

1. Вытяжка с местным подогревом и охлаждением заготовки

Сущность вытяжки с местным подогревом и охлаждением заготовки состоит в том, что с целью увеличения глубины вытяжки повышают пластичность и резко снижают сопротивление деформируемого фланца заготовки путем нагрева его между обогреваемыми поверхностями матрицы и прижима (складкодержателя).

Металл, втягиваемый в зазор между матрицей и пуансоном, охлаждается за счет отдачи тепла пуансону, охлаждаемому проточной водой, и упрочняется (рис.1).

Таким образом повышается пластичность фланца заготовки при одновременном положении прочности заготовки в опасном сечении, что позволяет осуществить за одну операцию весьма большую степень деформации. Этот способ был создан для магниевых сплавов, обладающих низкой пластичностью в холодном состоянии, и получил широкое применение в авиационной промышленности всех стран.

В последние годы вытяжка с подогревом заготовки получила применение при штамповке деталей из титана и титановых сплавов, обладающих пониженной пластичностью в холодном состоянии и сильным упрочнением, сопровождаемым образованием трещин.

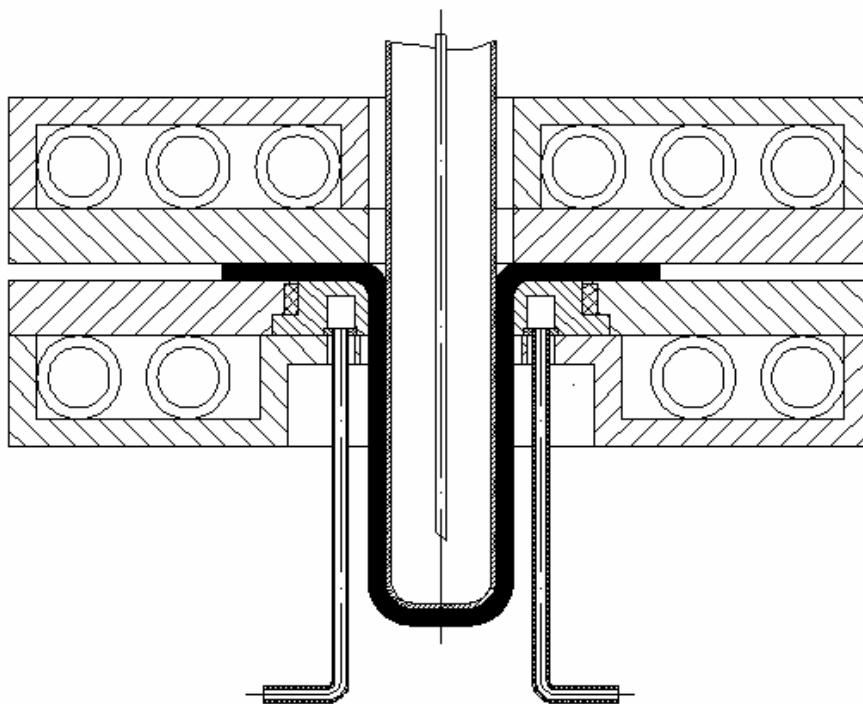


Рисунок 1 – Схема вытяжки с местным подогревом заготовки и охлаждением дна детали

Вытяжка магниевых сплавов

Для штамповки применяют две марки магниевых сплавов: МА1 и МА8. наилучшей температурой вытяжки для магниевых сплавов является: для сплава МА1 320 - 350°C, а для сплава МА8 – 300 - 350°C.

На рис.2 приведена диаграмма, показывающая зависимость коэффициента (степени) вытяжки от температуры нагрева заготовки. Следовательно, при выборе коэффициента вытяжки необходимо учитывать температуру нагрева заготовки.

Вытяжку магниевых сплавов ведут не с предельными, а с несколько смягченными оптимальными коэффициентами вытяжки, приведенными в табл. 1.

Между первой и второй операциями вытяжки заготовки подвергаются промежуточному отжигу при температуре 260 - 350°C с выдержкой около часа.

Таблица 1. Оптимальные коэффициенты вытяжки магниевых сплавов

Марка сплава	Коэффициенты вытяжки магниевых сплавов		
	В холодном состоянии	С нагревом до 330 – 350°С	
		Первая вытяжка	Последующие вытяжки
МА1	0,87-0,92	0,45-0,50	0,57-0,67
МА8	0,80-0,85	0,38-0,45	0,54-0,64

$$K=D/d$$

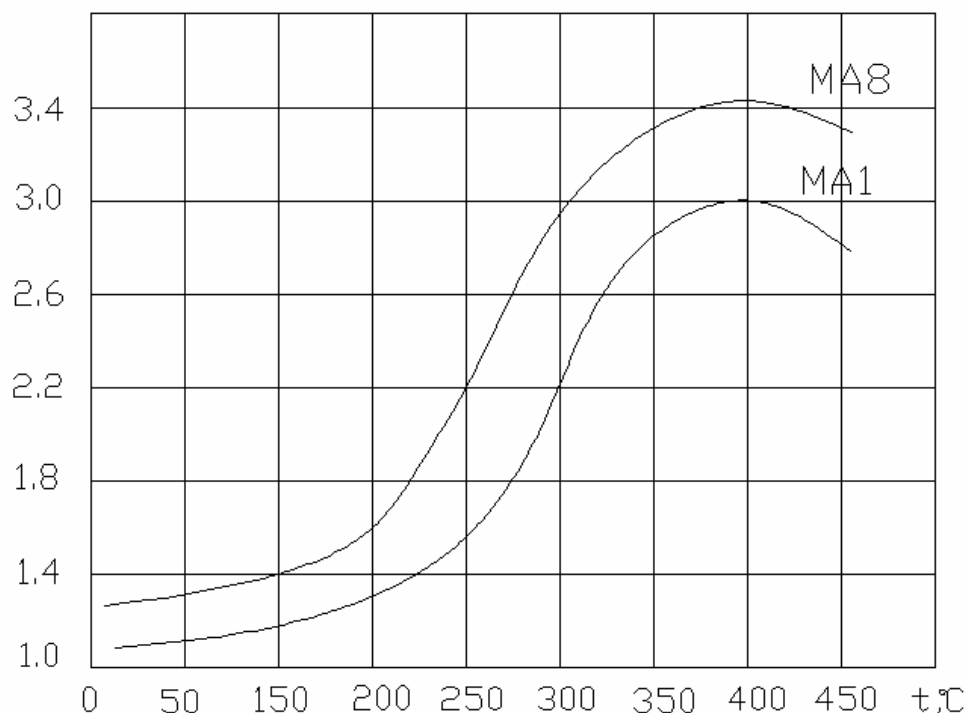


Рисунок 2 – Изменение коэффициента вытяжки магниевых сплавов при изменении температуры нагрева заготовки

Для вытяжки магниевых сплавов примеряются штампы с электроподогревом матрицы и прижимного кольца и с водяным охлаждением пуансона.

Пуансон необходимо охлаждать до температуры 70 - 100°С, иначе возникает чрезмерная пластичность и обрывы заготовок.

Нагрев заготовок производится одним из следующих способов:

- 1) нагрев от подогретого штампа;
- 2) нагрев штампа и отдельно заготовки;
- 3) нагрев только заготовки.

Лучшие результаты получают при первом и втором способах нагрева. При третьем способе нагрев заготовок производится в электротпечах, в плитах с газовым или электрическим подогревом или в масляных ваннах.

Вытяжка алюминиевых сплавов

Метод вытяжки с местным подогревом и охлаждением заготовки применяется для изготовления деталей из алюминия, дуралюмина, латуни и стали 08, причем экспериментально освоено изготовление ряда деталей различной формы сечения.

При вытяжке с подогревом цилиндрических деталей из дуралюмина экспериментально получены коэффициенты вытяжки $m=32$, что соответствует отношению высоты к диаметру

$$\frac{h}{d} = 2,3.$$

Наиболее эффективно применение вытяжки с подогревом фланца при изготовлении глубоких коробчатых деталей квадратной, прямоугольной, а также другой более сложной формы (треугольной, шестиугольной, овальной, выпукло-вогнутой, восьмиугольной, узкой сплюсненной и т.д.).

За одну операцию вытяжки с подогревом можно получить глубокие квадратные и прямоугольные коробки, для изготовления которых методом обычной вытяжки требуется от 3 до 5 операций; для изготовления же деталей сложной формы требуется до 8 и более операций холодной вытяжки.

Предельная относительная высота вытяжки h/d и h/a приведены в табл. 2.

Таблица 2. Предельная высота вытяжки с подогревом фланца

Материал	Температура нагрева фланца в °С	Предельная высота h/d и h/a		
		цилиндрических	квадратных	прямоугольных
Алюминий АМ	325	1,44	1,5-1,52	1,46-1,6
Алюминиевый сплав АМцМ	325	1,30	1,44-1,46	1,44-1,55
Дуралюмин Д16АМ	325	1,65	1,58-1,82	1,50-1,83
Магниеые сплавы МА1, МА8	375	2,56	2,7-3,0	2,93-3,22
Обозначения: h – высота, d – диаметр, a – сторона квадрата				

На рис. 3 изображены экспериментально полученные формы заготовок при вытяжке с подогревом фланца глубоких коробчатых деталей различного сечения.

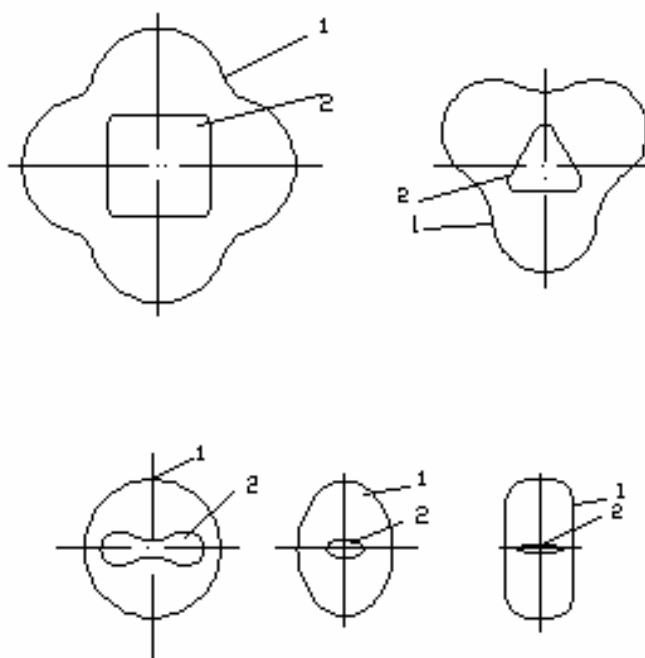


Рисунок 3 – Формы заготовок при вытяжке глубоких коробчатых деталей различного сечения

Таблица 3. Формулы для расчета размеров и построения контура заготовок глубоких коробчатых деталей, вытягиваемых с подогревом фланца

Размеры	Расчетные формулы	Коэффициенты
Радиус в углах развертки	$R_y = \frac{1}{m} r_y = \left(\frac{h_T}{a k_y} + 1,6 \right) r_y$	$K_y = 2,8 \left(\frac{r_y}{a} \right)^{1,06}$
Размер развертки по длине коробки	$h_a = \left[K_a \left(\frac{1}{m} - 1,8 \right) + 0,4 \right] a$	$K_a = 0,95 \left(\frac{r_y}{a} \right)^{0,93}$
Размер развертки по ширине коробки	$h_b = \left[K_b \left(\frac{1}{m} - 1,3 \right) \right] b$	$K_b = 1,88 \left(\frac{r_y}{b} \right)^{0,93}$
Обозначения: a и b – ширина и длина коробки; r_y – угловой радиус; m – коэффициент вытяжки в углах; h – приведенная высота детали.		

Контур заготовок прямоугольных коробчатых деталей (рис. 3) рассчитывается по формулам, приведенным в табл. 3.

Указанные формулы справедливы для коробчатых деталей с размерами $b = (1 \div 3)a$ при относительных радиусах в углах

$$0,50 > \frac{r_y}{a} > 0,55; \quad 0,28 > \frac{r_y}{b} > 0,028$$

и

$$h_T = h - 0,43r_\partial = (0,8 \div 1,9)a,$$

где h - полная высота детали по чертежу;

h_T - приведенная высота детали;

r_∂ - радиус закругления у дна коробки.

Порядок построения контура заготовок:

- 1) вычерчивают контур детали в плане и строят развертку на плоскость, откладывая отрезки h_a и h_b ;
- 2) из точки О, расположенной на биссектрисе угла на расстоянии $2R_y$ от центра закругления, проводят дугу радиусом R_y ;
- 3) производится сопряжение этой дуги с участками сторон заготовки посредством дуг, радиусы которых равны h_a и h_b , а центры расположены на сторонах контура детали.

Размеры R_y и h_b определяются по формулам, приведенным в табл. 3.

Размер h_a находится из уравнения

$$h_a = 0,37 \left(\frac{h_T}{a} - 2,16 \right) r_y.$$

Для высоких правильных многоугольников заготовка имеет форму круга.

Таблица 4. Предел прочности в опасном сечении при оптимальных температурах

Материал	Предел прочности σ_6 в кГ/мм^2
Алюминий АМ	4
АМцМ	6
Дуралюмин Д1АМ	8
Дуралюмин Д16АМ	9
Дуралюмин Д16АТ	18
Магнийевый сплав АМ8	7
Малоуглеродистая сталь	20
Латунь Л62	16

Таблица 5. Давление прижима при вытяжке с подогревом фланца

Материал	q в кГ/мм^2
Алюминий АМ	0,02-0,04
АМцМ	0,04-0,06
Дуралюмин Д1 и Д16	0,06-0,08
Магнийевый сплав МА8	0,03-0,05
Малоуглеродистая сталь	0,10-0,15
Латунь Л62	0,08-0,11
Примечание. Большие значения q для меньшей относительной толщины материала $\frac{S}{D} * 100 = 1 \div 2$ и наоборот	

Усилие вытяжки и усилие прижима определяются по следующим формулам:

- полное усилие прессы

$$P_{np} = P + Q + T ;$$

- усилие вытяжки

$$P = LS\sigma_6$$

- усилие прижима

$$Q = Fq .$$

Здесь T - усилие выталкивателя;

L - длина контура детали;

σ_6 - предел прочности опасного сечения при оптимальных температурах;

F - площадь заготовки под прижимом;

q -давление прижима.

Значения σ_6 и q приведены в табл. 4 и 5.

Наиболее эффективно создание переменного, возрастающего в ходе процесса вытяжки усилия прижима.

Экспериментально установленные диапазоны оптимальных температур нагрева (в $^{\circ}\text{C}$) фланца заготовки приведены в табл. 6.

Таблица 6. Оптимальные температуры нагрева фланца заготовки

Материал	Температура нагрева в $^{\circ}\text{C}$
Алюминий АМ, сплавы АМцМ и Д16 АМ	310-340
Латунь Л62	480-500
Стали 08 кп и декапированная	550-580

Расход электроэнергии составляет примерно $0,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на 1 кг штампованных деталей.

В качестве смазки применяется порошкообразный графит с маслом «Вапор» и хозяйственным мылом.

Вытяжка с подогревом в производственных условиях выполняется на гидравлических и кривошипных прессах с небольшим числом ходов (15 - 20 в минуту), так как нагрев фланца требует известного времени (3 – 5 сек). Поэтому производительность самого процесса штамповки при этом способе ниже, чем при обычной вытяжке; преимущество его заключается в резком сокращении числа операций и штампов. Наибольшие трудности этот способ встречает при вытяжке стали, для которой требуется более высокий нагрев, в связи с чем вытяжка стали менее изучена и освоена.

Дальнейшим развитием указанного способа является способ вытяжки с применением глубокого местного охлаждения центральной части заготовки.

Этот способ основан на значительном упрочнении опасного сечения, а затем и боковых стенок вытяжки при резком (глубоком) охлаждении жидким воздухом полого вытяжного пуансона до температуры порядка от -160 до -170°C .

2. Конструкция и работа штампа

Штамп совмещенного действия для вырубки и пробивки шайбы (рис. 4) состоит из нижней 1 и верхней 2 плиты, которые центрируются между собой двумя направляющими колонками 3, запрессованными в нижнюю плиту штампа, и двумя направляющими втулками 4, запрессованными в верхнюю плиту штампа. К нижней плите 1 тремя винтами М12 крепится пробивная матрица 5, которая в одно и тоже время является вырубным пуансоном. Центрирование матрицы производится двумя штифтами $\varnothing 8 \text{ мм}$. Также к нижней плите штампа четырьмя болтами М16 крепится подпружиненный съемник 6. Четыре пружины 7, отвечающие за съем, размещены в специальных выборках в нижней плите. К верхней плите штампа четырьмя болтами М16 крепится пуансонодержатель 12, который удерживает пуансон 13. к пуансонодержателю крепится вырубная матрица 11. взаимное центрирование выполняется четырьмя штифтами $\varnothing 10 \text{ мм}$. В полости вырубной матрицы находится плавающий прижим 10, который также выполняет роль выталкивателя. В верхней плите штампа 2 и в пуансонодержателе 12 находится система выталкивания, состоящая из толкателя 17, промежуточной плиты 15 и тяги 19. для крепления верхней плиты к ползуну предусмотрен хвостовик 16.

Штамп установлен на пресс КД1428 усилием 630 кН , ход ползуна 80 мм . Полоса подается до утопающего упора 8, который поддерживается пружиной 20. При ходе ползуна вниз на первом этапе происходит вырубка круглой заготовки из полосы, а на втором этапе происходит пробивка круглого отверстия. При ходе ползуна вверх происходит выталкивание готовой детали из полости вырубной матрицы 11 и съем полосы с вырубного пуансона 5. деталь удаляется по ходу движения полосы, отход проваливается в специальный ящик в столе пресса. За один ход пресса штампуется одна деталь.

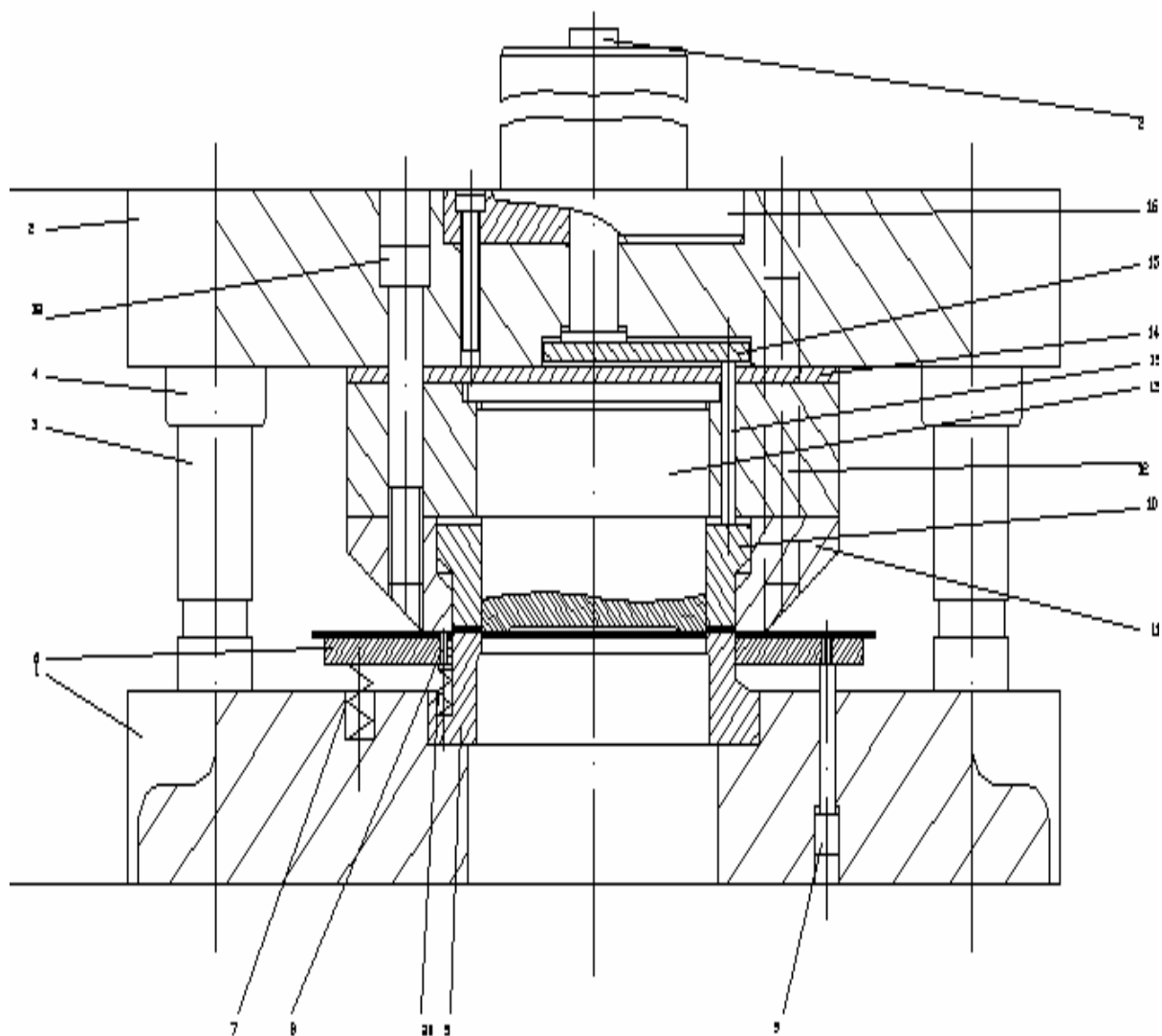


Рисунок 4 – Штамп совмещенного действия для вырубki и пробивки шайбы

ФОРМОИЗМЕНЯЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ

Практически все крупнотоннажные полимерные материалы перерабатывают по одной из двух схем:

разогрев пластика до температуры размягчения или плавления, придание ему с помощью формующего инструмента требуемой формы, охлаждение под давлением в формующей оснастке до отверждения с целью сохранения полученной формы;

разогрев пластика до пластического состояния, придание ему с помощью формующего инструмента требуемой формы, выдержка до завершения начавшихся под влиянием температуры химических реакций, приводящих к отверждению полимерного связующего в пластике и сохранению приданной ему формы.

К перерабатывающим агрегатам относятся литьевые машины, прессы, экструдеры, вакуум- и пневмоформовочные машины и др.

Производительность агрегата лимитируется временем, необходимым для отверждения материала в формующем инструменте.

К формоизменяющим операциям листовой штамповки неметаллических материалов относятся гибка, вытяжка, формовка и отбортовка.

Гибка неметаллических материалов.

Гибке подвергают слоистые пластики толщиной до 2—3 мм, термопластики, эбонит, картон, фибру и формовочный миканит и другие материалы. Гибку в штампах применяют для изготовления мелких деталей. Гибку крупных деталей производят на гибочных машинах для металла.

При гибке слоистых пластиков процесс формоизменения лучше протекает в том случае, когда применяют не полностью отвержденные материалы или материалы, полученные на основе термореактивных смол, модифицированных термопластичными или пластифицирующими добавками. Способы нагрева пластиков при гибке определяются масштабами производства. В качестве источников нагрева применяют радиационные установки со стальными или керамическими экранами. Прогрессивным способом является нагрев инфракрасными лучами. Режимы нагрева слоистых пластиков толщиной до 2—3 мм приведены в табл. 14.

Гибку слоистых пластиков обычно производят в простейших штампах, изготовленных из металла, специальных пластмасс, цинковых сплавов, дерева, а также песочно-клеевой массы ПСК.

В ряде случаев гибку осуществляют в штампе с предварительным нагревом последнего.

При гибке термопластиков (органического стекла, винипласта, целлулоида, полиэтилена и др.) необходимо строго следить за соблюдением температуры нагрева и его продолжительности.

Нагрев органического стекла осуществляют в тех же нагревательных устройствах, что и нагрев слоистых пластиков.

Режимы нагрева термопластиков приведены в табл. 1.

Гибку деталей из органического стекла обычно производят на метал-

лических, пластмассовых, гипсовых или деревянных пуансонах легким нажимом руки с прижимом краев заготовки струбцинами, обитыми байкой. Поверхность пуансонов в этом случае тщательно обрабатывается и обтягивается байкой.

Таблица 1. Режимы нагрева листовых гермопластиков перед гибкой

Материал	Температура нагрева, °С	Продолжительность нагрева на 1 мм толщины, мин
Органическое стекло	105—120	2-3
Винипласт толщиной до 5 мм	130—150	3—5
Целлулоид *	80—90	—
Полиэтилен	100—110	2—4
* Вследствие высокой горючести целлулоида его нагрев производят в водяных банях.		

При гибке размеры заготовки и пуансона должны быть взяты большими на величину припуска для зажима кромки. Детали охлаждаются на пуансоне до 30—40 °С для сохранения приданной им формы.

Гибка картона и фибры имеет свои особенности. Перед гибкой картон и фибру предварительно увлажняют в ваннах с водой при температуре 15—20 °С в течение 1,5—2 ч на каждый миллиметр толщины. Относительная влажность заготовок должна составлять 10—25 %.

Технологический процесс изготовления гнутых деталей из фибры и картона включает следующие операции: вырубку заготовки из листа; увлажнение заготовок; гибку заготовок; сушку гнутых деталей.

Формовка и вытяжка неметаллических материалов.

Посредством формовки и вытяжки изготавливают разнообразные детали из различных материалов, главным образом из термопластиков (полиэтилена, поликрилата, поливинилхлорида, органического стекла и др.), а также из фибры и картона. К таким деталям относятся детали двойной кривизны для остекления самолетов и автомобилей, рассеивателей света, абажуры, отражателя люминесцентных светильников, детали холодильников, облицовки радиаторов и телевизоров, корпуса различных приборов, ванны, раковины и др.

Технология формообразования неметаллических материалов основана на рациональных режимах нагрева пластиков и перехода их в высокопластичное или вязкотекучее состояние.

Различают следующие способы формовки—вытяжки: вакуумная (или пневматическая) формовка с применением одной только матрицы или формы; формовка—вытяжка в штампах с жестким или эластичным пуан-

соном и жесткой матрицей.

Первый способ широко применяют при формовке деталей из термопластн-кон, второй — при формовке деталей из слоистых пластиков.

В табл. 2 приведены режимы нагрева термопластиков перед формовкой.

Таблица 2. Режимы нагрева листовых термопластиков перед формовкой

Материал	Температура нагрева, °C	Выдержка при данной температуре на 1 мм толщины листа, мин	Критическая температура °C
Органическое стекло(неориентированное) Органическое стекло (ориентированное):	30-180	1,5—2,5	220
СОЛ	125—150	1,5—1,8	175
СТ-1	145—150	1,2—2,0	185
Пластмассы: 2—55 1-57	170—185 185±5	1,6—2,5	205 230
Винипласт	120—140	2,5—3,0 2,5—5,0	170
Материал СНП	130—140	—	—
Полиэтилен ВД	120-130	2,0—3,0	140
Целлулоид	95—110	—	—
Текстолит	130—160	2,5—5,0	200
Стеклотекстолит	140—160	2,0—5,0	230
Формовочный миканит	250—30	0,8—0,5	—
Эбонит	60—90	—	—
Примечания: 1. Под критической температурой понимают температуру, при которой наступает интенсивное разложение (то есть термическая деструкция) составляющих материала 2. Нагрев листов органического стекла производят в вертикальном положении			

Важное значение для формовки имеет равномерность предварительного нагрева заготовок, так как неравномерный нагрев приводит к различной пластичности материала в отдельных местах, а следовательно, и к браку вследствие разрывов, трещин, коробления и т. д. Во избежание размягчения, а также структурных изменений в листовых пластиках необходимо строгое соблюдение температурного режима нагрева их перед формовкой.

Для получения деталей сложных форм (шары, коробки, кюветки, предметы санитарно-технического обихода и др.) из термопластиков применяют вакуумную формовку в жесткие формы. Этот процесс характеризуется соприкосновением материала с формой в последний момент формовки.

Вакуумная формовка в жесткие формы. Различают два вида вакуумной формовки в жесткие формы: негативный и позитивный процессы.

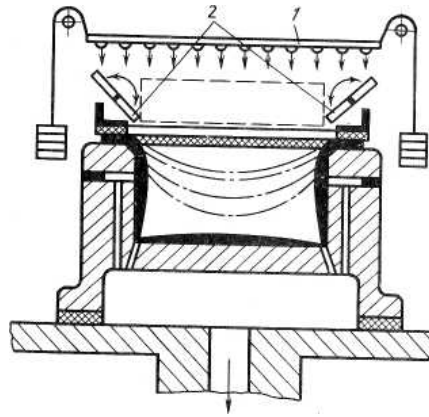


Рис. 1. Схема негативного процесса вакуумной формовки:

1 — излучатель; 2 —экраны

Сущность процесса формовки (рис. 1) состоит в том, что термопластичный материал под действием вакуума постепенно формируется, вытягиваясь в полое пространство формы, приобретая контуры сферы. Негативный процесс характеризуется значительным утонением в наиболее напряженной зоне (в центре сферы). Конечная стадия формообразования детали протекает при наличии трения между деформируемым материалом и поверхностью формы, что приводит к еще большей неравномерности толщины стенок детали. Вследствие этого негативный процесс формовки применяют для изготовления неответственных деталей.

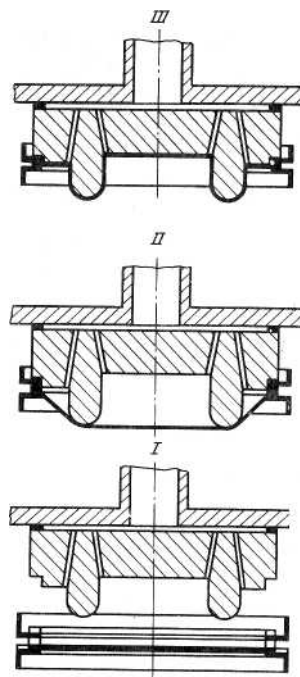


Рис. 2. Стадии позитивного процесса формовки

При позитивном процессе формовки (рис. 2) нагретая заготовка / предварительно формуется до момента получения достаточного уплотнения //. После этого воздух через каналы отсасывается из замкнутой полости формы, и заготовка приобретает очертания формы ///. Этот процесс имеет те же недостатки, что и негативный.

Процесс вакуумной формовки включает следующие операции:
нагрев заготовки до заданной температуры, определяющей пластичное состояние, с помощью экрана с инфракрасными излучателями;
вытягивание нагретого листа сжатым воздухом;
формовка вытянутого листа при создании вакуума в полости матрицы (негативный процесс) или по форме пуансона (позитивный процесс);
охлаждение и удаление отформованной детали;
обрезка краев.

Вакуум-формовочные установки оснащены вакуум-насосом и компрессором, термоэкраном, пультом с приборами управления и специальными пресс-формами. Эти установки позволяют формовать изделия длиной до 2 м из заготовок толщиной до 3—4 мм.

Пневматическая формовка в жестких формах. Пневматическую формовку в жестких формах применяют для изготовления ванн, умывальников, ваз, обрамления для телевизоров и других изделий из заготовок толщиной до 15—20 мм. Пневматическую формовку осуществляют на специальных установках.

Давление воздуха, необходимое для формовки детали, зависит от конфигурации, глубины вытяжки, температуры и рода формируемого материала, температуры формы и ее конструкции. Требуемое давление определяют экспериментально; как правило, оно составляет 0,05—2,5

МПа.

Процесс пневматической формовки включает следующие операции:
подготовка и нагрев материала в соответствии с установленным режимом;

укладка заготовки на форму и закрепление ее отжимными кромками формы;

предварительная формовка при давлении 147—198 кПа в течение 15—30 с, необходимая для герметичности зажима заготовки и отверждения зажатых кромок;

окончательная формовка детали при давлении, экспериментально подобранном при опытных штамповках;

охлаждение отформованной детали в форме до 35—50 °С без снижения давления воздуха; скорость охлаждения в среднем составляет 0,5—0,8 мин на 1 мм толщины материала;

удаление отформованной детали и подготовка формы для следующего цикла формовки;

контроль полученной детали;

доводочные операции.

Получение качественных деталей методами пневматической формовки требует точного регулирования температуры листа.

Тепловой режим нагрева органического стекла — полиметилметакрилата (ПММА) устанавливается в зависимости от типа материала (экструзионный или блочный высокомолекулярный), толщины листа, конструкции и назначения детали.

Оптимальной для экструзионного листа является температура нагреватель-

ного шкафа 170—190 °С; для блочного — 200—210 °С (рис. 15).

Интервал температур формовки экструзионного листа 125—150 °С, блочного 150—200 °С. С уменьшением кратности вытяжки деталей $W = hi B$ (h — высота формы; 8 — ширина ее основания) граница области формования смещается в область низких температур. Нижняя граница интервала температур формовки соответствует середине области высокоэластичного состояния; верхняя граница совпадает с началом области перехода материала в текучее состояние.

Адекватные уравнения регрессии в натуральных переменных, полученные в результате проведения опытов по схеме полного факторного эксперимента 2^3 для расчета толщины стенки детали в местах глубокой вытяжки, имеют вид:

для экструзионного листа

$$S_K = \frac{S_H}{0.23t_n + 18,648W - 36.294} ; \quad (1)$$

для блочного листа

$$S_K = \frac{S_H}{0.46t_n + 31,96W - 81.34} , \quad (2)$$

где s_H — начальная толщина заготовки; s_K — толщина детали в местах его наибольшей вытяжки; t_d — температура листа; W — кратность вытяжки детали.

Для экструзионного листа уравнения (1) и (2) применимы при температуре заготовки 140—150 °С и кратности вытяжки 0,284—0,50; для блочного — при 170—190 °С и той же кратности вытяжки. Погрешность расчета f по уравнениям (1) и (2) составляет не более 20 %.

Комбинированные способы формовки. При вакуумной и пневматической формовке крупногабаритных деталей из 1 термопластиков характерным является наличие двух существенных недостатков: неравномерность толщины стенок отформованных деталей и невозможность получения деталей сложной формы.

С целью устранения этих недостатков разработаны комбинированные методы формовки, в которых пневматическая формовка сочетается с механической формовкой пуансоном.

Получение равномерной толщины 1 стенок в деталях достигается различными способами: применением резиновых диафрагм переменного сечения, предварительной свободной вытяжкой, скользящим методом формовки, а также использованием специальных подкладных и формующих пуансонов различной формы и размеров.

Применяется также формовка в упругой матрице, иногда даже без использования сжатого воздуха. Во многих случаях для получения 1 деталей сложной формы применяют позитивную формовку с предварительной пневматической вытяжкой (рис. 3).

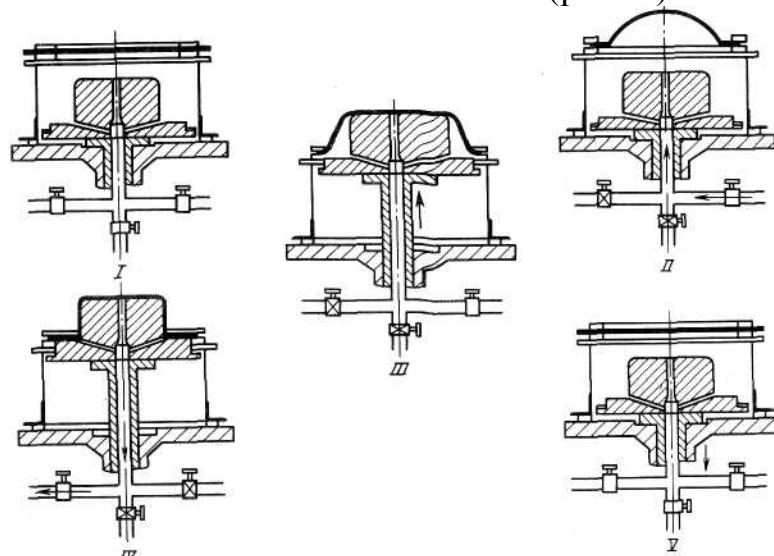


Рис. 3. Схема позитивной формовки с предварительной пневматической вытяжкой

Этот комбинированный метод формовки состоит в следующем. Вначале исходную нагретую заготовку термопластика зажимают в рамке, которую 1 плотно прижимают в камере (поз. /). Затем в камеру подают сжатый воздух, посредством которого производится свободная пневматическая вытяжка (поз. //) с неравномерным изменением толщины заготовки. Далее форму вместе с пуансоном поднимают вверх; при этом производится

предварительная механическая формовка (поз. *III*), включается вакуум и происходит окончательная пневматическая формовка детали (поз. *IV*). В каждой из рассмотренных стадий Форма состоит из пневматической формовки происходит изменение толщины отдельных частей формующей детали, толщина ее стенок становится более равномерной. Весьма распространенным способом получения глубоких деталей сложной формы является комбинированная формовка в «упругой» матрице (рис. 4). Форма состоит из пневматической камеры 1, рамки 2 с закрепленным в ней листом термопластика, пуансона 3, прикрепленного к крышке камеры 4 и матрицы 5. При движении пуансона вниз происходит свободная формовка заготовки. В конце хода пуансона в донной части детали формируется рельеф на матрице 5.

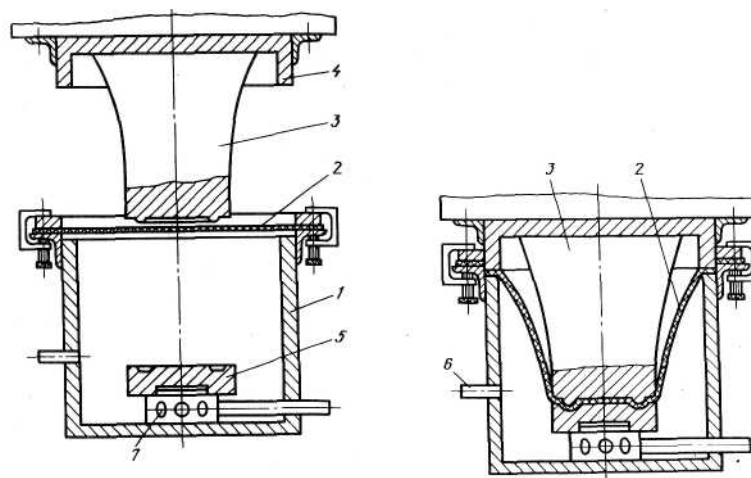
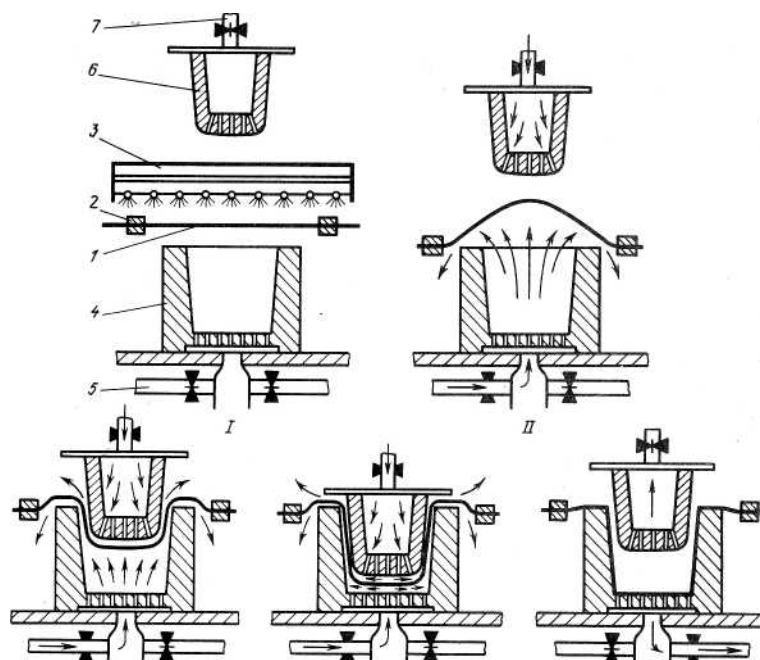


Рисунок 4 – Схема комбинированной формовки в «упругой» матрице

Если камера 1 не сообщается с атмосферой с помощью крана 6, то деформируемый материал под действием противодействия упругой матрицы будет отформовываться в виде поверхности параболической формы.

При необходимости отформовать изделие по пуансону сжатый воздух подается в камеру через распределитель 7.

При формовании листового полиэтилена и поливинилхлорида, а также других неметаллических материалов применяют скользящий метод комбинированной формовки (рис. 5), сущность которого состоит в том, что предварительное формование детали осуществляется в разных направлениях: сначала свободная формовка вверх, а затем формовка пуансоном через прослойку сжатого воздуха. Последовательность процесса следующая. Вначале лист 1 термопластика закрепленный в рамке 2, нагревается нагревателем 3 до заданной температуры (поз. 1). После соприкосновения движущейся рамки 2 с торцевой поверхностью формы 4 и предварительной небольшой формовки в полость формы через вентиль 5 нагнетается нагретый воздух, под действием которого происходит предварительная пневмоформовка (поз. 1). Далее полый пуансон 6 под



действием сжатого воздуха, нагнетаемого через вентиль 7, опускается. При этом между пуансоном и формируемым материалом образуется пневматическая подушка, посредством которой при ходе пуансона вниз осуществляется формовка листа (поз. III—IV). После этого вентили 5 и 7 автоматически закрываются, и через вентиль 5 подключается вакуум (поз. V). При ходе пуансона вверх готовая деталь выталкивается из формы сжатым воздухом, поступающим через вентиль. Метод скользящей формовки обеспечивает более равномерную деформацию формируемого материала в процессе деформирования.

Мерой деформируемости термопластиков является отношение высоты детали к диаметру заготовки.

В процессе формовки деформируемый материал находится в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, которое меняется в процессе деформирования в связи с изменением температуры.

Допускаемую степень вытяжки определяют экспериментально, в зависимости от требований, предъявляемых к детали.

В мелкосерийном производстве изготовление крупных сферических деталей из органического стекла производят или в вытяжных штампах посредством вытяжки жестким пуансоном через протяжную матрицу с нагревом заготовки до соответствующей температуры, или формовкой под вакуумом в специальном сосуде с нагревом заготовки инфракрасными лучами.

При вытяжке заготовки жестким пуансоном через протяжное кольцо зазор между пуансоном и матрицей принимается $z = 1,15-1,20$ толщины заготовки.

После остывания отформованной детали до $40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ начинается движение пуансона вверх.

Вытяжку целлулоида и винипласта производят в обычных вытяжных штампах с пружинным складкодержателем. Для облегчения вытяжки целлулоида. В качестве смазочного материала применяют мыло. Глубина

вытяжки целлулоида при толщине материала до 2 мм достигает 50—70 мм. Отформованная деталь выдерживается под давлением около 1 мин, после чего охлаждается вместе со штампом в холодной воде. Способ нагрева заготовок выбирают в зависимости от вида производства: путем конвекции горячего воздуха в специальных шкафах; между горячими плитами; облучением инфракрасными лучами и др.

Из слоистых пластиков вытяжке подвергаются только фибра, тексто-1 лит и стеклотекстолит. Фибру вытягивают лишь в увлажненном состоянии после вымачивания в воде из расчета 1,5—2 ч на 1 мм толщины заготовки.

Перед вытяжкой заготовки и рабочие поверхности штампов покрывают тальком или графитом. Вытяжку обычно производят в вытяжных штампах с прижимом или на прессах двойного действия.

После снятия отштампованных деталей со штампа и обрезки Гофров их надевают на специальные шаблоны, имеющие форму и размеры пуансона, и высушивают в сушильной камере в течение 10—12 ч при температуре 60—70 °С и относительной влажности воздуха $40 \pm 5 \%$.

Зазор между пуансоном и матрицей при вытяжке фибры принимают $\delta \sim 1,05$ -г-1,Ю толщины заготовки.

Из текстолита и стеклотекстолита в нагретом состоянии вытяжкой получают лишь неглубокие цилиндрические, конические и полусферические детали. Детали из текстолита штампуют в штампах с прижимом или на прессах двойного действия; из стеклотекстолита — в пресс-формах.

Из кожи вытягивают уплотнительные манжеты и сальники с предварительным нагревом заготовок в масле до 200 °С.

Формовка стеклонаполненных термопластиков. В нашей стране разработан материал штапол, композиция которого состоит из 25—40 % стекловолокна и 60—70 % термопластика. Штапол — штампующийся термопластичный армированный лист, предназначен для изготовления крупногабаритных деталей тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин. Технологический процесс штамповки штапола включает резку заготовок из листа, нагрев заготовок до требуемой температуры и формовку.

Нагрев заготовок производят с помощью инфракрасного нагревателя в сушильных печах с принудительной циркуляцией воздуха. Время нагрева в зависимости от типов используемого термопластика и нагревающего устройства составляет 1—2 мин на 1 мм толщины.

Формовку детали производят в сопряженных полуформах. На формуемость штапола, помимо температуры заготовки, существенно влияют температура формы и давление формования. Для полного уплотнения материала при температуре формы 20 °С необходимо давление 3 МПа. Величина требуемого давления зависит от вида заготовки, материала пресс-формы, конфигурации детали.

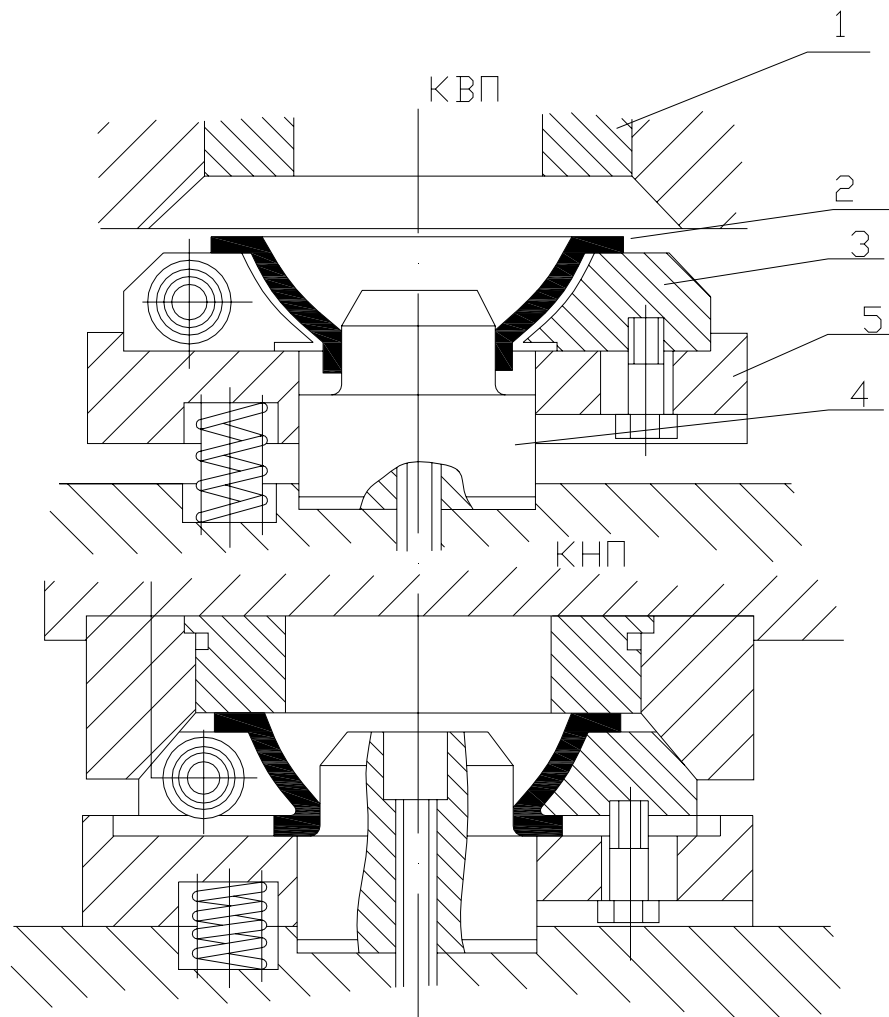
При формовании штапола наблюдаются такие нежелательные явления, как сепарация и ориентация армирующих волокон, снижающие изотропность свойств материала деталей. Установлено, что пластическая деформация не

3. Физико-механические характеристики листового термопластика (штапола), наполненного стеклянным волокном длиной свыше 50 мм

Материал — штапол	Плотность, г/см ³	Разрушающее напряжение, МПа		Модуль упругости Х10 ⁻³ . МПа		Ударная ВЯЗКОСТЬ, кДж/м ²
		при растяжении	при изгибе	при растяжении	при изгибе	
На основе: ПЭВП ПП	1,2—1,3 1,25	60—80 * 80—130	90—100 120—160	6—7 3—5	2—3 2—3,5	120—150 90—130

* Штапол сорта Б:получен на основе стеклохолста

Штамп для отбортовки



К нижней плите крепится противоуансон 4, с помощью пружины крепится контейнер 5 и матрица 3. Пуансон 1 закреплен в верхней плите штампа. При ходе вниз верхней половины штампа осуществляется прижим заготовки к матрице, и выполняется отбортовка отверстия за счет сжатия пружины в нижней половине штампа.

Съём детали с пуансона происходит при обратном ходе ползуна пресса за счет разжатия пружины.

Деталь удаляется клещами. За один ход пресса штампуется одна деталь.

Вытяжка алюминиевых сплавов

Для изготовления деталей из алюминия применяется метод вытяжки с местным подогревом и охлаждением заготовки, причем экспериментально освоено изготовление ряда деталей с различной формой и сечением.

При вытяжке с подогревом цилиндрических деталей из дуралюмина экспериментально получены коэффициенты вытяжки $m = 0,32$, что соответствует соотношению высоты к диаметру $h/d=2,3$.

Наиболее эффективно применение вытяжки с подогревом фланца при изготовлении глубоких коробчатых деталей квадратной, прямоугольной, а также другой более сложной формы (треугольной, шестиугольной, овальной, выпукло-вогнутой, восьмиугольной, узкой сплюсненной и т.д.).

За одну операцию вытяжки с подогревом можно получить глубокие квадратные и прямоугольные коробки, для изготовления которых методом обычной вытяжки требуется от 3 до 5 операций; для изготовления же деталей сложной формы требуется до 8 и более операций холодной вытяжки.

Предельная относительная высота вытяжки h/d и h/a приведена в таблице.

Материал	Температура нагрева фланца	Предельная высота h/d и h/a для деталей		
		цилиндрических	квадратных	прямоугольных
Алюминий АМ	325	1,44	1,5 – 1,52	1,46 – 1,6
Алюминиевый сплав АМцМ	325	1,30	1,44 – 1,46	1,44 – 1,55
Дуралюмин Д16АМ	325	1,65	1,58 – 1,82	1,50 – 1,83
О б о з н а ч е н и я: h - высота; d - диаметр; a - сторона квадрата.				

На рис. 197 показаны высокие детали из алюминиевых сплавов, полученные вытяжкой с подогревом фланца, а в переднем ряду – детали той же формы, полученные вытяжкой в холодном состоянии.

На рис. 198 изображены экспериментально полученные формы заготовок при вытяжке с подогревом фланца глубоких коробчатых деталей различного сечения.

Контур заготовок прямоугольных коробчатых деталей рассчитывается по формулам, приведенным в табл. 105.

Указанные формулы справедливы для коробчатых деталей с размерами $b = (1..3) \cdot a$ при относительных радиусах в углах

$$0,50 > r_y/a > 0,055; \quad 0,28 > r_y/b > 0,028$$

и

$$h_T = h - 0,43r_d = (0,8..1,9)a,$$

где h – полная высота детали по чертежу;

h_T – приведенная высота детали;

r_d - радиус закругления у дна коробки.

Порядок построения контура заготовок:

1) вычерчивают контур детали в плане и строят развертку на плоскость, откладывая отрезки h_a и h_b ;

2) из точки 0, расположенной на биссектрисе угла на расстоянии $2R_y$ от центра закругления, проводят дугу радиусом R_y ;

3) производят сопряжение этой дуги с участками сторон заготовки посредством дуг, радиусы которых равны h_a и h_b , а центры расположены на сторонах контура детали.

В качестве смазки применяется порошкообразный графит с маслом «Вапор» и хозяйственным мылом.

Вытяжка с подогревом в производственных условиях выполняется на гидравлических и кривошипных прессах с небольшим числом ходов (15 – 20 в минуту), так как нагрев фланца требует известного времени (3 – 5 секунд). Оптимальная температура нагрева фланца заготовки из алюминия АМ, сплавов АМцМ, Д16АМ – 310 – 340. Поэтому производительность самого процесса штамповки при этом способе ниже, чем при обычной вытяжке; преимущество его заключается в резком сокращении числа операций и штампов

Вытяжка магниевых сплавов

Для штамповки применяют две марки магниевых сплавов: МА1 и МА8. Наилучшей температурой для вытяжки сплавов является: для сплава МА1 – 320-350° С, а для сплава МА8 – 300-350° С.

На рисунке 1 приведена диаграмма, показывающая зависимость коэффициента (степени) вытяжки от температуры нагрева заготовки. Следовательно, при выборе коэффициента вытяжки необходимо учитывать температуру нагрева заготовки.

Вытяжку магниевых сплавов ведут не с предельными, а с несколько смягчёнными оптимальными коэффициентами вытяжки, приведенными в таблице 1.

Таблица 1- оптимальные коэффициенты вытяжки магниевых сплавов

Марка сплава	Коэффициент вытяжки		
	В холодном состоянии	С нагревом до 330-350°С	
		Первая вытяжка	Последующие вытяжки
АМ1	0,87-0,92	0,45-0,50	0,57-0,67
АМ8	0,80-0,85	0,38-0,45	0,54-0,64

Между первой и второй операциями вытяжки заготовки подвергаются промежуточному отжигу при 260-350° С с выдержкой около 1 ч.

Для вытяжки магниевых сплавов применяются штампы с электроподогревом матрицы и прижимного кольца и с водяным охлаждением пуансона.

Пуансон необходимо охлаждать до 70-100° С, иначе возникает чрезмерная пластичность и обрывы заготовок.

Нагрев заготовок производится одним из следующих способов:

- 1)нагрев от подогретого штампа;
- 2)нагрев штампа и отдельно заготовки;
- 3)нагрев только заготовки.

Лучшие результаты получают при первом и втором способах нагрева. При третьем способе нагрева заготовок производится в электропечах, в плитах с газовым или электрическим обогревом или масляных ваннах.

Вытяжка на листоштамповочных молотах и гидравлических прессах

Этот способ вытяжки применяется главным образом в мелкосерийном производстве изделий, имеющих неустойчивую, часто меняющуюся конструкцию, когда и пользование обычных штампов нецелесообразно вследствие большой стоимости длительности их изготовления.

Для штамповки на листоштамповочных молотах используются простые литые свинцово-цинковые штампы или штампы из прочных легкоплавких сплавов (АЦ 13-2, ЦАМ53 и др.). Штамповку на молотах магниевых и титановых сплавов ВТ 1 производят в нагретом состоянии с подогревом штампов. В этом случае матрицы штампов делают из стали или чугуна и подогревают до 300° С, цинковые матрицы подогревают до 200—220° С.

На листоштамповочных молотах выполняют разнообразные штамповочные операции: гибку, вытяжку, формовку, отбортовку.

Процесс вытяжки на листоштамповочных молотах происходит за несколько постепенно усиливающихся ударов, причем глубина хода ограничивается или фанерными кольцами, укладываемыми на фланец заготовки и постепенно снимаемыми, или резиновыми многослойными накладками, устанавливаемыми в рабочую полость матрицы. Штамповка на молотах почти всегда дает гофры на фланце, а иногда и на самом изделии, обычно устраняемые ручной правкой. Крупным недостатком этого способа является увеличенный расход материала на края и фланцы, обрезаемые после штамповки, а также повышенный процент брака.

В последнее время освоен способ штамповки на листоштамповочных молотах резиной. Штамповка производится резиной, заключенной в контейнер, подвешенный к поперечине листоштамповочного молота.

Технология штамповки резиной на листоштамповочных молотах аналогична штамповке резиной на гидравлических прессах. Этот способ позволяет выполнять ряд вытяжных работ в цехах, не имеющих гидравлических прессов.

Практический интерес представляет метод реверсивной вытяжки, выполняемый за две операции. В первой операции производится набор металла выпуклостью вверх с образованием обвода по контуру, а во второй – выворачивание выпуклости в обратную сторону.

Разработан и внедрен в серийном производстве способ пульсирующей вытяжки на листоштамповочных молотах с гофрообразованием. К штоку молота прикрепляется резино-жидкостная матрица 1, а на стол устанавливается устройство, состоящее из жесткозакрепленного вытяжного пуансона 2 и прижима 6, опирающегося на поршень 3, находящийся в гидравлическом цилиндре 5. Последний соединен с клапанной системой и воздушным аккумулятором (рис.172). В процессе работы прижим периодически опускается вниз и поднимается вверх гидравлическим аккумулятором, Корпус резиновой матрицы выдерживает давление до 800 кгс/см^2 .

Перед штамповкой на заготовку устанавливают матрицу-накладку 6 и производят серию ударов, которые отгибают фланец заготовки. Вслед за этим происходит вытяжка со складкообразованием, а затем при резком повышении давления под поршнем происходит выпрямление складок (рис. 173). При этом способе достижимы довольно высокие коэффициенты вытяжки ($m=0,48 - 0,5$). Кроме цилиндрических деталей можно изготавливать детали конической и прямоугольной коробчатой формы.

В последнее время разработан и внедрен в промышленность способ пульсирующей вытяжки с гофрообразованием и нагревом фланца заготовки.

На рис. 174 приведены схемы пульсирующей вытяжки с гофрообразованием и нагревом фланца заготовки. Фланец заготовки нагревается от контакта с нагретыми частями штампа (рис. 174, а). Затем прижим поднимается на величину f , а пуансон опускается, вследствие чего на фланце образуются гофры (рис. 174, б). Прижим опускается вниз и разглаживает гофры (рис. 174, в). Затем процесс гофрообразования повторяется (рис. 174, г). В данном способе вытяжки, сопротивление фланца и напряжения в опасном сечении значительно снижены, благодаря чему возможна более глубокая вытяжка.

Рис. 173. Схема образования и выпрямления складок (гофров)

За одну операцию пульсирующей вытяжки с нагревом получают детали с коэффициентами вытяжки в 1,5—2 раза большими, чем при вытяжке с подогревом заготовки ($K= 5,0 - 5,7$).

Рис. 174. Схема пульсирующей вытяжки с гофрообразованием

Способ пульсирующей вытяжки опробован на сплавах АМг6М, Д16АМ и Д16АТ, МА3М и ОТ-4-0.

Для данного процесса разработаны и внедрены гидравлические прессы ПГВ-1, ПГ-13, ПМШ-500.

Вытяжка резиной и полиуретаном

Вытяжка резиной получила широкое применение в серийном и мелко серийном производстве для изготовления полых деталей из тонколистового металла. Существуют две разновидности этого способа: вытяжка резиновым пуансоном и вытяжка резиновой матрицей.

Штампы для вытяжки и формовки резиновым пуансоном весьма просты и дешевы, так как их обычно изготавливают из дерева или из цинковых сплавов.

Способ вытяжки резиновой матрицей заключается в том, что роль матрицы выполняет резина, заключенная в металлическую обойму и обтягивающая листовую заготовку по цилиндрическому (или другой формы) пуансону.

Простейший случай вытяжки резиновой матрицей – неглубокая вытяжка алюминиевых и дуралюминовых деталей на гидравлических прессах при не большом давлении ($60-85 \text{ кгс/см}^2$).

Для вытяжки и формовки применяется резина со следующими механическими свойствами:

Сопротивление разрыву, кгс/см^2	50-55
Относительное удлинение, %	600-700
Остаточное удлинение, %	25-30
Сжатие (%) под нагрузкой 100 кгс/см^2	50-70
Твердость по Шору	70

Более новым и совершенным является способ глубокой вытяжки резиновой матрицей при высоком давлении резины. Существует несколько разновидностей вытяжки резиновой матрицей, в соответствии, с чем созданы различные типы прессов.

Способ 1 – вытяжка с неподвижным пуансоном и нижним столом, производимая на обычных гидравлических прессах.

Способ 2 – вытяжка при неподвижном пуансоне и подвижном регулируемом прижиме.

Способ 3 – вытяжка с подвижным пуансоном и регулируемым прижимом.

Способ 1 применяется в основном для неглубокой вытяжки-формовки. Для получения более глубокой вытяжки и уменьшения размеров заготовки в этом случае используют подвижные приспособления – прижимы со щелевой

полостью. Способы 2 и 3, выполняемые на специальных гидравлических прессах, позволяют получить более глубокие вытяжки по сравнению со способом 1.

На рисунке 166 изображена схема установки для вытяжки резиновой матрицей (способ 2 по рис. 165). Особенностью данного устройства является применение гидропневматического буфера, создающего внешнее противодействие. Давление буфера регулируется в течении рабочего хода автоматически регулирующим устройством, которое снижает давление резины в конце вытяжки до 300-500 кгс/см².

По этому принципу работают гидравлические прессы ПШВР-1 и ПШВР-3 усилием 1500 и 2800 тс при диаметре штампуемых деталей 440 и 700 мм.

Давление резины зависит от коэффициента вытяжки и относительной толщины заготовки. Для вытяжки деталей из дуралюмина давление может быть взято из таблицы 99.

99. Наибольшее давление резины (кгс/см²) при вытяжке дуралюмина

Коэффициент вытяжки	Давление резины при относительной толщине заготовки (S/D)100			
	1,30	1,00	0,66	0,40
0,60	260	280	320	360
0,50	280	300	340	380
0,44	300	320	350	400

При вытяжке прямоугольных коробок давление резины достигает для алюминия 350 кгс/см², а для дуралюмина 500 кгс/см².

Требуемое усилие прессы определяется по формуле

$$P = q \times F,$$

Где F-площадь резины в, см²; q- давление резины, кгс/см².

Практически возможна замена резины вязкой жидкостью (глицерин, масло) в резиновом чехле или гидропластом, создающим равномерное гидростатическое давление при наличии надежных уплотнений.

Преимущества вытяжки резиновой матрицей заключается в том, что резина в процессе вытяжки создает сильное гидростатическое давление, которое прижимает заготовку к пуансону и препятствуете утонению и осевому рас-

тяжению. Одновременно с этим давлением резины на закруглении у фланца постепенно уменьшает радиус этого закругления и производит заталкивающее действие на заготовку.

Таким образом, при этом способе вытяжки отсутствует сильное утонение у дна детали, приводящее к его отрыву, и создается более благоприятное напряженно-деформированное состояние, позволяющее увеличить степень деформации (глубину вытяжки).

100. Предельное значение коэффициентов вытяжки и глубины вытягиваемого цилиндра при вытяжке резиной цилиндрических деталей

Материал	Предельный коэффициент вытяжки	Наибольшая глубина вытяжки	Наименьшая глубина заготовки в % от D	Наименьший радиус закругления у фланца
Алюминиевые сплавы А, АМц	0,45	$1,0d_1$	1%, но не менее 0,4 мм	1,5S
Алюминиевые сплавы АМг, Д16, АК8	0,50	$0,75d_1$		2-3S
Сталь 08Вг	0,50	$0,75d_1$	0,5%, но не менее 0,2 мм	4S
Нержавеющая сталь 1X18H9Т	0,65	$0,33d_1$	0,5%, но не менее 0,2 мм	8S
Обозначения: D-диаметр заготовки; d_1 - диаметр вытяжки.				

В таблице 100 приведены предельные значения коэффициентов вытяжки и глубины вытягиваемого цилиндра при вытяжке резиной с давлением 400 кгс/см² и радиусом закругления вытяжных кромок пуансона $r_r = 4S$.

В таблице 101 приведены наименьшие значения радиуса закругления вытяжного пуансона при вытяжке резиной цилиндрических деталей из различных материалов.

101. Наименьшие радиусы закруглений цилиндрического пуансона при вытяжке резиной (давление резины 400 кгс/см²).

Коэффициент вытяжки	Глубина вытяжки	Наименьшие радиусы закруглений для материалов			
		Алюминиевые сплавы		Сталь 08ВГ	Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т
		А, АМг, АМц	Д16, АК8		
0,70	0,25d ₁	1S	2S	0,5S	2S
0,60	0,50d ₁	2S	3S	1,0S	-
0,50	0,75d ₁	3S	4S	2,0S	-
0,45	1,00d ₁	4S	-	-	-

Этим же способом вытягиваются конические детали при соотношении меньшего диаметра (d₁) и большего (d₂):

$$d_1/d_2 \geq 1/(1 + 0,2S);$$

для алюминия

$$d_1/d_2 \geq 1/(1 + 0,12S).$$

В случае вытяжки резиной деталей квадратной и прямоугольной формы (при том же давлении) наименьший радиус углового закругления *r* должен составлять (В-ширина прямоугольной коробки, мм):

При высоте коробки *h*, мм:

≤ 100.....	0,25В
110-125.....	0,20В
135-150.....	0,17В

Наибольшая высота квадратных и прямоугольных коробок при этом не превышает для стали *h* = 3*r*, для алюминия *h* ≈ 3,5*r*.

Этот способ должен найти широкое применение в мелкосерийном производстве.

Недостатком данного способа является необходимость применения большого давления и излишняя затрата работы пресса.

В последнее время получила применение вытяжка полиуретаном, обладающим весьма высокой упругостью, износоустойчивостью и большой твердостью (до 98 по Шору или $H=78$ по дюрометру, шкала D). Полиуретан регламентируется ТУ 84-404-73. На рис. 167 приведена схема штампа для вытяжки невысокого колпачка полиуретаном. Полиуретан в вытяжных штампах применяется или в качестве эластичного пуансона, или в качестве матрицы, обтягивающей заготовку вокруг жесткого пуансона.

Освоена вытяжка полиуретаном листовых материалов толщиной от 0,4 мм до 3 мм при следующих параметрах вытяжки (таблица 102).

102. Параметры вытяжки полиуретаном

Материал	Предельная глубина вытяжки h/d	Предельный коэффициент вытяжки	Толщина заготовки, мм	Минимальный радиус закругления у фланца, мм
Сплав АМц	1,00	0,45	4,0	2
Сплав Д16АМ	0,75	0,50	1,0	3
Сталь 08кп	0,70	0,50	0,5	4
Сталь 1Х18Н9Т	0,53	0,65	0,5	8

При вытяжке полиуретаном рекомендуется смазывать поверхность заготовки, обращенной в сторону металлической рабочей части. Поверхность, обращенная в сторону полиуретановой подушки, должна оставаться чистой и сухой.

Вытяжка титановых сплавов

Для штамповки деталей применяют титановые сплавы марок ВТ 1 -1_п, ВТ1-2, ОТ4-1, ОТ4-2, ВТ4, ВТ5-1, ВТ6 и ВТ14. Первые два сплава представляют собой технический титан. Сплавы ОТ4, ОТ4-1, ВТ4, ВТ5-1 являются сплавами средней прочности. Сплавы ОТ4-2, ВТ6 и ВТ14 являются высокопрочными сплавами пониженной пластичности. Выбор того или иного сплава производится конструктором по его механическим и технологическим свойствам.

Механические свойства титановых сплавов характеризуются следующими особенностями (табл. 1):

- 1) высокий предел текучести, близкий к пределу прочности, следствием чего является узкая область пластической деформации;
 - 2) пониженная пластичность в холодном состоянии по сравнению с другими металлами, а следовательно, пониженная штампуемость;
 - 3) высокая пластичность в нагретом состоянии вследствие изменения структуры;
 - 4) сильное упрочнение при холодной пластической деформации, сопровождаемо увеличением прочности (в 1,5—1,8 раза) и уменьшением пластичности;
 - 5) низкие антифрикционные свойства, выражающиеся в интенсивном налипании титана на рабочие части штампа;
 - 6) чувствительность к скорости деформирования, вследствие чего скорость вытяжки берется в два-три раза меньше, чем для стали;
 - 7) значительная анизотропия и нестабильность свойств листов титановых сплавов.
- Необходимо отметить, что титан и титановые сплавы не магнитны, что может быть использовано в технологических целях.

1 Механические свойства титановых сплавов

Марка сплава	Состояние	Предел прочности σ_B	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$	Относительное удлинение, %	
				δ_5	$\delta_{равн}$
ВТ1-1	Отожженный	46 - 60	39 - 52	25 - 40	9 - 10
ВТ1-2		55 - 75	47 - 64	22 - 35	9 - 10
ОТ4-1		60 - 75	52 - 64	20 - 35	9 - 10
ОТ4		70 - 85	60 - 73	15 - 35	7 - 8
ВТ5-1		75 - 95	64 - 80	12 - 25	7 - 8
ВТ4		85 - 100	73 - 86	12 - 22	7 - 8
ОТ4-2		100 - 120	86 - 103	9 - 15	4 - 5
ВТ6		90 - 110	77 - 95	10 - 15	4 - 5
ВТ6	Закаленный (с 800-840° С)	100 - 105	86 - 90	16 - 18	7 - 9
ВТ6	Состаренный (при 500° С)	110 - 115	95 - 100	14 - 16	—
ВТ14	Отожженный	90 - 110	77 - 95	8 - 16	4 - 3
ВТ14	Закаленный (с 820—880° С)	95 - 105	82 - 90	14 - 20	9 - 11
ВТ14	Состаренный (при 500° С)	115 - 140	100 - 120	7 - 12	—

Примечания:
 1. Сплавы ВТ1-1, ВТ1-2, ОТ4-1 и ОТ4 штампуются в холодном состоянии с межоперационным отжигом. Для сокращения количества операций Применяют подогрев заготовок из ВТ1-1 и ВТ1-2 до 350—400° С, а из ОТ4-1 и ОТ4 - до 500 - 650° С.
 2. Сплавы ВТ4, ВТ5-1, ВТ14 требуют частых межоперационных Отжигов или подогрева до 550 - 750° С.
 3. Высокопрочные сплавы ОТ4-2, ВТ5-1, ВТ6, штампуются с нагревом до 600 - 750 °С.

В табл. 2 приведено разделение титановых сплавов по штампуемости.

2 Штампуемость титановых сплавов

Марки сплавов	Штампуемость в холодном состоянии	Предельный коэффициент вытяжки m_1	Наименьший радиус изгиба	Примечание
ВТ1	Хорошая	0,50 - 0,56	(1,5+2,0) S	Штамповка деталей сложной формы
ВТ1-2, ОТ4-1	Средняя	0,56 - 0,62	(2,0+2,5) S	Штамповка деталей средней сложности
ОТ4, ВТ1-4 (закаленный)	Пониженная	0,62 - 0,68	(2,5+3,0) S	Штамповка деталей простых и средней сложности
ВТ4, ВТ14 (отожженный)	Низкая	0,68 - 0,72	(3+4) S	Штамповка простых деталей
ОТ4-2, ВТ5-1, ВТ6	Весьма низкая	0,75 - 0,82	(4+6) S	Штамповка только с нагревом до 600—750° С

Для получения большей степени деформации и сокращения числа операций, а также для получения большей точности изделий применяется штамповка в нагретом состоянии. Характерно, что в США штамповка титана производится только в нагретом состоянии. Оптимальные температуры нагрева для штамповки титановых сплавов приведены в табл. 3.

3 Оптимальные температуры унагрева для штамповки титановых сплавов

Марки сплава	Температура нагрева, °С
ВТ1, ВТ2	350—400
ОТ4-1, ОТ4	500—600
ВТ4, ВТ14	550—700
ОТ4-2, ВТ5-1, ВТ6	600—750

В зависимости от размера заготовок и вида штамповочной операции применяют следующие способы нагрева заготовок:

- 1) в электрических муфельных печах
- 2) на нагревательных плитах;
- 3) контактом от горячего штампа;
- 4) электросопротивлением;
- 5) отражательными экранами;
- 6) пазовыми горелками;
- 7) индукционный.

Наиболее распространенным является нагрев в электрических муфельных печах с автоматическим регулированием температуры.

Нагрев от нагревательных плит производится при штамповке резиной (вместе с нагревом формовочных блоков). Контактный нагрев от штампа применяется при невысокой температуре нагрева и только для тонких заготовок, так как титановые сплавы обладают низкой теплопроводностью.

Нагрев электросопротивлением применяется для крупных заготовок удлиненной формы, причем нагрев производится на прессе и продолжается даже во время операции (напряжение от 2 до 18 В). Здесь используются высокое электросопротивление титана и быстрота нагрева при прохождении электрического тока.

Нагрев отражательными экранами применяется редко, так как требует длительного времени.

Нагрев газовым пламенем является несовершенным и используется лишь при давильных работах и ручном изготовлении деталей в опытном производстве.

Индукционный нагрев применяется для нагрева длинных полос при горячей вырубке плоских заготовок. Индуктор имеет щелевое отверстие для прохода полосы.

Титановые сплавы подвергаются следующим штамповочным операциям:

- 1) штамповке и вытяжке обычными штампами;
- 2) штамповке резиной на гидравлических прессах;
- 3) штамповке на падающих молотах;
- 4) обтяжке на обтяжных прессах.

При вытяжке титановых сплавов в зависимости от их температуры может быть получена предельная степень вытяжки. Однако вытяжку титановых сплавов ведут не с предельными, а с несколько смягченными коэффициентами вытяжки.

Сопротивление деформированию при 300 - 400° С составляет от 10 до 25 кгс/мм² в зависимости от степени деформации.

При горячей вытяжке титановых сплавов штампы должны иметь обогрев матрицы и прижимного кольца, независимо от нагрева заготовок.

Большим затруднением при вытяжке титановых сплавов является налипание частиц металла на инструмент, вследствие чего допускается лишь небольшая скорость вытяжки (не более 250 мм/с) и требуется периодическая полировка штампов.

При вытяжке как в холодном, так и в подогретом состоянии титановые сплавы получают наклеп и поэтому требуется межоперационный и окончательный отжиг для снятия наклепа. Иначе на штампуемых деталях возникают трещины от действия остаточных напряжений.

Режим межоперационного и окончательного отжига титановых сплавов приведен в табл. 4. Охлаждение происходит на воздухе. После отжига необходимо травление для удаления окислов, производимое обработкой в водных растворах щелочей с раз- различными окислителями, с последующим травлением в растворах кислот.

4. Режим межоперационного и окончательного отжига титановых сплавов

Марка сплава	Межоперационный отжиг для восстановления пластичности		Окончательный отжиг для снятия внутренних напряжений	
	Температура нагрева, °С	Выдержка, мин (для S=0,8 ÷ 3 мм)	Температура нагрева, °С	Выдержка, мин (для S=0,8 ÷ 3 мм)
BT1-1, BT1-2	550 - 600	10 - 30	500	20 - 60
OT4, OT4-1, OT4-2, BT4	650 - 700	10 - 30	550 - 600	20 - 60
BT5-1, BT6, BT14	750 - 800	10 - 30	550 - 650	20 - 60

Для вытяжки титановых сплавов обычные штамповые стали непригодны вследствие налипания и задигов. Рекомендуются следующие материалы для штампов при вытяжке в холодном состоянии:

- 1) графитизированная сталь марок ЭИ366 и ЭИ299;
- 2) хромоникелевые чугуны СЧ 35-52 и СЧ 32-52;
- 3) магнито-никелевый чугун марки МН (АМТУ 315—52);
- 4) алюминий-железистоникелевая бронза марок БрАЖН 10-4-4 и БрАЖН 11-6-6;
- 5) металлокерамические сплавы типа ВК6—ВК8.

Материалы, рекомендуемые для штампов при вытяжке в горячем состоянии!

- 1) жаропрочные сплавы типа ЭИ437 и ЭИ616 (стойкость до 900° С);
- 2) стали 5ХГМ и 3Х2В8 (стойкость до 300—400° С);
- 3) металлокерамические сплавы ВК6—ВК8 (стойкость до 700° С).

Широко применяется для вытяжки титановых сплавов штамповка резиной, производимая на гидравлических прессах, оборудованных контейнером с резиной.

Штамповка резиной применяется только для сплавов BT1-1, BT1-2, OT4 и OT4-1 и производится с подогревом заготовки до 300—400° С. Штампы (формовочные блоки) также подогреваются до 150° С от подштамповой плиты, обогреваемой трубчатыми обогревательными элементами.

Формовка производится накладными пластинами из теплостойкой резины марки 5168 (по ТУ МХП 1166—51р), обладающей стойкостью 50—60 обжатий при 300° С.

Для предотвращения налипания резины на изделие применяют смазки в виде брикетов или присыпок. С целью повышения стойкости резины между ней и подогретой титановой заготовкой используют прокладки из стеклянного волокна или асбестового полотна. Давление резины при штамповке деталей из сплава BT1 составляет от 80 до 200 кгс/см² в зависимости от степени сложности формы детали.

Гидравлическая вытяжка

Гидравлическая вытяжка полых деталей производится посредством давления жидкости на деформируемый металл.

Существуют два принципиально различных способа гидравлической вытяжки, отличающихся друг от друга и по характеру деформации, и по области применения:

1) Гидравлическая вытяжка, в которой жидкость выполняет роль пуансона, вдавливая заготовку в полость матрицы;

2) Гидравлическая вытяжка, в которой жидкость (в резиновом чехле) служит матрицей, обтягивающей заготовку вокруг металлического или деревянного пуансона.

Первый способ гидравлической вытяжки находит применение при вытяжке конических, сферических, параболических и других подобных деталей, для которых требуется несколько операций обычной вытяжки.

Особенности способа гидравлической вытяжки:

1) отсутствие металлического пуансона и необходимости пригонки его к матрице;

2) возможность вытяжки без применения пресса, например в штампе, сжатом между двумя сболченными плитами;

3) равномерное давление на заготовку и возможность изготовления пустотелых деталей конической, параболической и сферической формы в одну операцию.

Рабочее давление жидкости создается насосом высокого давления (50 – 200 атм) или рабочим ходом механического или гидравлического пресса. В первом случае гидравлическая вытяжка может производиться без участия пресса.

Основными недостатками гидравлической вытяжки являются значительное утонение в куполе вытяжки или у дна детали, а также неустойчивое равновесие заготовки в процессе вытяжки и сползание ее набок при нарушении осевой симметрии, так как между «жидким пуансоном» и заготовкой отсутствует трение. Сползание заготовки устраняется путем применения специального гидравлического фиксатора, который, будучи прижат к заготовке, удерживает ее от смещения и препятствует образованию сферического дна, или применение механогидравлического способа штамповки.

Второй способ гидравлической вытяжки, при котором жидкость служит матрицей, имеет существенное преимущество перед первым способом, так как в этом случае высокое гидростатическое давление жидкости создает сильный прижим заготовки к пуансону, препятствуя ее растяжению и излишнему утонению. Одновременно с этим давление жидкости на закругление у фланца приводит к постепенному уменьшению радиуса закругления и производит заталкивание заготовки в матрицу. Благодаря этому создается более благоприятное напряженно-деформируемое состояние, позволяющее значительно увеличить глубину вытяжки.

Этот способ гидравлической вытяжки аналогичен способу вытяжки резиновой матрицей, но имеет следующие преимущества перед ним:

1) возможность получить за одну операцию более глубокую вытяжку без разрушения резины;

2) возможность создать более высокое давление (до 1000 атм);

3) получить более высокую стойкость резины.

Недостатком этого способа является необходимость применения специальных прессов.

Электрогидравлическая вытяжка

При размещении разрядника (2 электрода) в жидкость с ионной проводимостью и подачей напряжения на разрядник, возникает электрический разряд, который вызывает возникновение парогазового пузыря с повышенным давлением. Так как жидкость практически несжимаема, возникает электрогидравлический удар. Он состоит из двух импульсов: гидравлического и ковитационного. Чем больше сила тока и его частота, тем

выше сила удара. Мгновенная мощность импульса очень высокая. При электрической мощности 1кВт и напряжении 50-70 кВ мощность единичного импульса 100 тыс. кВт.

Преимущества данного вида вытяжки:

- 1) исключает применение крупных гидравлических прессов;
- 2) процесс переналадки достаточно прост;
- 3) оснастка сравнительно недорогая.

Недостатком электрогидравлической вытяжки являются повышенные требования к оснастке.

Резка и вырубка деталей из неметаллических материалов.

Резка слоистых пластмасс и других хрупких материалов должна производиться на ножницах с параллельными ножами, так как при резке на гильотинных ножницах в результате изгиба отрезаемой заготовки наклонным ножом на ее поверхности образуется сеть трещин, называемая «ёлочкой».

Резка листов на полосы должна производиться с надежным прижимом материала, для чего прижимное устройство должно иметь индивидуальную регулировку. Глубина перекрытия режущей кромки ножей не более 0,5 мм.

Для резки изоляционных материалов целесообразно выделить специальные ножницы. При резке фольгированных пластмасс они должны быть положены фольгой вниз (к неподвижному ножу).

Резка слоистых и волокнистых пластиков, а также винипласта, целлулоида и полиэтилена возможна в холодном состоянии до 2-2,5 мм толщиной, а органического стекла до 1,5 мм. При резке материалов большей толщины, а также в тех случаях, когда к качеству поверхности среза предъявляются повышенные требования, целесообразно применение подогрева материала до соответствующей температуры.

Из прокладочных неметаллических материалов - бумаги, картона и т. п., а также из тонколистовой фибры, текстолита и гетинакса - вырезаются всевозможные детали и прокладки различной конфигурации.

Вырезка деталей простой конфигурации обычно производится ножевыми штампами-просечками обычной или упрощенной конструкции (рис. 207). Угол заострения ножей принимается равным: для мягких материалов (бумага, картон, прессшпан, кожа, фетр, резина, ткани) $15 - 20^{\circ}$, а для фибры, текстолита, гетинакса - $30 - 350^{\circ}$.

Для деталей и прокладок сложной конфигурации используют ленточно-ножевые штампы, у которых режущее полотно сделано из ленточной стали, изогнутой по форме вырезаемой детали (рис. 208). При вырезке бумажных и других тонколистовых прокладок применяется штамповка пачками (до 50 листов), причем существуют два способа: штамповка насквозь на фибровой,

полиуретановой или деревянной подкладке и штамповка половины листов утолщенной пачки, причем вторая половина листов служит подкладкой.

Сопротивление срезу различных неметаллических материалов при вырезке в обычных штампах и просечке ножевыми штампами приведено в табл. 120 и 121.

При вырубке неметаллических материалов обычными штампами применяют следующие значения зазоров: для фибры и прессшпана (0,04 - 0,05) s; для кожи, фетра и мягкого картона (0,02 + 0,3) s; для гетинакса и текстолита - по табл. 128.

Вырубка фибровых, текстолитовых и гетинаксовых деталей имеет свои особенности и трудности. Фибра штампуются сравнительно хорошо в равномерно увлажненном состоянии. Пересушенная фибра дает расслоения. При проектировании штампов следует учитывать изменение размеров влажной фибры при высыхании.

Тонколистовые фибровые детали простой конфигурации можно вырезать ножевыми штампами. Детали сложной конфигурации вырезают в штампах обычного типа с прижимом.

120. Сопротивление срезу неметаллических материалов при вырезке в штампах

Материал	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$, кгс/мм ²	Материал	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$, кгс/мм ²
Фибра		Целлулонд	5 – 6
обыкновенная	12	Органическое стекло	7 – 9
твердая	17	Гетинакс	8 – 12
Бумага		Текстолит	9 – 12
обыкновенная	2 – 3	Стеклотекстолит	12 – 15
твердая	2,5 – 4	Прессшпан	7 – 8
картон	3 – 6	Миканит	10
эбонит	3	Резина	0,6 – 1,0
кожа	4 – 5	Полнэтилен	3 – 4
		Венипласт	6 – 8

121. Сопротивление срезу не металлических материалов при просечки

ножевыми штампами

Материал	Сопротивление срезу $\sigma_{\text{ср}}$, кгс/мм ²	Материал	Сопротивление срезу $\sigma_{\text{ср}}$, кгс/мм ²
Бумага (0,25 мм):		Кожа дубленая	5
1 лист	16	Целлулоид	5
5 листов	4,5	Березовая фанера	2
10 листов	2,3	Сосновая фанера	1
20 листов	1,4	Текстолит	9
Картон	3	Гетинакс	12
Прессшпан	7	Слюда (0,5 мм)	8
Клингерит	4	Слюда (2 мм)	5
Кожа мягкая	0,7	Резина	0,8
Примечание. При затуплении режущих кромок сопротивление среза выше указанных.			

Наибольшее значение из слоистых пластиков имеют гетинакс и текстолит, получившие широкое применение в электротехнике, радиотехнике и приборостроении. По ГОСТ 2718-54 гетинакс подразделяется на две группы; 1) для нормальной частоты (марки А, Б, В, Вс, Г, Д); 2) для высокой частоты (марки Ав, Бв, Гв, Дв). Текстолит выпускается двух видов: 1) листовой электротехнический (ГОСТ 2910-54) марок А, Б, В4, Г, СТ; 2) поделочный марок ПТК, ПТ, ПТ-1.

Гетинакс подвергается только вырубке, а текстолит - вырубке и гибке с подогревом. Предельная толщина гетинакса и текстолита для изготовления деталей вырубкой ограничена: для гетинакса - 3 мм, а для текстолита - 6,5 мм. Гетинакс и текстолит относятся к термореактивным слоистым пластикам. Однако термореактивные смолы практически содержат небольшое количество термопластичных примесей, вследствие чего гетинакс и текстолит при нагреве становятся менее хрупкими, чем в холодном состоянии. Поэтому вырубка с подогревом дает лучшую поверхность среза и

меньшее количество дефектов. Но нагрев заготовок усложняет производственный процесс и снижает производительность, ввиду чего вырубку деталей из гетинакса и текстолита рекомендуется производить по возможности в холодном состоянии. применяя нагрев лишь в необходимых случаях.

Предельная толщина гетинакса и текстолита, штампуемых без подогрева, весьма ограничена (табл. 122)

122. Предельная толщина материала при штамповке без подогрева, мм

Материал	Форма детали		Пробивка отверстий
	простая	сложная	
Гетинакс	1,5	1	1,5
Текстолит	2	1,5	2

123. Точность деталей, вырубаемых из гетинакса и текстолита обычными штампами

Толщина материала, мм	Класс точности в зависимости от способа штамповки	
	Без подогрева	С подогревом
До 1	4 – 5	5 – 7
1 – 2	5 – 7	7 – 8
2 – 3	7 – 8	8 – 9

Поверхность среза при штамповке гетинакса и текстолита на штампах обычных типов получается не выше 2 – 3-го класса по ГОСТу. Если требуется более высокое качество поверхности среза (5-6-го класса), следует применять зачистную штамповку.

В радиоэлектронной промышленности применяется способ пробивки чистых отверстий в гетинаксе без подогрева, основанный на пробивке отверстий меньшего размера со сколом и одновременной зачистке краев

отверстия. На рис. 209 приведена конструкция пробивного штампа для пробивки и зачистки квадратных отверстий 4,2 x 4,2 мм.

Вначале предварительный пробивной пуансон 1, укрепленный в подпружиненной планке 4, продавливают отверстие размером 2,4 X 2,4 мм с грубым сколом по поверхности среза. Опускающийся вслед за ним трубчатый пуансон 2, укрепленный в головке, обрезает шероховатый скол и образует квадратное отверстие размером 4,2 X 4,2 мм с чистой поверхностью среза. Прижим 3 служит для плотного прижима гетинакса к матрице и для снятия его с пуансона.

На рис. 210 приведены конструкции ступенчатых пробивных пуансонов с предварительным продавливающим выступом, применяемые при пробивке хрупких материалов (гетинакс) в холодном состоянии. Эти конструкции ступенчатых пуансонов могут быть применены при пробивке отверстий различной формы.

Точность вырубленных деталей из гетинакса и текстолита значительно ниже точности металлических деталей, особенно при вырубке с подогревом материала. Примерная точность деталей штампуемых из гетинакса и текстолита - приведена в табл. 123.

В табл. 124 указан проверенный экспериментально режим подогрева слоистых пластиков перед вырубкой. Перегрев материала не дает увеличения пластичности, а приводит к появлению пузырчатости на поверхности материала.

Нагрев заготовок осуществляется одним из следующих способов:

- 1) в электрических термостатах, устанавливаемых около пресса;
- 2) инфракрасными лампами;
- 3) токами высокой частоты;
- 4) в кипящей воде (15-30 мин);
- 5) между двумя нагретыми плитами.

Наиболее прост и дешев подогрев заготовок в кипящей воде.

Вырубку гетинаксовых и текстолитовых деталей производят, как правило, в совмещенных штампах с прижимом заготовки. Прижим уменьшает возможность образования трещин и улучшает поверхность среза даже без подогрева материала. Вырубка с подогревом гетинакса, но без

прижима заготовки не обеспечивает получения качественной поверхности среза.

Материал	Марка	Температура подогрева, °C	Способ подогрева на 1 мин толщины
Гетинакс	Б; В; Д	90 – 100	В электропечах и термостатах 3 – 3,5 мин
	Ав; Бв; Вв; Гв; Дв	110 – 120	Инфракрасными лампами 1,5 – 2,2 мин
Текстолит	Всех марок	80 – 90	Между двумя горячими плитами 1 – 1,5 мин
Стеклотекстолит	-	70 – 90	Односторонний нагрев 5 – 8 мин

Усилие прижима при вырубке дегаей из гетинакса в текстолита определяется по формуле

$$Q = qLS.$$

где q - давление прижима, кгс/мм² (табл. 125); L - длина периметра вырубки, мм. S - толщина материала, мм.

Расчет исполнительных размеров матриц и пуансонов приведен в специальной литературе.

При проектировании штампов следует учитывать усадку гетинакса, составляющую при нагреве до 1000 °C около 0,2% линейных размеров.

Иногда пробивка мелких. отверстий диаметром (0,3 - 0,5) S производится в зажатом состоянии штампом, конструкция которая приведена на рис. 32.

Штамповку деталей из стеклотекстолита следует производить в комбинированных штампах с прижимом материала, причем пуансон должен быть подогнан к матрице без зазора. Пробивные пуансоны и матрицы следует увеличивать на 0,03 S , так как размеры отверстия уменьшаются после пробивки.

Органическое стекло является термопластичным материалом и штампуются только в нагретом до 1000°C состоянии. Охлаждение отштампованных деталей производится погружением их в холодную воду. Следует предохранять штампующие детали, от поверхностных царапин и повреждений.

Из слюды вырубается большое количество плоских слюдяных пластин (рис. 211) с весьма точными размерами отверстий и расстояниями между их осями, достигающими 3-го, а иногда и 2-го класса точности.

Требуемая точность обеспечивается правильной конструкцией и качественным изготовлением комбинированных штампов.

Особенностью конструкции штампов для слюды является предельное уменьшение длины пуансонов при максимальном уменьшении толщины верхней матрицы, пуансонодержателя и выталкивателя, а также применение дополнительного съема сжатым воздухом через штуцер в верхней части штампа. Сжатый воздух продувает зазоры и очищает штамп от слюдяной пыли, повышая его стойкость.

Точность изготовления штампа обеспечивается разметкой и сверлением матрицы и пуансонодержателей на координатно-расточных станках.

Фигурные отверстия в матрице получают путем прошивки сырой матрицы закаленным пуансоном.

125. Давление прижима при вырубке гетинакса и текстолита

Толщина материала, мм	Давление прижима, кгс/мм ²
До 1	0,6 – 1
1 – 2	1 – 1,5
2 – 3	1,5 – 2

При вырубке гетинакса и текстолита применяют большую величину перемишек, чем для металла, так как вследствие хрупкости 9ТНХ материалов малые перемишки растрескиваются и выкрашиваются, причем их частицы

попадают в зазор между матрицей и пуансоном, вызывая преждевременный износ штампа. В табл. 126 и 127 приведены экспериментально установленные величины перемычек для вырубки деталей из гетинакса и текстолита.

Зазоры между матрицей и пуансоном при вырубке гетинакса и текстолита будут меньшей величины, чем для металла, так как вследствие хрупкости материала срез по толщине приобретает характер скола.

126. Перемычки при вырубке деталей из гетинакса, мм

Толщина материала, мм	Вырубка круглых деталей		Вырубка прямоугольных деталей	
	Перемычки между деталями	Боковые перемычки	Перемычки между деталями	Боковые перемычки
До 0,5	1,5	1,5	2	2
0,5 – 1	1,5	1,5	2	2
1 – 1,5	2	2,5	2,5	3
1,5 – 2	2,5	3	3	3,5
2 – 2,5	3	3,5	3,5	4
2,5 – 3	3,5	4	4,5	5

Примечание: 1. Ширина кромки, обрезаемой шаговым ножом, берется равной ширине перемычки.
2. При вырубке деталей с поворотом полосы ширина перемычек увеличивается в 1,5 – 2 раза.

127. Перемычки при вырубке деталей из текстолита, мм

Толщина материала, мм	Вырубка круглых деталей		Вырубка прямоугольных деталей	
	Перемычки между деталями	Боковые перемычки	Перемычки между деталями	Боковые перемычки
До 0,5	1,3	1,5	1,5	1,5
0,5 – 1	1,3	1,5	1,5	1,5
1 – 1,5	1,5	1,7	1,5	2
1,5 – 2	2	2,2	2	2,5
2 – 2,5	2,5	3	3	3,5
2,5 – 3	3	3,5	4	4,5

Примечание: 1. Ширина кромки, обрезаемой шаговым ножом, берется равной ширине перемычки.
2. При вырубке деталей с поворотом полосы ширина перемычек увеличивается в 1,5 – 2 раза.

В таблице 128 приведены экспериментально проверенные значения зазоров, в пределах которых получается качественная поверхность среза.

128. Двусторонние зазоры при вырубке гетинакса и текстолита

Толщина материала, мм	Минимальный двухсторонний зазор, мм	Максимальный двух сторонний зазор, мм, в зависимости от вырубаемых деталей и пробиваемых отверстий, мм			
		До 10	Св.10 до 50	Св.50 до 120	Св.120 до 260
От 0,5 до 0,6	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Св. 0,6 – 0,8	0,015	0,03	0,04	0,05	0,06
0,8 – 1	0,020	0,035	0,045	0,055	0,065
1 – 1,2	0,025	0,04	0,05	0,06	0,07
1,2 – 1,5	0,03	0,045	0,055	0,065	0,075
1,5 – 1,8	0,035	0,05	0,06	0,07	0,08
1,8 – 2,1	0,04	0,055	0,065	0,075	0,085
2,1 – 2,5	0,045	0,06	0,07	0,08	0,09
2,5 – 3	0,05	0,065	0,075	0,085	0,095

Примечание: 1. На чертежах штампа указывается минимальный двухсторонний зазор, максимальный двух сторонний зазор является справочным при изготовлении и приемке штампов. 2. Максимальный двух сторонний зазор назначается по наибольшему габаритному размеру вырубки.

Вырубка деталей из слоистых пластиков сопровождается значительным пружинением материала, в результате которого наружные размеры детали получаются больше размеров матрицы, а размеры отверстий – меньше размера пуансона.

При вырубке без подогрева пружинение равно для гетинакса 4%, а для текстолита 5%, от толщины материала. При вырубке с подогревом гетинакса и текстолита изменение размеров детали осложняется усадкой размеров деталей после остывания материала.

При вырубке наружного контура усадка действует в направлении, противоположном пружинению. При пробивке отверстий усадка и пружинение направлены в сторону уменьшения размеров отверстия.

Суммарная усадка определяется по формулам:

для вырубки наружного контура

$$\sigma_{нар} = aL - \sigma_y$$

для пробивки отверстия

$$\sigma_{отв} = cL + \sigma_y$$

где a и c - коэффициенты термической усадки размеров; L -измеряемый размер детали; σ_y - изменение размеров в результате упругого пружинения.

Среднее значения этих величин приведены в табл. 129.

Стойкость штампов при вырубке слоистых пластиков невысокая и обычно составляет от 1500 до 2500 шт. до переточки.

Как было указано, такие материалы, как текстолит, фибра и гетинакс, при вырубке не дают чистой поверхности среза. В случае повышенных требований к чистоте среза деталей из указанных материалов применяется зачистка по наружному контуру. Зачисткой штамп в ряде случаев делается ножевой конструкции: пуансон представляет собой плоскую алюминиевую или медную пластинку, а матрица имеет клиновую (ножевую) форму с углом 35-40°.

Для зачистки фибры иногда применяют матрицы с закругленными режущими кромками с $r = (0,1 - 0,2) s$.

Обтяжка на гидравлических прессах

Обтяжка на гидравлических прессах применяется для изготовления крупных изделий несложной формы путем обтягивания тонколистовой заготовки вокруг специального обтяжного шаблона (пуансона). Для изготовления обтяжкой деталей двойной кривизны используют специальные гидравлические прессы.

Существуют следующие способы обтяжки.

1. Простая обтяжка (рис.220,а), когда плоскую заготовку закрепляют в зажимах А и В, которые затем сближают. Окончательная форма двойной кривизны получается в результате движения пуансона С вверх.
2. Обтяжка с растяжением (рис.220,б), в процессе которой края заготовки зажимают в плоских или фигурных зажимах и изгибают по поднимающемуся пуансону с одновременным растяжением, осуществляемым перемещением зажимов в направлении, указанном стрелкой. Растяжение производят с целью получения остаточных деформаций и достижения точных размеров деталей, имеющих малую продольную кривизну (большой радиус). Точность деталей по отношению к пуансону составляет 0,5-0,7 мм при толщине листа 1-2 мм и 1-2 мм при толщине листа 3-5 мм.
3. Раздельная обтяжка (рис. 220,в) заключается в предварительном изгибе заготовки с последующей обтяжкой ее по пуансону при перемещении зажимов вниз.
4. Кольцевая обтяжка (рис.220,г) применяется при изготовлении деталей замкнутой формы из сваренной кольцевой заготовки. Формообразование производится разжимными секционными пуансонами.

Кроме приведенных на рисунке 220 схем, существуют обтяжные прессы с вертикальным расположением линии зажимов и горизонтальным движением пуансона. Существует обтяжка с двояковыпуклой и выпукловогнутой кривизной.

Степень деформации при обтяжке определяется коэффициентом обтяжки, представляющим собой соотношение длины растянутого участка к первоначальной длине заготовки

$$K_{об} = L / L_0,$$

Для алюминиевых сплавов типа дуралюмина коэффициент обтяжки, получаемый в одну операцию, составляет $K_{об} = 1,03-1,08$, что равнозначно наибольшему относительному удлинению 3-8 %. При обтяжке в несколько операций суммарный коэффициент обтяжки может быть увеличен до $K_{об}=1,12-1,14$.

Способом обтяжки изготавливают детали из алюминиевых и магниевых сплавов толщиной до 5 мм или из нержавеющей стали толщиной до 1,5 мм, а также из титановых сплавов. В процессе обтяжки происходит сильное растяжение материала с утонением до 6%.

Недостатком этого способа являются большие потери металла на припуски для зажима листа захватами, а также необходимость доработки формы молотками и киянками.

В качестве развития данного способа экспериментально опробована обтяжка с применением вибраций оправки, осуществляемых особыми электромеханическими и гидравлическими вибраторами. Частота вибраций 45-70 гц, амплитуда колебаний от 0,2 до 0,8 мм.

37. ГИБКА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Гибке подвергаются слоистые пластики, за исключением гетинакса, и блочные пластмассы (органическое стекло, целлулоид, винипласт и др.). Из слюдяных материалов гибке поддаются только формовочный и гибкий миканит.

Листовая фибра легко выдерживает изгиб в увлажненном состоянии (до 10% влажности). В данном случае допустимо местное увлажнение сырой тряпкой за 1/2 ч до гибки.

Для мелких деталей применяется гибка в штампах, а для крупных — на гибочных машинах для металла.

На рис. 212 приведена схема гибочного штампа для неметаллических материалов.

Тонколистовой текстолит подвергается гибке после нагрева до 150—170° С. Нагрев лучше производить инфракрасными лучами в течение 1—2 мин. Органическое стекло подвергается гибке при нагреве от 100 до 150° С и охлаждении наружных слоев — на воздухе в течение 10—15 с.

Гибка деталей из органического стекла обычно производится на металлических, деревянных, пластмассовых или гипсовых болванах (пуансонах) легким нажимом руки с прижимом краев заготовки струбцинами, обитыми байкой. Поверхность болванов тщательно обрабатывается и обтягивается мягкой байкой.

Размеры заготовки и болвана должны быть взяты большими на величину припуска для зажима кромки при гибке или формовке. Детали охлаждаются на болване до 30—40° С и сохраняют приданную им форму. В случае повторного нагрева изогнутой детали в свободном состоянии она выпрямляется.

Винипласт подвергается гибке при нагреве до 160—170° С, а целлулоид — до 90—100° С.

Гибкий миканит подвергается изгибу без нагрева.

Технология вытяжки крупногабаритных деталей сложной формы

Типовыми крупногабаритными деталями, получаемыми методом вытяжки тонколистового металла, являются так называемые облицовочные детали кабин и кузовов автомобилей, детали мотоциклов и мотороллеров и т. д. Эти детали отличаются сложной и несимметричной пространственной формой; технологический процесс их изготовления имеет некоторые специфические особенности.

При вытяжке деталей сложной и несимметричной пространственной формы величина деформации металла различна в разных местах заготовки.

Для того, чтобы обеспечить получение детали сложной пространственной формы из плоской заготовки, необходимо создать разные условия течения металла по контуру заготовки; на одних участках облегчить перемещение металла из-под прижимного кольца, а на других участках затормозить его путем применения вытяжных или тормозных ребер и порогов на матрице или прижимном кольце. В большинстве случаев вытяжные штампы для крупных кузовных деталей снабжены одним, а в некоторых местах двумя и даже тремя рядами вытяжных ребер.

Сильный прижим и торможение заготовки увеличивают сопротивление течению металла из-под прижимного кольца и способствуют лучшему обтягиванию металла по форме пуансона и распространению деформации по всей площади заготовки. При этом происходит более полное использование пластичности металла в результате деформации средней части заготовки за счет уменьшения толщины последней.

В начале процесса вытяжки деталей сложной формы пуансон соприкасается с заготовкой лишь в отдельных местах, а большая часть заготовки находится вне контакта с рабочими частями штампа. Это «свободная» поверхность заготовки, подвергаясь тангенциальному сжатию, легко образует гофры и волны при вытяжке. Тангенциальное сжатие можно уменьшить путем значительного увеличения растягивающих напряжений.

На рис.1 показано влияние вытяжных ребер на распределение напряжений во фланце. Сплошные линии соответствуют распределению напряжений без ребер, а штриховые - распределению напряжений в результате натяжения двумя ребрами. В результате напряжения тангенциального сжатия значительно уменьшены.

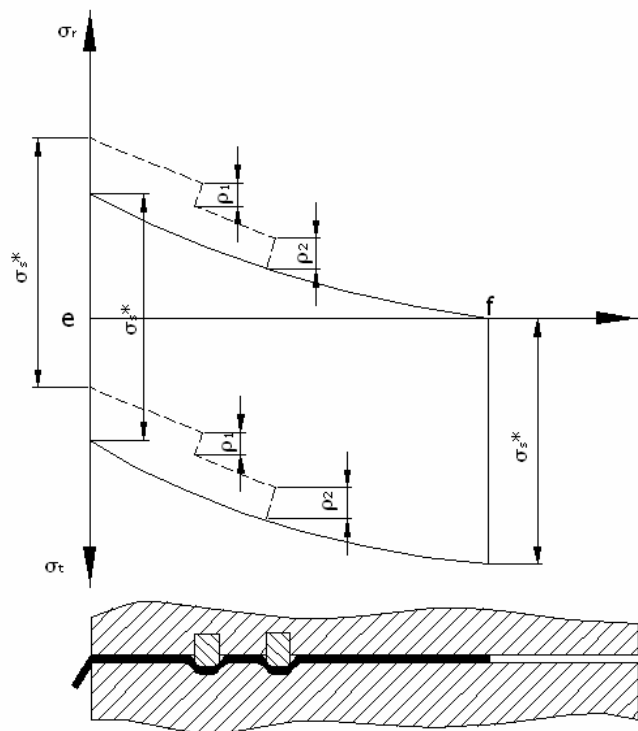


Рисунок 1 – Влияние вытяжных ребер на распределение напряжений во фланце (по А.Д. Томленову)

Применение вытяжных ребер препятствует возникновению гофров или складок также вследствие того, что ребро, образованное на фланце заготовки, обладает большей жесткостью и большей устойчивостью на продольный изгиб.

При вытяжке деталей сложной формы металл фланца обычно не вытягивается полностью из-под прижимного кольца, а остается до конца вытяжки и в дальнейшем удаляется обрезкой. Поэтому в данном случае необходимо предусматривать технологические припуски значительных размеров, что приводит к нежелательному увеличению расхода металла.

Повышение величины растягивающих напряжений при вытяжке деталей сложной пространственной формы позволяет значительно уменьшить упругие деформации после вытяжки и в особенности после обрезки фланца.

Асимметричность и сложность формы деталей, и неравномерность деформаций по различным участкам заготовки не позволяют применить для оценки величины деформации коэффициенты вытяжки цилиндрических деталей.

Как правило, вытяжка деталей сложной пространственной формы производится за одну операцию из-за высоких требований к качеству поверхности и недопустимости появления на ней следов от предыдущей вытяжки.

Ввиду большого разнообразия формы облицовочных деталей автомобилей и их непрерывного изменения до настоящего времени не создано единого метода технологических расчетов. Однако в результате проведенных исследований вытяжки автокузовных деталей и на основании обобщения производственного опыта созданы соответствующие технологические рекомендации.

С целью типизации процессов штамповки кузовных деталей в ряде стран установлена технологическая классификация сложной пространственной формы.

В США Комитет по штампуемости разработал классификацию деталей по технологической сложности формообразования. Установлено 7 технологических групп, иллюстрированных примерами деталей. Первая группа – детали, изготавливаемые гибкой и отбортовкой, вторая – гибкой с неглубокой вытяжкой, третья, четвертая и пятая – глубокой вытяжкой деталей различного параметра, шестая и седьмая – вытяжкой с интенсивным складкообразованием.

Технологическая сложность деталей оценивается величиной относительного удлинения в наиболее деформируемом участке заготовки. Эта оценка не достаточно правильная. Так как при вытяжке деталей сложной формы возникает не одноосное, а двухосное растяжение. Как показал А.Д. Томленов, в этом случае создается повышенная устойчивость пластической деформации, осуществляемой при значительном уменьшении толщины материала. В результате критическая величина интенсивности деформаций, при которой происходит потеря устойчивости, в два раза выше, чем при одноосном растяжении.

Несколько иная классификация, основанная на опыте работы отечественных автомобильных заводов, разработана В.В.Серепьевым. Она содержит 7 групп и 12 подгрупп автомобильных деталей, отличающихся различной сложностью формы и особенностями построения вытяжных переходов.

Построение вытяжных переходов для крупных деталей сложной формы производится в следующей последовательности:

1. определение положения детали в штампе;
2. технологическая корректировка формы детали в вытяжном переходе;
3. определение величины и расположения технологических припусков;
4. определения формы и расположения технологических вырезов – окон;
5. выбор формы прижимной поверхности вытяжного штампа;
6. установление количества и расположения тормозных ребер (порогов) ;
7. определение способа фиксации вытяжного перехода в вытяжном штампе.

Приведем краткие указания по этапам построения вытяжных переходов.

Положение детали в штампе должно быть оптимальным и должно удовлетворять следующим условиям: беспрепятственный вход пуансона в матрицу; получение возможно меньшей глубины вытяжки; увеличение площади соприкосновения пуансона с заготовкой, для чего необходимо, чтобы прижимная поверхность матрицы соответствовал нижней поверхности пуансона; отсутствие перетягивания металла через вершину пуансона на другую сторону; равномерное распределение давления прижимного кольца на матрицу.

Форма вытяжного перехода должна по возможности полностью соответствовать форме готовой детали. В случае недостаточно технологичной формы детали в форме вытяжного перехода должны быть предусмотрены некоторые изменения, улучшающие условия формообразования. С этой целью отдельным участкам придается положение, наиболее благоприятное для вытяжки, а также производится смягчение резких переходов формы поверхности путем увеличения радиусов закругления (если это необходимо).

Величина и расположение технологических припусков зависят от требуемой степени торможения заготовки под прижимом, от формы и расположения прижимной поверхности, от условий выполнения последующей обрезки.

На рис.2 приведены различные способы повышения интенсивности торможения фланца заготовки под прижимом:

- увеличение усилия прижима (рис.2, а);
- увеличения ширины фланца (рис.2, б);
- применение вытяжных (тормозных) ребер (рис.2, в);
- применение перетяжных порогов (рис.2, г).

Первый способ наиболее распространен, но не всегда достигает цели; второй способ приводит к повышенному расходу металла; третий и четвертый способы наиболее целесообразны.

Величина технологического припуска зависит от числа вытяжных ребер и при одном ребре примерно составляет около 30-40мм на сторону, при двух рядах ребер – около 60-70мм на сторону, при трех рядах ребер – около 80-100мм на сторону. Однако величина технологического припуска в значительной степени зависит от положения линии обрезки и возможности размещения режущей секции обрезного штампа. В отдельных случаях чрезмерная сложность формы штампуемой детали приводит к необходимости значительного увеличения технологического припуска.

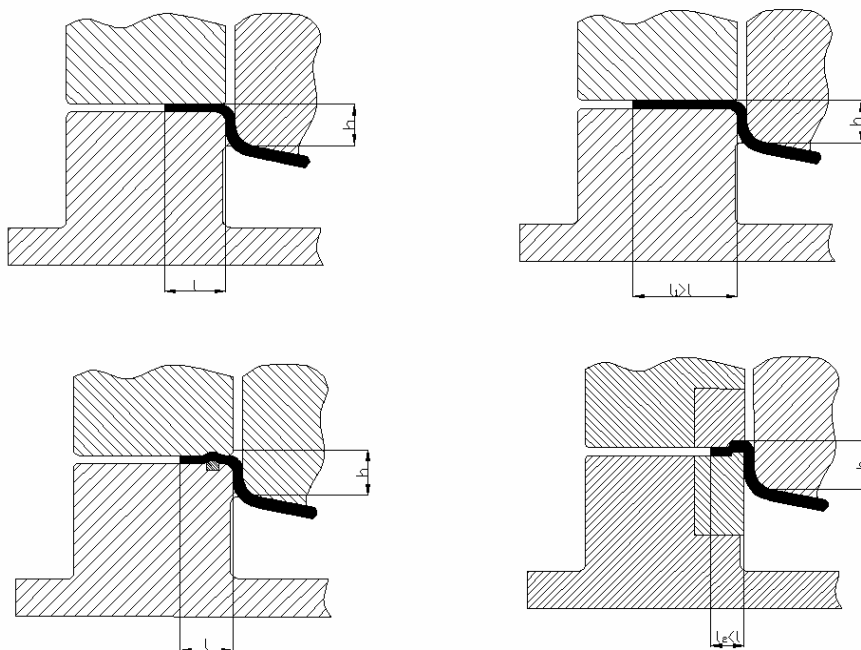


Рисунок 2 – Различные способы увеличения интенсивности торможения фланца заготовки под прижимом.

Применение технологических вырезов вызывается необходимостью облегчить образование местных углублений или выступов путем перетягивания металла от середины к краям заготовки. Обычно вырезка окон производится одновременно с местной вытяжкой после начала формообразования. Технологические вырезы или надрезы делают в местах заготовки, подлежащих удалению, и располагают около наиболее напряженных участков деформируемой заготовки. Следует остерегаться образования гофров и разрывов узких оконных проемов, для чего лучше делать не один, а два или три выреза.

Выбор формы прижимной поверхности вытяжного штампа позволяет уменьшить глубину вытяжки, снизить величину технологического припуска, создать плавный изгиб заготовки при прижиге ее к матрице, облегчить условия обтяжки заготовки по форме пуансона.

Для правильного решения данного вопроса необходим большой производственный опыт; рекомендуется применение гипсовых моделей.

Количество и расположение тормозных ребер зависит от степени сложности формы вытягиваемой детали и необходимости создать участки с повышенной интенсивностью торможения фланца. Назначение и различные способы торможения были приведены выше (рис.2).

Применение тормозных ребер при вытяжке деталей сложной формы позволяет значительно расширить интервал регулировки усилия прижима, в то время как в штампах без тормозных ребер допустимый интервал регулировки усилия прижима весьма мал и граничит или с возникновением морщин и складок, или с разрывом.

Форма и размеры тормозных ребер будут рассмотрены ниже.

В последнее время разработаны способы регулирования усилия прижима в различных местах прижимаемого фланца.

На рис.3 показано устройство вытяжного штампа с регулируемыми по высоте стойками 1, с шаровыми головками и подпятниками, на которые устанавливается рамка из многослойной фанеры 2. Эта рамка является эластичным прижимом – складкодержателем, позволяющим изменять усилие прижима.

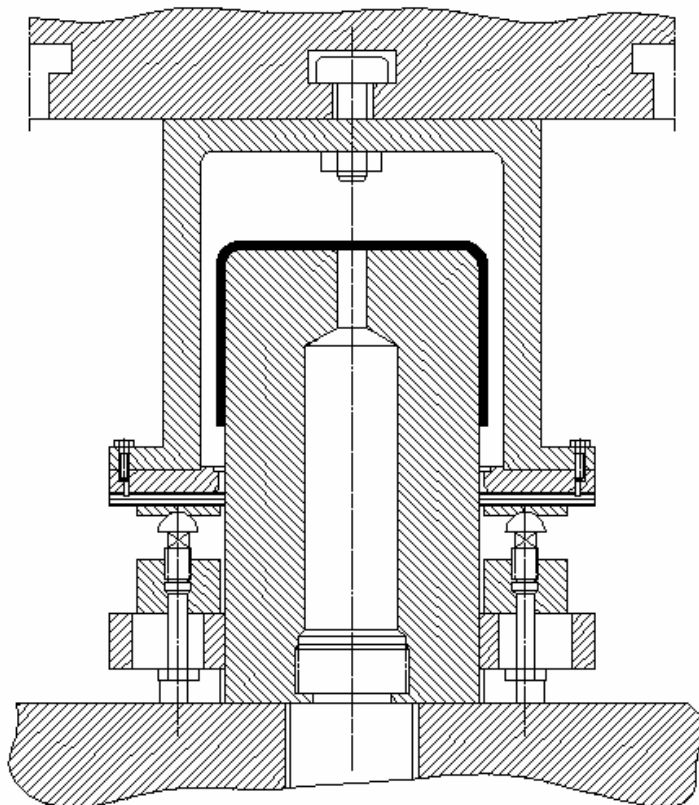


Рисунок 3 – Вытяжной штамп с регулируемыми прижимными стойками.

Недостатком жесткого прижима с тормозными ребрами является практически не изменяемая интенсивность торможения фланца на всем протяжении рабочего хода. Однако целесообразно, чтобы к концу вытяжки торможение фланца было более интенсивным, чем в начале процесса. С этой целью применяют дополнительные устройства, позволяющие увеличить торможение к концу рабочего хода (рис. 4).

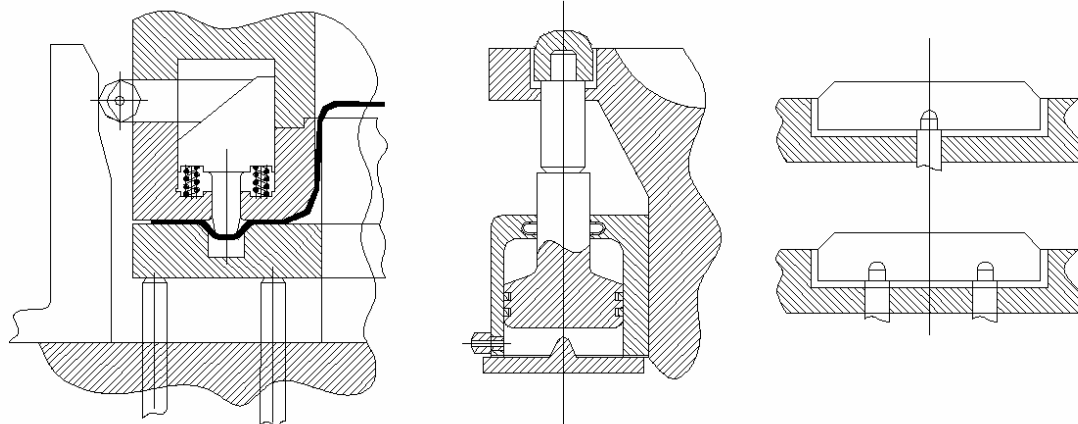


Рисунок 4. Способы увеличения усилия прижима к концу рабочего хода: а – при помощи клинового устройства; б – при помощи пневматических цилиндров; в – крепление опорных стержней

Способы фиксации вытяжных переходов в обрезном штампе влияют не только на величину технологического припуска, но и на форму вытяжного перехода, которая должна обеспечить надежную фиксацию на всех последующих переходах без затрат излишнего времени на установку и удаление штамповки.

Существуют два способа фиксации вытяжных переходов сложной формы: фиксация по боковым стенкам или рельефным участком переходов и фиксация по технологическим отверстиям, пробиваемым или прокалываемым при вытяжке. Первый способ более удобен и болу пригоден при автоматизации штамповки. Второй способ более точен, но требует большего времени и неудобен при автоматизации процесса.

С целью упрощения разработки формы вытяжных переходов для деталей сложной формы изготавливают гипсовую модель вытяжной матрицы. По модели отрабатывают все перечисленные выше технологические вопросы. После этого выполняется чертеж вытяжного перехода, на котором проставляют размеры и фиксируют форму технологических участков гипсовой модели. Этот способ обладает большей наглядностью и облегчает нахождение правильного решения технологических вопросов.

Примеры построения технологических процессов и формы вытяжных переходов для конкретных автомобильных деталей приведены в специальной литературе.

Заслуживает внимание способ «Jewelform» штамповки и изготовления штампов из легкоплавкого сплава «джуэлит» с температурой плавления 70°C для деталей автомобильных радиаторов и др.

Помимо опыта, необходимого для разработки технологических процессов вытяжки деталей сложной формы, большое значение имеет научный анализ процесса вытяжки, позволяющий установить величину возникающих напряжений, избежать образования разрывов или иных дефектов и правильно выбрать металл с необходимыми механическими свойствами.

Для выбора металла с наилучшими механическими свойствами для вытяжки заданной детали необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние, возникающее в процессе формообразования.

При вытяжке деталей сложной формы могут возникнуть три вида напряженного состояния:

1. напряженное состояние, близкое к одноосному растяжению;
2. двухосное растяжению или близкое к нему;

3. растяжение со сжатием.

Напряженное состояние, близкое к одноосному растяжению, оказывается самым неблагоприятным, поскольку в этих условиях металл выдерживает меньше критические деформации по сравнению с двухосным растяжением. В этом случае о пригодности металла можно судить по результатам испытаний на одноосное растяжение.

При двухосном растяжении по мере вытяжки образуется утонение металла. Величины критических деформаций, при которых происходит разрыв металла, определяются по результатам гидростатического испытания на двухосное растяжение.

Как показали исследования, для успешного течения процесса необходимо, чтобы металл, имея достаточную пластичность, обладал хорошей способностью к упрочнению.

Растяжение со сжатием является более благоприятным. Однако возникновению сжимающих напряжений приводит к образованию складок. Таким образом, растяжение со сжатием практически не позволяет получать деформации большей величины, чем при двухосном растяжении.

В Институте машиноведения АН СССР разработана приводимая ниже методика определения напряженно-деформированного состояния, возникающего при штамповке деталей сложной формы. По этой методике по величинам деформации, измерений на деталях с помощью координатной сетки, подсчитывают (или находят по таблицам) значения интенсивности деформаций и напряжений в опасных местах. Затем, задаваясь коэффициентом использования пластичности металла, вычисляют критические значения интенсивности напряжений и деформаций, по которым выбирается металл надлежащего качества или проверяется пригодность ранее выбранного металла.

Расчет напряженно-деформированного состояния ведется следующим способом.

Перед штамповкой на плоскую заготовку методом шелкографии наносится сетка в виде окружностей диаметром 20 мм. После штамповки окружности принимают форму эллипсов или окружностей большего диаметра.

Измерив масштабной линейкой оси эллипсов L_1 и L_2 , подсчитывают логарифмические деформации

$$\varepsilon_1 = \ln \frac{L_1}{L_0} \quad \text{и} \quad \varepsilon_2 = \ln \frac{L_2}{L_0}$$

По логарифмическим деформациям определяется интенсивность деформаций

$$\varepsilon_3 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2}$$

В приведенной формуле ε_3 из условия постоянства объема выражена через две другие деформации ε_1 и ε_2 .

Напряженно-деформированное состояние характеризуется величиной m^*

$$m^* = (\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2) / (2\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = \sigma_2 / \sigma_1,$$

где σ_1 и σ_2 - главные нормальные напряжения.

При $m^* = 0$ имеет место одноосное растяжение, при $m^* = 1$ происходит равномерное двухосное растяжение, при $1 > m^* > 0$ - неравномерное двухосное растяжение, при $m^* = -1$ - чистый сдвиг, а при $m^* < 0$ - растяжение со сжатием. Пользуясь значением m^* , определяют критическую интенсивность деформаций для данного напряженного состояния по формуле, выведенной из условия потери устойчивости,

$$\varepsilon_k = \frac{2\sqrt{1 - m^* + (m^*)^2}}{2 - m^*} n,$$

где n - показатель упрочнения, определяемый по результатам испытаний на одноосное или двухосное растяжение.

При одноосном растяжении при $m^* = 0$;

$$\varepsilon_1 = n; \quad \varepsilon_2 = -0.5n; \quad \varepsilon_3 = -0.5n$$

При двухосном растяжении при $m^* = 1$;

$$\varepsilon_1 = n; \quad \varepsilon_2 = n; \quad \varepsilon_3 = -2n.$$

Отсюда следует, что при двухосном растяжении возможная наибольшая критическая деформация растяжения в два раза больше, чем при простом растяжении, а наибольшая логарифмическая деформация уменьшения толщины в четыре раза больше, чем при одноосном растяжении.

Для облегчения расчетов составлены вспомогательные таблицы, подсчитанные на электронно-вычислительной машине, по которым, зная величины осей эллипсов L_1 и L_2 , находят соответствующие им логарифмические деформации ε_1 и ε_2 , интенсивность деформации ε_3 , а также значения m^* и ε_k без каких-либо вычислений.

Для определения интенсивности напряжений в данной точке σ_e по измеренным деформациям необходимо иметь график зависимости $\sigma_e = \sigma_e(\varepsilon_e)$ того металла, из которого штамповалась деталь с нанесенной сеткой. График строится по результатам гидростатического испытания на двухосное растяжение.

Таким образом, результаты исследования позволяют количественно оценить существующий технологический процесс, выяснить причины брака при вытяжке, а также обоснованно классифицировать конструктивные формы облицовочных деталей.

2. Штмп последовательного действия для вырубк и пробивки (рис.5) состоит из нижней и верхней плиты, которые центрируются между собой двумя направляющими колонками, запрессованными в нижнюю плиту штампа и двумя направляющими втулками, запрессованными в верхнюю плиту штампа. К нижней плите 6 болтами М12 крепится пробивная матрица, которая на последней стадии процесса штамповки служит вырубной матрицей. Центрирование матрицы производится 4 штифтами диаметром 12 мм. Также к нижней плите крепятся 3 боковых прижима, утопающий упор и жесткий съемник. К верхней плите штампа крепится пуансонодержатель, который опирается на коленную прокладку, а он непосредственно удерживает 2 пробивных и вырубной пуансоны. Центрирование пуансонодержателя выполняется 4 штифтами диаметром 10 мм. Для крепления верхней плиты к ползуну пресса предусмотрен хвостовик, который крепится к верхней плите штампа болтами М12.

Штмп установлен на пресс КД 1428 усилием 630 кН, ход ползуна 80 мм. Полоса подается до утопающего упора. При ходе ползуна вниз происходит пробивка круглых отверстий и удаление отходов в провальные отверстия матрицы. При ходе ползуна вверх полоса с пуансона снимается съемником и проталкивается до второго утопающего упора. Для центрирования полосы в штампе предусмотрены специальные вырезы на полосе, которые совпадают с контуром выступающей части упора. При повторном ходе ползуна вниз происходит пробивка овальных отверстий. Далее происходит удаление отходов через провальные отверстия матрицы, ход ползуна вверх и снятие при этом полосы с пуансона жестким съемником. На последнем этапе штамповки ползун опять опускается вниз, производится вырубка наружного контура детали. При этом готовая деталь проваливается в отверстие матрицы, а полоса с пуансона снимается съемником. Деталь штампуется за 3 хода пресса.

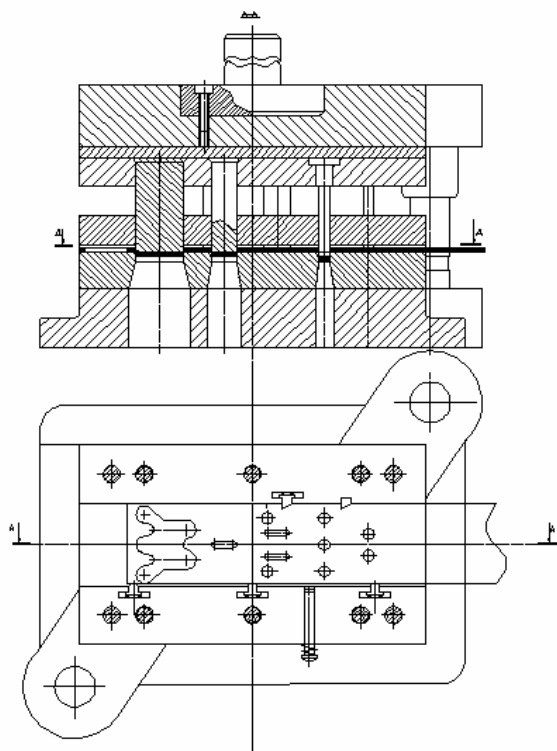


Рисунок 5.- Схема штампа последовательного действия.

Штамповка электрогидравлическим разрядом [29; 71]

Наряду с взрывной штамповкой получил применение способ формовки высоковольтным электрическим разрядом в воде. В его основу положен электрогидравлический эффект, открытый советским изобретателем Л.А.Юткиным [191].

Энергия, необходимая для электрического разряда, накапливается в высоковольтной конденсаторной батарее (35000-40000 В). Накопленная энергия (от 30 до 120 кДж) создает между электродами мгновенный разряд длительностью 0,00004 с, вызывающий ударную волну в жидкости, которая деформирует заготовку.

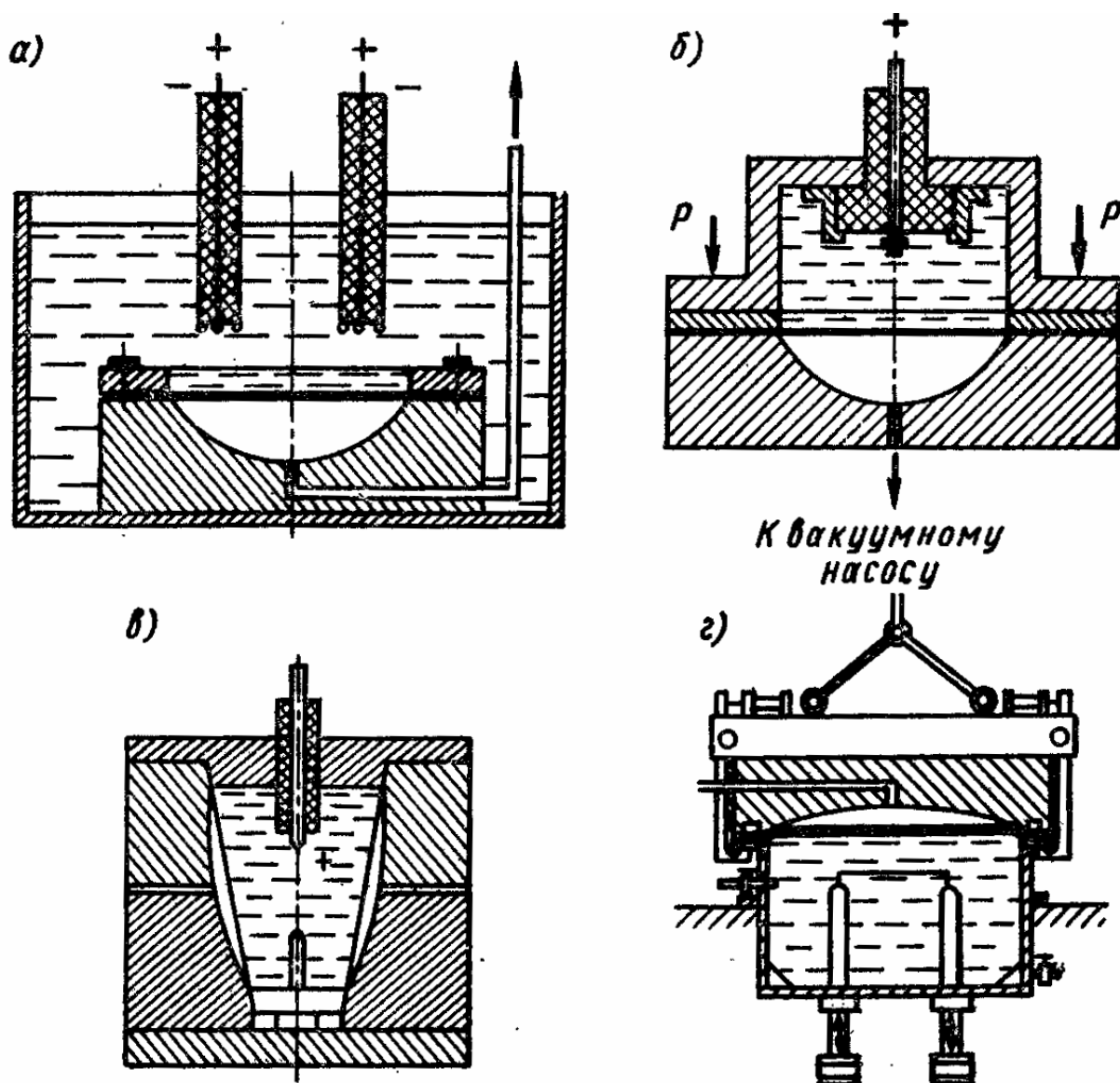


Рис. 222. Различные способы электрогидравлической штамповки

Электрогидравлическая штамповка имеет ряд преимуществ перед взрывной штамповкой:

- 1) лучшая управляемость процессом за счет варьирования количества импульсов и месторасположения разрядных контуров;
- 2) возможность изменения энергии импульса;
- 3) возможность осуществления многократного разрядного импульса;
- 4) размещение электрогидравлических установок в производственных помещениях;

Электрогидравлической штамповкой осуществляются следующие операции: вытяжка, листовая формовка, отбортовка, растяжка полых деталей, пробивка отверстий, развальцовка труб в трубных досках и т. п.

Штамповка производится различным способом: или в открытой емкости (рис. 222, а), или в закрытом объеме (рис. 222, б и в). Более производительны электрогидравлические установки с нижним расположением электродов (рис. 222,г).

В последней схеме для увеличения искрового промежутка концы электродов соединены проволокой, инициирующей разряд, что позволяет приблизить зону разряда к заготовке и увеличить рабочее давление. Эти установки позволяют штамповать детали размером до 2000 мм, толщиной до 3 мм.

При штамповке деталей из плоских заготовок в качестве отрицательного электрода может быть использован заземленный корпус установки. При штамповке деталей типа оболочек положительный электрод помещается внутри заготовки, а в качестве отрицательного электрода также может использоваться корпус установки.

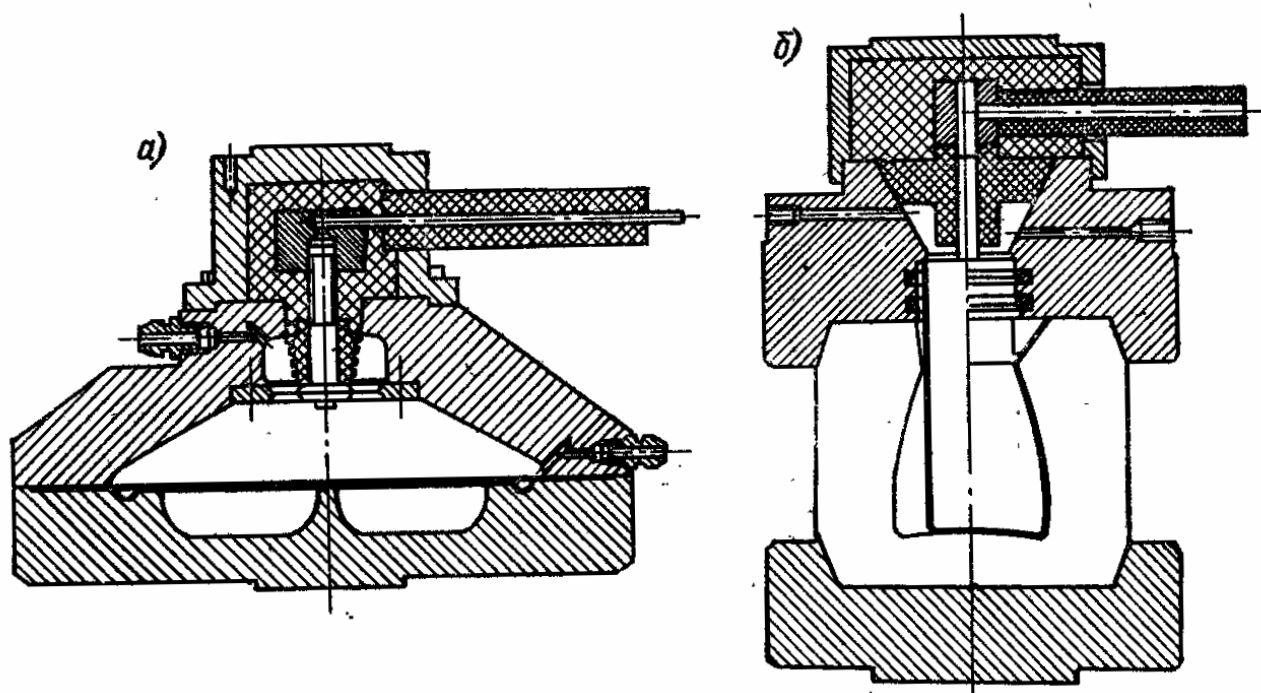


Рис. 223. Типовая оснастка для прессы “Удар-12”

При штамповке крупногабаритных деталей целесообразно применять многоконтурную схему разряда.

Установки для штамповки высоковольтным электрическим разрядом состоят из источника питания, включая высоковольтный трансформатор с выпрямительным устройством, конденсаторной батареи, шарового разрядника и технологической установки, состоящей из матрицы, прижимного устройства, электродов, вакуум-насоса.

При разрядке должна строго соблюдаться определенная полярность: острие (+), плоскость (-). При обратной полярности разряд не сопровождается электрогидравлическим эффектом.

В СССР освоено производство гаммы крупных электрогидроимпульсных прессов моделей ПЭГ-25, ПЭГ-60, ПЭГ- 100 и ПЭГ-150 с запасаемой энергией 32; 60; 112 и 150 кДж, а также небольшие электрогидравлические прессы “Удар-12”, Т1220 с запасаемой энергией разряда 10 кдж и прессы “Удар-20” с энергией разряда 20кДж, предназначенные для штамповки небольших деталей.

Наиболее перспективно применение электрогидроимпульсной штамповки для изготовления крупногабаритных деталей – размерами от 400 х 400 до 1300 х 1800 мм. Электрогидроимпульсной обработке подвергаются различные, в том числе труднодеформируемые металлы и сплавы.

На рис. 223 приведена типовая оснастка прессы “Удар-12”: для штамповки плоской заготовки (рис. 223,а) и для трубчатой заготовки (рис. 223,б). Оснастка представляет собой взрывную камеру, заполняемую водой, выполняющей роль пуансона.

Ударная волна создается энергией электрического разряда.

1 НАКАТНЫЕ И КРОМКОГИБОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ

К этой группе относятся следующие виды работ:

- 1)накатные, кромкозагибочные и завивочные операции, выполняемые на накатных станках горизонтального типа (зигмашинах);
- 2)обрезные операции, выполняемые на специальных обрезных станках;

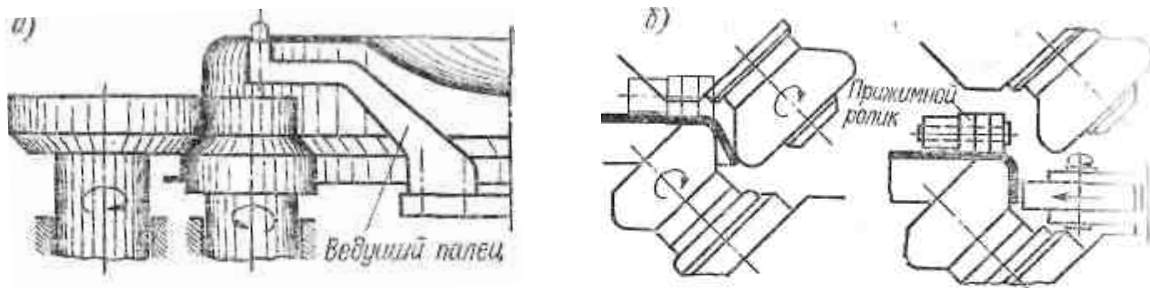


Рис. 1- Отгибка борта на отбортовочном станке (а) и на роликовой машине (б)

3)накатка резьбы на полых изделиях, выполняемая на специальных резьбонакатных станках в ряде случаев в одной поточной линии со штамповочными автоматами;

4)закаточные работы (соединение двойным швом), выполняемые на специальных закаточных станках и автоматах.

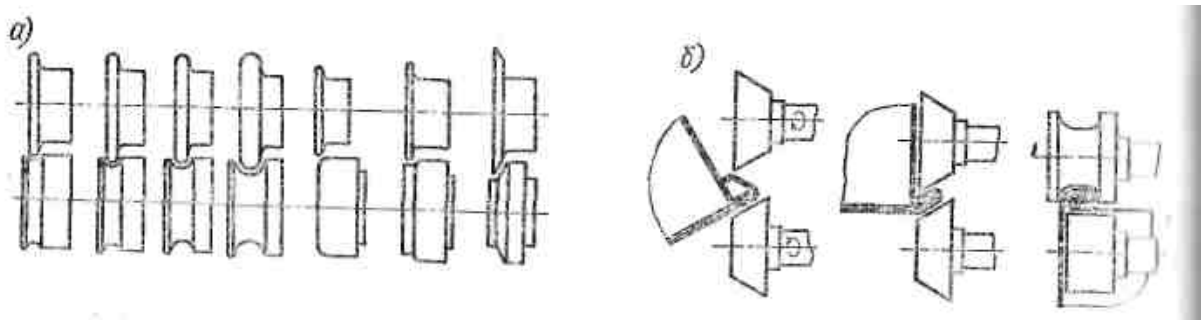


Рис. 2 - Комплект роликов для накатного станка (а) и закатка соединительных швов

На рис. 1, а изображен способ отгибки борта па отбортовочном вертикальном двухшпindleльном станке, на рис. 1,б – отгибка борта крупной детали на специальной роликовой машине с наклонными роликами.

Накатные и кромкозагибочные станки (зигмашины) применяются главным

образом в жестяничном производстве для накатки всевозможных буртиков, уступов, отгибки кромок и т. п.

На рис. 2, *а* приведен комплект роликов для накатного станка, а на рис. 2, *б* – способ закатки двойного шва на простых накатных станках.

На рис. 245 показаны способы обрезки неровного края вытянутых цилиндрических деталей на накатных и специальных обрезных станках: на рис. 245, *а* — с креплением разжимной оправкой, на рис. 245, *б* — с торцовым прижимом обрезаемой детали.

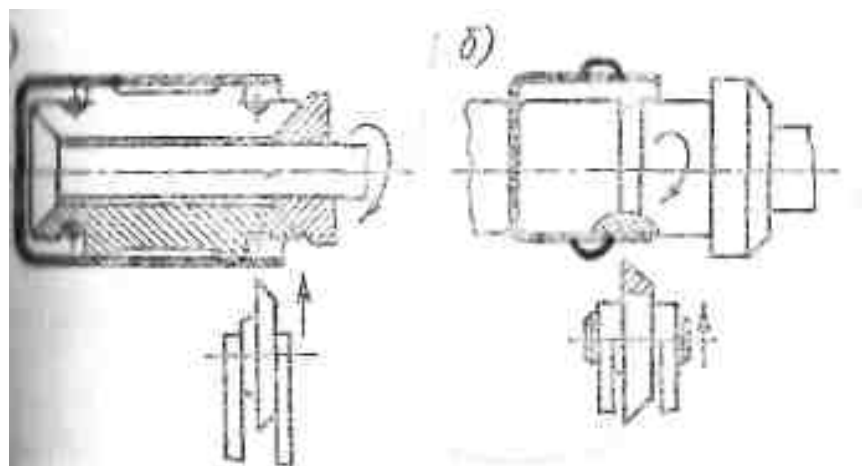


Рис. 3 – Обрезка края на накатных станках

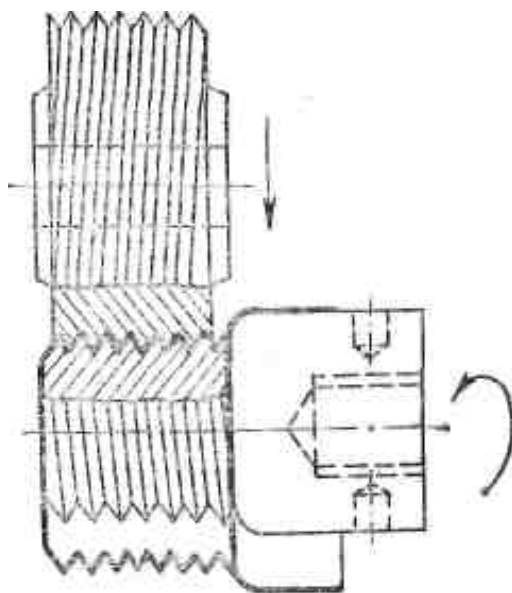


Рис. 4 – Накатка резьбы при помощи патрона и ролика

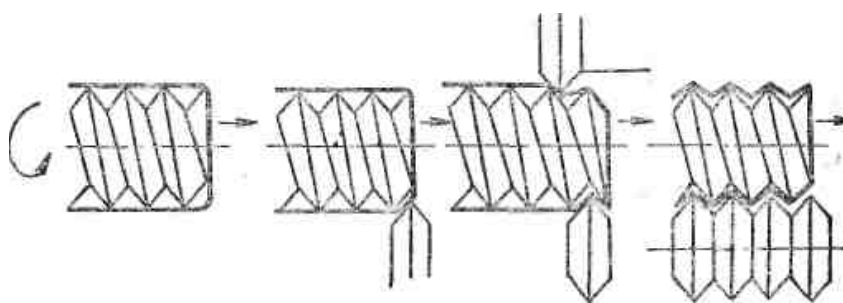


Рис. 5 – Накатка резьбы при помощи метчика и накатных роликов

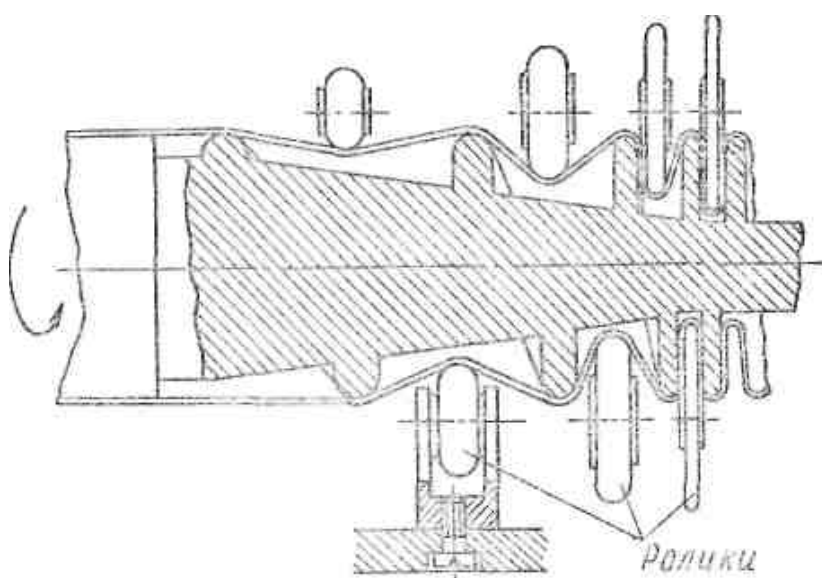


Рис. 6 – Накатка гофрированных труб при помощи шиска и патрона с роликами

Накатка (выдавливание) резьбы на полых изделиях получила широкое распространение как метод соединения листовых штампованных деталей в различных штампованных конструкциях. В настоящее время накатка резьбы на полых деталях применяется в основном в электротехнической промышленности — для накатки так называемой электротехнической резьбы и в производстве предметов широкого потребления (резервуаров, крышек, банок и т. п.) — для накатки мелкой соединительной резьбы.

Первый тип резьбы применяется для диаметров 10; 14; 27; 33 и 40 мм и имеет крупный шаг резьбы: 1,8; 2,8; 3,6; 4,2 и 6,3 мм. Второй тип резьбы применяется для изделий диаметром до 100 мм из тонкого листового металла

(0,24—0,35 мм) и мм мелкий шаг резьбы (от 1 до 1,5 мм).

Существуют три способа накатки (выдавливания) резьбы на полых изделиях:

- 1) накатка при помощи патрона и ролика сразу по всей длине резьбы (рис.4);
- 2) накатка посредством метчика и накаточных роликов (рис.5);
- 3) накатка гофрированных труб при помощи шнека и патрона с переменным шагом винтовой линии (рис. 6).

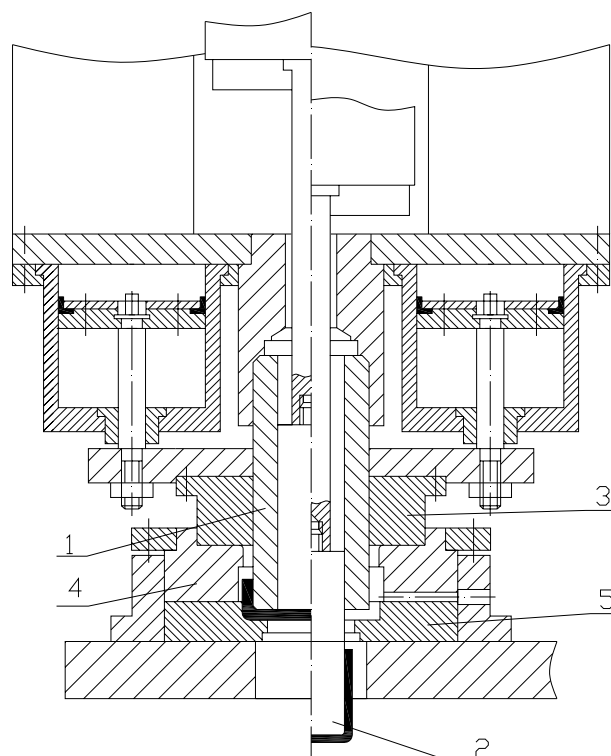
Первый способ приводит к сильному утонению материала, а потому применяется только для накатки мелких резьб. Диаметр ролика может быть в два, три или четыре раза больше диаметра патрона, вследствие чего частота вращения роликами быть во столько же раз меньше, а резьба на ролике делается двух-, трех- или четырех заходной, для того чтобы углы наклона винтовой линии остались одинаковыми. Для облегчения снятия детали патрон делается меньшего диаметра.

При втором способе метчик с надетой на него заготовкой имеет два движения вращательное и поступательное. Накатка осуществляется постепенно посредством вдавливания двух накатных роликов (рис. 5). Снятие детали происходит путем перемены вращения метчика с прямого на обратный ход и заторможения (свинчивания) детали.

По третьему способу накатка происходит при одинаковой частоте вращения шнека и патрона с роликами, вращаемых в одну сторону, Заготовка при этом перемещается, а имеет поступательное движение (на рис. 6 — слева направо). Заготовка должна быть накатана полностью, иначе ее нельзя снять со шнека.

Закатка соединительных швов применяется главным образом в жестяночном производстве и консервной промышленности для соединения двойным швом донышек и крышек с боковыми стенками сосудов, коробок и банок круглой прямоугольной и овальной формы.

2 КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА ШТАМПА



- 1 - пуансон первой вытяжки , он же - складкодержатель второй вытяжки ;
2- пуансон второй вытяжки ;
3 - складкодержатель первой вытяжки ;
4 - матрица первой вытяжки;
5 - матрица второй вытяжки.

Рис. 7 – Штамп для вытяжки

Штамп для вытяжки (рис.7) состоит из верхней и нижней плиты, которые соединяются между собой колонками и центрируются втулками, которые запрессованы в верхнюю плиту.

К нижней плите болтами крепится контейнер, в котором находятся бандажированная матрица первой вытяжки 4, которая располагается над матрицей второй вытяжки 5. Вся эта конструкция накрывается крышкой и фиксируется к контейнеру болтами.

К верхней плите крепится пуансон первой вытяжки 1 и пуансон второй вытяжки 2. Пуансоны крепятся при помощи пуансонодержателя, который в свою очередь запрессован в верхнюю плиту.

Съем детали происходит при помощи пуансона первой вытяжки.

Деталь удаляется клещами. За один ход прессы штампуется одна

деталь.