

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Практические задачи по теме «Технология и оборудование
инновационных процессов деформирования»**

Электронные методические указания
по практическим занятиям

САМАРА
2010

**Составители: Гречников Фёдор Васильевич,
Попов Игорь Петрович,
Николенко Константин Анатольевич**

Рассмотрен расчёт основных операций инновационных процессов деформирования.

Предназначены для студентов инженерно-технологического факультета, обучающихся по магистерской программе «Инновационные технологии получения и обработки материалов с заданными свойствами» по направлению 150400.68 «Металлургия».

Подготовлено на кафедре обработки металлов давлением.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1 - Штампуемость листового материала. Методы определения
штампуемости листового материала.

Задача 1 - Определение штампуемости материала по показателям
механических свойств.....

Задача 2 – Определение штампуемости материала используя теоретические
критерии разрушения (выполнить критериальную оценку штампуемости
материалов).

Задача 3 - Определение штампуемости материала по технологическим
пробам (внедрение сферического пуансона – технологические пробы по
Эриксону) с использованием теоретического критерия разрушения.

Раздел 2 - Разделительные операции.

Задача - Разработка технологического процесса изготовления детали
«пластина»

Раздел 3 - Гибочные операции.

Задача - Разработать технологический процесс изготовления детали
«основание»

Раздел 4 - Вытяжные операции.

Задача - Разработать технологический процесс изготовления детали
«чашка».

Список используемых источников.....

Раздел 1

Штампуемость листового материала. Методы определения штампуемости листового материала.

Штампуемость – это относительный, комплексный показатель.

В листовой штамповке под штампуемостью понимают поведение металла в процессе холодной пластической деформации.

Определение штампуемости металла осуществляют:

1. По показателям механических свойств;
2. С применением теоретических критериев разрушения – критериальная оценка штампуемости;
3. По показателям технологических проб.

Задача 1

Определение штампуемости материала по показателям механических свойств.

Условие

По представленным в таблице 1 механическим свойствам сталей и сплавов составить рейтинг штампуемости материалов по пластическим и прочностным свойствам.

Рейтинг по δ_r – присвоить первое место наибольшему значению δ_r .

Рейтинг по $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$ - присвоить первое место наименьшему значению $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$.

Средний рейтинг среднее значение рейтингов по пластическим и прочностным свойствам материала.

Выстроить ряд штампуемости материалов, где первое место присвоить наиболее пластичному материалу (материалу с наименьшим значением

среднего рейтинга), а последнее наименее пластичному (с наибольшим значением среднего рейтинга).

Теория

Все процессы холодной пластической деформации сопровождаются упрочнением. В результате упрочнения происходит изменения пластических и прочностных свойств материала.

На штампуемость металла наибольшее влияние оказывают:

1. Пластичность металла.

Пластичность металла характеризуется показателем относительного равноосного удлинения - δ_p . По величине этого показателя все металлы можно разделить на малопластичные ($\delta_p < 10\%$), среднепластичные ($25\% > \delta_p > 10\%$), и высокопластичные ($\delta_p > 25\%$);

2. Прочность металла или деформационное упрочнение.

Деформационное упрочнение характеризуется прочностными свойствами материала, а именно показателем отношения предела текучести - $\sigma_{0,2}$ к пределом прочности - σ_B . Чем меньше эта величина, тем выше деформация упрочнения материала.

Решение

Таблица 1 – Свойства материалов

Материал	$\delta_p, \%$	$\sigma_B, \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$	$\sigma_{0,2}, \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$	$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$	Рейтинг по δ_p	Рейтинг по $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$	Средний рейтинг	Место
Задача				Решение				
Ст.08кп	23	38	24	0,6316	3	6	4,5	4
Ст.45	12	68	43	0,63235	6	7	6,5	5
30ХГСА	12	70	45	0,64286	6	8	7	6
ХН60ВТ	47	8	43	0,5375	1	5	3	2
ОТ4	8	80	70	0,875	7	9	8	7
АД1М	35	7	3	0,42857	2	4	3	2
М1	20	24	7	0,29167	4	2	3	2

Материал	$\delta p, \%$	$\sigma_B, \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$	$\sigma_{0,2}, \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$	$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$	Рейтинг по δp	Рейтинг по $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$	Средний рейтинг	Место
Задача				Решение				
Л62	20	36	10	0,27778	4	1	2,5	1
БрБ2	16	38	16	0,4444	5	3	4	3

Ряд штампуемости материалов

Л62; М1, АД1М, ХН60ВТ; БрБ2; Ст.08кп; Ст.45; 30ХГСА; **ОТ4**

Вывод

В результате выполнения оценки штампуемости предложенных в таблице 1 материалов можно сделать вывод: наиболее пластичным материалом является алюминиевый сплав Л62, наименее пластичным, наиболее прочным – титановый сплав ОТ4.

Задача 2 – Определение штампуемости материала используя теоретические критерии разрушения (выполнить критериальную оценку штампуемости материалов).

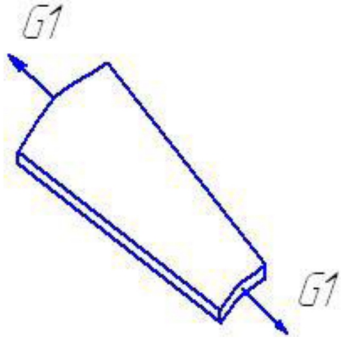
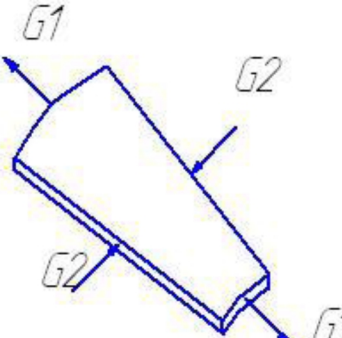
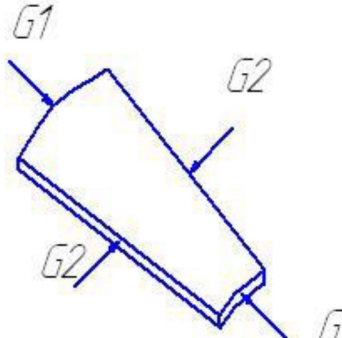
Условие

а) Установить предельную степень деформации для крайних материалов полученного в задаче №1 ряда штампуемости (наиболее пластичного и наиболее прочного).

Для установления предельной степени деформации использовать критерий Колмагорова и критерий Томленова.

Величину критической деформации определять для трех схем напряженного состояния: 1. Линейная, одноосное растяжение, 2. Плоская равнонапряженная, 3. Плоская, всестороннее сжатие. Расчет вести с учетом знака (Таблица 2).

Таблица 2 – Схемы напряженного состояния

1. Линейная, одноосное растяжение	2. Плоская разноименная	3. Плоская, всестороннее сжатие
		
$\sigma_2 = \sigma_3 = 0$	$\sigma_1 = -\sigma_2$ $\sigma_3 = 0$	$\sigma_1 = \sigma_2$ $\sigma_3 = 0$

Результаты расчетов свести в таблицу 3.

Таблица 3 – Сводная таблица критериальных оценок

Критерий Колмагорова					
Напряженное состояние	σ_0	σ_i	$\frac{\sigma_0}{\sigma_i}$	ε_{ρ}^{cc}	
				Материал 1	Материал 2
1					
2					
3					
Критерий Томленова					
Напряженное состояние	m	$\varepsilon_{кр}$			
		Материал 1		Материал 2	
1					
2					
3					

б) По результатам расчета построить сравнительный график величин критических деформаций для критерия Колмагорова и Томленова для трех схем напряженного состояния: 1. Линейная, одноосное растяжение, 2. Плоская разноименная, 3. Плоская, всестороннее сжатие.

Сравнить полученные по двум критериям значения и сделать вывод об условии применения критериев.

Теория

Для определения критической степени деформации часто используют следующие критерии разрешения материалов:

1. Критерий Колмагорова;
2. Критерий Томленова.

1. Критерий Колмагорова:

Образования трещин происходит при условии когда интенсивность накопленной деформации становится равна величине критической деформации с учетом схемы напряженного состояния.

$$\Psi = \frac{\int_0^t d\varepsilon_i}{\varepsilon_p^{cc}} = 1 \text{ – критерий Колмагорова;}$$

при $\Psi < 1$ – процесс протекает без разрушения;

при $\Psi \geq 1$ – возможно разрушение.

где

ε_i – интенсивность деформации;

$\int_0^t d\varepsilon_i$ – интенсивность накопленной деформации;

$\varepsilon_p^{cc} = \varepsilon_p \cdot \exp \left[-2,16 \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma_i} \right]$ – величина критической деформации по

Колмагорову, при данной схеме напряженного состояния (данная формула уравнения регрессии получена на основе многочисленных экспериментальных исследований);

$\varepsilon_p = \delta_p$ – деформация разрыва при линейной схеме напряженного состояний:

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \text{ – среднее значение напряжений;}$$

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad - \quad \text{интенсивность}$$

напряжений;

2. Критерий Томленова:

Величина критической деформации определяется моментом достижения максимального усилия в условиях, когда хотя бы одно из напряжений является растягивающим.

$$\varepsilon_{кр} = \frac{2\delta_p \sqrt{1-m+m^2}}{2-m} \quad - \quad \text{величина критической деформации по критерию}$$

Томленова.

$$m = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad - \quad \text{соотношение средних напряжений.}$$

где $\sigma_{\min}$ - минимальное напряжение с учетом знака;

$\sigma_{\max}$ - максимальное напряжение с учетом знака.

Решение

а) Крайние материалы полученного в задаче №1 ряда штампуемости - Л62 и ОТ4.

Относительное равноосное удлинения для этих материалов из таблицы 1 составляет $\delta_p \text{Л62} = 20\%$ и $\delta_p \text{ОТ4} = 8\%$. Сведем данные решения, выполненного по приведенным выше формулам в таблицу 4.

Таблица 4 – Сводная таблица критериальных оценок - решение

Критерий Колмагорова					
Напряженное состояние	σ_0	σ_i	$\frac{\sigma_0}{\sigma_i}$	ε_p^c	
				Л62	ОТ4
1	1/3	σ_1	1/3	19,5	7,78
2	0	$\sqrt{2}\sigma_1$	0	40	16
3	-2/3	σ_1	-2/3	169	67,5
Критерий Томленова					
Напряженное состояние	m	$\varepsilon_{кр}$			
		Л62	ОТ4		
1	0	20	8		
2	-1	23	9,23		
3	1	40	16		

б) На рисунке 1 представлен график сравнения величин критической деформации для трех схем напряженного состояния, для двух материалов Л62 и ОТ4 по критерию Колмагорова и Томленова.

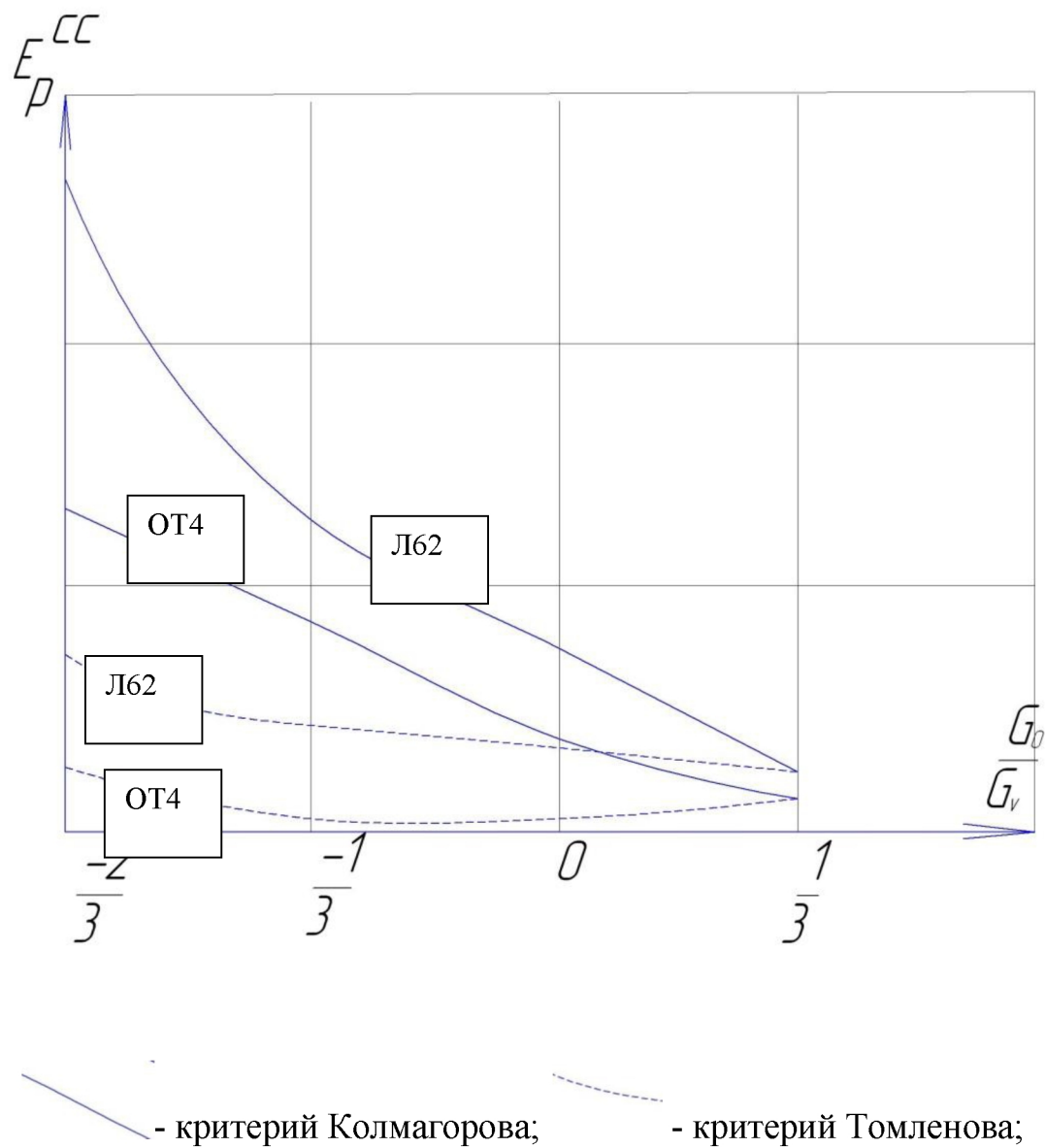


Рисунок 1 – График величины критической деформации

Вывод

С увеличением доли сжимающих напряжений величина критической деформации увеличивается. Критерий Томленова дает менее точные значения критической деформации, т.к. он определен границей области равномерного удлинения.

Задача 3

Определение штампуемости материала по технологическим пробам (внедрение сферического пуансона – технологические пробы по Эриксону) с использованием теоретического критерия разрушения.

Условие

Определить глубину внедрения сферического пуансона – h представленного на рисунке 2 (технологические пробы по Эриксону). Величину критической деформации определять с использованием критерия Томленова. Считать схему напряженного состояния – всестороннее плоское растяжением. При расчете использовать следующее допущение: утонение листового материала происходит равномерно по все поверхности.

Материал – титановый сплав ОТ4. Необходимые свойства материала взять из таблицы 1, задачи 1.

Толщина листового материала составляет $s = 2$ мм.

Радиус пуансона внедрения составляет $R = 20$ мм.

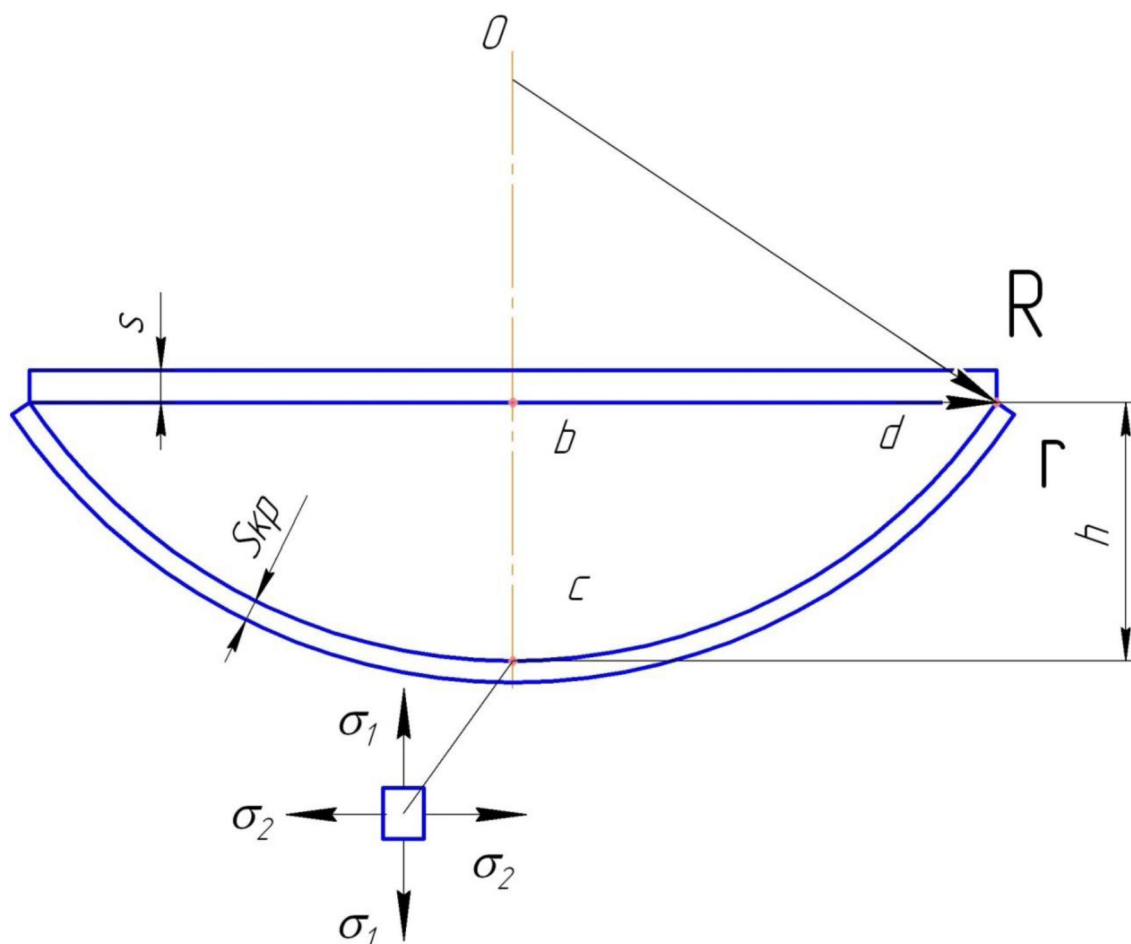


Рисунок 2 – Определение глубины внедрения сферического пуансона (технологические пробы по Эриксену)

Теория

Технологические пробы - это проведение испытаний образцов с целью определения штампуемости материала, максимально приближенные к реальным технологическим процессам.

Можно выделить следующие основные испытания: технологические пробы на осадку, сплющивание, навивание проволоки, испытание кровельного железа на образование шва (замка), перегиб, загиб, развёртывание фасонного материала и тп.

Для определения штампуемости материала в технологической операции «вытяжка» часто применяют испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену.

Данные испытания материала стандартизированы: ГОСТ 10510-80 - Металлы. Метод испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену.

«Метод заключается во вдавливании сферического пуансона в образец, зажатый под действием усилия прижима между матрицей и прижатым кольцом, до начала образования на выдавливаемой лунке сквозной трещины и определения глубины лунки» [1].

Для решения поставленной задачи предлагается следующий алгоритм:

1. Выразить h – глубину внедрения сферического пуансона. Для этого использовать условие постоянства объемов заготовки и детали.
2. Выразить h в зависимости от показанных на рисунке 2 величин используя теорему Пифагора:

S – толщина заготовки;

$S_{кр}$ – толщина детали (критическая толщина, полученной в момент разрешения заготовки, определяемого в данном случае теоретически по критерию Томленова);

R – радиус пуансона внедрения;

r – радиус в плане.

3. Определить критическую толщину материала – $S_{кр}$, выразив данную величину через логарифмическую деформацию по толщине и критическую степень деформации по критерию Томленова.
4. Определить численное значение глубины внедрения сферического пуансона – h , подставив численные значения критической толщины детали – $S_{кр}$ в выражение, полученное в пункте 2.

Решение

1. Следую предложенному алгоритму:

$V_{дет} = V_{заг}$ - условие постоянства объемов детали и заготовки;

где $V_{заг} = \pi r^2 S$ - объем заготовки;

$V_{д} = 2\pi R h S_{кр}$ – объем детали

Подставив выражения, получим:

$$\pi r^2 S = 2\pi R h S_{\text{кр}};$$

Выразим величину h:

$$h = \frac{r^2 S}{2RS_{\text{кр}}}$$

2. Выразим h по теореме Пифагора

$$h = -\frac{2R(S_{\text{кр}} - S)}{S}$$

3. Определить критическую толщину материала – $S_{\text{кр}}$

$\ln \frac{S}{S_{\text{кр}}} = \epsilon_{\text{кр}} = 0,16$ - логарифмическая деформация по толщине заготовки;

$\epsilon_{\text{кр}}$ – критическая степень деформации;

$$\frac{S}{S_{\text{кр}}} = e^{0,16} = 1,17$$

$$S_{\text{кр}} = 1,7$$

4. Определить численное значение глубины внедрения сферического пуансона – h

$$h = 6 \text{ мм}$$

Вывод

Глубина внедрения сферического пуансона в момент разрушения листового материала составляет для титанового сплава ОТ4 $h = 6 \text{ мм}$.

Раздел 2

Разделительные операции.

Задача

Разработка технологического процесса изготовления детали «пластина» (рисунок 3).

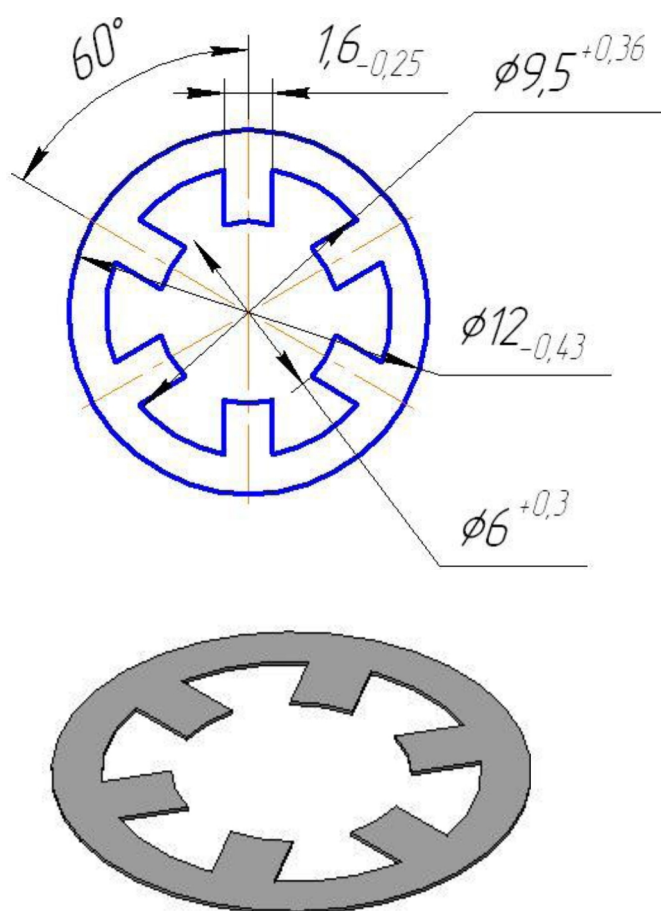


Рисунок 3 - Деталь «пластина»

Материал: сталь 65Г ГОСТ 1050-88 S= 0,4 мм

Условие

Разработать технологический процесс изготовления детали «пластина» (рисунок 3).

Выполнить:

1. Анализ технологического процесса изготовления детали «пластина»;
2. Конструктивно - технологический анализ детали «пластина»;
3. Выбор и расчет вида и типа раскроя.

Выполнить следующие технологические расчеты:

1. Расчет усилия реза листа на полосы;
2. Расчет усилия и работы пробивки;
3. Расчет усилия и работы вырубки;
4. Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа пробивки – вырубки;
5. Расчет основных деталей штампа на прочность.

Теория

Разделительная операция листовой штамповки, это операции, которые представляет собой процесс отделения одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру при помощи инструментальных штампов.

Вырубка - полное отделение металла по замкнутому контуру, при котором отделяемая часть заготовки является изделием.

Пробивка – операция, имеющая целью получение в вырубленной детали или в листе отверстия путем отделения при помощи пробивного штампа части материала по замкнутому контуру.

Основные технологические параметры процесса и их расчёт.

При принятии допущения о том, что по поверхности раздела происходит чистый сдвиг, а радиальные относительные деформации ε_1

равномерно распределены по толщине заготовки и направление главных осей в процессе деформирования остается неизменным, формула для определения усилия вырубки и пробивки (до момента появления скалывающих трещин) может быть представлена в виде:

$$P_X = L (S - x) \tau_s,$$

где: x - глубина внедрения пуансона в металл,

$\tau_s = 0,58 \sigma_s$ - наибольшее касательное напряжение,

L - длина отделяемого контура,

S - толщина металла.

На практике усилие вырубки определяют по формуле:

$$P_B = K \sigma_{cp} L S$$

где: $K = 1,1 - 1,3$ - коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок пуансона и матрицы и неравномерность толщины материала,

σ_{cp} - сопротивление металла срезу, МПа.

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона, определяется по формуле:

$$P_{ch} = k_{ch} P$$

где: P - полное усилие вырубки,

k_{ch} - коэффициент, определяемый в зависимости от типа штампа и толщины материала.

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу с цилиндрической шейкой, определяется по формуле:

$$P_{пр} = k_{пр} P$$

где: $k_{пр}$ - коэффициент, устанавливающий соотношение между $P_{пр}$ и P ,

$n = \frac{h}{S}$ - количество деталей, находящихся в шейке матрицы;

S - толщина вырубаемых деталей, мм.

В случае вырубки с обратным выталкиванием $n = 1$.

Коэффициент $k_{пр}$ составляет в среднем при вырубке на провал $k_{пр} = 0,05-0,1$; при вырубке с обратным выталкиванием $K_{пр} = 0,07 - 0,14$, причем наибольшие значения относятся к более тонким материалам.

Для обратного выталкивания вырезанной детали усилие выталкивания увеличивается вследствие выпучивания детали и распора, создаваемого при выталкивании в обратном направлении.

При выборе пресса для выполнения заданной операции следует проверять запас энергии, которой он должен располагать.

Для этой цели вычисляют работу деформации A , необходимую для выполнения операции, Дж:

$$A = \lambda P_T h = \lambda K \sigma_{ср} L Sh$$

где: λ - коэффициент полноты диаграммы усилие - путь в разделительных операциях;

P_T - усилие деформирования;

h - высота блестящего пояса.

В производственных условиях широко используют формулу:

$$A = P_{ср} h_p$$

где: $P_{ср}$ - усредненное усилие штамповки (60 - 65 % от P_T), кВ,

h_p - рабочий ход пуансона (равный толщине материала), мм.

Решение

Анализ технологического процесса изготовления детали «пластина».

Изготовление данной детали возможно различными способами:

1) Штамповка эластичной средой – при этом способе используется простая и недорогая штамповая оснастка, способ легко реализуется на оборудовании различного типа, но недостатки данного способа – он применяется в основном в мелкосерийном производстве при изготовлении относительно крупных деталей из тонких материалов, использование его для крупносерийного и массового производства нерентабельно.

2) Штамповка в инструментальных штампах – стоимость штамповой оснастки в данном случае значительно выше, чем при штамповке эластичной средой, но данным способом возможно получать детали из материалов довольно толстых по величине любых размеров, а также у данного способа выше производительность, поэтому данный способ используется в основном для среднесерийного и крупносерийного типа производства.

Для производства данной детали «пластина» используем способ штамповки в инструментальных штампах.

Конструктивно - технологический анализ детали «пластина».

Основными показателями технологичности листовых штампованных деталей, получаемых операциями вырубка-пробивка являются:

1) избежание сложных конфигураций с узкими и длинными вырезами контура – в нашем случае узкие выступы отсутствуют;

2) сопряжение сторон наружного контура выполняются с закруглениями, так как вырубка проводится по всему контуру;

3) наименьший размер пробиваемых отверстий равен 1 мм (в нашем случае 6 мм);

4) расстояние пробиваемого отверстия от наружного контура детали составляет более двух толщин материала;

Данная деталь «пластина» технологична для изготовления операциями вырубка - пробивка.

Операции вырубки внешнего контура и пробивка отверстия осуществляются в штампе совмещенного действия.

Выбор вида и типа раскроя металла. Определение коэффициента использования металла.

Коэффициент использования металла определяем по формуле:

$$\text{КИМ} = \frac{F \cdot n}{B \cdot L} 100\%$$

где: В - ширина листа, мм;

L - длина листа, мм;

F - площадь детали без отверстий, мм²;

n - количество деталей, получаемых из листа.

Для толщины материала $S = 0,4$ мм величина перемычек при вырубке контура детали: $a=1,2$ мм, $b=1,2$ мм (рисунок 4).

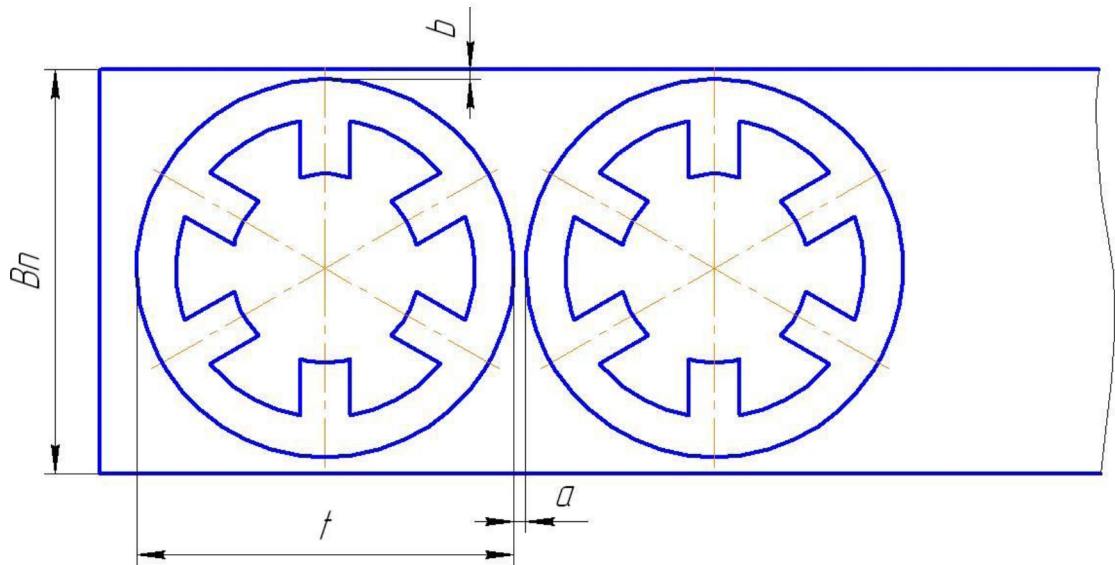


Рисунок 4 – Схема раскроя полосы

Рассмотрим раскрой вдоль и поперек листа.

Ширина полосы определяется по формуле:

$$B_n = l + 2(b + \Delta_{\text{ш}}) + z,$$

где: $\Delta_{\text{ш}}$ - односторонний (минусовой) допуск на ширину полосы,

l - размер вырезаемой детали,

z - гарантийный зазор между направляющими и наибольшей возможной шириной полосы.

$$B_n = 12 + 2(1,2 - 0,4) + 1,0 = 13,6 \text{ мм},$$

Принимаем ширину полосы $B_n = 14$ мм.

Площадь детали по внешнему контуру:

$$F = 113,02 \approx 113 \text{ мм}^2$$

По номенклатуре листов цеха выбираем 3 типоразмера листов для расчета оптимального вида раскроя. Сведения об используемых листах приведены в таблице 5.

Рассчитываем количество полос в листе при поперечном (с наибольшим КИМ) раскрое листа на полосы (рисунок 4).

$$N = \frac{B}{B_n} = \frac{1000}{14} = 71$$

Шаг подачи определяется из выражения

$$t = l_1 + a = 12 + 1,2 = 13,2 \text{ мм}$$

Определяем количество заготовок в полосе

$$n_n = \frac{L}{t} = \frac{3000}{13,2} = 227$$

Определяем количество заготовок в листе

$$N_l = N_n \cdot n_n = 71 \cdot 227 = 16117$$

Рассчитываем Ким:

$$\text{КИМ} = \frac{16117 \cdot 113}{1000 \cdot 3000} 100\% = 71 \%;$$

Данные по раскрою листа на заготовки и результаты расчета Ким сведем в таблицу 5.

Таблица 5 - Коэффициенты использования металла

Размеры листа В*L, мм * мм	Вид раскроя	Вп	Нп	пп	Нл	Ким, %
700*3000	поперек	28	4	44	176	70,6
	вдоль	28	18	10	180	70
850*3000	поперек	28	5	44	220	70,3
	вдоль	28	18	12	216	69,2

1000*3000	поперек	28	6	44	264	71
	вдоль	28	18	14	252	70,7

Сравнивая коэффициенты использования материала, выбираем лист с наибольшим КИМ.

Это лист с размерами 1000*3000 с КИМ = 71 %.

Расчет усилия реза листа на полосы.

Резка листа на полосы выполняется на гильотинных ножницах. Усилие, необходимое для резки, определяется по формуле:

$$P = \frac{\frac{1}{2} S^2 \sigma_{cp}}{tg \varphi}$$

где: S – толщина штампуемого материала, мм;

σ_{cp} - сопротивление металла срезу, МПа.

φ - угол створа ножниц, град.

Для стали 65Г:

$$\sigma_{cp} = (0.6-0.8)\sigma_b = 0,7 \cdot 700 \text{ МПа} = 500 \text{ МПа.}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,4^2 \cdot 500}{tg 30} = 800 \text{ Н.}$$

Расчет усилия и работы пробивки.

Полоса, отрезанная от листа на гильотинных ножницах, поступает на следующую технологическую операцию: пробивку контура отверстия и вырубку внешнего контура.

Усилие, необходимое для технологической операции пробивка, определяем по формуле:

$$P_{II} = K \sigma_{cp} L S$$

где: K – коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок пуансона и матрицы, неравномерность толщины материала,

L – периметр отделяемого от полосы контура,

S – толщина штампуемого материала, мм.

$$L = 94 = 51 \text{ мм.}$$

$$P_{\Pi} = 1,25 \cdot 500 \cdot 51 \cdot 1 = 32000 \text{ Н} = 32 \text{ кН.}$$

Рассчитаем усилие проталкивания заготовки через матрицу и усилие съема полосы с пуансона:

$$k_{\text{пр}} = 0,08,$$

$k_{\text{сн}} = 0,12$ – определяется в зависимости от типа штампа и толщины материала.

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} P_{\Pi} = 0,08 \cdot 32 = 2,56 \text{ кН.}$$

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} P_{\Pi} = 0,12 \cdot 32 = 3,84 \text{ кН.}$$

$$P_{\text{общ}} = P_{\Pi} + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 32 + 2,56 + 3,84 = 38,4 \text{ кН.}$$

Работа деформации определяется по формуле:

$$A = P_{\text{ср}} h_p$$

Рассчитаем работу процесса пробивки:

$$A = P_{\text{ср}} h_p = 38,4 \cdot 0,65 \cdot 0,4 = 10 \text{ Дж.}$$

Расчет усилия и работы вырубки.

Усилие, необходимое для данной технологической операции, определяем по формуле:

$$P_v = K \sigma_{\text{ср}} L S$$

$$L = 37,8 \text{ мм.}$$

$$P_v = 1,25 \cdot 500 \cdot 37,8 \cdot 0,4 = 9850 \text{ Н} = 10 \text{ кН.}$$

Работа деформации определяется по формуле:

$$A = P_{\text{ср}} h_p$$

Рассчитаем работу процесса вырубки:

$$A = P_{\text{ср}} h_p = 10 \cdot 0,65 \cdot 0,4 = 2,6 \text{ Дж.}$$

Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа пробивки – вырубки.

Размер пробиваемого контура отверстий детали «пластина» соответствует размеру пуансона. Изнашивание пуансона приводит к уменьшению этого размера. Поэтому исполнительный размер пуансона должен быть наибольшим предельным.

На рисунке 5 приведена схема расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы и пуансона вырубного штампа.

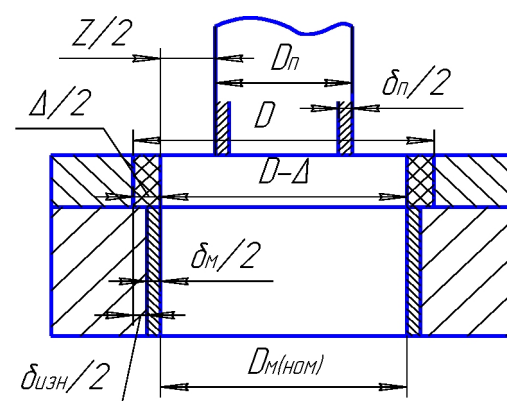


Рисунок 5 – Схема расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы

Допуски на изготовление рабочих частей вырубных пуансонов и матриц тесно связаны с величиной технологического зазора между ними, так как допуски увеличивают размер зазора.

Вырубной пуансон и матрица относятся к сопрягаемым деталям с заданным допуском.

Размеры пуансона и матрицы при пробивке отверстия определяются по следующим формулам для получения изделия с точными внутренними размерами с учетом припуска на износ пуансона [2]:

$$D_n = (d + \Delta)_{-\delta_n}$$

$$D_m = (d + \Delta + z)^{+\delta_m}$$

где: D_n - номинальный размер пуансона;

D_m - номинальный размер матрицы;

d - размер на вырубном контуре;

Δ - припуск на износ матрицы и пуансона;

z - односторонний зазор между матрицей и пуансоном;

δ_n - допуск на изготовление пуансона;

δ_m - допуск на изготовление матрицы.

Допуски на изготовление матрицы и пуансона принимаем по 10 квалитету точности. Допуск на изготовление матрицы и пуансона составляет 0,03 мм. Принимаем при толщине материала 1 мм величину зазора $z = 0,1$ мм.

Рассчитаем исполнительные размеры пуансона и матрицы:

$$\Delta = 0,03 \text{ мм};$$

$$D_{n1} = (6 + 0,03)_{-0,03} = 6,03_{-0,03};$$

$$D_{m1} = (6 + 0,03 + 0,05)^{+0,03} = 6,08^{+0,03};$$

$$D_{n2} = (12 + 0,03)_{-0,03} = 12,03_{-0,03};$$

$$D_{m2} = (12 + 0,03 + 0,05)^{+0,03} = 12,08^{+0,03};$$

Расчет основных деталей штампа на прочность.

Расчет на прочность деталей штампа проведем для пуансона пробивки отверстия внутренним диаметром 6 мм.

Напряжение смятия опорной поверхности головки пуансона $\sigma_{см}$ вычисляют по формуле [2]:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{гол}},$$

где: $\sigma_{см}$ - напряжение смятия, Н/мм²;

P – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;

$F_{\text{гол}}$ – площадь поверхности головки пуансона, мм^2 ;

$\sigma_{\text{см}} = 1000 \text{ Н/мм}^2$ – допускаемое напряжение на смятие.

В данном случае технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, будет равно усилию процесса пробивки-вырубки.

$$P = 48400 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{гол}} = 133 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{48400}{133} = 364 \text{ Н/мм}^2.$$

Так как напряжение на смятие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на смятие, то необходимости использовать стальную прокладку между пуансоном и плитой нет. Но такая прокладка значительно увеличивает срок службы штампа, а стоимость его повышает незначительно, к тому же в данном случае применение дополнительной прокладки обоснованно конструкцией штампа.

Напряжение сжатия пуансона $\sigma_{\text{сж}}$ вычисляют по формуле [2]:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{f} \leq \sigma_{\text{см}}$$

где: P – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;

f – площадь наименьшего сечения пуансона, мм^2 ;

$\sigma_{\text{сж}} = 750 \text{ Н/мм}^2$ – допускаемое напряжение на сжатие.

$$f = 113 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{48400}{113} = 428 \text{ Н/мм}^2 \leq \sigma_{\text{см}} = 750 \text{ Н/мм}^2.$$

Напряжение на сжатие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на сжатие, следовательно, пуансон по прочности проходит.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб l вычисляют по формуле [2]:

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}}$$

где l - длина свободной части пуансона, мм;

E – модуль упругости, Н/ мм²;

J – момент инерции сечения, мм⁴;

n – коэффициент безопасности;

P – усилие процесса пробивки, Н.

$E = 22 \times 10^4$ Н/ мм²;

$J = 1009607.1$ мм⁴ ≈ 101 см⁴;

$n = 2,5$;

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} = 4,43 \sqrt{\frac{220000 \cdot 101}{2,5 \cdot 48400}} = 65 \text{ мм.}$$

Полученная величина больше фактической, следовательно данный пуансон не потеряет устойчивость.

Раздел 3

Гибочные операции.

Задача

Разработать технологический процесс изготовления детали «основание» (рисунок 6).

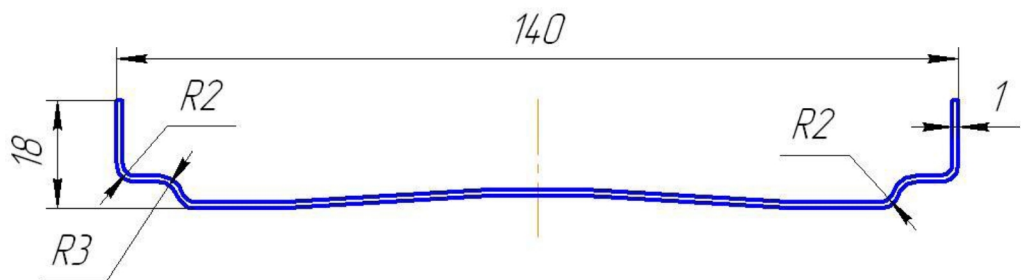


Рисунок 6 – Эскиз детали «основание».

Условие

Разработать технологический процесс изготовления детали «основание» (рисунок).

Выполнить:

1. Анализ технологического процесса и конструктивно - технологический анализ изготовления детали «пластина»;
2. Определение усилия гибки;
3. Определение упругого пружинения при гибке/

Теория

Гибка листового материала осуществляется в результате упругопластической деформации, протекающей различно с каждой из сторон изгибаемой заготовки.

Слои металла внутри угла изгиба (со стороны пуансона) сжимаются и укорачиваются в продольном и растягиваются в поперечном направлении. Наружные слои (со стороны матрицы) растягиваются и удлиняются в продольном и сжимаются в поперечном направлении. Между удлиненными и укороченными слоями (волоками) находится нейтральный слой, длина которого равна первоначальной длине заготовки.

При гибке узких полос происходит сильное искажение поперечного сечения, заключающееся в уменьшении толщины в месте изгиба, уширении внутри угла с образованием поперечной кривизны в сужении с наружной стороны.

В результате утонения материала и искажения формы поперечного сечения нейтральный слой в месте изгиба не проходит посередине сечения, а смещается в сторону малого радиуса.

В большинстве случаев гибка происходит при большой величине деформаций, когда в металле кроме продольных растягивающих и сжимающих напряжений образуются радиальные напряжения сжатия, которые возникают в результате давления крайних слоев металла на внутренние и достигают наибольшей величины у нейтрального слоя.

Решение

Анализ технологического процесса и конструктивно - технологический изготовления детали «пластина».

Радиусы гибки у данной детали больше, чем минимально допустимые радиуса гiba, расположение линии гибки при штамповке данного материала безразлично (вдоль или поперек линии прокатки), так как $r > 0,5S$, гибка происходит только в одном направлении, ребер жесткости на данной детали не предусмотрено, высота отгибаемой полки в 3 раза превосходит толщину детали, т.е. $h=3S$, ширина детали на протяжении всей ее длины постоянная, что удовлетворяет требованиям к конструкции изогнутых листовых деталей.

Из этого следует, что данная деталь «основание» является технологичной и изготавливается операцией гибка.

Определение усилия гибки

Усилие гибки зависит от большого числа факторов, к которым относятся: форма и размеры поперечного сечения заготовки, характеристики механических свойств материала, расстояния между опорами, радиусы скругления пуансона и рабочих кромок матрицы и другие.

Гибка в штампе заканчивается, как правило, приложением дополнительного усилия, в результате чего происходит правка и калибровка изогнутого участка заготовки.

Усилие гибки определяется из равенства внешнего изгибающего момента моменту внутренних сил.

Для гибки усилие определяется по формуле [2]:

$$P_{\text{гиб}} = 2,5 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_b \cdot n$$

где В- ширина полосы, мм;

n – коэффициент.

$$P_{\text{гиб}} = 2,5 \cdot 167,2 \cdot 1 \cdot 200 \cdot 0,21 = 18000 \text{ Н.}$$

Усилие прессы для проведения операции гибка:

$$P_{\text{прессы}} = 1,2 P_{\text{гиб}}$$

$$P_{\text{прессы}} = 1,2 \cdot 18000 = 21600 \text{ Н.}$$

Упругое пружинение при гибке

Упругие деформации (пружинение) следует учитывать при расчете размеров инструмента для гибки. Это позволяет устранить трудоемкие операции ручной правки после штамповки.

Расчет упругого пружинения при гибке П-образных полос проводят по формуле [2]:

$$\text{tg} \beta = 0,75 \frac{l \cdot \sigma_{\text{сп}}}{k \cdot S \cdot E}$$

где: β - угол пружинения (односторонний);

l - расстояние между опорами – губками матрицы;

k - коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя,
равный $k = 1 - x$;

E - модуль упругости материала детали.

Проведем расчет величины упругого пружинения при гибке данной детали:

$$x = 0.46;$$

$$k = 1 - 0.46 = 0.54;$$

$$l = r_m + r_n + 1.25 \cdot S = 3 + 4 + 1.25 \cdot 1.0 = 8.25 \text{ мм};$$

$$\operatorname{tg} \beta = 0.75 \frac{l \cdot \sigma_{cp}}{k \cdot S \cdot E} = 0.75 \frac{167.2 \cdot 160}{0.54 \cdot 1.0 \cdot 220000} = 0.016;$$

$$\beta = \operatorname{arctg} 0.016 = 1.2^\circ.$$

Величина упругого пружинения на радиусегиба детали «основание» равна $1^\circ 12'$ градуса.

Раздел 4

Вытяжные операции.

Задача

Разработать технологический процесс изготовления детали «чашка» (рисунок 7).

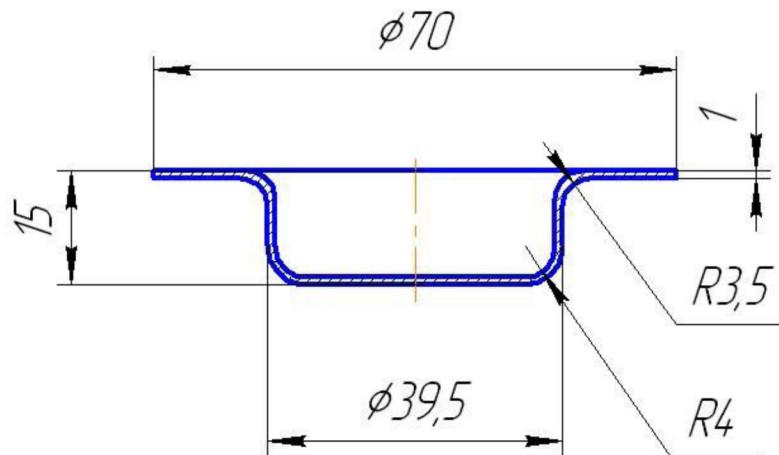


Рисунок 7 – Чертеж деталь «чашка».

Условие

Разработать технологический процесс изготовления детали «чашка» (рисунок).

Выполнить:

1. Анализ технологического процесса и конструктивно - технологический анализ изготовления детали «чашка»;
2. Определение формы и рассчитать размеры заготовки;
3. Расчет усилия процесса вытяжки.
- 4.

Теория

Вытяжка - процесс превращения плоской заготовки в полую деталь любой формы. Производится на вытяжных штампах.

При рассмотрении установившейся стадии заготовку условно можно разбить на пять участков [2]:

- участок фланца;
- участок радиусного перехода матрицы;
- участок свободного деформирования (цилиндрический);
- участок радиусного перехода пуансона;
- участок плоского дна.

В процессе вытяжки можно представить три стадии: начальная, установившаяся и конечная. На начальной стадии вытяжки заготовка деформируется на свободном участке, заключенном между пуансоном и матрицей.

Участок пластической деформации утоняется и упрочняется до тех пор пока возникшие в нем напряжения не будут достаточными, чтобы деформировать или вытягивать фланец заготовки.

С момента охвата пластической деформацией всей заготовки, начинается вторая стадия вытяжки и продолжается до момента достижения процессом наибольшего усилия. На третьей стадии пластической деформацией охвачены только 1 и 2 участки, остальные части заготовки деформируются упруго.

Участки заготовки, при вытяжке меняют свои размеры, 1 и 2 участки уменьшаются за счет увеличения 3 участка.

Решение

Анализ технологического процесса и конструктивно - технологический анализ изготовления детали «чашка».

Деталь «чашка» имеет простую конфигурацию, симметричную круглую форму.

Толщина данной детали составляет 1 мм, радиусы закруглений у донной части равны 1 мм.

При изготовлении данной детали не требуется использование глубоких вытяжек и большого числа операций. Относительная толщина детали находится в интервале 0,01-0,02, поэтому оптимальная величина радиуса закругления должна составлять не менее 4-5 мм, в нашем случае радиус закругления составляет 4 мм, что удовлетворяет требованиям.

На основании этого можно сделать вывод, что деталь «чашка» является технологичной и изготавливается операцией вытяжка.

Определение формы и расчет размеров заготовки.

Заготовкой для получения детали «чашка» является круглая по форме заготовка. Основным условием для определения формы и размеров заготовки для вытяжки является условие постоянства площадей.

Схема для определения размеров заготовки приведена на рисунке 8.

Величина припуска на обрезку составляет 3 мм на диаметр [2].

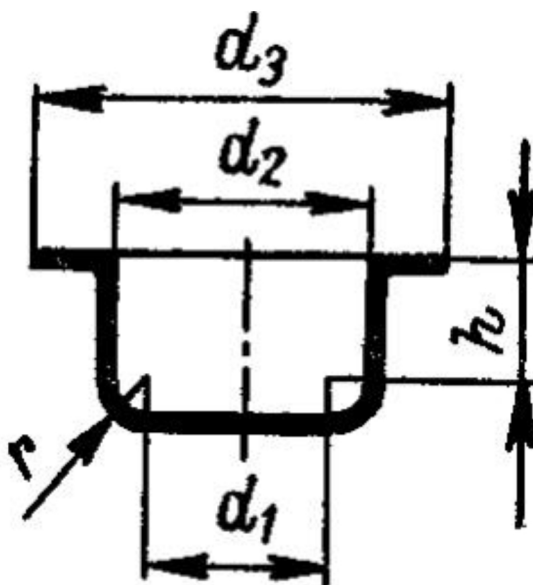


Рисунок 8 - Схема для определения размеров заготовки/

Формула для определения диаметра заготовки имеет вид [2]:

$$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + d_3^2 - d_2^2}$$

$$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + d_3^2 - d_2^2} =$$

$$\sqrt{31,5^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 31,5 + 8 \cdot 4^2 + 4 \cdot 37,5 \cdot 11 + 70^2 - 37,5^2} = 88,3 \text{ мм.}$$

Заготовка для вытяжки детали «чашка» представляет собой круг диаметром 88,3 мм и толщиной 1 мм.

Диаметр заготовки с учетом припуска на обрезку составляет 91,3 мм.

Рассчитаем усилие процесса вытяжки.

Принимая наибольшее допустимое напряжение в опасном сечении σ_ρ = (1,1-1,2) σ_ϵ и используя экспериментальные данные, получаем для определения усилия вытяжки деталей цилиндрической формы практическую формулу [2]:

$$P = \pi d S \sigma_\epsilon$$

где: $\sigma_\epsilon = 330$ МПа;

$d = 70$ мм;

$$P = \pi d_1 S \sigma_\epsilon = 3,14 \cdot 70 \cdot 1 \cdot 330 = 72500 \text{ Н} = 72,5 \text{ кН.}$$

Усилие прижима при вытяжке деталей любой формы определяется по формуле [2]:

$$Q = F_{\text{приж}} q$$

где: q - удельное усилие прижима, для сталей $q = 4$ МПа;

$F_{\text{приж}}$ - площадь части заготовки, зажатой между матрицей и прижимным кольцом.

$$F_{\text{приж}2} = 5287 \text{ мм}^2.$$

$$Q2 = 5287 \cdot 4 = 21000 \text{ Н} = 21 \text{ кН.}$$

Полное усилие вытяжки равно [2]:

$$P = P_p + Q$$

где: P_p - расчетное усилие вытяжки,

Q - усилие прижима.

$$P = P_p + Q = 72,5 + 21 = 93,5 \text{ кН.}$$

Усилие процесса при выборе прессового оборудования выбирается с коэффициентом запаса, равным 1,2.

$$P_{пр} = 1,2 \cdot P = 1,2 \cdot 93,5 = 112,2 \text{ кН.}$$

Работа вытяжки определяется по формуле [1]:

$$A = \frac{P_{cp} h}{S} = \frac{CP_{cp} h}{S}$$

где: h - глубина вытяжки, мм,

C – коэффициент.

$$A = \frac{0,7 \cdot 10000 \cdot 0,015}{1} = 79 \text{ Дж.}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://www.gostedu.ru/30708.html> (ГОСТ 10510-80 - Металлы. Метод испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену)
2. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение, 1971, 782 с.