

МОСКОВСКИЙ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)



В.Д.АЛЕКСАНДРОВ, Л.П.МАСЛАКОВА,
Ю.М.ПОГОСБЕКЯН

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным и расчетным
работам раздела курса ТКМ
“Горячая обработка металлов”

МОСКВА 2008

«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ СПОСОБОМ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ»

Цель работы: изучить методику расчета основных технологических параметров операций вырубки и вытяжки при листовой штамповке. На основании анализа полученных расчетных данных исследовать изменение степени деформации при многократной вытяжке.

4.1. Листовая штамповка. Общие сведения

Листовая штамповка – процесс получения изделий или заготовок из листового или фасонного проката без обусловленного значительного перераспределения металла в поперечном сечении исходной заготовки.

Детали, изготовленные листовой штамповкой, широко применяются в автомобильной промышленности. Этим методом можно изготавливать сложные по форме изделия; например: детали кузовов автомобилей, капоты двигателей, топливные баки, различные прокладки и т.д.

К преимуществам процесса относятся: небольшая масса деталей, полученных штамповкой, экономичный расход металла, хорошая чистота поверхности изделий, возможность получения изделий сложной конфигурации (в сочетании с пайкой, сваркой, клепкой).

Для деталей, получаемых листовой штамповкой, характерно то, что толщина их стенок незначительно отличается от толщины исходной заготовки. При изготовлении листовой штамповкой пространственных деталей заготовка испытывает значительные пластические деформации. Это обстоятельство вынуждает предъявлять к материалу заготовки достаточно высокие требования по пластичности.

При листовой штамповке чаще всего используют низкоуглеродистую сталь, пластичные легированные стали, медь, латунь, содержащую более 60%Cu, алюминий и его сплавы, магниевые сплавы, титан и другие. Листовой штамповкой получают изделия из листовых неметаллических материалов, таких как кожа, целлулоид, органическое стекло, фетр, текстолит и другие.

В качестве заготовки при листовой штамповке используют полученный прокаткой лист, полосу или ленту. Толщина заготовки при холодной штамповке обычно не более 10 мм, иногда 10...20 мм. Детали из заготовок толщиной более 20 мм штампуются с нагревом до ковочных температур (горячая листовая штамповка), что позволяет значительно уменьшить усилия деформации по сравнению с холодной штамповкой. Холодная листовая штамповка получила более широкое распространение, чем горячая.

При проектировании технологического процесса изготовления деталей листовой штамповкой основной задачей является выбор наиболее рациональных операций и последовательности их применения, позволяющих получать детали с заданными эксплуатационными свойствами при минимальной себестоимости и хороших условиях труда.

В зависимости от способа действия внешних сил и характера напряженно-деформированного состояния операции листовой штамповки делят на разделяющие (отрезка, вырубка, пробивка, просечка и др.) и формоизменяющие (гибка, вытяжка, отбортовка и др.)

Вырубка – есть полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига. Вырубка производится с помощью штампов на механических или гидравлических прессах.

При вырубке отделяемая часть металла, которая проходит через отверстие в матрице, является изделием, а оставшаяся – отходом.

В штампах роль верхнего перемещающегося ножа выполняет пуансон 2, а нижнего – матрица 4 (рис. 4.1).

Пуансон вдавливают часть заготовки в отверстие матрицы. В начальной стадии деформирования происходит врезание режущих кромок в заготовку и смещение одной части заготовки относительно другой без видимого разрушения.

При определенной глубине внедрения режущих кромок в заготовку зарождаются трещины, начинается формирование поверхности среза. Состояние поверхности среза зависит от правильности выбора зазора между пуансоном и матрицей Z . Зазор Z назначают в зависимости от толщины и механических свойств материала заготовки.

При работе прессы на средних скоростях для материалов толщиной $S=0,5..1,0$ мм значения двусторонних или параметрических зазоров составляет от 5 до 15% от толщины листа S . При этом размер отверстия матрицы D_M равен номинальному размеру вырубаемого изделия D_H , а размер пуансона D_P меньше на величину зазора Z

$$D_M = D_H; \quad D_P = D_H - Z,$$

где D_H - номинальный размер вырубаемой заготовки, мм;

D_M - диаметр отверстия матрицы, мм;

D_P - диаметр пуансона, мм;

Z - диаметральный зазор между пуансоном и матрицей, мм.

На рис. 4.1 показан вырубной штамп с параллельными режущими кромками. Угол скоса режущих кромок пуансона $\varphi=0$, а угол резания $\delta=90^\circ$. Усилие вырубки в этом случае определяется по формуле

$$P_0 = F_0 \cdot \sigma_{CP} = \Pi \cdot S \cdot \sigma_{CP}, \text{ кгс/мм}^2 (\text{Н}),$$

где F_0 - площадь среза, мм^2 ;

Π – длина контура (периметр) вырубаемой детали, мм ;

S - толщина материала, мм ;

$\sigma_{\text{ср}}$ - сопротивление среза, кгс/мм^2 (МПа).

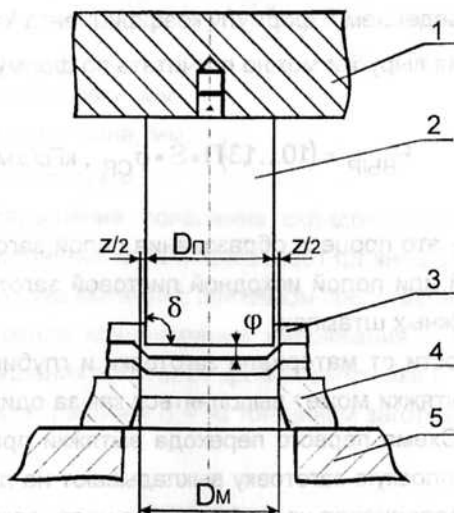


Рис. 4.1. Схема вырубной заготовки в вырубном штампе:

- 1 - ползун пресса; 2 – пуансон; 3 – материал; 4 – матрица;
5 – стол пресса

Сопротивление среза, в свою очередь, зависит от механических свойств материала заготовки. Обычно его берут равным

$$\sigma_{\text{ср}} = (0.80 \dots 0.86) \cdot \sigma_{\text{в}}, \text{ кгс/мм}^2 (\text{МПа}),$$

где $\sigma_{\text{в}}$ - временное сопротивление материала, кгс/мм^2 (МПа).

Усилие вырубки зависит от ряда факторов: механических свойств материала, толщины листа, формы и размеров вырубляемого контура детали, а также величины зазора между пуансоном и матрицей, скорости деформирования, смазки инструмента и т.д. В производственных условиях влияние дополнительных факторов учитывается введением в формулу коэффициента $k=1,0...1,3$. Тогда действие усилия вырубки можно посчитать по формуле

$$P_{\text{выр}} = (1,0...1,3) \pi \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}, \text{ кгс/мм}^2.$$

Вытяжка – это процесс образования полой заготовки или изделия из плоской или полой исходной листовой заготовки, осуществляемый в вытяжных штампах.

В зависимости от материала заготовки и глубины полого изделия процесс вытяжки может выполняться как за один переход, так и за несколько. Схема первого перехода вытяжки приведена на рис. 4.2. Исходную плоскую заготовку выкладывают на плоскость матрицы. Пуансон надавливает на центральную часть заготовки и смещает ее в отверстие матрицы. Центральная часть «тянет» за собой периферийную; последняя, смещаясь в матрицу, образует стенки вытянутого изделия.

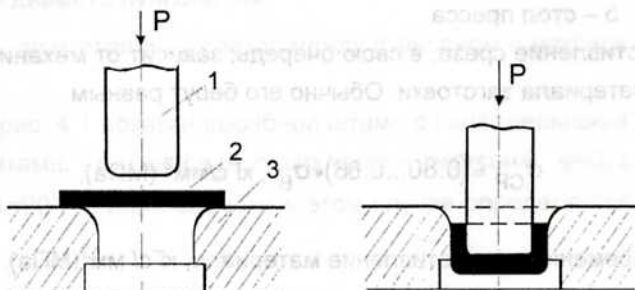


Рис. 4.2. Схема операции вытяжки за один переход:

1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матрица

Условия деформации при этом таковы, что каждая элементарная часть заготовки, радиально расположенная, вклинивается между соседними такими же частями. В результате этого в кольцевом направлении появляются напряжения сжатия, вызывающие появление складок. Складки могут появиться при условии

$$(D - D_n) \geq (18 \dots 20) \cdot S,$$

где D – диаметр заготовки, мм;

D_n – диаметр пуансона, мм;

S – толщина листа, мм.

Для предотвращения появления складок применяют прижим, который с определенной силой прижимает фланец заготовки к плоскости матрицы. Схема вытяжки с прижимом представлена на рис. 4.3.

Для уменьшения концентрации напряжения и соответственно опасности разрушения заготовки кромки заготовки и матрицы скругляются по радиусу, равному 5 – 10 толщинам заготовки.

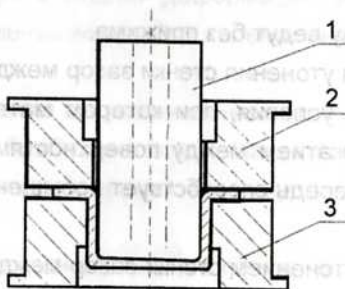


Рис. 4.3. Схема вытяжки с прижимом материала:

1 – пуансон; 2 – прижимное кольцо; 3 – вытяжная матрица

Для уменьшения силы трения вытяжку обычно ведут со смазкой заготовки. Состав смазочного материала выбирается с учетом ма-

териала заготовки, степени деформации и формы вытягиваемых изделий.

Различают два вида вытяжки: без утонения стенок и с утонением стенок. Вытяжку без утонения стенок производят в случае штамповки глубоких изделий из тонкого материала, при этом соблюдается условие

$$\frac{S}{D} \cdot 100\% < 1,5\% \quad \text{и} \quad \frac{S}{d_{n-1}} \cdot 100\% < 1,0\% ,$$

где S — толщина листа, мм;

D — диаметр исходной плоской заготовки, мм;

d_{n-1} — диаметр полой заготовки при последней вытяжке, мм.

При изготовлении неглубоких изделий из толстого материала соблюдается условие

$$\frac{S}{D} \cdot 100\% > 2,0\% \quad \text{и} \quad \frac{S}{d_{n-1}} \cdot 100\% > 1,5\% ,$$

При этом вытяжку ведут без прижима.

При вытяжке без утонения стенки зазор между матрицей и пуансоном выбирают из условия, при котором материал заготовки не должен утоняться сжатием между поверхностями пуансона и матрицы. Это в свою очередь способствует повышению стойкости инструмента.

При вытяжке с утонением стенки зазор между пуансоном и матрицей должен быть меньше толщины стенки, которая, сжимаясь между поверхностями пуансона и матрицы, утоняется и одновременно удлиняется. Следует заметить, что при ведении расчетов принимают, что толщина донца не меняется.

Удельные усилия на контактных поверхностях при вытяжке с утонением стенки значительно больше, чем при вытяжке без утонения стенки.

При вытяжке с утонением стенки ее толщина за один переход может быть уменьшена в 1,5 – 2 раза.

Степень деформации при вытяжке оценивается коэффициентом вытяжки m , который подсчитывается как отношение последующего диаметра к предыдущему ($m < 1$).

Коэффициент вытяжки зависит от следующих основных факторов: механических свойств материала (его пластичности), состояния поверхности заготовки, толщины металла S , диаметра и формы вытягиваемого изделия, способа вытяжки (с прижимом или без него), числа и порядкового номера операций, радиусов закруглений пуансона и матрицы, материала и состояния поверхностей элементов штампа.

Если при допустимом для первого перехода коэффициенте вытяжки невозможно получить деталь с заданными размерами, ее вытягивают за несколько переходов. С каждым последующим переходом степень деформации уменьшается, а величина коэффициента вытяжки растет.

Как известно, при холодной деформации металл упрочняется. Пластичность его уменьшается. Это явление носит название наклепа.

Для восстановления первоначальных свойств металла применяют термическую обработку – отжиг. Чаще отжиг проводят после трех-четырех вытяжных операций. Проводится также и отжиг готового изделия.

Отжиг ведут в безокислительных печах; часто применяют безокислительный (светлый) отжиг в атмосфере водорода, азота и других защитных средах. Для осуществления отжига отдельных наклепанных частей детали применяют индукционный нагрев токами нормальной частоты. После отжига для снятия окалины детали подвергают травлению в слабых растворах кислот с последующей промывкой в воде.

4.2. Разработка технологии листовой штамповки

Методика включает в себя следующие этапы:

- определение формы и размеров заготовки;
- определение усилия вырубки;
- определение числа вытяжных операций и коэффициентов вытяжки;
- определение усилий вытяжки на каждом этапе;
- выбор радиусов и закруглений матриц и пуансонов.

Определение размеров заготовки при вытяжке основано на законе постоянства объема металла до и после пластической деформации. При этом используют:

- метод равенства поверхностей;
- метод равенства объемов (при вытяжке с утонением стенок);
- метод равенства весов.

Метод равенства поверхностей можно использовать для случая вытяжки без утонения стенок изделия, считая, что толщины стенок и днища изделия равны между собой. Сущность метода состоит в том, что поверхность изделия условно разделяют на ряд простых геометрических фигур. Затем, приравнивая суммы всех элементарных поверхностей к площади заготовки, находят ее размер по формуле.

Если тело состоит из n простых поверхностей, площадь которых F_1, F_2, \dots, F_n , а исходная заготовка имеет форму круга, то на основе равенства поверхностей можно считать, что

$$(F_1 + F_2 + \dots + F_n) = \frac{\pi D^2}{4}, \text{ мм}^2,$$

где D - диаметр круглой заготовки, мм;

F_1, F_2, \dots, F_n - площади простых геометрических фигур, мм².

Диаметр круглой заготовки определяем по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} (F_1 + F_2 + \dots + F_n)}.$$

В качестве примера рассмотрим способ определения размеров заготовки при вытяжке цилиндра, у которого дно и стенки имеют одинаковую толщину и сопряжены (условно) под прямым углом (рис. 4.4).

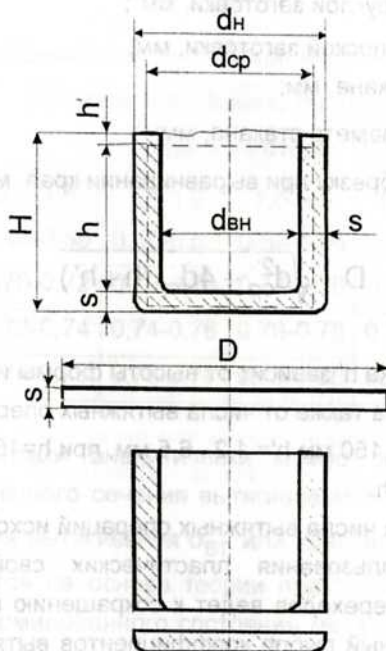


Рис. 4.4. Схема разбивки цилиндрического изделия на элементы при расчете размеров заготовки

Исходя из геометрических соотношений, считая поверхность цилиндра по среднему диаметру ($d_{ср} = d_{вн} + S$ или $d_{ср} = d_{н} - S$), получаем

$$F_{\text{ст}} = F_{\text{дн}} + F_{\text{бок}} = \frac{\pi d_{\text{ср}}^2}{4} + \pi d_{\text{ср}}(h + h') = F = \frac{\pi D^2}{4},$$

где $F_{\text{ст}}$ – площадь поверхности стакана, мм²;

$F_{\text{дн}}$ – площадь днища, мм²;

$F_{\text{бок}}$ – площадь стенок, мм²;

F – площадь круглой заготовки, мм²;

D – диаметр плоской заготовки, мм;

h – высота стакана, мм;

$d_{\text{ср}}$ – средний диаметр стакана, мм;

h' – припуск на обрезку при выравнивании края, мм.

Отсюда

$$D = \sqrt{d_{\text{ср}}^2 + 4d_{\text{ср}}(h + h')}.$$

Величина припуска h' зависит от высоты формы изделия, рода и толщины материала, а также от числа вытяжных операций. При вытяжке цилиндра $h=6...150$ мм $h'=1,2...6,5$ мм, при $h=150...200$ мм $h'=4...5\%$ от высоты h .

При определении числа вытяжных операций исходят из условия максимального использования пластических свойств металла. Уменьшение числа переходов ведет к сокращению производственного цикла. Правильный выбор коэффициентов вытяжки позволяет установить оптимальное число операций.

Коэффициент вытяжки для последовательно выполняемых операций подсчитывается как

$$m_1 = \frac{d_1}{D}; m_2 = \frac{d_2}{d_1}; \dots; m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}},$$

где $d_1, d_2 \dots d_n$ – диаметры промежуточных заготовок, мм;

D - диаметр исходной заготовки, мм;

$$m_1, m_2 \dots m_n < 1.$$

Коэффициенты вытяжки обычно устанавливают на основании опыта. В табл. 4.1 приведены значения коэффициентов вытяжки для материалов, используемых в настоящей работе, в зависимости от относительной толщины $S/D \cdot 100\%$.

Таблица 4.1

Коэффициенты вытяжки цилиндрических деталей

Коэффициенты вытяжки	Значения коэффициентов при относительной толщине заготовки $S/D \cdot 100\%$				
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,6
m_1	0,46-0,50	0,50-0,53	0,53-0,56	0,56-0,58	0,58-0,60
m_2	0,70-0,72	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80
m_3	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82
m_4	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82	0,82-0,84

Усилие вытяжки аналитически можно определить, умножив площадь поперечного сечения вытягиваемого изделия F_1 на величину напряжения вытягивания σ_{BT} или удельное давление P_1 , которое определяется на основе теории пластичности из анализа напряженно-деформированного состояния металла при вытяжке. При этом максимальное усилие вытяжки близко к концу хода пресса. На практике же пользуются упрощенными и эмпирическими выражениями.

Усилие вытяжки на первой операции (без утонения стенок) подсчитывается по формуле

$$P_1 = 1,25 \cdot k \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_B (D - d_1).$$

На последующих операциях с диаметрами d_{n-1} и d_n

$$P_n = 1,25 \cdot k \cdot S \cdot \pi \cdot \sigma_B (d_{n-1} - d_n),$$

где $k=1,2..1,3$ – коэффициент, учитывающий дополнительное усилие, потребное для проталкивания изделия через матрицу;

S – толщина листа, мм;

σ_B – временное сопротивление, кг/с/мм^2 ;

D – диаметр плоской заготовки;

d_{n-1} – диаметр предыдущий, мм;

d_n – диаметр последующий, мм.

Радиусы закруглений кромок матрицы и пуансона, а также зазоры между ними оказывают существенное влияние на процесс вытяжки.

Они влияют на усилие вытяжки, качество изделия, число вытяжных операций, а также на стоимость штампа. На практике нужно брать наимыгоднейший – оптимальный радиус закругления, т.е. такой наибольший радиус, при котором складки не образуются.

Радиус закруглений выбирают в зависимости от рода и толщины материала, коэффициента вытяжки, порядкового номера вытяжной операции. Значения радиусов закруглений представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Радиусы закруглений матрицы и пуансона вытяжного штампа

Материал	Величина радиуса, мм, при толщине листа		
	$S < 3$	$S = 3-6$	$S = 6-20$
Сталь	$(10-6)S$	$(6-4)S$	$(4-2)S$
Медь, латунь, алюминий	$(8-5)S$	$(5-3)S$	$(3-1,5)S$

Для первой вытяжной операции и более тонкого материала следует брать приведенные значения ближе к верхнему пределу, а

для последующих вытяжных операций и более толстого материала – ближе к нижнему пределу.

При всех вытяжных операциях, кроме последней, радиусы пуансона и матрицы равны между собой. При последней операции радиус закругления пуансона берут равным внутреннему радиусу изделия, но не менее $(3..2)S$ для материалов толщиной до 6 мм и не менее $(2..1,5)S$ для материалов толщиной от 6 до 20 мм.

При назначении зазора между пуансоном и матрицей выбирают оптимальное значение величины z_B , т.е. берут такой зазор, при котором не будет образования складок при вытяжке. Величину зазора выбирают по табл. 4.3.

Если последняя операция вытяжки является калибрующей, то зазор берут близкий к толщине заготовки, чем достигается достаточная точность и гладкая поверхность изделия.

Таблица 4.3

Зазоры между матрицей и пуансоном в вытяжном штампе

Материал	Величина зазора z_B , мм, при	
	первой операции	последующих операциях
Сталь	$(1,35-1,50)S$	$(1,2-1,3)S$
Медь, латунь, алюминий	$(1,3-1,4)S$	$(1,20-1,25)S$

4.3. Пример расчета

Требуется вытянуть цилиндрический стакан с сопряжением боковых стенок и дна под углом 90° из стали 10 толщиной $S=1$ мм, $\sigma_B=35 \text{ кгс/мм}^2$ (350 МПа).

Изделие имеет следующие размеры: $d_H=80$ мм, $h=140$ мм, за радиус сопряжения можно принять радиус пуансона и матрицы при последней вытяжке (рис. 4.5, а).

Определить диаметр заготовки, усилие вырубки, число и усилия всех вытяжных операций, радиусы закруглений и зазоры при вытяжке.

Выбор припуска на обрезку. Принимая во внимание, что высота цилиндра $h=140$ мм укладывается в диапазон размеров $h=6...150$ мм, принимаем величину припуска на обрезку $h'=6$ мм. Тогда общая высота изделия, полученная вытяжкой, составит

$$H = S + h + h' = 1 + 140 + 6 = 147 \text{ мм.}$$

Средний диаметр заготовки составит

$$d_{cp} = d_H - S = 80 - 1 = 79 \text{ мм.}$$

Расчет диаметра круглой плоской заготовки D введем на основании равенства площадей заготовки изделия после вытяжки.

$$D = \sqrt{d_{cp}^2 + 4d_{cp}(h + h')} = \sqrt{79^2 + 4 \cdot 79(140 + 6)} = 230 \text{ мм.}$$

Рассчитываем усилие, необходимое для вырубki заготовки

$$P_{выр} = 1,2 \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot \sigma_{cp} = 1,2 \cdot \pi \cdot 230 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 35 = 24200 \text{ кгс (242000 Н).}$$

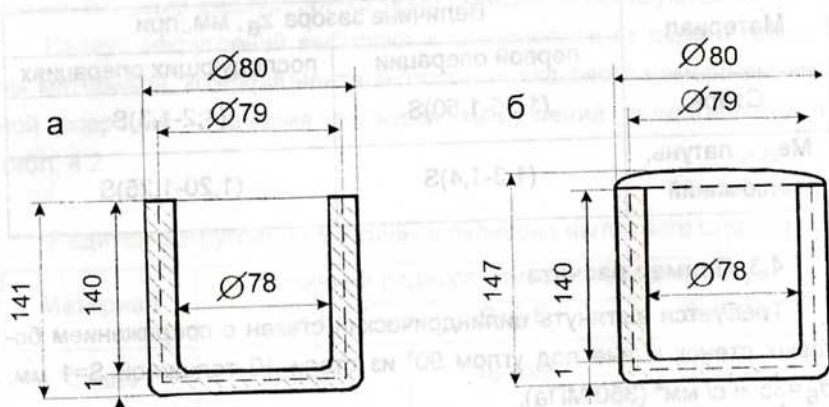


Рис. 4.5. Чертеж изделия: а - конечный вариант;

б - после вытяжки

Определение диаметров цилиндров по переходам и числа операций. Выбор коэффициентов вытяжки m введем, используя табл. 4.

$$d_1 = m_1 \cdot D = 0,55 \cdot 230 = 127 \text{ мм},$$

$$d_2 = m_2 \cdot d_1 = 0,75 \cdot 127 = 96 \text{ мм},$$

$$d_3 = m_3 \cdot d_2 = 0,80 \cdot 96 = 77 \text{ мм}.$$

Так как диаметр d_3 получился по расчетам меньше требуемого ($d_3 = 77 \text{ мм}$, а $d_{\text{ср}} = 79 \text{ мм}$), то стакан можно выполнить за три перехода.

Далее следует уточнить значение коэффициента вытяжки на последней операции m_3 .

$$m_3 = \frac{d_3}{d_2} = \frac{d_{\text{ср}}}{d_2} = \frac{79}{96} = 0,82.$$

Определение усилий вытяжки ведем по эмпирическим формулам:

$$P_1 = 1,25 \cdot k \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_B \cdot (D - d_1) = 1,25 \cdot 1,3 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 35 \cdot (230 - 127) = 18400 \text{ кгс (184000 Н)}$$

$$P_2 = 1,25 \cdot k \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_B \cdot (d_1 - d_2) = 1,25 \cdot 1,3 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 35 \cdot (127 - 96) = 5536 \text{ кгс (55360 Н)}$$

$$P_3 = 1,25 \cdot k \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_B \cdot (d_2 - d_3) = 1,25 \cdot 1,3 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 35 \cdot (96 - 79) = 3036 \text{ кгс (30360 Н)}$$

Радиусы закругления пуансонов и матрицы выбираем, используя табл. 4.2.

$$r_1 = 8 \cdot S = 8 \cdot 1 = 8 \text{ мм},$$

$$r_2 = r_3 = 6 \cdot S = 6 \cdot 1 = 6 \text{ мм}$$

Зазоры между матрицей и пуансоном выбираем по табл. 4.3, учитывая, что операции идут без утонения стенок

$$z_1 = 1,4 \cdot S = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{ мм},$$

$$z_2 = z_3 = 1,2 \cdot S = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ мм}.$$

Результаты расчетов сводим в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Результаты расчетов

Диаметр заготовки, мм				Усилие вырубки $P_{\text{выр}}$, кгс(Н)		
230				24200 кгс (242000 Н)		
Номер вытяж- ки	Козффи- циент вы- тяжки m	Диаметр, мм		Радиус матрицы r , мм	Зазор z_B , мм	Усилие вытяж- ки P , Н
		d_{n-1}	d_n			
1	0,55	230	127	8	1,4	184000
2	0,75	127	96	6	1,2	55360
3	0,82	96	79	6	1,2	30360

4.4. Содержание отчета

Отчет выполняется в журнале для лабораторных и практических работ. Варианты заданий представлены в табл. 4.5, методика составления отчета должна соответствовать примеру, приведенному в главе 4.3 настоящих методических указаний.

4.5. Правила техники безопасности при демонстрации процесса вытяжки на гидравлическом прессе

Прежде чем приступить к выполнению эксперимента, учебный мастер обязан проверить исправность оборудования: надежность крепления матрицы и сменного пуансона, отсутствие утечки масла.

Операцию вытяжки проводит учебный мастер или студент с разрешения преподавателя под контролем учебного мастера.

Нажатие на педаль следует производить плавно, без рывков.

Во время проведения операции вытяжки следить, чтобы руки экспериментатора и наблюдающих не находились в зоне штампа. Не допускается поддержание заготовки рукой.

Готовое изделие (стаканчик) может иметь острые кромки, при его контроле следует беречь руки от порезов.

4.6. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Опишите применение листовой штамповки в автотракторостроении.
2. Перечислите преимущества технологии листовой штамповки.
3. Дайте классификацию операций листовой штамповки.
4. Какова операция вырубки: принципиальная схема, расчет технологических параметров?
5. Опишите операцию вытяжки: принципиальная схема, расчет технологических параметров.
6. Что представляет собой автоматизация технологических процессов листовой штамповки?
7. Каковы способы импульсной листовой штамповки?

Таблица 4.5

Варианты индивидуальных заданий

Номер задания	Материал	Толщина листа	Временное сопротивление		Размеры изделия	
			кГс/мм ²	МПа	диаметр, мм	высота, мм
1	Сталь	1,0	35	350	80	140
2	10	1,2			75	120
3	Сталь	0,8	38	380	100	150
4	15	0,5			80	120
5	Сталь	1,0	42	420	60	120
6	20	1,5			90	150
7	Сталь	0,5	50	500	85	160
8	30	0,8			80	140
9	Д1	2,0	41	410	75	120
10		1,5			100	150
11	Д16	0,5	52	520	60	120
12		1,0			90	175
13	АВ	2,0	22	220	75	150
14		2,5			60	145
15	Л62	1,5	36	360	80	140
16		1,6			90	150
17	Л70	2,0	33	330	75	135
18		1,8			60	120
19	Л96	2,0	24	240	100	155
20		2,5			90	160
21	АМц	1,2	13	130	80	140
22		1,0			90	150
23	АДм	2,5	8	60	60	136
24		2,0			75	140
25	АМг2	1,8	20	200	65	135
26		2,2			50	120
27	АМг5	1,5	25	250	75	150
28		1,2			80	140

Литература

1. Технология конструкционных материалов / А.М. Дальский, И.А. Арутюнова и др. - М. : Машиностроение, 2005. – 592с.
2. Маслакова Л.П. Прогрессивные процессы обработки давлением в автомобилестроении / МАДИ. - М. , 2005. - 96с.
3. Попов В.Я., Александров В.Д. Применение сварки в автотранспортном машиностроении. – М. : МАДИ, 1981. – 77с.
4. Медведев Я.И., Попов В.Я., Погосбека, Ю.М. Прогрессивные методы горячей обработки конструкционных материалов в автотракторостроении. – М. : МАДИ, 1982. – 112с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа №1 «Исследование стабильности горения сварочной дуги»	4
Лабораторная работа №2 «Исследование влияния силы сварочного тока на коэффициент наплавки и расплавления при ручной дуговой сварке	15
Лабораторная работа №3 «Исследование влияния параметров режима сварки на деформацию сварной конструкции»	21
Лабораторная работа №4 «Разработка технологического процесса формообразования заготовки способом листовой штамповки»	30
Методика построения математических моделей и графических зависимостей к лабораторным работам №1 и №2 по сварке	49
Литература	54

Редактор Н.П. Лапина

Технический редактор Н.П. Лапина

Тем. план 2007 г., л.31

Подписано в печать 20.05.2007г.

Формат 60х90/16

Печать офсетная

Усл. печ.л 3,3

Уч.-изд. л 2,7

Тираж 1000 экз.

Заказ 250

Цена 27 руб

Ротапринт МАДИ (ГТУ). 125319, Москва, Ленинградский просп., 64