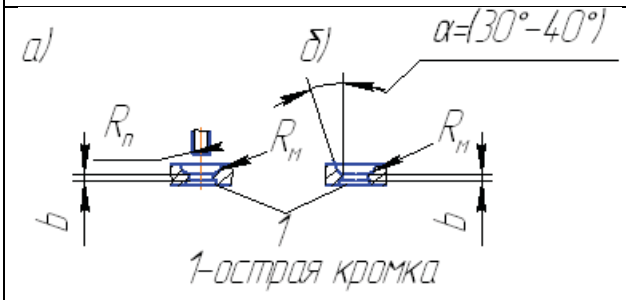
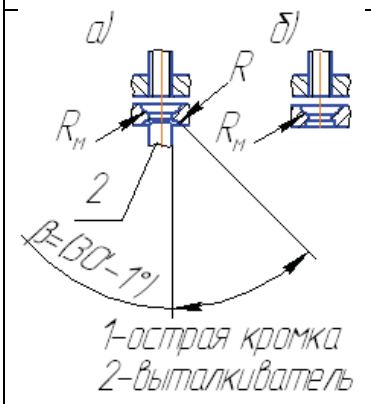
Радиус закругления матрицы для круглых деталей $R_м$ для вытяжки за несколько переходов принимают в зависимости от толщины мате- риала и удвоенной величины разности диаметров заготовки и первой вытяжки: $M = 2(D_3 - d1)$ или $M_1 = 2(d_1 - d_2)$.

Для второй и последующих вытяжек радиусы выбирают из табл. 21. Радиус закругления пуансона $R_п$ в этом случае назначают для всех операций (кроме последней) по возможности равным радиусу закругления матрицы $R_м$, а для последней операции – по внутреннему радиусу детали. Радиусы закругления матрицы и пуансона при вытяжке прямоугольных деталей принимают такими же, как и для вытяжки цилиндрической детали.

В табл. 21 приведены величины радиусов закругления матрицы для 2-й и последующих операций вытяжки круглых деталей без уто- нения материала.

Таблица 20

Формы матриц и пуансонов

Эскиз формы матриц и пуансонов	Применяемость в штампах
	Для первой и последующих операций вытяжки без прижи- ма, при работе на провал: а – с радиусом закругления ребра матрицы; б – с входным конусом
	Для первой операции вытяжки на прессах двойного действия: а – с нижним выталкивателем; б – при работе на провал

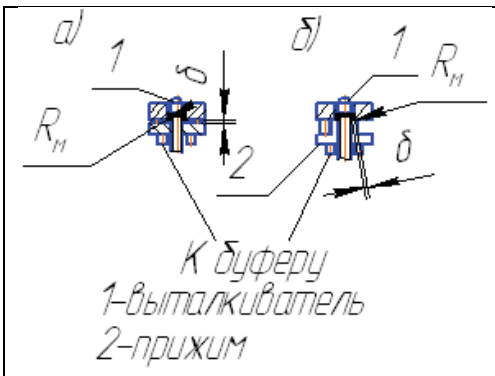
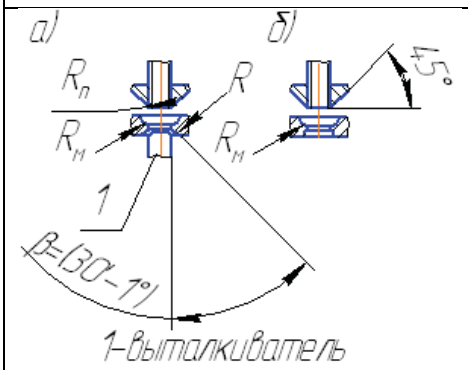
	Для вытяжки на прессах простого действия с буферным устройством: а – для первой операции; б – для последующих операций
	Для последующих операций вытяжки на прессах двойного действия: а – с нижним выталкивателем; б – при работе на провал

Таблица 21

Радиусы закругления матрицы при вытяжке круглых деталей без утонения для второй и последующей операций, мм

Значение величины $M=2(D_3-d_1)$ или $M_1=2(d_1-d_2)$	Толщина материала S									
	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
10	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0
20	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7	3,3	3,7	4,2
30	1,5	1,7	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,2	4,7	5,1
40	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,1	5,0	5,5	6,0
50	2,0	2,3	2,5	2,8	3,4	4,0	4,5	5,5	6,1	6,8
80	2,5	2,8	3,0	3,7	4,4	5,0	6,0	7,2	8,0	8,9
100	2,7	3,0	3,3	4,0	4,8	5,7	7,0	8,2	9,0	10,0
120	2,8	3,2	3,5	4,4	5,3	6,2	7,3	9,0	9,8	11,0
150	3,0	3,6	3,8	4,8	5,9	6,9	8,0	10,0	11,0	12,3
180	3,3	3,7	4,1	5,2	6,4	7,5	8,6	10,7	12,0	13,2
200	3,5	4,0	4,3	5,5	6,7	7,8	9,0	11,3	12,6	14,0
220	3,6	4,2	4,5	5,8	7,2	8,3	9,5	11,8	13,3	14,7
250	4,0	4,4	4,8	6,3	7,7	8,8	10,1	12,5	14,3	15,7
280	4,2	4,6	5,2	6,7	8,3	9,5	10,7	13,3	15,3	16,8
300	4,4	4,8	5,4	7,0	8,6	9,8	11,2	13,8	16,0	17,5

Для вытяжки деталей из титановых сплавов радиусы закруглений матрицы принимают: для 1-й операции вытяжки соответственно без нагрева

$R_{м1}$ =(6 -8)S и с нагревом $R_{м1}$ =(8 -10)S ; для последующих операций вытяжки без нагрева и с нагревом: $R_{м2}$ =(0,6-1,0)$R_{м1}$.

Радиусы закругления матрицы и пуансона $R_м$ и $R_п$ при вытяжке деталей с утонением рекомендуется определять по табл. 22.

Таблица 22

Радиусы пуансона и матрицы для деталей с утонением, мм

S	R_M	R_n
0,5 – 2	(1,3 – 1,5) S	(1,2 – 1,8) S
Св. 2 до 6	(1,25 – 1,5) S	(0,5 – 0,1) S

Существенное влияние на процесс вытяжки оказывает высота цилиндрического пояска матрицы (см. табл. 20). Высокий поясок способствует налипанию металла, что приводит к быстрому износу матрицы, а низкий – к перекосу детали. Нормальная высота пояска b =(5 -10)S . Большее значение следует принимать для вытяжки деталей из тонких материалов.

11. Расчет усилий вытяжки и прижима

Усилие вытяжки круглых деталей без утонения стенок и с утонением определяют соответственно по следующим формулам:

$$P = \pi d S \sigma_в k \qquad (74)$$

$$P = \pi d i \sigma_{ym}, \qquad (75)$$

где P – усилие вытяжки, МПа; d – диаметр детали по средней линии, мм (для многооперационной вытяжки диаметр детали, получаемый на данной операции); $\sigma_в$ – предел прочности при растяжении; k – поправочный коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки; i – величина утонения стенки детали после вытяжки, мм ($i = S - S_1$ где S и S_1 – толщина материала до утонения и после утонения на данной опера- ции); σ_{ym} – сопротивление деформации при утонении, равное для латуни (1,6 – 1,8) $\sigma_в$ и для стали (1,8 – 2,25) $\sigma_в$.

В табл. 23 приведены значения коэффициента k в зависимости от коэффициента вытяжки m.

Таблица 23

Значения поправочного коэффициента в зависимости от коэффициента вытяжки

$m = \frac{d}{D_3}$	0,55	0,575	0,6	0,625	0,650	0,675	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8
K	1,0	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

Усилие вытяжки прямоугольных деталей вычисляют по формуле (70), но вместо d подставляют приведенный диаметр $d_у$

$$d_у = 1{,}13\sqrt{F_д}\,. \qquad (76)$$

Усилие прижима Q = Fq, где F – площадь части заготовки, зажатой между матрицей и прижимом, мм^2; q – давление прижима.

В табл. 24 приведены значения q для различных материалов.

Таблица 24

Давление прижима (q) для различных материалов

Материалы	*q*, МПа
Сталь малоуглеродистая, *S* < 0,5 мм	2,5 – 3,0
Сталь малоуглеродистая, *S* > 0,5 мм	2,0 – 2,5
Сталь 30ХГСА	2,5 – 3,0
Нержавеющие высоколегированные, высокомарганцовистые стали	3,0 – 4,5
Медь	1,0 – 1,5
Латунь	1,5 – 2,0
Алюминий	0,8 – 1,2
Дюралюминий отожженный	1,2 – 1,8
Бронза вальцовочная	2,0 – 2,5
Жесть белая	2,5 – 3,0

Для вытяжки деталей из титановых сплавов усилие прижима

$$Q = qFc, \qquad (77)$$

где с – коэффициент, учитывающий толщину материала (остальные обозначения см. выше).

В табл. 25 приведены значения q, МПа, при вытяжке деталей из титановых сплавов, значения коэффициента с – в табл. 26.

Таблица 25

Давление прижима при вытяжке титановых сплавов

Коэффициент вытяжки *m*	Температура нагрева, град				
	20	200	300	400	500
0,60 – 0,65	0,25	0,19	0,14	0,10	0,07
0,50 – 0,60	0,30	0,23	0,16	0,12	0,08
0,45 – 0,50	0,32	0,24	0,18	0,13	0,09
0,40 – 0,45	0,34	0,25	0,19	0,14	0,10

Примечание. Для сплава ВТ5 данные следует увеличить на 30 – 40 %.

Таблица 26

Значения коэффициента с

S, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
c	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7

Площадь прижима для вытяжки деталей круглого сечения определяют по формулам:

для первой вытяжки из плоской заготовки

$$F_1 = \frac{\pi}{4}[D^2 - (d_1 + 2R_м)^2], \qquad (78)$$

для последующих вытяжек из пустотелых заготовок

$$F_n = \frac{\pi}{4}[d_{n-1}^2 - (d_n + 2R_м)^2], \qquad (79)$$

где F_1 и F_n – площади прижима при первой и последующих вытяжках, мм$_2$; d_{n-1} и d_n – диаметры штампуемой детали при предпоследней и последней операциях, мм (остальные обозначения см. рис. 22).

В случае вытяжки с прижимом на прессе простого действия суммарное усилие для вытяжки ρ = P + Q, где ρ – суммарное усилие, необходимое для вы- тяжки, P – усилие вытяжки, определяемое по формулам (74) – (76); Q – усилие прижима (определение см. выше).

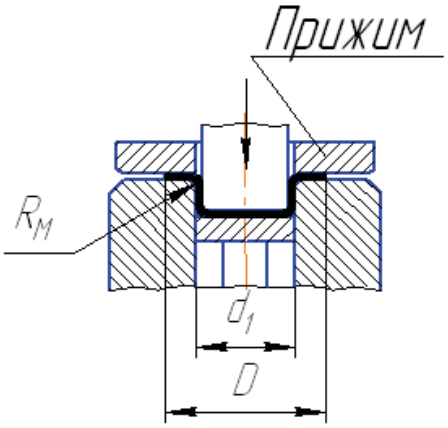


Рис. 22. Схема для расчета усилий прижима

12. Примеры расчетов вытяжных штампов

Расчет вытяжного штампа для цилиндрических деталей. Рассчитать исполнительные размеры штампа для вытяжки колпачка из латуни Л62 (рис. 23, а).

По табл. 10 определяют припуск на обрезку детали после вытяжки: для $\frac{H}{d} = \frac{11,7}{14,6} = 0,8$ и H = 11,7 мм, ΔH = 1,7 мм (размеры H и d принимают по средней линии). Отсюда общая высота детали с учетом припуска равна: H_1= 12+1,7 = 13,7 мм.

Определяют диаметр заготовки (рис. 23, б)

$$D_з = \sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi Rd_1 + 8R^2} = \sqrt{10^2 + 4\cdot 14,6\cdot 11,1 + 2\cdot 3,14\cdot 2,3\cdot 10 + 8\cdot 2,3^2} =$$
$$= \sqrt{100 + 648 + 144 + 42,4} = \sqrt{934,4} = 30,5 \text{ мм.}$$

По формуле (11) рассчитывают диаметр детали после первой вытяжки, принимая коэффициент вытяжки первой операции m_1= 0,54.

$$d_1 = m_1D_3 = 0,54\cdot 30,5 = 16,5 \text{ мм.}$$

Определяют по формуле (12) коэффициент вытяжки 2-й операции, учитывая, что диаметр готовой детали равен 14,6 мм (рис. 24):

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{14,6}{16,5} = 0,88,$$

что допустимо.

Радиусы закруглений детали после первой вытяжки находят по табл. 21

$$M = 2(D_ç - d_1) = 2(30,5 - 16,5) = 28\text{мм}$$

По величине М и толщине материала находят радиус закругления матрицы Rм1 = Rм2 = 2,2 мм. Радиус закругления пуансона для первой вытяжки должен быть равен радиусу матрицы, т. е R_{n1} = 2,2 мм.

Следовательно, радиус закругления детали после первой вытяжки (по средней линии) равен R2 = 2,5 мм. Радиус закругления пуансона для второй вытяжки соответствует заданному радиусу закругления готовой детали, т. е. R2 = 2,3 мм.

Подставляя значения $D_з$ = 30,5 мм, d_1 = 16,5 мм, R_l = 2,5 мм, d = 11,5 мм, определяют высоту цилиндрической части первой вытяжки:

$$h = \frac{D_3^2 - d^2 - 2\pi d R_1 - 8R_1^2}{4d_1} = \frac{30,5^2 - 11,5^2 - 2\cdot 3,14\cdot 2,5\cdot 11,5 - 8\cdot 2,5^2}{4\cdot 16,5} = 8,6 \text{ мм}.$$

На основании полученных коэффициентов вытяжки ml и m2 определяем по табл. 19 односторонние зазоры между матрицей и пуансоном.

При первом переходе (рис. 24, б) z_l = 1,2 S = 1,2 0,54 = 0,65 мм, при втором переходе z_2 = S = 0,54 мм. Толщину материала берут с учетом допуска Δ= – 0,06 мм.

Исполнительные размеры пуансона и матрицы для первой вытяжки подсчитывают без учета допуска на изготовление детали, т. е.

$$l_{n-1} = 15,9_{-0,035}\text{ мм};\ l_{м1} = l_{n-1} + 2z = 15,9 + 2\cdot 0,65 = 17,2^{+0,035}\text{ мм}.$$

Исполнительные размеры пуансона и матрицы для второй вытяж- ки определяют с учетом допуска на изготовление детали по формулам (70) и (71)

$$l_{n-2} = (l + 0,5\Delta)_{-\delta_n} = (14 + 0,5\cdot 0,24)_{-0,035} = 14,12_{-0,035}\text{ мм},$$

$$l_{м2} = (l + 0,5\Delta + 2z)^{+\delta_м}\ (14 + 0,5\cdot 0,24 + 2\cdot 0,54)^{+0,035} = 15,20^{+0,035}\text{мм}.$$

Радиус закругления матрицы $R_{м1}$ = $R_{м2}$ = 2,2 мм.

Радиус закругления пуансона для первой вытяжки: R_{n1} = 2,2 мм. Радиус закругления пуансона для второй вытяжки должен соответствовать радиусу закругления готовой детали, т. е. R_{n2} = 2 мм. Высота пояска b для первого перехода b_1 = 7S ≈ 4 мм, для второго b_2 = 5S ≈ 3 мм.

Проверяют необходимость применения прижима заготовки на первой вытяжке, используя формулу (13).

Прижим необходим, когда D – d ≥ 22 S; фактически

D_3 – d_1= 30,5 – 16,5 = 14 мм; 22 S = 22·0,6 = 13,2 мм, т. е. D – d> 22 S.

Следовательно, первую вытяжку осуществляют с применением прижима. Проверяют необходимость прижима для второй вытяжки согласно формуле

$$\varepsilon = \frac{S}{d}100 = \frac{0,6}{16,5}100 = 3,6 .$$

Вытяжку осуществляют без прижима.

Усилие вытяжки определяют по формуле (74) для первой и вто- рой вытяжек

$$P_1 = \pi d S \sigma_в k = 3,14 \cdot 15,9 \cdot 0,6 \cdot 420 \cdot 1,0 = 12600 \text{ Н};$$

$$P_2 = \pi d S \sigma_в k = 3,14 \cdot 14 \cdot 0,6 \cdot 420 \cdot 0,40 = 4450 \text{ Н}.$$

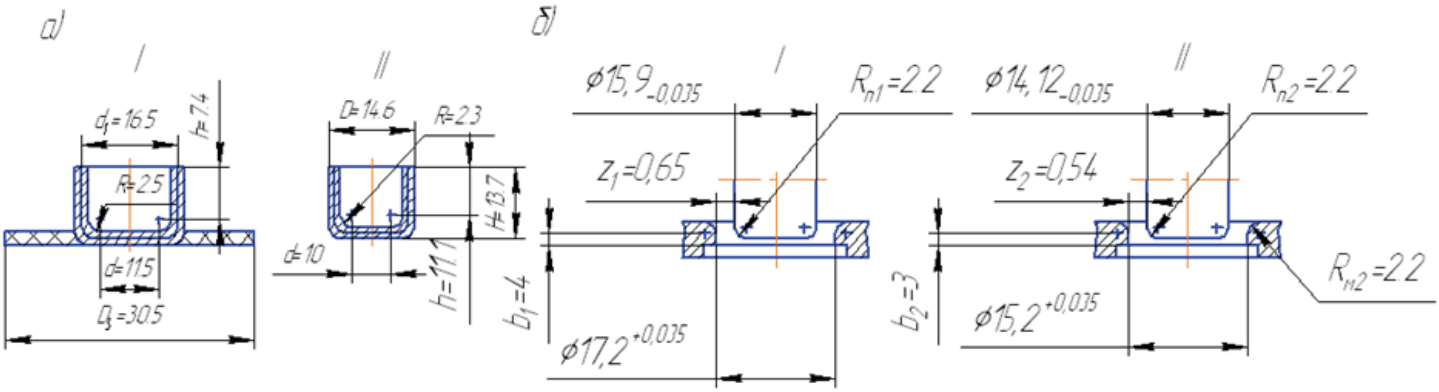


Рис. 24. Технологические эскизы переходов (а) и схемы расчетов исполнительных размеров пуансона и матрицы (б): I – первый переход; II – второй переход

13 Варианты индивидуальных заданий

Произвести расчет вытяжного штампа для цилиндрических деталей. Рассчитать исполнительные размеры штампа для вытяжки детали стакан Рис 25. Исходные данные параметров детали стакан таблица 27.

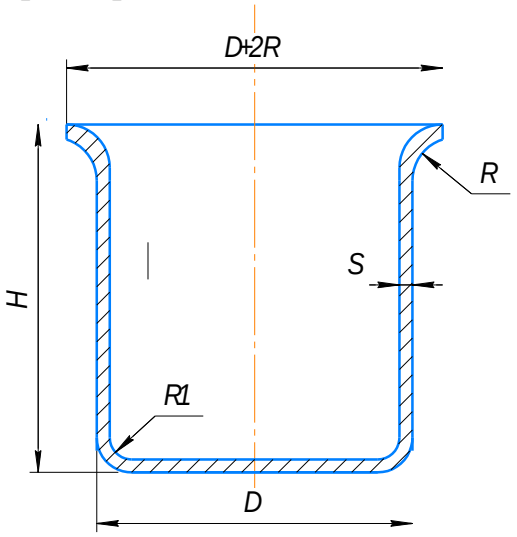


Рисунок 25

Таблица 27

№ варианта	Размеры по чертежу					
	D	H	R	R1	S	Матер
1	50	75	10	5	3	Ст 08
2	55	80	10	5		
3	60	80	10	5		
4	60	85	10	5		
5	55	75	12	7		
6	50	80	12	7		
7	65	85	12	7		
8	65	90	12	7		
9	70	90	15	5	3	Ст 08
10	70	85	15	5		
11	70	75	15	5		
12	75	80	10	5		
13	75	85	10	7		
14	75	90	10	7		
15	80	75	12	7		
16	80	80	12	7		
17	80	90	12	5	3	Ст 08
18	80	95	12	5		
19	80	100	12	5		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные технологические требования, предъявляемые к деталям, получаемым вытяжкой.
2. В чем заключается расчет числа операций при вытяжке цилиндрических деталей без утонения?
3. На основании чего определяются конструктивные элементы рабочих деталей гибочных штампов?
4. Как определить необходимость прижима заготовки при вытяжке?
5. В чём заключается принципиальное отличие процессов глубокой вытяжки коробчатых деталей от вытяжки цилиндрических дета- лей?
6. Почему последовательную вытяжку в ленте рационально проводить в крупносерийном производстве?
7. На что и как влияют зазоры между матрицей и пуансоном при вытяжке?
8. В чём заключается расчет исполнительных размеров пуансонов и матриц вытяжных штампов?
9. Назовите основные конструктивные элементы рабочих деталей вытяжных штампов?
10. На основании чего рассчитываются усилия вытяжки и прижима?

ЛИТЕРАТУРА

1. Горанский, Г.Н. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства / Г.Н. Горанский, Э.И Вендерева. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.

2. Евдокимов, С.А. Особенности создания САПР штампов листовой штамповки с использованием новой информационной технологии / С.А. Евдокимов, А.А. Краснов, А.В. Рыбаков // Кузнечно- штамповочное производство. – 1996. – № 2. – С. 14 – 17. – ISSN 0201- 7296.

4. Евдокимов, С.А. Программно-компьютерная среда для автоформализации знаний / С.А. Евдокимов, А.В. Рыбаков // Вестник машиностроения. – 1990. – № 7. – С. 40 – 44. – ISSN 0042-4633.

5. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.

6. ГОСТ 21173-83. Штампы для листовой штамповки. Блоки штампов с четырьмя направляющими узлами скольжения. – Введ. 07.01. 84. – М. : Госстандарт; Изд-во стандартов, 1983. – 21 с.

7. Давыдкин, А.С. Компьютерная поддержка действий пользователя при конструировании и изготовлении штампов и пресс-форм / А.С. Давыдкин, А.А. Краснов, А.Д. Штицман // Кузнечно- штамповочное производство. – 1995. – № 6. – С. 22 – 24. – ISSN 0201- 7296.

8. Владимиров, В.М. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений / В.М. Владимиров. – М. : Высш. шк., 1981. – 431 с.

9. Еленев, С.А. Холодная штамповка / С.А. Еленев. – М. : Высш. шк., 1988. – 270 с.

10. Корсаков, В.Д. Справочник мастера по штампам / В.Д. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1972. – 191 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИБОЧНОГО ШТАМПА

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
«Проектирование штампов и прессформ»
для студентов направлений 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Составил ТИХОНОВ Денис Александрович

Рецензент М. В. Стекольников