

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Практические занятия.
Расчёт технологических процессов формообразования
листового материала

Электронные методические указания

САМАРА
2011

Автор-составитель: **Николенко Константин Анатольевич**

Практические занятия. Расчёт технологических процессов формообразования листового материала [Электронный ресурс] : электрон. метод. указ. / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. К. А. Николенко. - Электрон. текстовые и граф. дан. (0,89 Мбайт). - Самара, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

В методических указаниях приведены теоретические сведения, основные определения и формулы для расчета технологических параметров при различных операциях листовой штамповки: разделительных, гибочных, вытяжных и формовочных.

Приведен расчет следующих технологических параметров: расчет формы и размеров заготовки, расчет коэффициента использования материала и выбор рационального раскроя листа на заготовки, расчет силовых параметров процессов, расчеты на прочность рабочих элементов штамповой оснастки.

Предназначены для бакалавров инженерно-технологического факультета, обучающихся по направлению 150700.62 «Машиностроение» по дисциплине «Технология листовой штамповки» на 7 и 8 семестрах.

Подготовлены на кафедре обработки металлов давлением

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

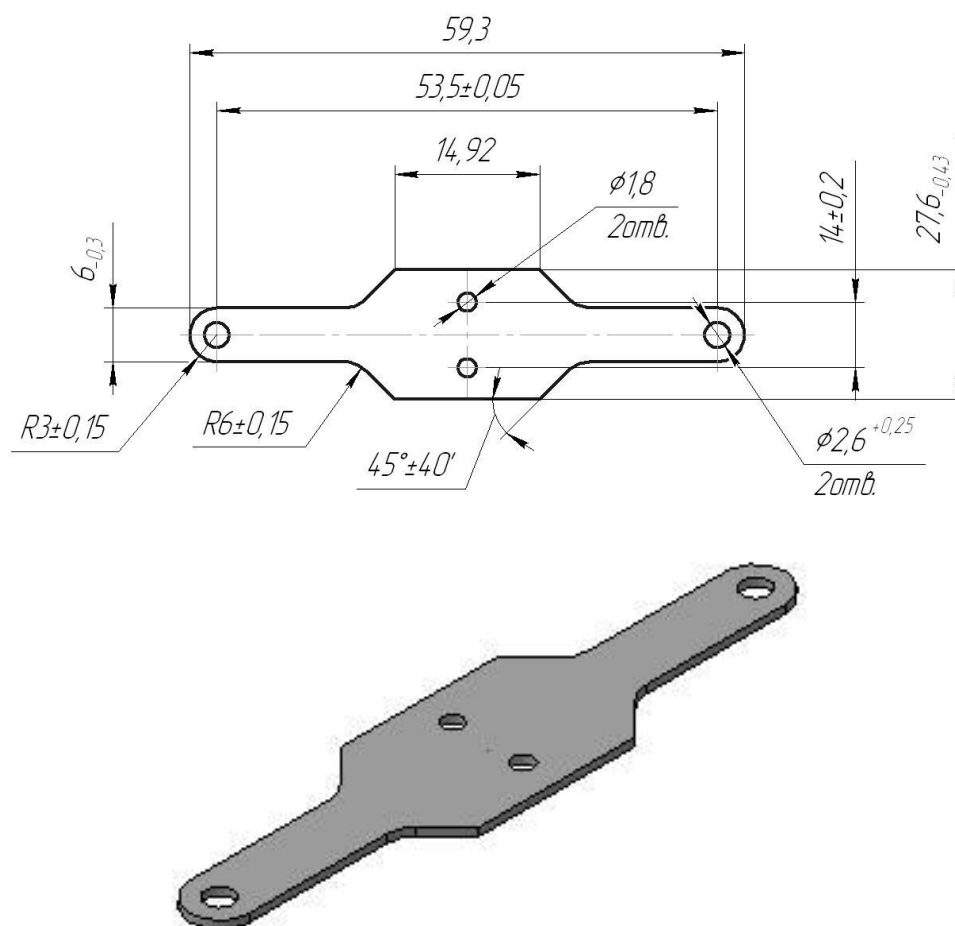
СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операциями «вырубка-пробивка».....	4
Теоретические сведения. Конструктивно-технологический анализ.	4
Силовые параметры процесса.....	6
Основные технологические расчеты.	7
Задача 1.1: Выполнить выбор вида и типа раскроя металла.	
Определение коэффициента использования металла для изготовления детали «пластина»	7
Задача 1.2: Расчет усилия реза листа на полосы.....	10
Задача 1.3: Расчет усилия и работы пробивки для изготовления детали «пластина».	11
Задача 1.4: Расчет усилия и работы вырубки для изготовления детали «пластина».	13
Задача 1.5: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа пробивки - вырубки последовательного действия для изготовления детали «пластина».	13
Задача 1.6: Расчет центра давления штампа пробивки-вырубки для изготовления детали «пластина»	15
Задача 1.7: Расчет основных деталей штампа на прочность.	15
Раздел 2: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операцией «гибка».....	18
Теоретические сведения. Конструктивно-технологический анализ.	19
Установление количества и последовательности операций.	19
Основные технологические расчеты.	19
Задача 2.1: Определение формы и размеров заготовки для детали «скоба».	19

Задача 2.2: Определение усилия гибки.....	21
Задача 2.3: Упругое пружинение при гибке.....	22
Задача 2.4: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа гибки.....	23
Задача 2.5: Центр давления штампа гибки.....	24
Задача 2.6: Расчет на прочность деталей штампа гибки.....	25
Раздел 3: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операцией «вытяжка».....	27
Теоретические сведения. Конструктивно-технологический анализ.	27
Основные технологические расчеты.	28
Задача 3.1: Определение формы и размеров заготовки для детали «чашка».	28
Задача 3.2: Выбор вида и типа раскроя для детали «чашка».	29
Задача 3.3: Определение количества переходов при вытяжке.....	33
Задача 3.4: Усилие резания при вырубке и вытяжке.....	34
Задача 3.5: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа вытяжки.....	35
Задача 3.6: Центр давления штампа вытяжки. Расчет на прочность деталей штампа вытяжки.	37
Раздел 4: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операцией «формовка».....	39
Теоретические сведения. Конструктивно-технологический анализ.	39
Основные технологические расчеты. Определение формы и размеров заготовки.	40
Задача 4.1: Выбор вида и типа раскроя.....	41
Задача 4.2: Определение силовых параметров процесса формовки.....	44
Задача 4.3: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа формовки.....	45
Задача 4.4: Расчет на прочность деталей штампа формовки.....	

Раздел 1: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операциями «вырубка-пробивка».

Выполнить основные технологические расчеты, необходимые для изготовления детали «пластина» (рисунок 1).



Материал: сталь 30ХГСА ГОСТ 5264-80; Толщина материала S= 0,8 мм.

Рисунок 1 - Деталь «пластина».

Теоретические сведения.

Конструктивно-технологический анализ.

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. 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.

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) радиус закругления в цельной матрице углов сопряжения в углах внутреннего контура равен 3 мм, что больше чем половина толщины материала;

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

4) наименьший размер пробиваемых отверстий равен 1 мм (в нашем случае 2,6 мм);

5) 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 четырех отверстий осуществляются в штампе совмещенного действия.

Силовые параметры процесса.

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 прессы 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.

Основные технологические расчеты.

Задача 1.1: Выполнить выбор вида и типа раскроя металла.

Определение коэффициента использования металла для изготовления детали «пластина» (рисунок 1).

Коэффициент использования металла определяем по формуле:

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

где: B - ширина листа, мм;

L - длина листа, мм;

F - площадь детали без отверстий, мм^2 ;

n - количество деталей, получаемых из листа.

Для толщины материала $S = 0,8$ мм величина перемычек при вырубке контура детали: $a=1,2$ мм, $b=1,2$ мм.

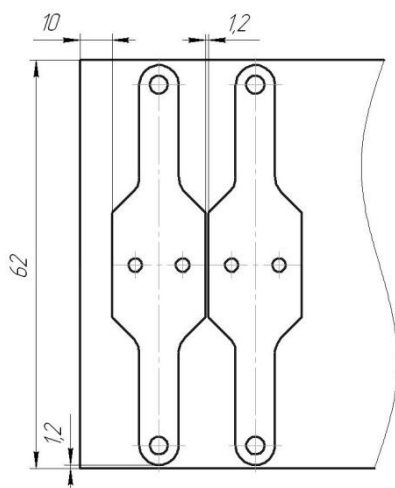


Рисунок 2 – Схема однорядного раскроя полосы.

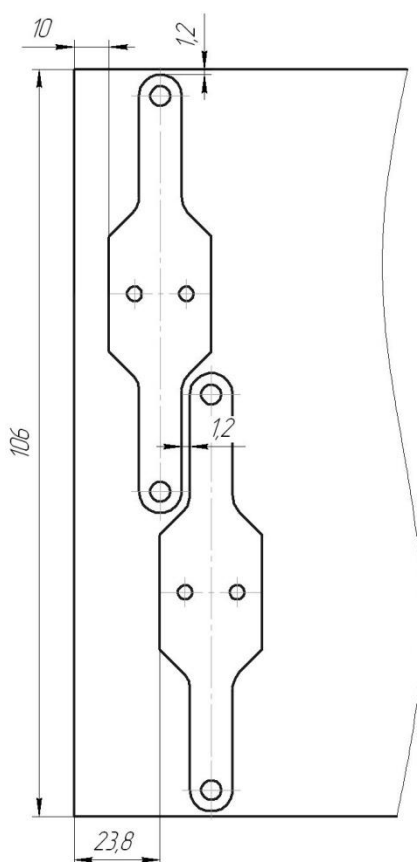


Рисунок 3 – Схема шахматного раскроя полосы.

Рассмотрим раскрой вдоль и поперек листа.

Ширина полосы определяется по формуле:

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

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

l - размер вырезаемой детали,

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

$$B_{\Pi} = 59,3 + 2(1,2 - 0,4) + 1,0 = 61,9 \text{ мм},$$

Принимаем ширину полосы $B_{\Pi} = 62 \text{ мм}$.

Площадь детали:

$$F = 494,3 \approx 495 \text{ мм}^2$$

По номенклатуре листов цеха выбираем 3 типоразмера листов для расчета оптимального вида раскроя. Сведения об используемых листах приведены в таблице 1.

Рассчитываем количество полос в листе при однорядном (с наибольшим КИМ) раскрое листа на полосы (рисунок 2).

$$N = \frac{B}{B_n} = \frac{1000}{62} = 16,$$

Шаг подачи определяется из выражения

$$t = l_1 + a = 27,6 + 1,2 = 28,8 \text{ мм}$$

Определяем количество заготовок в полосе:

$$n_{\Pi} = \frac{L}{t} = \frac{3000}{28,8} = 104,$$

Определяем количество заготовок в листе

$$N_{\text{л}} = N_{\Pi} \cdot n_{\Pi} = 16 \cdot 104 = 1664,$$

Рассчитываем КИМ:

$$\text{КИМ} = \frac{495 \cdot 1664}{1000 \cdot 3000} 100\% = 82 \%;$$

Данные по раскрою листа на заготовки и результаты расчета КИМ сведем в таблицу 1.

Таблица 1 - Коэффициенты использования металла.

Размеры листа В*L, мм * мм	Вид раскроя	Вп	Нп	пп	Нл	Ким, %
700*3000	Однор.	62	11	104	1144	78,6
	Шахмат.	106	6	186	1116	80
850*3000	Однор.	62	13	104	1352	80,3
	Шахмат.	106	8	186	1388	81,2
1000*3000	Однор.	62	16	104	1664	82
	Шахмат.	106	9	186	1654	81,7

Сравнивая коэффициенты использования материала, выбираем лист с наибольшим КИМ.

Это лист с размерами 1000*3000 с КИМ = 82 %.

Задача 1.2: 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 30ХГСА:

$$\sigma_{cp} = (0.6-0.8)\sigma_B = 0,7 \cdot 800 \text{ МПа} = 560 \text{ МПа.}$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0.8^2 \cdot 560}{\text{tg} 30^\circ} = 3450 \text{ Н.}$$

Задача 1.3: Расчет усилия и работы пробивки для изготовления детали «пластина» (рисунок 1).

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

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

$$P_{\pi} = K \sigma_{cp} L S,$$

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

L – периметр отделяемого от полосы контура,

S – толщина штампуемого материала, мм.

$$L = (5,7 + 8,1) \cdot 2 = 27,6 \text{ мм.}$$

$$P_{\pi} = 1,25 \cdot 560 \cdot 27,6 \cdot 0,8 = 15400 \text{ Н} = 15400 \text{ кН.}$$

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

$$K_{\pi p} = 0,08,$$

$K_{ch} = 0,12$ – определяется в зависимости от типа штампа и толщины материала.

$$P_{\pi p} = K_{\pi p} P_{\pi} = 0,08 \cdot 15,4 = 1,23 \text{ кН.}$$

$$P_{ch} = K_{ch} P_{\pi} = 0,12 \cdot 15,4 = 1,85 \text{ кН.}$$

$$P_{\text{общ}} = P_{\pi} + P_{ch} + P_{\pi p} = 15,4 + 1,85 + 1,23 = 18,5 \text{ кН.}$$

Работа деформации определяется по формуле:

$$A = P_{cp} h_p.$$

Рассчитаем работу процесса пробивки:

$$A = P_{cp} h_p = 18,5 \cdot 0,65 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ Дж.}$$

Задача 1.4: Расчет усилия и работы вырубки для изготовления детали «пластина» (рисунок 1).

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

$$P_v = K \sigma_{cp} L S,$$

$$L = 131,3 \text{ мм.}$$

$$P_v = 1,25 \cdot 560 \cdot 131,3 \cdot 0,8 = 73500 \text{ Н} = 73,5 \text{ кН.}$$

Работа деформации определяется по формуле:

$$A = P_{cp} h_p.$$

Рассчитаем работу процесса вырубки:

$$A = P_{cp} h_p = 73,5 \cdot 0,65 \cdot 0,8 = 38,2 \text{ Дж.}$$

Задача 1.5: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа пробивки - вырубки последовательного действия для изготовления детали «пластина» (рисунок 1).

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 4 приведена схема расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы и пуансона вырубного штампа.

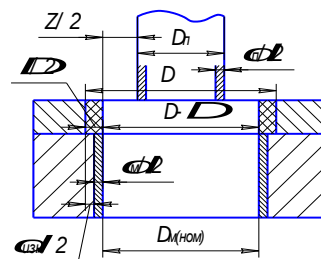


Рисунок 4 – Схема расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы при вырубке отверстия в детали «пластина».

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:

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

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

где: D_n - номинальный размер пуансона;

D_m - номинальный размер матрицы;

d - размер на вырубаемом 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 качеству точности. Допуск на изготовление матрицы и пуансона составляет 0,03 мм. Принимаем при толщине материала 0,8 мм величину зазора $z = 0,1$ мм.

Рассчитаем исполнительные размеры пуансона и матрицы:

$$\Delta = 0,03 \text{ мм};$$

$$D_{n1} = (1,8 + 0,03)_{-0,03} = 1,83_{-0,03};$$

$$D_{m1} = (1,8 + 0,03 + 0,05)^{+0,03} = 1,88^{+0,03};$$

$$D_{n1} = (2,6 + 0,03)_{-0,03} = 2,63_{-0,03};$$

$$D_{m1} = (2,6 + 0,03 + 0,05)^{+0,03} = 2,68^{+0,03}.$$

Задача 1.6: Расчет центра давления штампа пробивки-вырубки для изготовления детали «пластина» (рисунок 1).

Для правильной уравновешенной работы штампа необходимо вырезаемый контур детали расположить на матрице таким образом, чтобы центр давления совпадал с осью хвостовика. В противном случае в штампе возникают перекосы, несимметричность зазоров, износ направляющих, быстрое притупление режущих кромок, а возможно, и поломку штампа.

Так как данная деталь «пластина» симметричная, то центр давления штампа пробивки-вырубки данной детали расположен в центре.

Центр давления штампа показан на рисунке 5.

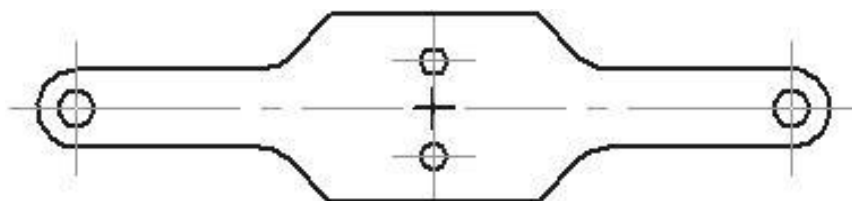


Рисунок 5 – Расположение центра давления штампа детали «пластина».

Задача 1.7: Расчет основных деталей штампа на прочность.

Расчет на прочность деталей штампа проведем для пуансона пробивки отверстия диаметром 1,8 мм.

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

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{гол}},$$

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

P – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;

F_{гол} – площадь поверхности головки пуансона, мм²;

$\sigma_{см} = 100$ Н/мм² – допускаемое напряжение на смятие.

Технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, будет равно усилию процесса пробивки данного отверстия.

$$P = 2180 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{гол}} = 28,26 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2180}{28,26} = 77,1 \text{ Н/мм}^2.$$

Так как напряжение на смятие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на смятие, то нет необходимости использовать стальную прокладку между пуансоном и верхней плитой.

Такая прокладка значительно увеличивает срок службы штампа, а стоимость его повышает незначительно.

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

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

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

f – площадь наименьшего сечения пуансона, мм²;

$\sigma_{\text{сж}}^{\text{доп}} = 160 \text{ Н/мм}^2$ – допускаемое напряжение на смятие.

$$f = 12,54 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{2180}{12,54 \cdot 2} = 86,9 \text{ Н/мм}^2 \leq \sigma_{\text{см}}^{\text{доп}} = 160 \text{ Н/мм}^2.$$

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

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

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

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;

$J = 1309607.1$ мм⁴ ≈ 131 см⁴;

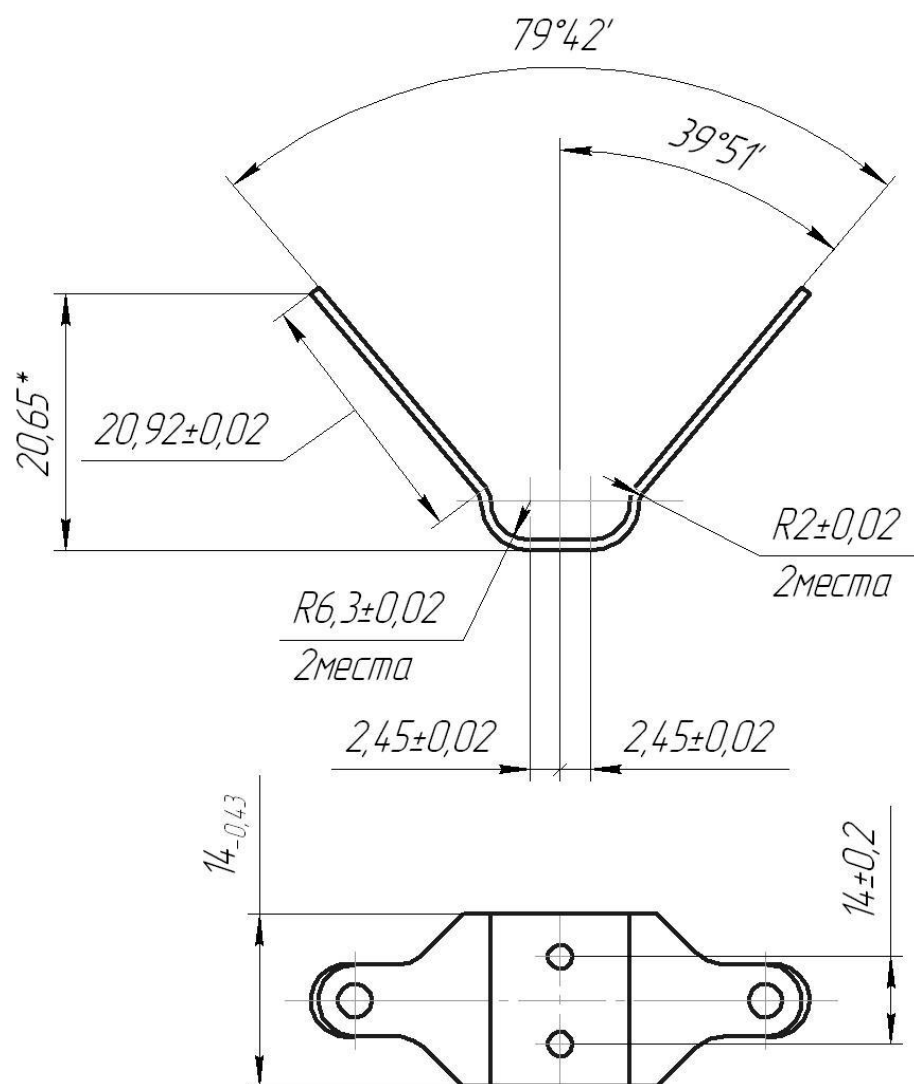
$n = 2,5$;

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} = 4,43 \sqrt{\frac{220000 \cdot 131}{2,5 \cdot 2180}} = 82 \text{ мм.}$$

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

Раздел 2: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операциями «гибка».

Выполнить основные технологические расчеты, необходимые для изготовления детали «скоба» (рисунок 6).



Материал: сталь 30ХГСА ГОСТ 11268-76; Толщина материала $S = 0,8$ мм.

Рисунок 6 – Эскиз детали «скоба».

Теоретические сведения.

Конструктивно-технологический анализ.

Деталь «скоба» изготавливается из стали 30ХГСА ГОСТ 5632-72.

Деталь изготавливается из листовой заготовки толщиной $S=0,8$ мм.

Радиусы гибки у данной детали больше, чем минимально допустимые радиусагиба листовых деталей. Расположение линии гибки при штамповке данного материала безразлично (вдоль или поперек линии прокатки), т.к. $r>S$. Наименьшая высота отгибаемой полки более чем в 3 раза превосходит толщину детали, т.е. $h\geq S$, что удовлетворяет требованиям к конструкции изогнутых листовых деталей.

Из этого следует, что данная деталь «скоба» является технологичной и может быть изготовлена операцией гибка.

Установление количества и последовательности операций.

При построении процессов листовой штамповки следует решить основные технологические вопросы: установить характер, количество, последовательность и совмещенность операций холодной штамповки.

Последовательность операций для изготовления детали «скоба»:

- Зачистка заусенцев на предварительно вырубленной заготовке;
- Гибка;
- Контроль.

Основные технологические расчеты.

Задача 2.1: Определение формы и размеров заготовки для детали «скоба».

Заготовкой для гибки данной детали является предварительно вырубленная заготовка, рассмотренная в разделе 1.

Для определения правильности размеров проведем расчет заготовки теоретическим путем.

Определение размеров заготовки (развертки) для деталей, изготавливаемых гибкой, производится по нейтральному слою, длина которого до и после деформации остается неизменной.

Для тонких материалов ($S < 2$ мм) при расчетах условно принимается, что нейтральным слоем проходит посередине сечения заготовки.

Радиус нейтрального слоя в изогнутом участке при $\rho = 90^\circ$ определяется по формуле:

$$l_n = \frac{\pi}{2}(r + xs) = 1,57(r + xs);$$

l_n – длина нейтрального слоя изогнутого участка;

r – радиусгиба;

s – толщина материала;

x – коэффициент, учитывающий положение нейтрального слоя.

Длина нейтрального слоя на участке радиусного закругления равна:

$$l_n = \frac{\pi}{2}(3,15 + 0,5 \cdot 0,8) = 6,28 \text{ мм.}$$

Длину заготовки при двухугловой гибке рассчитывают по формуле:

$$L = l_1 + l_2 + 2l_n,$$

где: l_1, l_2 – длины прямолинейных участков.

Рассчитаем длину заготовки:

$$L = 20,92 + 20,92 + 2,45 + 2,45 + 2 \cdot 5,6 = 59,3 \text{ мм.}$$

Эскиз заготовки представлен на рисунке 7.

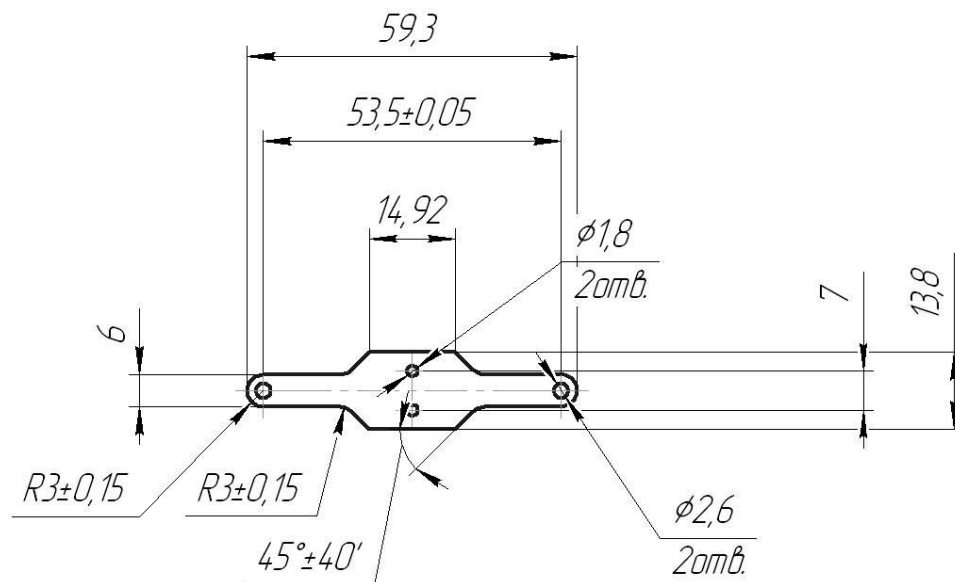


Рисунок 7 – Эскиз заготовки.

Таким образом: $L_{\text{заг}} = 57,9$ мм, $B_{\text{заг}} = 14$ мм.

Задача 2.2: 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:

$$P = \frac{B \cdot S^2}{l} \sigma_b n, \quad (3.35)$$

где: B - ширина полосы, мм;

l – расстояние между опорами, мм;

n – показатель упрочнения, для стали 30ХГСА $n=2,8$.

Тогда:

$$P = \frac{13.8 \cdot 0.8^2}{12.7} 650 \cdot 2.8 = 1300 \text{ Н.}$$

Общее усилие гибки:

$$P = 1.2 P_{\text{гиб}}, \quad (3.36)$$

$$P = 1.2 P_{\text{гиб}} = 1.2 \cdot 1300 = 1560 \text{ Н.}$$

Задача 2.3: 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:

$$\operatorname{tg} \beta = 0.75 \frac{l \cdot \sigma_{\text{сп}}}{k \cdot S \cdot E}, \quad (3.37)$$

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:

$$x = 0.46;$$

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

$$l = r_m + r_n + 1.25 \cdot S = 11.1 + 12.7 + 1.25 \cdot 0.8 = 24.8 \text{ мм};$$

$$\operatorname{tg} \beta = 0.375 \frac{l \cdot \sigma_{\text{сп}}}{k \cdot S \cdot E} = 0.75 \frac{24.8 \cdot 450}{0.54 \cdot 0.8 \cdot 220000} = 0.0088;$$

$$\beta = \arctg 0.0088 = 0.8^\circ.$$

Величина упругого пружинения детали «скоба» равна $0^\circ 48'$ градуса.

По техническому условию на данную деталь непараллельность вертикальных участков детали не должна превышать 2 градусов, поэтому величина упругого пружинения их при гибке является допустимой.

Задача 2.4: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа гибки.

На рисунке 8 приведены схемы расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы и пуансона гибочного штампа.



Рисунок 8 – Схемы расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы и пуансона при гибке детали «скоба».

Для детали «скоба» по техническим условиям требуется выдержать внутренний размер.

Размеры пуансона и матрицы при гибке определяются по следующим формулам для получения изделия с учетом припуска на износ пуансона:

$$B_n = (B_n + \Delta')_{-\delta_n} = (B_n + 0,2\Delta)_{-\delta_n},$$

$$B_m = (B_n + \Delta' + 2z_g)^{+\delta_m} = (B_n + 0,2\Delta + 2z_g)^{+\delta_m},$$

где: B_n - исполнительный размер пуансона, мм;

B_m - исполнительный размер матрицы, мм;

B_n - номинальный размер, мм;

Δ - поле допуска на изготовление изделия; $\Delta = 0,2$;

Δ' - припуск на износ матрицы и пуансона, мм;

$z_{\text{с}}$ - односторонний зазор между матрицей и пуансоном, мм;

δ_n - допуск на изготовление пуансона, мм;

δ_m - допуск на изготовление матрицы, мм.

Допуски на изготовление матрицы и пуансона принимаем по 10 квалитету точности. Допуск на изготовление матрицы составляет 0,02 мм и пуансона 0,012 мм.

Рассчитаем исполнительные размеры пуансона и матрицы (допуск на изготовление изделия по внутреннему контуру).

$$B_n = (11,1 + 0,02 \cdot 2)_{-0,012} = 11,104_{-0,012} \text{ мм};$$

$$B_m = (11,1 + 0,02 \cdot 2 + 2 \cdot 0,1)^{+0,02} = 11,34^{+0,02} \text{ мм}.$$

Задача 2.5: Центр давления штампа гибки.

Принцип определения центра давления штампа гибки точно такой же, как и для детали «пластина», получаемой операцией вырубка (раздел 1).

Так как деталь «скоба» имеет две оси симметрии, то центр давления штампа располагается на середине данных осей.

Центр давления штампа показан на рисунке 9.

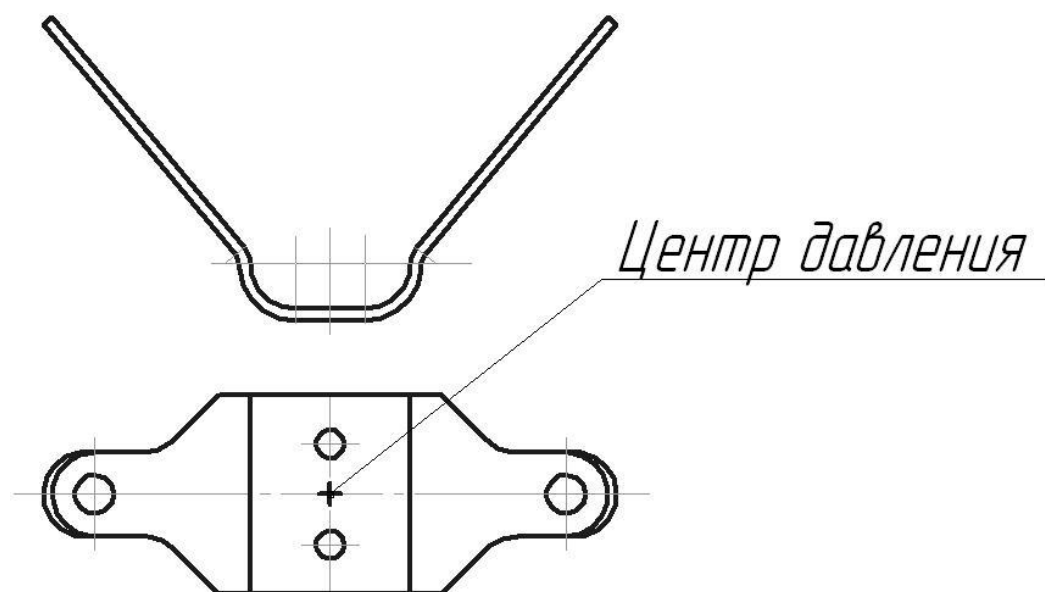


Рисунок 9 – Расположение центра давления штампа детали «скоба».

Задача 2.6: Расчет на прочность деталей штампа гибки.

Напряжение смятия опорной поверхности головки пуансона для штампа гибки $\sigma_{см}$ вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки (задача 1.1).

Рассчитаем это напряжение.

В данном случае технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, будет равно усилию процесса гибки.

$$P = 1560 \text{ Н.}$$

$$F_{гол} = 960 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{см} = \frac{1560}{960} = 1,625 \text{ Н/мм}^2 = 16,25 \text{ МПа.}$$

Напряжение на смятие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на смятие, но не смотря на это для повышения надежности и стойкости штампа используем подкладную плиту.

Напряжение пуансона на сжатие для штампа гибки $\sigma_{см}$ вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки.

Рассчитаем это напряжение.

$$f = 224 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{см} = \frac{1560}{444} = 3,5 \text{ Н/мм}^2 = 35 \text{ МПа.}$$

Напряжение на сжатие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на сжатие.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб l вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки:

$$J = 2563,1 \text{ мм}^4;$$

$$n = 2,5;$$

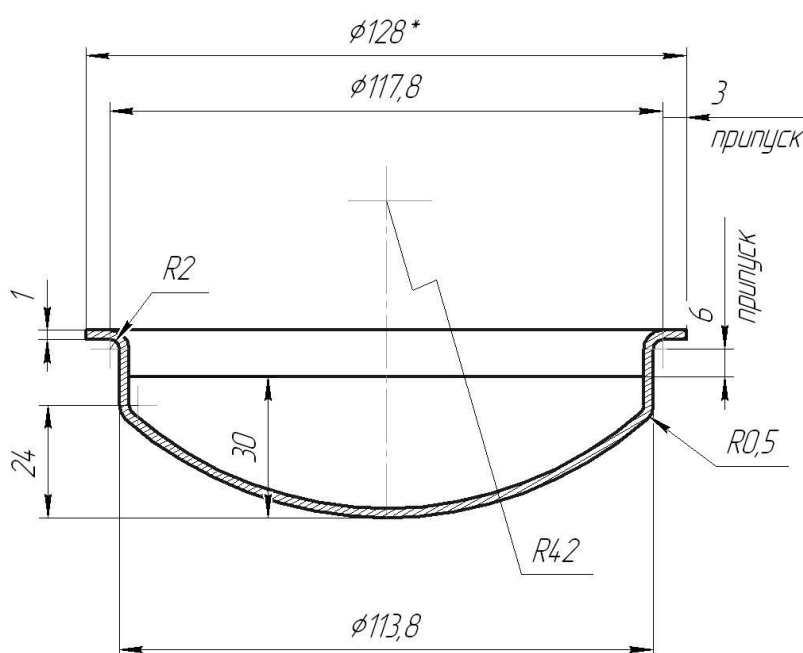
$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} = 4,43 \sqrt{\frac{220000 \cdot 2563,1}{2,5 \cdot 1560}} = 37 \text{ мм.}$$

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

Раздел 3: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операций «вытяжка».

Выполнить основные технологические расчеты, необходимые для изготовления детали «чашка» (рисунок 6).

Деталь «чашка» изготавливается из стали 03X18H9T. Деталь изготавливается из листовой заготовки толщиной $S=1$ мм. Эскиз детали представлен на рисунке 10.



Деталь «скоба» изготавливается из стали 30ХГСА ГОСТ 5632-72.

Рисунок 10 – Эскиз деталь «чашка».

Теоретические сведения.

Конструктивно-технологический анализ.

Деталь «чашка» имеет простую конфигурацию, симметричную круглую форму. Толщина данной детали составляет 1 мм, радиусы закруглений у донной части равны 0,5 мм. При изготовлении данной детали нам не требуется использование глубоких вытяжек и большого числа операций.

Из этого следует, что деталь «чашка» является технологичной и изготавливается операцией вытяжка.

Установление количества и последовательности операций.

Последовательность операций для изготовления детали «чашка»:

- Резка листа на полосы;
- Вырубка наружного контура;
- Вытяжка;
- Отрезка припуска;
- Зачистка заусенцев;
- Контроль ШВК и щупом.

Основные технологические расчеты.

Задача 3.1: Определение формы и размеров заготовки для детали «чашка».

Заготовкой для получения детали «чашка» является круглая по форме заготовка.

Для расчета площади заготовки условно разобьем ее на несколько элементов, показанных на рисунке 11.

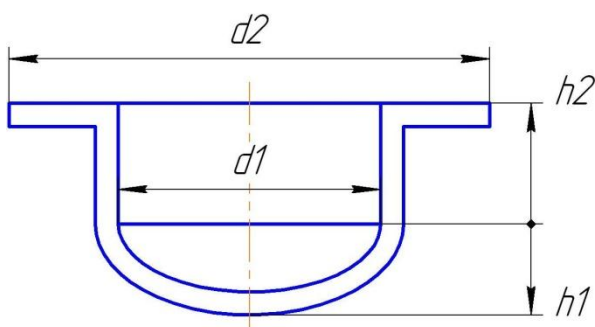


Рисунок 11 – Схема для расчета площади заготовки.

Формула для определения диаметра заготовки имеет вид:

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)},$$

$$D = \sqrt{117,8^2 + 4(24^2 + 111,8 \cdot 12)} = 129,4 \text{ мм.}$$

Заготовка для вытяжки детали «чашка» с учетом припусков на обрезку (3 мм) представляет собой круг диаметром 135,4 мм и толщиной 1 мм.

Задача 3.2: Выбор вида и типа раскроя для детали «чашка».

Оптимальность выбранного типа раскроя характеризуется коэффициентом использования материала.

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

где: В - ширина листа, мм;

L - длина листа, мм;

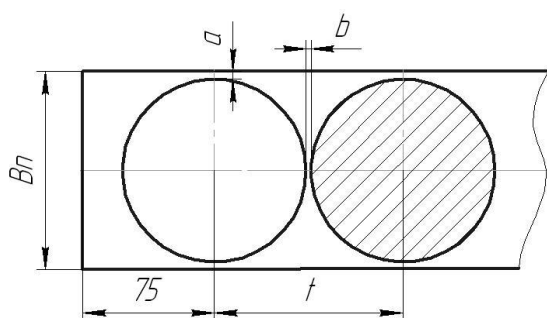
F=1690 мм² – площадь заготовки, мм²;

n - количество деталей, получаемых из листа.

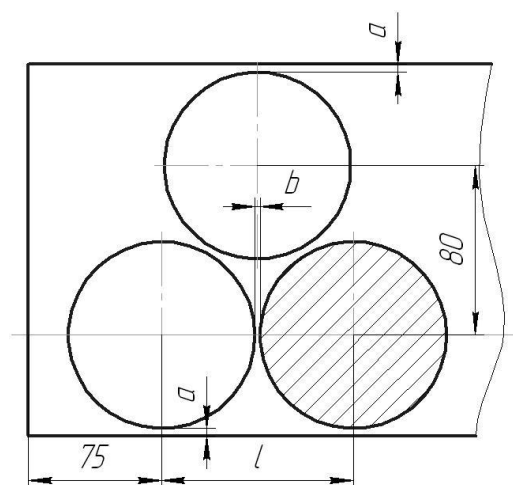
Размеры листа 1000х3000х0,5; 1200х3000х0,5; 1500х3000х0,5 мм.

Для толщины материала S = 1 мм величина перемычек при вырубке контура детали: a=1,5 мм, b=1,5 мм, L-размер вырезаемой детали.

Выбираем 2 вида раскроя детали в полосе. При однорядном раскрое полосы (рисунок 12 а) и при шахматном двухрядном раскрое полосы (рисунок 12 б).



а)



б)

а) – однорядный раскрой; б) – шахматный раскрой

Рисунок 12 – Схема раскроя полосы.

Ширина полосы для однорядного раскроя определяется по формуле:

$$B_{\text{п}} = L + 2(b + \Delta_{\text{ш}}) + z,$$

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

L - размер вырезаемой детали, мм;

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

$$B_{\text{п}} = 135,4 + 2(1,5 - 0,4) + 1,2 = 138,8 \text{ мм};$$

Принимаем ширину полосы $B_{\text{п}} = 139 \text{ мм}$.

Рассчитываем количество полос в листе при однорядном раскрое листа на полосы (рисунок 12а):

$$N = \frac{B}{B_{\text{п}}} = \frac{1000}{139} = 7$$

Шаг подачи определяется из выражения:

$$t = L_1 + a = 135,4 + 1,5 = 136,9 \text{ мм}.$$

Определяем количество заготовок в полосе:

$$n_{\text{п}} = \frac{L}{t} = \frac{3000}{136,9} = 21$$

Определяем количество заготовок в листе:

$$N_{\text{л}} = N_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}} = 7 \cdot 21 = 147$$

Рассчитываем КИМ:

$$\text{КИМ} = \frac{14390 \cdot 147}{1000 \cdot 3000} 100\% = 70,5 \%$$

Ширина полосы для двухрядного шахматного раскроя определяется по формуле:

$$B_{\text{п}} = 80 + (r + a) + z,$$

где: a - величина перемычек при вырубке контура детали;

r - радиус вырезаемой детали,

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

$$B_{\text{п}} = 80 + (135,4 + 1,5) + 1,2 = 218,1 \text{ мм},$$

Принимаем ширину полосы $B_{\text{п}} = 218,1 \text{ мм}$.

Рассчитываем количество полос в листе при раскрое листа на полосы (рисунок 12б):

$$N = \frac{B}{B_{\text{п}}} = \frac{1200}{218,1} = 5,$$

Шаг подачи определяется из выражения:

$$t = \frac{L}{2} = \frac{135,4}{2} = 67,7 \text{ мм}.$$

Определяем количество заготовок в полосе:

$$n_{\text{п}} = \frac{L}{t} = \frac{3000}{67,7} = 36$$

Определяем количество заготовок в листе:

$$N_{\text{л}} = N_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}} = 5 \cdot 36 = 180$$

Рассчитываем КИМ:

$$\text{КИМ} = \frac{14390 \cdot 180}{1200 \cdot 3000} 100\% = 70 \%;$$

Данные по раскрою листа на заготовки и результаты расчета КИМ сведем в таблицу 2.

Таблица 2 - Коэффициенты использования металла

Размеры листа ВхLхS, мм	Вид раскроя	Nп	пп	Nл	КИМ, %
1000х3000х1	а	7	21	147	70,5
	б	4	36	144	68,5
1200х3000х1	а	8	21	168	69
	б	5	36	180	70
1500х3000х1	а	11	21	231	69,5
	б	6	36	216	67

Сравнивая коэффициенты использования материала, выбираем лист с наибольшим КИМ.

Это лист с размерами 1000х3000х1 мм при однорядном типе раскроя с КИМ = 70,5%.

Это более простой вариант раскроя листа по сравнению с шахматным раскроем при одинаковом КИМ.

Задача 3.3: Определение количества переходов при вытяжке.

Для определения количества переходов при вытяжке детали «чашка» необходимо определить относительную толщину детали по формуле:

$$\frac{S}{D} \cdot 100\%$$

где: S - толщина заготовки;

D - диаметр заготовки.

Рассчитаем относительную толщину детали:

$$\frac{S}{D} = \frac{1}{135.4} \cdot 100\% = 0,7\%.$$

Коэффициент вытяжки определяется по формуле:

$$m = \frac{d}{D},$$

Рассчитаем коэффициент вытяжки:

$$m_1 = \frac{113.8}{135.4} = 0,84.$$

При данном отношении $\frac{d}{D}$ и относительной толщине детали 0,007 наименьший коэффициент вытяжки равен 0,5 - 0,53, а следовательно данную деталь получить можно в один переход.

Задача 3.4: Усилие резания при вырубке и вытяжке.

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

$$P_v = K\sigma_{cp}LS,$$

где $L = 425$ мм,

$$P_v = 1,25 \cdot 230 \cdot 425 \cdot 1 = 122000 \text{ Н} = 122 \text{ кН}.$$

Работа деформации определяется по формуле:

$$A = P_{cp} h_p,$$

Рассчитаем работу процесса вырубki:

$$A = P_{cp} h_p = 122 \cdot 0,65 \cdot 1 = 79 \text{ Дж}.$$

Принимая наибольшее допустимое напряжение в опасном сечении $\sigma_\rho = (1,1-1,2)\sigma_\sigma$ и используя экспериментальные данные, получаем для определения усилия вытяжки деталей цилиндрической формы, практическую формулу:

$$P = \pi d S \sigma_\sigma,$$

где: $\sigma_\sigma = 360$ МПа;

$$d = 113,8 \text{ мм};$$

$$P = \pi d S \sigma_b = 3,14 \cdot 113,8 \cdot 1 \cdot 500 = 179000 \text{ Н} = 179 \text{ кН}.$$

Усилие прижима при вытяжке деталей любой формы определяется по формуле:

$$Q = F_{\text{приж}} q,$$

где: q - удельное усилие прижима, для сталей $q = 5 \text{ МПа}$;

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

$$F_{\text{приж}} = 7640 \text{ мм}^2.$$

$$Q = 7640 \cdot 5 = 38000 \text{ Н} = 38 \text{ кН}.$$

Полное усилие вытяжки равно:

$$P = P_p + Q,$$

где: P_p - расчетное усилие вытяжки,

Q - усилие прижима.

$$P = P_p + Q = 179 + 38 = 217 \text{ кН}.$$

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

$$P_{\text{пр}} = 1,2P = 1,2 \cdot 217 = 260,4 \text{ кН}.$$

Работа вытяжки определяется по формуле:

$$A = \frac{P_{\text{ср}} h}{S} = \frac{C P_{\text{ср}} h}{S},$$

где: h - глубина вытяжки, мм,

C – коэффициент.

$$A = \frac{0,7 \cdot 260400 \cdot 0,03}{1} = 54 \text{ Дж}.$$

Задача 3.5: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа вытяжки.

На рисунке 13, а и 13, б приведена схема расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы и пуансона вытяжного штампа для

двух возможных случаев сопряжения деталей – по наружному (а) и по внутреннему (б) контуру. Данные детали по техническим условиям требуют выдержать наружный размер.

Размеры пуансона и матрицы при вытяжке определяются по следующим формулам для получения изделия с учетом припуска на износ пуансона:

$$D_n = (D_n - \Delta - z_{\text{в}})_{-\delta_n},$$

$$D_m = (D_n - \Delta)^{+\delta_m},$$

где: D_n - исполнительный размер пуансона, мм;

D_m - исполнительный размер матрицы, мм;

B_n - номинальный размер, мм;

Δ - поле допуска на изготовление изделия; $\Delta = 0,2$;

$z_{\text{в}}$ - односторонний зазор между матрицей и пуансоном, мм;

δ_n - допуск на изготовление пуансона, мм;

δ_m - допуск на изготовление матрицы, мм.

$\delta_{\text{дет}}$ - допуск на изготовление детали, мм.

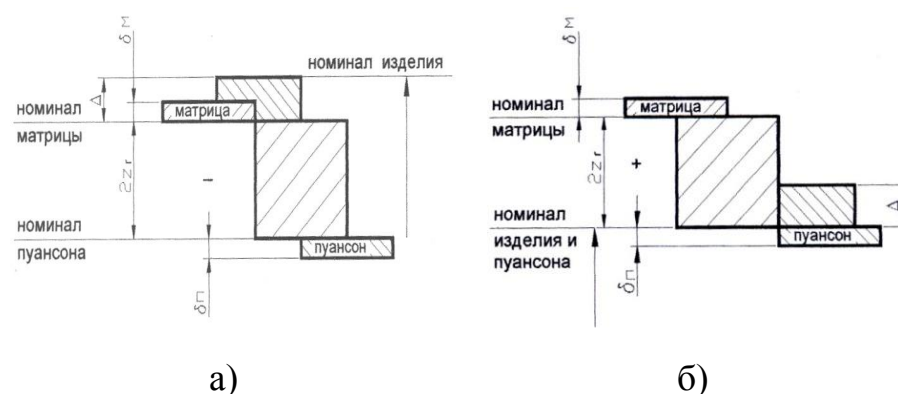


Рисунок 13 – Схема расположения полей допусков на исполнительные размеры матрицы и пуансона при вытяжке детали «чашка» для двух возможных случаев сопряжения деталей – по наружному (а) и по внутреннему (б) контуру.

Допуски на изготовление матрицы и пуансона принимаем по 10 квалитету точности. Допуск на изготовление матрицы составляет 0,07 мм и пуансона 0,04 мм. Допуск на изготовление данной детали составляет 0,2 мм.

Рассчитаем исполнительные размеры пуансона и матрицы (допуск на изготовление изделия по внешнему контуру).

Для детали «чашка»:

$$D_n = (111,8 - 0,2 - 0,1)_{-0,04} = 111,5_{-0,04} \text{ мм};$$

$$D_m = (111,8 - 0,2)^{+0,07} = 111,6^{+0,07} \text{ мм}.$$

Задача 3.6: Центр давления штампа вытяжки. Расчет на прочность деталей штампа вытяжки.

Принцип определения центра давления штампа вытяжки аналогичен штампу пробивки-вырубки (раздел 1).

Так как данная деталь «чашка» имеет две оси симметрии, то центр давления штампа располагается в геометрическом центре детали.

Напряжение смятия опорной поверхности головки пуансона для штампа вытяжки $\sigma_{см}$ вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки (раздел 1).

Рассчитаем это напряжение.

В данном случае технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, будет равно усилию процесса вытяжки.

$$P = 260400 \text{ Н}.$$

$$F_{гол} = 15640 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{см} = \frac{260400}{15640} = 16,6 \text{ Н/мм}^2.$$

Напряжение на смятие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на смятие.

Расчет пуансона на сжатие.

Напряжение пуансона на сжатие для штампа вытяжки $\sigma_{см}$ вычисляют аналогично штампу вырубки.

Рассчитаем это напряжение.

$$f = 14390 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{см} = \frac{260400}{14390} = 18,1 \text{ Н/мм}^2.$$

Напряжение на сжатие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на сжатие.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб l вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки (задача 1.1):

$$J = 586,4 \text{ см}^4;$$

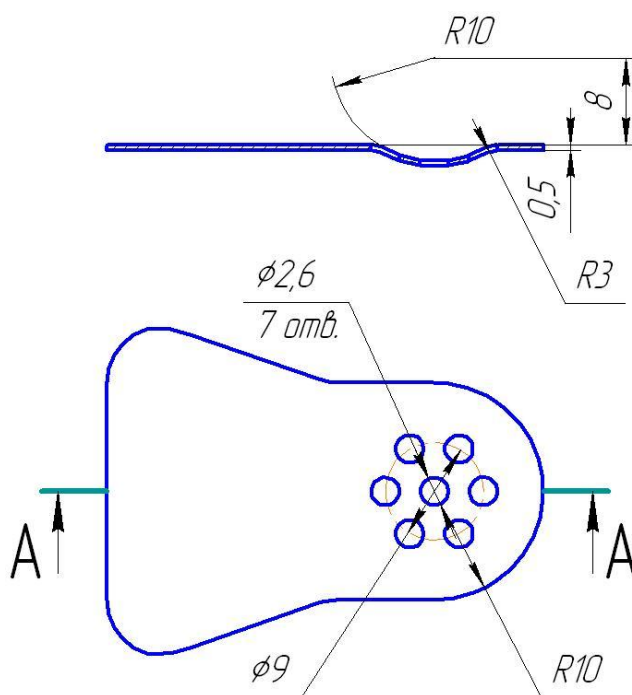
$$n = 2,5;$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} = 4,43 \sqrt{\frac{22 \cdot 10^4 \cdot 586,4}{2,5 \cdot 260400}} = 184,6 \text{ мм}.$$

Раздел 4: Основные технологические расчеты для деталей, получаемых операций «формовка».

Выполнить основные технологические расчеты, необходимые для изготовления детали «скоба» (рисунок 14).

Деталь «скоба» изготавливается из стали 12X18H9 ГОСТ 5632-72. Деталь изготавливается из листовой заготовки толщиной $S=0,5$ мм. Эскиз детали представлен на рисунке 14.



Материал: сталь 12X18H9 ГОСТ 5632-72. Толщина материала $S=0,5$ мм.

Рисунок 14 – Эскиз детали «скоба».

Теоретические сведения.

Конструктивно-технологический анализ.

Данная деталь «скоба» имеет довольно простой внутренний и внешний формуемый контур. Толщина данной детали составляет $S=0,5$ мм, радиуса закруглений у кромок составляют $R=10$ мм. Для изготовления данной детали «скоба» не требуется формования глубоких полостей и большого количества

операций, формируются лишь небольшое углубление на сферу радиусом 10 мм. В итоге данная деталь «скоба» является технологичной и изготавливается операцией формовка.

Установление степени совмещенности операций.

Последовательность операций для изготовления детали «скоба»:

- Резка листа на полосы;
- Вырубка наружного контура;
- Формовка;
- Зачистка заусенцев;
- Обрезка припуска.

Основные технологические расчеты.

Определение формы и размеров заготовки.

Заготовкой для получения детали «скоба» является заготовка с размерами, показанными на рисунке 15.

При формовке происходит лишь местная пластическая деформация, форма исходной заготовки при формовке соответствует форме готового изделия по внешнему контуру. Формуется лишь часть заготовки.

Для данной детали формуется сферическое углубление.

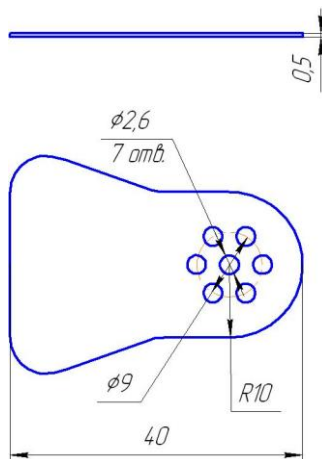


Рисунок 15– Размеры и форма заготовки при формовке детали «скоба».

Задача 4.1: Выбор вида и типа раскроя.

Оптимальность выбранного типа раскроя характеризуется коэффициентом использования материала (КИМ).

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

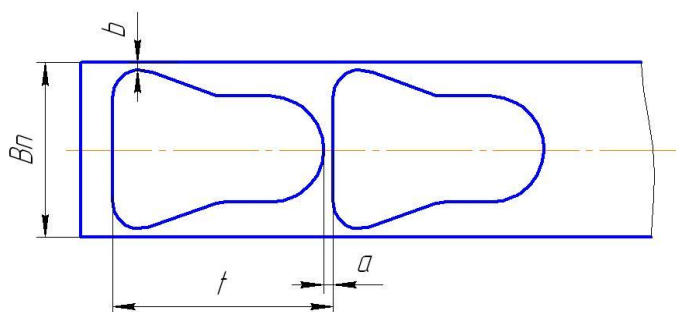
где: В - ширина листа, мм; L - длина листа, мм; F= - площадь поперечного сечения детали без отверстий; n- количество деталей, получаемых из полосы.

Полосы в листе нарезаются вдоль большей стороны листа.

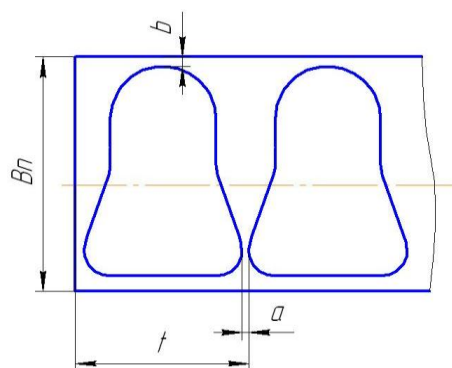
Размеры листа: 600х2500х2,5; 800х2500х2,5; 1000х2500х2,5 мм.

Полосы в листе нарезаются вдоль большей стороны листа.

Выбираем 2 вида раскроя детали в полосе при поперечном расположении деталей в полосе (рисунок 16, а) и при продольном раскрое (рисунок 16, б).



а)



б)

а) - продольное расположение деталей в полосе; б) - поперечное расположение деталей в полосе

Рисунок 16 – Схемы раскроя полосы.

Для толщины материала $S = 0,5$ мм величина перемычек при вырубке контура детали: $a=1,5$ мм, $b=1,5$ мм, L - размер вырубаемой детали.

Ширина полосы определяется по формуле:

$$B_{\text{п}} = L + 2(b + \Delta\text{ш}) + z,$$

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

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

Для раскроя листа (рисунок 16, а)

Рассчитаем ширину полосы:

$$B_{\text{п}} = 30 + 2(1,5 - 0,4) + 1,2 = 33,4 \text{ мм},$$

Принимаем ширину полосы 33,5 мм.

Рассчитываем количество полос в листе при раскрое листа на полосы (рисунок 16.а), по формуле:

$$N = \frac{B}{B_n},$$

$$N = \frac{B}{B_n} = \frac{1000}{33,5} = 29.$$

Шаг подачи определяется из выражения:

$$t = L_1 + a,$$

$$t = L_1 + a = 40 + 1,5 = 41,5 \text{ мм}.$$

Определяем количество заготовок в полосе по формуле:

$$n_n = \frac{L}{t},$$

$$n_n = \frac{L}{t} = \frac{2500}{41,5} = 60.$$

Определяем количество заготовок в листе по формуле:

$$N_{\text{л}} = N_n \cdot n_n,$$

$$N_{\text{л}} = N_n \cdot n_n = 29 \cdot 60 = 1740.$$

Рассчитываем КИМ:

$$\text{КИМ} = \frac{877 \cdot 1740}{1000 \cdot 2500} 100\% = 71 \%;$$

Для раскроя листа (рисунок 16 б)

Рассчитаем ширину полосы:

$$B_{\text{п}} = 40 + 2(1,5 - 0,4) + 1,2 = 44,9 \text{ мм},$$

Принимаем ширину полосы $B_{\text{п}} = 45 \text{ мм}$.

Количество полос в листе при продольном раскрое листа на полосы (рисунок 16 б):

$$N = \frac{B}{B_{\text{п}}} = \frac{1000}{45} = 22$$

Шаг подачи равен:

$$t = L_1 + a = 30 + 1,5 = 31,5 \text{ мм}$$

Количество заготовок в полосе:

$$n_n = \frac{L}{t} = \frac{2500}{31,5} = 79$$

Количество заготовок в листе:

$$N_{\text{л}} = N_n \cdot n_n = 22 \cdot 79 = 1738$$

Рассчитываем КИМ:

$$\text{КИМ} = \frac{877 \cdot 1738}{1000 \cdot 2500} 100\% = 70,5 \%;$$

Данные по раскрою листа на заготовки и результаты расчета КИМ сведем в таблицу 4.

Таблица 4 - Коэффициенты использования металла.

Размеры листа В*L*S, мм	Вид раскроя	Нп	пп	Нл	КИМ%
600x2500x0,5	а	17	60	1020	70
	б	13	79	1027	69,5
800x2500x0,5	а	23	60	1380	71

	б	17	79	1343	70,5
1000x2500x0,5	а	29	60	1740	71
	б	22	79	1738	70,5

Сравнивая коэффициенты использования материала, выбираем лист с наибольшим КИМ.

Это лист с размерами 1000x2500x0,5 мм с КИМ = 82,4 % при продольном расположении деталей в полосе (рисунок 16 а).

Задача 4.2: Определение силовых параметров процесса формовки.

К силовым параметрам процесса формовки относят усилие процесса формовки и усилие прижима.

Приблизленно усилие процесса формовки небольших деталей (площадью не более 60-70 см²) из тонкого материала (толщина не более 2,5 мм) определяется по эмпирической формуле:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b,$$

где: k – коэффициент, составляющий для сталей 0.7 - 1.0; S - толщина материала, мм.

Рассчитаем усилие процесса формовки:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_b = 1 \cdot 119 \cdot 0,5 \cdot 500 = 59500 \text{ Н}.$$

Усилие прижима при местной вытяжке деталей любой формы определяется по формуле:

$$Q = F_{\text{приж}} \cdot q,$$

где: q - удельное усилие прижима, для стали q = 5 МПа;

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

$$F_{\text{приж}} = 549 \text{ мм}^2.$$

$$Q = 1549 \cdot 5 = 7800 \text{ Н}.$$

Полное усилие формовки равно:

$$P = P_p + Q,$$

где: P_p - расчетное усилие формовки,

Q - усилие прижима.

$$P = P_p + Q = 59,5 + 7,8 = 67,3 \text{ кН.}$$

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

$$P_{\text{пресса}} = 1,2P = 1,2 \cdot 67,3 = 80,7 \text{ кН.}$$

Работа формовки определяется по формуле:

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

где: h - глубина формовки, мм,

C – коэффициент.

$$A = \frac{0,7 \cdot 80700 \cdot 0,001}{0,8} = 13,65 \text{ Дж.}$$

Задача 4.3: Определение исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа формовки.

Схема расположения полей допусков для формовки детали «скоба» такая же, как и для детали, получаемой операцией вытяжка.

Допуски на изготовление матрицы и пуансона принимаем по 10 качеству точности. Допуск на изготовление матрицы составляет 0,08 мм и пуансона 0,05 мм.

Рассчитаем исполнительные размеры пуансона и матрицы (допуск на изготовление изделия по внешнему контуру формуемых отверстий).

Для детали «скоба»:

$$D_n = (2,6 - 0,2 - 0,1)_{-0,05} = 2,3_{-0,05} \text{ мм};$$

$$D_m = (2,6 - 0,2)^{+0,07} = 2,4^{+0,08} \text{ мм.}$$

Задача 4.4: Расчет на прочность деталей штампа формовки.

Напряжение смятия опорной поверхности головки пуансона для штампа формовки $\sigma_{см}$ вычисляют по той же формуле, что и для штампа пробивки-вырубки (задача 1.1).

В данном случае технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, будет равно усилию процесса формовки.

$$P = 80700 \text{ Н.}$$

$$F_{гол} = 1270 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{см} = \frac{80700}{1270} = 63,5 \text{ Н/мм}^2.$$

Напряжение на смятие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на смятие.

Расчет пуансона на сжатие.

Напряжение пуансона на сжатие для штампа формовки $\sigma_{см}$ вычисляют по той же формуле, что и для штампа формовки.

Рассчитаем это напряжение.

$$f = 706,5 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{см} = \frac{80700}{706,5} = 114 \text{ Н/мм}^2.$$

Напряжение на сжатие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на сжатие.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб l вычисляют по той же формуле, что и для штампа пробивки-вырубки (задача 1.1):

$$J = 30,2 \text{ мм}^4;$$

$$n = 2,5;$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} = 4,43 \sqrt{\frac{22 \cdot 10^4 \cdot 30,2}{2,5 \cdot 80700}} = 70,6 \text{ мм.}$$

Из расчета видно, что допустимая длина пуансона должна быть не более 70,6 мм (длина пуансона составляет 55 мм, что удовлетворяет условию его устойчивости на изгиб).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с., ил.
2. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. –Л.: Машиностроение, 1980.-430 с.
3. Попов, Е.А. Основы теории листовой штамповки. М.: Машиностроение, 1977, 278 с.
4. Скворцов Г.Л. Основы конструирования штампов для холодной штамповки. М.: Машиностроение, 1987, - 345 с.