

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Антон ЛАВРІНЕНКОВ

«__» _____ 2026 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Розробка технологічного процесу та проектування штампового
оснащення для виготовлення деталі «кронштейн»

»

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи АТ21
(шифр групи)

Сінілов Сергій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник асист. Сохан Дмитро Володимирович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Консультант

_____ (назва розділу)

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2026 року

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Розробка технологічного процесу та проектування
штампового оснащення для виготовлення деталі
«кронштейн»»

Київ – 2026 року

Зміст

1	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1	Встановлення технологічних операцій.....	5
1.2	Аналіз технологічності.....	6
1.3	Визначення попередніх розмірів заготовки	8
1.4	Розрахунок технологічних зусиль при гнутті	13
1.5	Аналіз технологічності розгортки на вирубування пробивання	17
1.6	Вибір оптимального типу розкрою	19
1.7	Оформлення розкрою	20
1.8	Розрахунок коефіцієнту розкрою	22
1.9	Розрахунок коефіцієнту використання матеріалу	23
1.10	Розрахунок технологічного зусилля вирубування-пробивання	26
2	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	28
2.1	Штамп для вирубування пробивання	28
2.1.1	Визначення центру тиску штампу	28
2.1.2	Розрахунок виконавчих розмірів.....	35
2.1.2.1	Аналіз особливостей утворення розміру	36
2.1.2.2	Розрахунок розмірів.....	39

					ДП.АТ2117.06.000.00 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Сінілов С.І.			Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Сохан Д.В.								1	112
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ММІ, ТВЛА			
Н. Контр.											
Затверд.											

2.1.3	Проектування матриці	57
2.1.3.1	Розрахунок товщини матриці	57
2.1.3.2	Габаритний розмір матриці.....	58
2.1.3.3	Визначення діаметрів гвинтів та штифтів та їх розташування	59
2.1.3.4	Вибір постійного та тимчасових упорів	60
2.1.3.5	Вибір висоти поясків та форми провальних отворів.....	62
2.1.4	Проектування пуансона.....	63
2.1.4.1	Розрахунок довжини пуансона	63
2.1.4.2	Перевірочні розрахунки	65
2.1.4.3	Допуски форми та розташування поверхонь пуансону	67
2.1.4.4	Ескіз пуансону	68
2.1.5	Конструювання інших деталей штампа	68
2.1.5.1	Призначення грибкового упору.....	68
2.1.5.2	Конструювання напрямних планок.....	69
2.1.5.3	Тимчасові упори.....	70
2.1.5.4	Знімач	70
2.1.5.5	Фіксатори	71
2.1.5.6	Пуансонотримач.....	71
2.1.5.7	Штамповий блок	71
2.2	Штамп для П-подібного гнуття	74
2.2.1	Розрахунок кута пружиніння.....	74
2.2.2	Розрахунок виконавчих розмірів.....	74
2.2.3	Висота матриці	76

2.2.4	Розрахунок буферного пристрою.....	77
2.2.5	Фіксатори	78
2.3	Штамп для V-подібного гнуття	79
2.3.1	Розрахунок виконавчих розмірів.....	79
2.3.2	Розрахунок кута пружиніння.....	80
2.3.3	Розрахунок пуансонотримача	81
2.3.4	Висота пуансону	81
2.3.5	Фіксатори	82
3	УТОЧНЮЮЧЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	83
3.1	П-подібне гнуття	83
3.1.1	Постановка задачі	83
3.1.2	Аналіз результатів та уточнення геометрії інструменту	85
3.1.3	Аналіз результатів моделювання	87
3.1.3.1	Геометрія заготовки.....	87
3.1.3.2	Інтенсивність деформації	89
3.1.3.3	Зусилля операції.....	93
3.2	V-подібне гнуття	95
3.2.1	Постановка задачі	95
3.2.2	Аналіз результатів моделювання	96
3.2.2.1	Геометрія заготовки.....	96
3.2.2.2	Інтенсивність деформації	97
3.2.2.3	Інтенсивність напружень	98
3.2.2.4	Критерій руйнування	99
3.2.2.5	Зусилля деформації.....	100

4	ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	101
4.1	Вибір обладнання для штампу для вирубування-пробивання	101
4.2	Вибір обладнання для штампу для V-подібного гнуття	103
4.3	Вибір обладнання для штаму для П-подібного гнуття	105
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	107
6	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	111

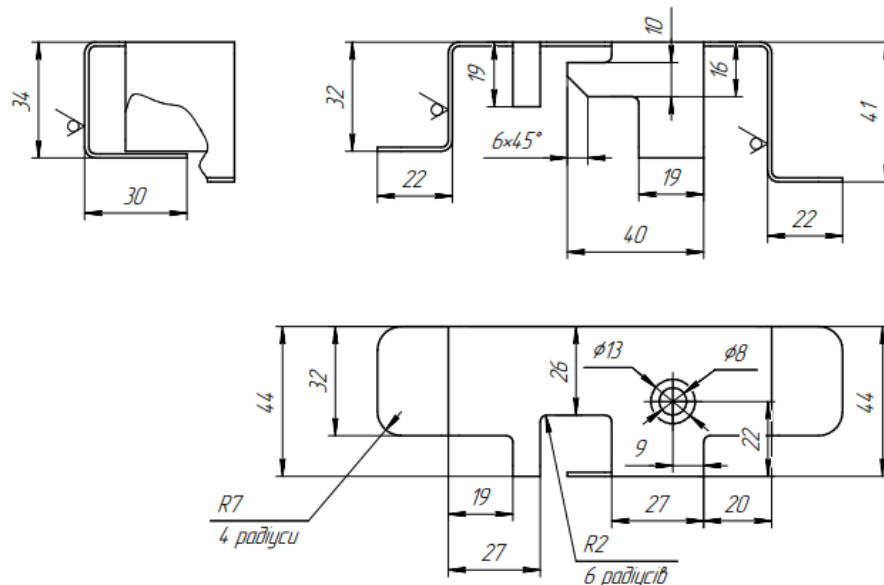


Рис. 1 Ескіз деталі

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Встановлення технологічних операцій

Деталь такого типу класично виготовляється операціями гнуття. Існують два типи гнуття: V-подібне та П-подібне. V-подібне гнуття набуло більшого розповсюдження через свою універсальність. Єдине в чому нас обмежує класичний листозгинальний прес це в максимальній ширині полицки та у радіусі на який розраховане конкретне оснащення. У свою чергу П-подібне гнуття забезпечує більшу продуктивність, але конкретний штамповий блок завжди розрахований на конкретну деталь.

У нашому випадку призначаємо наступні операції:

- Розділення листа на полоси;
- Вирубування-пробивання розгортки;
- П-подібне гнуття полицок висотою 22 мм;
- П-подібне гнуття полицок 32 мм і 41 мм;
- V-подібне гнуття вуса 19 та сусідньої полицки;
- V-подібне гнуття останньої полицки.

Призначені операції не можна назвати ідеальними через те, що перші 2

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операції можна було звести до чотирьохкутового гнуття, але це підвищення продуктивності непропорційно ускладнить розробку штампового оснащення, тому прийнято рішення залити 2 окремі операції.

1.2 Аналіз технологічності

Будь яка деталь, що виготовляється методом листового штампування має проходити аналіз згідно вимог можливості її виготовлення. Іншими словами має проходити аналіз технологічності.

Для деталей що виготовляються методами гнуття ключовим параметром який впливає на подальші розрахунки та напружено деформований стан є відносний радіус гнуття. Допустиме значення залежить від того відпалений матеріал чи наклепаний, куди направлений завусень по відношенню до матриці та як розташована лінія згину по відношенню до напрямку прокатування матеріалу. Оскільки в нашому випадку полички розташовані під 90° одна відносно одної, то в залежності від типу розкрою матеріалу якісь лінії згину будуть проходити паралельно напрямку прокатування або ж обидва напрямку будуть розташовані під деяким кутом.

Визначимо мінімальний відносний радіус згідно [1, с. 172, табл. 1]. Розглянемо крайні випадки. Для сталі 10 мінімальний відносний радіус становить:

для випадку коли матеріал відпалений або нормалізований, завусень обернений до пуансону, розташування лінії згину по відношенню до лінії прокату 90°, мінімальний відносний радіус становитиме:

$$r_{min \text{ відн.}} = 0,1.$$

для випадку коли матеріал наклепаний, завусень обернений до матриці, розташування лінії згину по відношенню до лінії прокату 0°, мінімальний відносний радіус становитиме:

$$r_{min \text{ відн.}} = 1.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносний радіус рахується як:

$$r_{\text{відн.}} = \frac{r}{s}, \quad (1.1)$$

де $r = 2$ мм, – радіус гнуття;

$s = 1,2$ мм – товщина матеріалу.

$$r_{\text{відн.}} = \frac{2}{1,2} = 1, (6).$$

Як видно, радіуси гнуття технологічні навіть для найгіршого випадку. Згідно [1, с. 172, табл. 1] для відпаленого матеріалу, для завусня оберненого до матриці та паралельного розташування ліній прокату до ліній згину:

$$r_{\text{min відн.}} = 0,5.$$

Як висновок, забезпечити зазначені радіуси гнуття проблем немає.

Іншим елементом, що може спричинити проблеми це довжина полицок ширина котрих менша за ширину недеформованої частини заготовки. Для інших наступне співвідношення носить скоріш характер рекомендації. Згідно [1, с. 171]:

$$l_{\text{min}} \geq r + s = 2 + 1,2 = 3,2. \quad (1.2)$$

Як видно з рис. 1 $l_{\text{min}} = 19$ мм.

$$l_{\text{min}} = 3,2 \text{ мм} \ll 19 \text{ мм}.$$

Вимога технологічності виконується.

Також для запобігання утягуванню отворів відстань від поверхні до якої прилягає полочка до кромки отвору згідно [1, с. 171] має становити:

$$e_{1 \text{ min}} = s + 1,1r = 1,2 + 1,1 \cdot 2 = 3,4 \text{ мм}. \quad (1.3)$$

У нашому випадку:

$$e_1 = 22 \text{ мм} \gg e_{1 \text{ min}} = 3,4 \text{ мм}.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз технологічності для деталі виконується з великим запасом, коригування матеріалу або геометрії заготовки не потребується.

1.3 Визначення попередніх розмірів заготовки

Розрахунок розмірів заготовки виконується за припущення рівності довжини заготовки довжині лінії нейтрального шару готової деталі. Це припущення можна вважати вірним у випадку якщо заготовка не буде розтягуватись в процесі гнуття, що не є дійсним. На практиці деяке розтягування заготовки буде відбуватись в процесі гнуття, що спрогнозувати майже неможливо. Це залежить від стану поставки матеріалу та може відрізнятись для одного й того ж самого матеріалу від одного й того ж самого заводу виробника.

Розрахунок розмірів розгортки, очевидно, буде вестись для довжин розгортки які перпендикулярні лініям згину які будуть впливати на відповідний розмір. Наприклад ширини полицок на відповідній розгортці будуть залишатись незмінними розмірам заданим на кресленні деталі.

Для того щоб деталь не вийшла з поля допуску, розміри заготовки мають бути задані з двостороннім допуском.

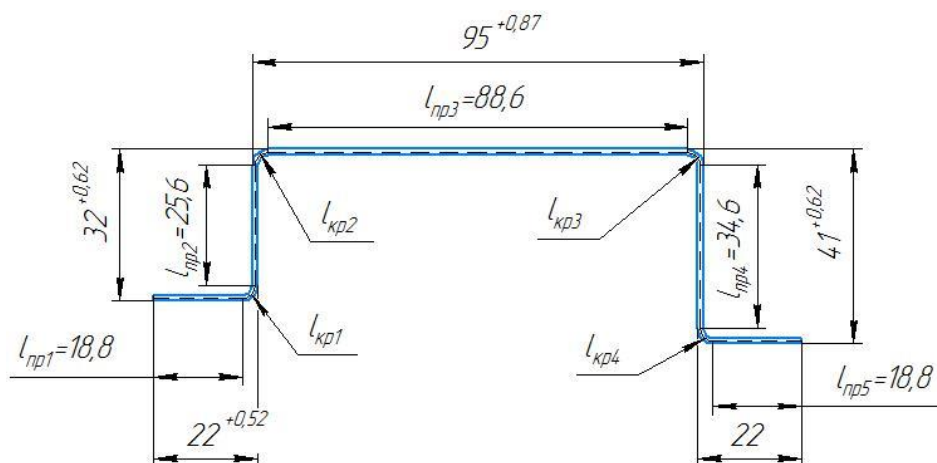


Рис. 2 Розрахункова схема для першого перерізу з односторонніми допусками

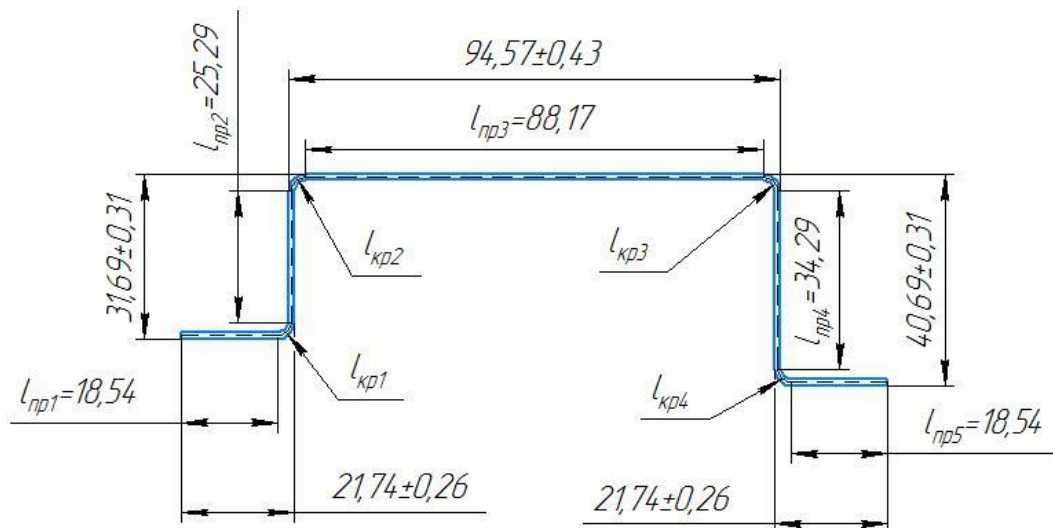


Рис. 3 Розрахункова схема для першого перерізу з двосторонніми допусками

Як видно з рис. 3 довжини прямолінійних ділянок перерізу нам відомі з креслення. Довжини криволінійних ділянок треба знайти через явище зміщення нейтрального шару.

Для того щоб розрахувати довжину нейтрального шару – треба знайти на яку відстань він відступає від внутрішньої поверхні заготовки. Це робиться за формулою [1, с. 178, 2]:

$$a_r = X_r s, \quad (1.4)$$

де, $X_r = 0,456$ – коефіцієнт зміщення нейтрального шару, що визначається за [1, с. 179, табл. 3];

$s = 1,2$ мм – товщина матеріалу.

$$a_r = 0,456 \cdot 1,2 = 0,5472 \text{ мм.}$$

Радіус нейтрального шару розраховується за формулою [1, с. 178, 3]:

$$\rho = r + a_r, \quad (1.5)$$

$$\rho = 2 + 0,5472 = 2,5472 \text{ мм.}$$

Тоді довжина нейтрального шару криволінійної ділянки розраховується за

формулою [1, с. 178, 4]:

$$l_{кр} = \frac{\pi r a_r}{180^\circ}, \quad (1.6)$$

де, $a_r = 90^\circ$ – кут гнуття (див. рис. 1).

$$l_{кр} = \frac{\pi \cdot 2,5472 \cdot 90^\circ}{180^\circ} = 4 \text{ мм.}$$

Як, видно, з рис. 1, всі криволінійні ділянки рівні між собою, бо вони гнуться на однаковий кут за однаковим радіусом, тому:

$$l_{кр1} = l_{кр2} = l_{кр3} = l_{кр4} = 4 \text{ мм.}$$

Довжини прямолінійних ділянок визначаються з рис. 2:

$$l_{пр1} = 18,54 \text{ мм,}$$

$$l_{пр2} = 25,29 \text{ мм,}$$

$$l_{пр3} = 88,17 \text{ мм,}$$

$$l_{пр4} = 34,29 \text{ мм,}$$

$$l_{пр5} = 18,54 \text{ мм.}$$

Довжина відповідного розміру розгортки визначиться як:

$$L_1 = 18,54 + 25,29 + 88,17 + 34,29 + 18,54 + 4 \cdot 4 = 200,83 \text{ мм.}$$

Відповідним чином визначимо розміри по іншим напрямкам згину.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

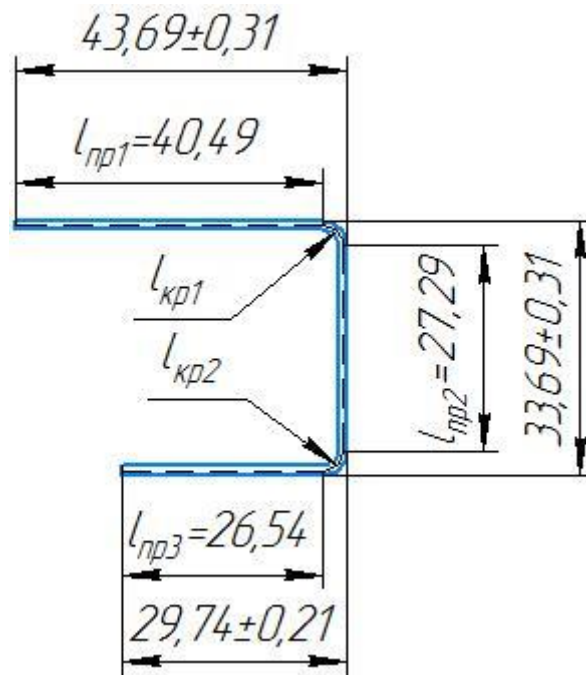


Рис. 4 Розрахункова схема для другого перерізу з двосторонніми допусками

Згідно рис. 4:

$$l_{\text{пр1}} = 40,49 \text{ мм},$$

$$l_{\text{пр2}} = 27,29 \text{ мм},$$

$$l_{\text{пр3}} = 26,54 \text{ мм}.$$

Довжина криволінійних ділянок додаткових розрахунків не потребує.
Розмір для відповідного напрямку розгортки розрахується як:

$$L_2 = 40,49 + 27,29 + 26,54 + 4 \cdot 2 = 102,32 \text{ мм}.$$

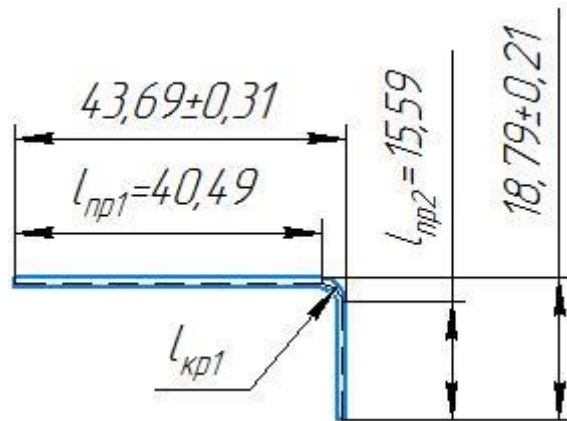


Рис. 5 Розрахункова схема для третього перерізу з двосторонніми допусками

Згідно рис. 5:

$$l_{\text{пр1}} = 40,49 \text{ мм},$$

$$l_{\text{пр2}} = 15,59 \text{ мм}.$$

Розмір для відповідного напрямку розгортки розрахується як:

$$L_3 = 40,49 + 15,59 + 4 = 60,08 \text{ мм}.$$

Маючи розміри, які зазнають розтягу під час гнуття та ескіз деталі можемо побудувати ескіз розгортки для деталі.

Також треба визначити положення ліній згину. Лінії згину розташовуються посередині довжини криволінійних ділянок. Тому з нескладних міркувань положення ліній згину на розгортці розрахуються як:

$$x_1 = l_{\text{пр1}} + \frac{l_{\text{кр1}}}{2} = 18,54 + \frac{4}{2} = 20,54 \text{ мм},$$

$$x_2 = l_{\text{пр1}} + l_{\text{кр1}} + l_{\text{пр2}} + \frac{l_{\text{кр2}}}{2} = 18,54 + 4 + 25,29 + \frac{4}{2} = 49,83 \text{ мм},$$

$$x_3 = l_{\text{пр1}} + l_{\text{кр1}} + l_{\text{пр2}} + l_{\text{кр2}} + l_{\text{пр3}} + \frac{l_{\text{кр3}}}{2} = 18,54 + 4 + 25,29 + 4 + 88,17 + \frac{4}{2} = 142 \text{ мм},$$

$$x_4 = l_{\text{пр1}} + l_{\text{кр1}} + l_{\text{пр2}} + l_{\text{кр2}} + l_{\text{пр3}} + l_{\text{кр3}} + l_{\text{пр4}} + \frac{l_{\text{кр4}}}{2} =$$

$$= 18,54 + 4 + 25,29 + 4 + 88,17 + 4 + 34,29 + \frac{4}{2} = 180,29 \text{ мм.}$$

$$y_1 = l_{\text{пр1}} + \frac{l_{\text{кр1}}}{2} = 40,49 + \frac{4}{2} = 42,49 \text{ мм.}$$

$$y_2 = l_{\text{пр1}} + l_{\text{кр1}} + l_{\text{пр2}} + \frac{l_{\text{кр2}}}{2} = 40,8 + 4 + 27,29 + \frac{4}{2} = 73,78 \text{ мм.}$$

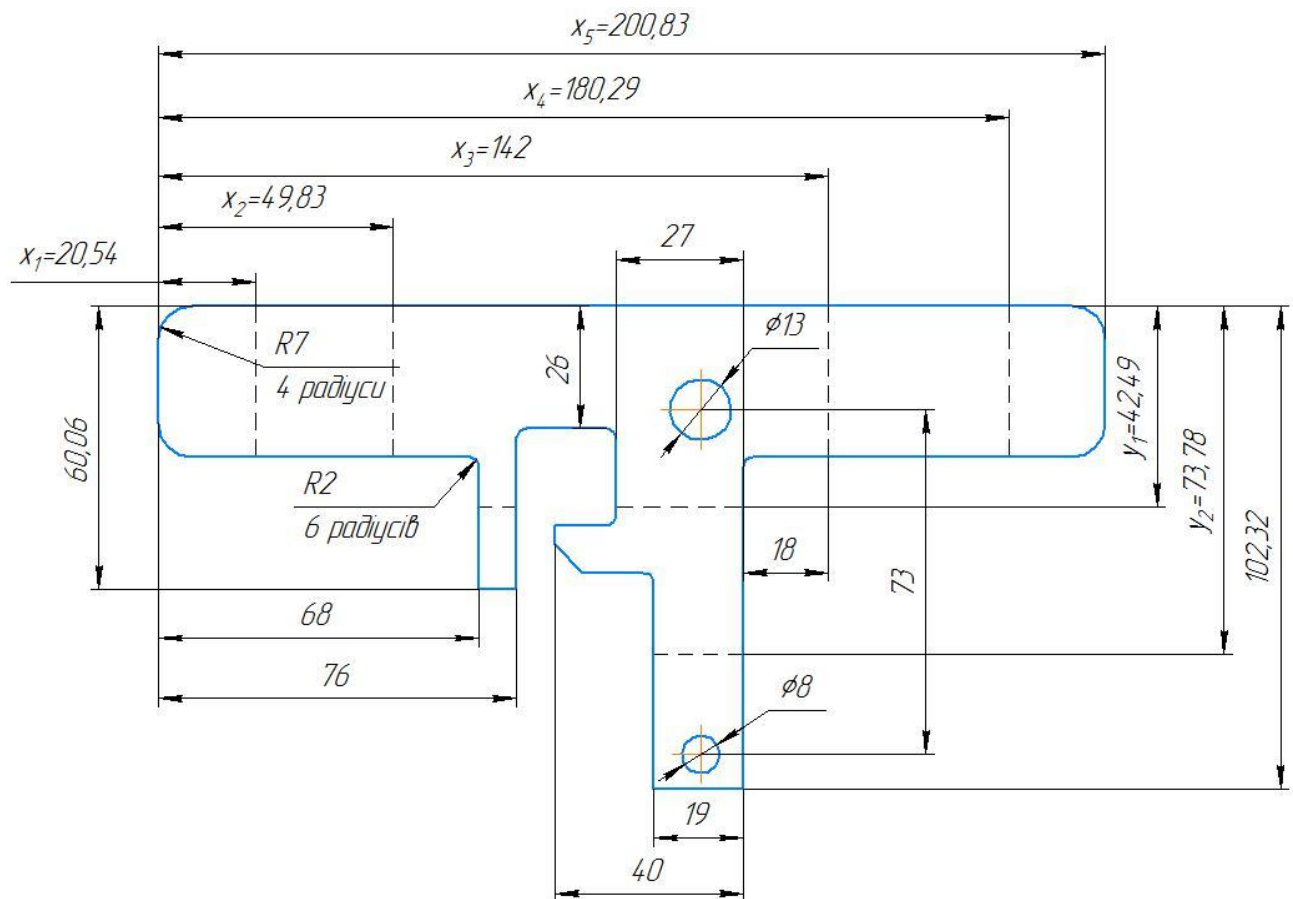


Рис. 6 Ескіз розгортки та положення ліній згину

1.4 Розрахунок технологічних зусиль при гнутті

Для гнуття без калібрування зусилля розраховується за формулою [2, с. 72, табл. 23]:

$$P = 2BS\sigma_{\text{в}}k_2 + P_{\text{пр}}, \quad (1.7)$$

де $B = 32$ мм — ширина технологічного елемента, що гнеться;

$S = 1,2$ мм – товщина матеріалу;

$\sigma_B = 34$ – межа міцності матеріалу[2, с. 507, табл. 220];

k_2 – коефіцієнт для двокутового гнуття;

$P_{\text{пр}}$ – зусилля прижиму. $P_{\text{пр}} = P/4$.

Враховуючи зусилля прижиму, зусилля гнуття знайдеться як:

$$P = 2,5BS\sigma_Bk_2, \quad (1.8)$$

Коефіцієнт k_2 визначається згідно [2, с. 73, табл. 25]. Для цього треба знати заокруглення кромки матриці та пуансону. Заокруглення кромки пуансону буде рівним радіусам гнуття, $r_n = 2$ мм. Радіуси заокруглення кромки матриці знаходяться згідно [2, с. 74, табл. 27]. Для товщини матеріалу 1,2 мм маємо $r_m = 5$ мм.

Тоді для $r_m/S = 5/1,2 = 4,2$ та $r_n/S = 2/1,2 = 1,7$ маємо $k_2 = 0,125$.

Для перших двох переходів зусилля розраховується як:

$$P = 2,5 \cdot 32 \cdot 1,2 \cdot 34 \cdot 0,125 = 408 \text{ кгс.}$$

Зусилля притискача розраховується як:

$$P_{\text{пр}} = \frac{P}{4} = 102 \text{ кгс.}$$

Зусилля гнуття з калібруванням розраховується як за формулою [2, с. 72, табл. 23]:

$$P_k = (2 \dots 4)BS\sigma_Bk_2, \quad (1.9)$$

Можемо розрахувати:

$$P_k = (2 \dots 4) \cdot 32 \cdot 1,2 \cdot 34 \cdot 0,125 = 364 \dots 625 \text{ кгс.}$$

Для останніх двох переходів буде відбуватись V-подібне гнуття. Зусилля V-подібного гнуття без калібрування розраховується як [2, с. 72, табл. 23]:

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \frac{BS^2}{r + S} \sigma_B, \quad (1.10)$$

де $r = 2$ мм – радіус гнуття.

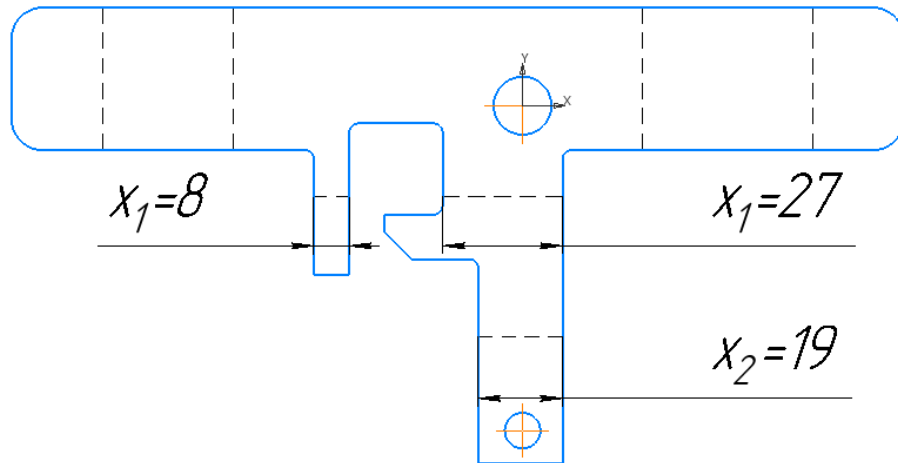


Рис. 7 Визначення ширини ліній згину

Для третьої операції зусилля гнуття без калібрування розраховується як:

$$P = \frac{35 \cdot 1,2^2}{2 + 1,2} \cdot 34 = 535,5 \text{ кгс.}$$

Для четвертої операції:

$$P = \frac{19 \cdot 1,2^2}{2 + 1,2} \cdot 34 = 290,7 \text{ кгс.}$$

Зусилля V-подібного гнуття з калібруванням розраховується як:

$$P = pF, \quad (1.11)$$

де, $p = 3 \dots 4$ кгс/мм² – тиск калібрування, [2, с. 73, табл. 26];

F – площа заготовки, що знаходиться під пуансоном, мм².

Площа заготовки під пуансоном розраховується як:

$$F = B \cdot B', \quad (1.12)$$

де, B – ширина заготовки, мм;

B' – ширина пуансону, мм.

Для того щоб знайти ширину пуансону, треба зробити ескіз інструменту.

Згідно з [2, с. 74, табл. 27] призначаємо наступні параметри:

- $R_M = 5$ мм;
- $H_M = 7$ мм;
- $\alpha = 90^\circ$.

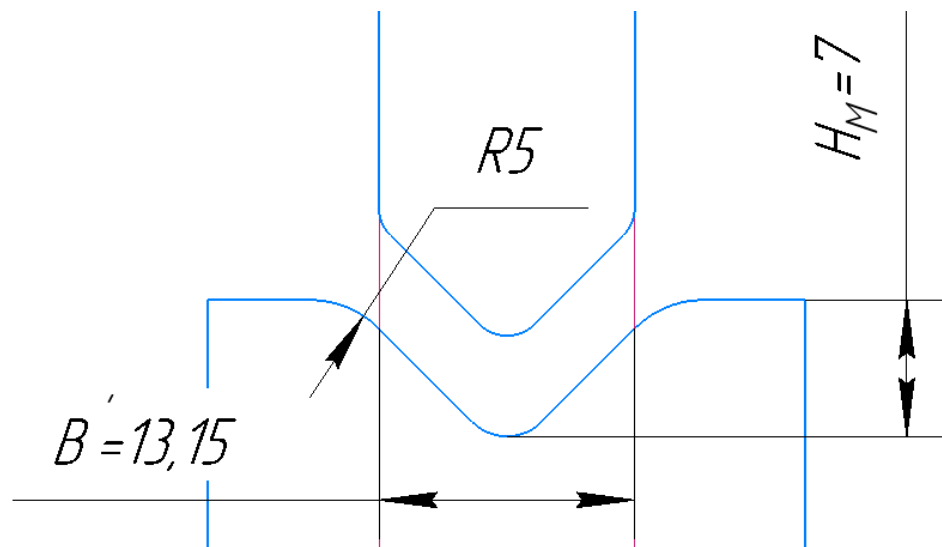


Рис. 8 Ескіз інструменту для V-подібного гнуття

Можемо розрахувати площу. Для третьої операції вона знайдеться як:

$$F = 35 \cdot 13,15 = 460,25 \text{ мм}^2.$$

Для четвертої операції площа знайдеться як:

$$F = 19 \cdot 13,15 = 250 \text{ мм}^2.$$

Відповідно зусилля гнуття з калібруванням для третьої операції розрахується як:

$$P = (3...4) \cdot 460,25 = 1380,75 \dots 1841 \text{ кгс.}$$

Зусилля гнуття з калібруванням для четвертої операції розрахується як:

$$P = (3...4) \cdot 250 = 750 \dots 1000 \text{ кгс.}$$

1.5 Аналіз технологічності розгортки на вирубування пробивання

Матеріал штампування сталь 10. Згідно [1, с. 478, табл. 1] $\sigma_B = 420$ МПа. Згідно [1, с. 51, табл. 1] сталь 10 відноситься до м'яких сталей.

Найменші радіуси спряження контуру прямолінійних ділянок зовнішніх контурів деталі в долях товщини матеріалу згідно [1, с. 52, табл. 2]:

для кутів до 90° : $0,35s$.

для кутів більше 90° : $0,20s$.

Для кутів до 90° маємо:

$$r_{min} = 0,35s = 0,35 \cdot 1,2 = 0,42 \text{ мм.}$$

Для кутів більше 90° маємо:

$$r_{min} = 0,2s = 0,2 \cdot 1,2 = 0,24 \text{ мм.}$$

В нашому випадку присутні ділянки що стикаються без заокруглень.

Найменші розміри круглих отворів в долях від товщини матеріалу, що пробиваються в штампах без спеціальних напрямних пристроїв для пуансонів згідно [1, с. 52, табл. 3]:

$$d_{min} = 1s = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ мм} < 8 \text{ мм.} \quad (1.13)$$

Найменший отвір що пробивається може бути виконаний без ніяких проблем.

Найменші відстань між отворами що пробиваються та між краєм отвору та краєм деталі в долях товщини матеріалу згідно [1, с. 53, табл. 4] для сталі $\sigma_B < 500$ МПа:

$$e_1 = 1s = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ мм} < 62,49 \text{ мм, див. рис. 9,} \quad (1.14)$$

$$e_2 = 1,2s = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ мм} < 4,21 \text{ мм, див. рис. 9,} \quad (1.15)$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$e_4 = 1s = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ мм} < 8,12 \text{ мм, див. рис. 9.} \quad (1.16)$$

Згідно [2, с. 281, п.9] відстань між отворами при одночасній пробивці має відповідати умові:

$$L_{min} = 2s = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ мм} < 62,49 \text{ мм.} \quad (1.17)$$

Проблем пробивати отвори на одній позиції немає.

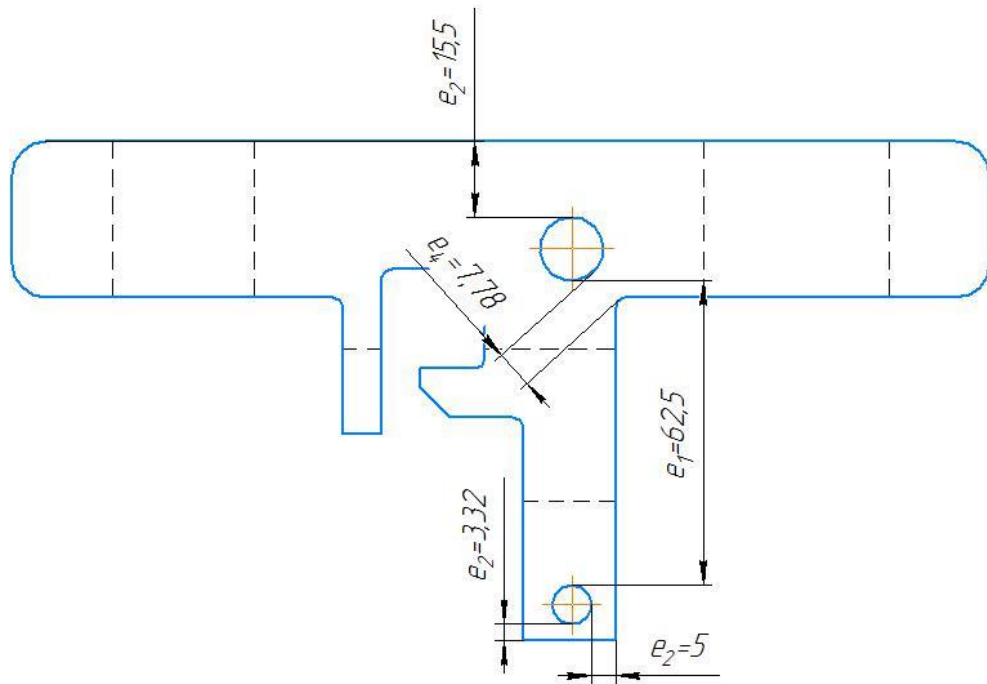


Рис. 9 Схема розташування отворів на заготовці

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,4$ мм для розміру 202,4 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,3$ мм для розміру 103,2 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,3$ мм для розміру 76 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,3$ мм для розміру 68 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,3$ мм для розміру 60,6 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,2$ мм для розміру 40 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,2$ мм для розміру 32 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,2$ мм для розміру 26 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,2$ мм для розміру 19 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після вирубки, відрізки, розрізки, обрізки згідно [1, с. 54, табл. 5]: $\delta_l = \pm 0,2$ мм для розміру 10 мм та товщини матеріалу 1,2 мм.

1.6 Вибір оптимального типу розкрою

Оптимальний тип розкрою є ключовим кроком в забезпеченні раціонального використання матеріалу. Також задачею оптимального типу розкрою є правильне відношення ліній згину до напрямку прокату. З точки зору питань технологічності, було визначено що забезпечити встановлений радіус гнуття при паралельному розташуванні ліній згину проблем не виникне.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Елементи, що будуть згинатись паралельно лініям прокату не навантажені, тому питань міцності також не виникає.

Деталь має Т-подібний профіль, тому згідно рекомендацій, обирається зустрічний тип розкрою полоси[2, с. 288, табл. 136]. Оскільки габарити деталі великі, штампування буде іти з переворотом полоси.

1.7 Оформлення розкрою

Першим кроком при оформленні розкрою є призначення величини перемичок. Це завжди компроміс, бо маленькі перемички не будуть забезпечувати жорсткість при розділових операціях, а великі не будуть відповідати вимогам раціонального використання матеріалу. Перемички призначаються згідно рекомендацій.

Для товщини матеріалу 1,2 мм, найбільшого габаритного розміру 202,4 мм та фігурної за контуром заготовки згідно [1, с. 7, табл. 1] призначаються наступні значення перемичок:

перемичка по вертикалі $a = 2,6$ мм;

бокова перемичка $b = 2,1$ мм.

Згідно [1, с. 8] для штампування з переворотом полоси розміри перемичок треба збільшити на 50 відсотків. Згідно цього призначаємо:

перемичка по вертикалі $a = 2,6 \cdot 1,5 = 3,9$ мм;

бокова перемичка $b = 2,1 \cdot 1,5 = 3,15 \approx 3,1$ мм.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

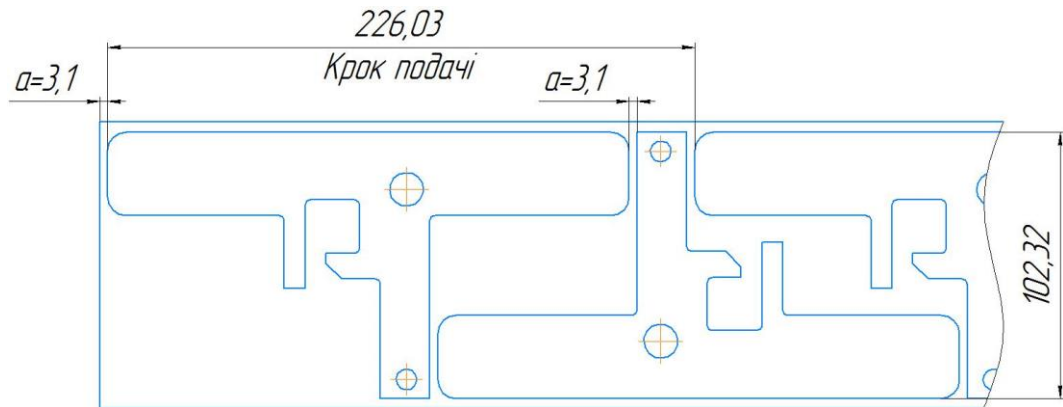


Рис. 10 Розташування деталей у робочому полі

Ширина полоси розраховується за формулою[1, с. 14]:

$$B_{\Pi} = [A + 2(a + \delta) + z_{\text{н}} + \delta']_{-\delta'} \quad (1.18)$$

де, B_{Π} — ширина полоси, мм;

$A = 102,32$ мм — висота деталей в робочому полі враховуючи перемичку, див. рис. 10;

$a = 3,9$ мм — перемичка по вертикалі;

$\delta = 0,8$ мм — допуск на ширину смуги, порізаної на гільйотинних ножицях[1, с. 14, табл. 5];

$z_{\text{н}} = 1,4$ мм — гарантований зазор між напрямними планками[1, с. 15, табл. 7];

$\delta' = 0,46$ мм — допуск на відстань між напрямними планками[1, с. 15, табл. 7].

Можемо розрахувати ширину полоси:

$$B_{\Pi} = [102,32 + 2(3,9 + 0,8) + 1,4 + 0,46]_{-0,46} = 113,58_{-0,46} \text{ мм.}$$

У найпростішому випадку крок подачі розраховується як сума ширини деталі та бокової перемички. Оскільки у нас деталі ідуть з деяким перехльостом, то простіше буде визначити крок подачі графічно.

$$T = 224,03 \text{ мм, див. рис. 10.}$$

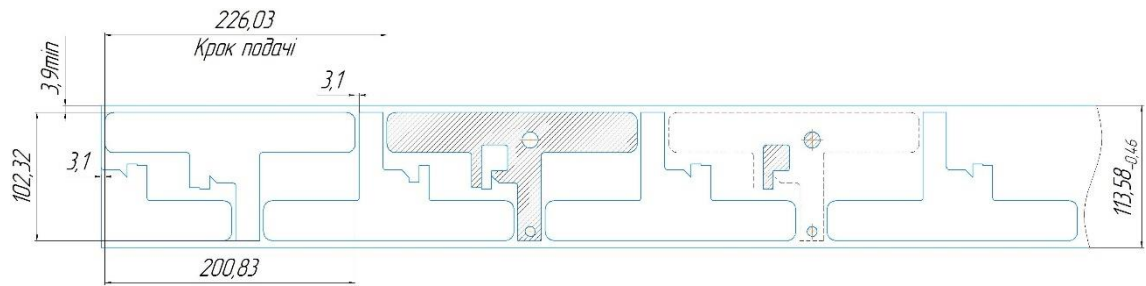


Рис. 11 Ескіз розкрою

1.8 Розрахунок коефіцієнту розкрою

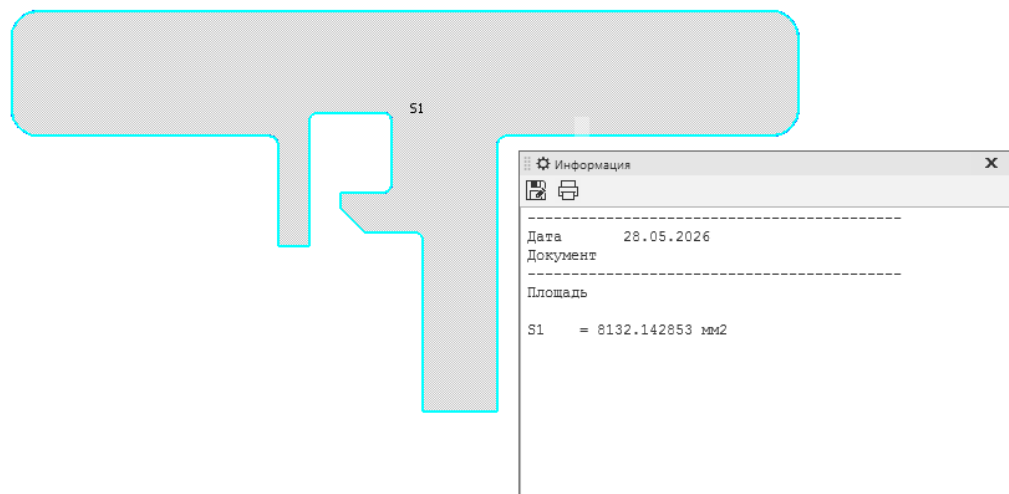


Рис. 12 Площа обмежена зовнішнім контуром заготовки

Для оцінки того наскільки вдало була обрана схема розкрою використовується коефіцієнт розкрою. Він знаходиться за формулою згідно [2, с. 287]:

$$K_p = \frac{f_{zg} \cdot n_p}{B \cdot T_p}, \quad (1.19)$$

де $f_{zg} = 8132,14 \text{ мм}^2$ – площа, що обмежена зовнішнім контуром деталі;

$n_p = 2$, – кількість рядів в розкрої. Оскільки за один хід ми отримуємо 2 заготовки, а вони розташовані одна над одною – це рівноцінно двом рядам в розкрої;

$B = 111,86 \text{ мм}$ – ширина смуги;

$T_p = 224,03$ – крок подачі.

Можемо розрахувати коефіцієнт розкрою:

$$K_p = \frac{8132,14 \cdot 2}{113,58 \cdot 226,03} = 0,6391 = 63,35\%.$$

Коефіцієнт розкрою близько 63% можна вважати дуже вдалим. Враховуючи складний контур деталі розташувати щільніше заготовки майже неможливо. Єдиний спосіб підвищити коефіцієнт розкрою це розташувати якісь інші деталі в карманах між деталями.

1.9 Розрахунок коефіцієнту використання матеріалу

Більш чітким способом оцінити економічність методу є коефіцієнт використання матеріалу, бо він вже враховує саме яку кількість матеріалу треба пустити у відхід, а також враховує розкрій листа вздовж та впоперек.

Для цього проведемо розрахунок кількості заготовок з листа при розкрої листа вздовж та поперек. Габарит стандартного листа 2000 x 1000 мм.

При розкрої поперек:

Кількість смуг з листа розрахується як:

$$n_1 = \lfloor \frac{2000}{113,58} \rfloor = 17.$$

Кількість заготовок зі смуги розрахується як:

$$n_2 = \lfloor \frac{A - x}{T_p} \rfloor, \quad (1.20)$$

де x – відступ від краю листа;

$A = 1000$ мм, – довжина смуги;

$T_p = 226,03$ мм – крок подачі.

Відступ від краю листа в найпростішому випадку дорівнює величині бокової перемички. В нашому випадку маємо зустрічний шаховий розкрій. Тобто

нижній ряд(див. рис. 11) зміщений по відношенню до верхнього по фазі. У цьому випадку відступ буде дорівнювати сумі зміщення по фазі та розміру перемички. Визначимо його графічно.

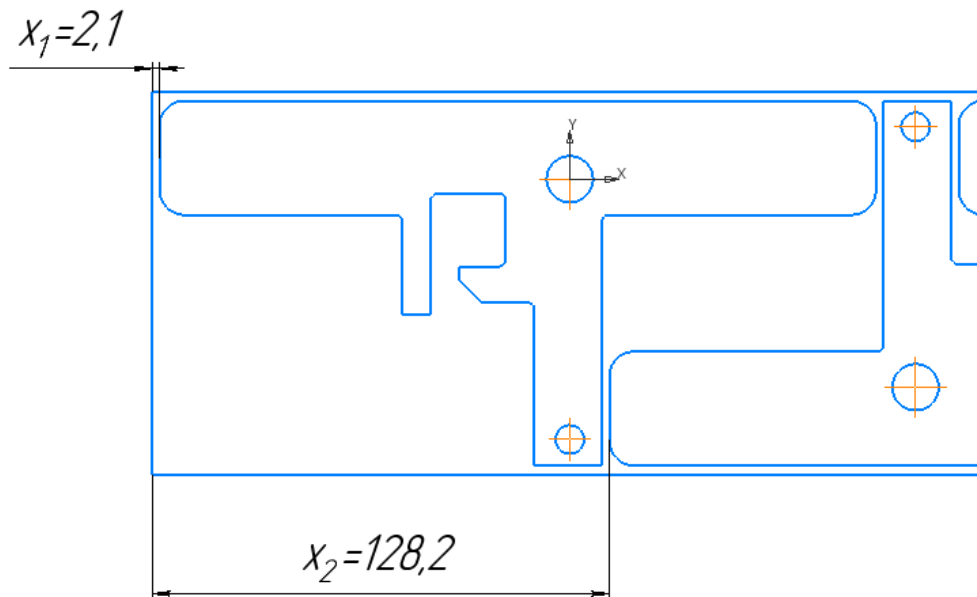


Рис. 13 Схема визначення відступів для верхнього та нижнього рядів
Можемо порахувати кількість заготовок з верхнього та нижнього рядів:

$$n_{2в} = \left\lfloor \frac{1000 - 3,9}{226,03} \right\rfloor = 4 \text{ заготовки,}$$

$$n_{2н} = \left\lfloor \frac{1000 - 128,2}{226,03} \right\rfloor = 3 \text{ заготовки.}$$

Як наслідок кількість заготовок зі смуги розрахується як:

$$n_2 = n_{2в} + n_{2н} = 4 + 3 = 7 \text{ заготовок.}$$

Кількість заготовок з листа розрахується як:

$$n = n_1 \cdot n_2 = 18 \cdot 7 = 126 \text{ деталей.}$$

При розкрої уздовж:

Кількість смуг з листа розрахується як:

$$n_1 = \left\lfloor \frac{1000}{110,98} \right\rfloor = 9.$$

Кількість заготовок зі смуги розраховується як:

$$n_{2В} = \left\lfloor \frac{2000 - 2,1}{224,03} \right\rfloor = 8 \text{ заготовок,}$$

$$n_{2Н} = \left\lfloor \frac{2000 - 128,2}{224,03} \right\rfloor = 8 \text{ заготовок.}$$

Як наслідок кількість заготовок зі смуги розраховується як:

$$n_2 = n_{2В} + n_{2Н} = 8 + 8 = 16 \text{ заготовок.}$$

Кількість заготовок з листа розраховується як:

$$n = n_1 \cdot n_2 = 9 \cdot 16 = 144 \text{ деталі.}$$

Як бачимо, розкрій уздовж більш економічний. Це очікувано через те, що відхід через зміщення по фазі є одноразовим для будь-якої полоси в незалежності від того скільки з неї штампується заготовок. Тому як з питань технологічності, так і з питань економічності переважно використовувати саме сталь в рулонах.

Маючи кількість деталей з листа розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою [2, с. 291]:

$$K_{\text{вик}} = \frac{f_{\text{дет}} \cdot m}{A \cdot C}, \quad (1.21)$$

де $f_{\text{дет}} = 7949,14 \text{ мм}^2$ – площа деталі враховуючи внутрішнього контуру (див. рис. 14);

$m = 144$, – кількість деталей з листа;

$A = 2000 \text{ мм}$ – довжина листа;

$C = 1000 \text{ мм}$ – ширина листа.

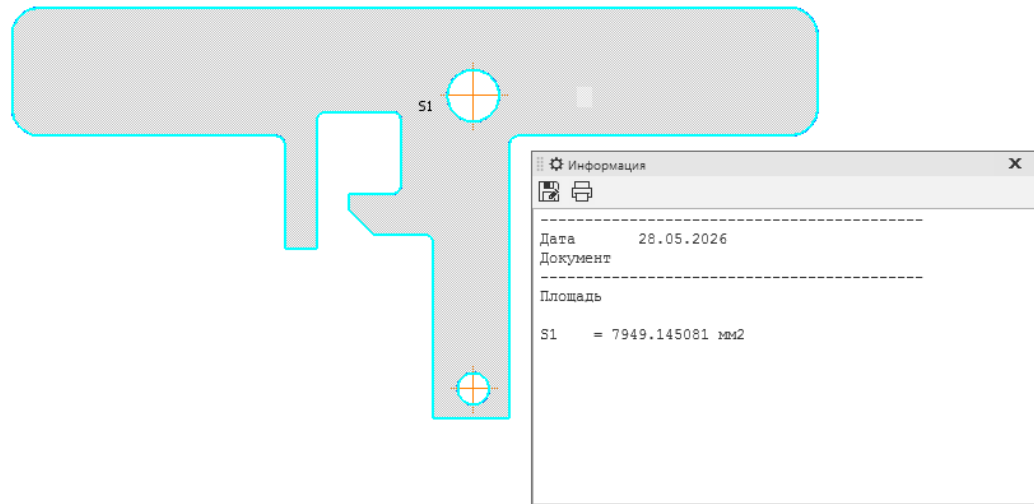


Рис. 14 Загальна площа деталі

$$K_{\text{вик}} = \frac{7949,14 \cdot 144}{1000 \cdot 2000} = 0,5723 = 57,23\%.$$

Отримуємо 57% корисного використання матеріалу. Враховуючи складний контур деталі який майже не стикується сам з собою на вище розраховувати не приходить.

1.10 Розрахунок технологічного зусилля вирубування-пробивання

Зусилля вирубування-пробивання знаходиться за формулою [2, с. 16]:

$$P = Ls\sigma_{\text{зр}}, \quad (1.22)$$

де L – периметр контуру вирубки, пробивки, мм;

$s = 1,2$ мм – товщина матеріалу, що штампується;

$\sigma_{\text{зр}}$ – супротив зрізу, кгс/мм².

Для сталі 10 межа міцності $\sigma_{\text{в}} = 34$ кгс/мм², супротив зрізу при вирубуванні $\sigma_{\text{зр}} = 29$ кгс/мм². [2, с. 507, табл. 220]

Супротив зрізу для пробивання знаходиться згідно значно відрізняється від супротиву зрізу для вирубування при $S/d \geq 0,2$. Це пояснюється підвищенням циліндричної жорсткості відходу та значним внеском зміцнення матеріалу у процес різання. В нашому випадку максимальний $S/d = 1,2/8 = 0,15 < 0,2$, що

означає, що брати поправку на збільшення супротиву зрізу не потрібно.

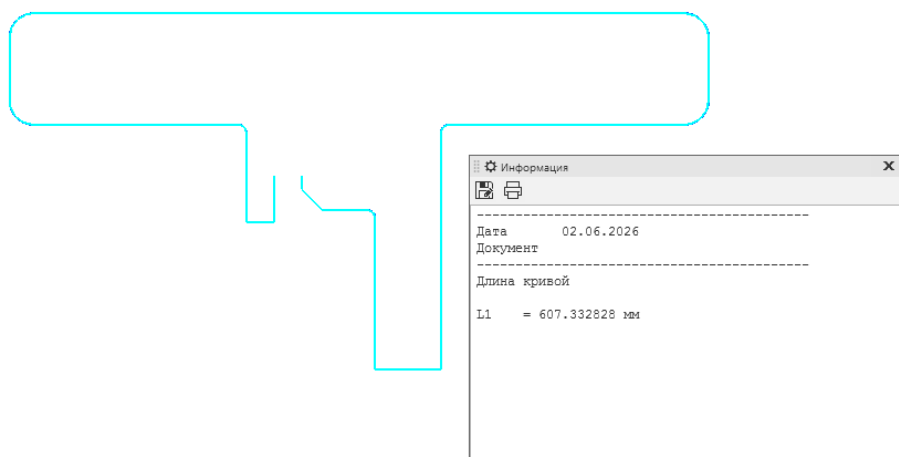


Рис. 15 Довжина контуру для вирубування

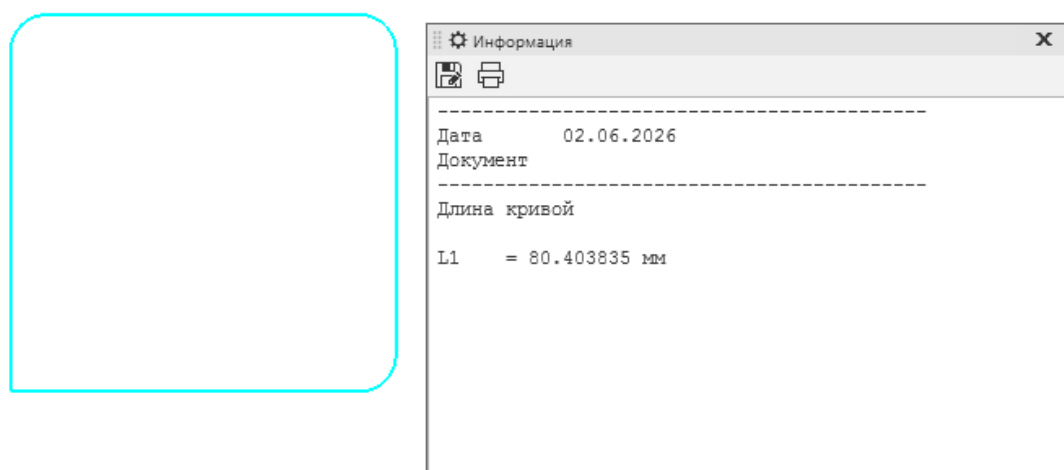


Рис. 16 Довжина другого контуру для вирубування

Довжини контурів отворів легко розрахуються за шкільними формулами.

Зусилля вирубування пробивання розрахується як:

$$P = (607,3 + 80,4 + 40,84 + 25,1) \cdot 1,2 \cdot 29 = 26226,7 \text{ кгс.}$$

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Штамп для вирубання пробивання

2.1.1 Визначення центру тиску штамп

Координати центру тиску штамп визначаються як:

$$\begin{aligned}x_{\text{ц.т.}} &= \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \\y_{\text{ц.т.}} &= \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i},\end{aligned}\tag{2.1}$$

де x_i — горизонтальна координата відповідного відрізка контуру, мм;

y_i — горизонтальна координата відповідного відрізка контуру, мм;

P_i — зусилля на зрізання відповідного відрізка контуру.

Для випадків вісесиметричних деталей центр тиску знаходиться в їх центрі мас. Оскільки ми маємо складний контур взагалі без осей симетрії, розрахунок буде вестись з розбиттям на елементарні відрізки. Для прямих ліній центр тиску буде знаходитись по центру. Для дуг положення центру тиску знаходиться як:

$$L_{o.c.} = R \frac{\sin \alpha}{\alpha},\tag{2.2}$$

де, $\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$ рад. — половина центрального кута дуги;

R — радіус дуги.

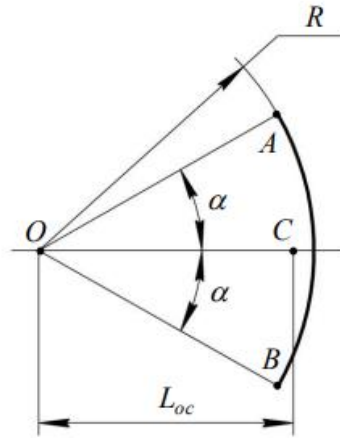


Рис. 17 Схема знаходження центру тиску дуги

Як ми бачимо, при $\alpha = \text{const}$ для знаходження центру тиску дуги нам треба знайти лише коефіцієнт $\frac{\sin \alpha}{\alpha}$. В нашому випадку всі дуги мають центральний кут 90° або ж $\alpha = 45^\circ$.

$$\frac{\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)}{\frac{\pi}{4}} = 0,9.$$

$L_{o.c.}$, для радіусів 7 мм знайдеться як:

$$L_{o.c.7} = 7 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ мм.}$$

$L_{o.c.}$, для радіусів 2 мм знайдеться як:

$$L_{o.c.2} = 2 \cdot 0,9 = 1,8 \text{ мм.}$$

Оскільки контур деталі складається з великої кількості контурів, перш ніж починати розрахунок центру тиску розкрою, розрахуємо центр тиску контуру для вирубкування.

Як було зазначено в п. 1.10 зусилля вирубкування розраховується як:

$$P = LS\sigma_{зр}.$$

Оскільки у формулах 2.1 $S = \text{const}$ та $\sigma_{зр} = \text{const}$ їх можна скоротити та переписати формули як:

$$x_{ц.т.} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i x_i}{\sum_{i=1}^n L_i},$$

$$y_{ц.т.} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i y_i}{\sum_{i=1}^n L_i},$$
(2.3)

де L_i — довжина відповідного відрізка контуру.

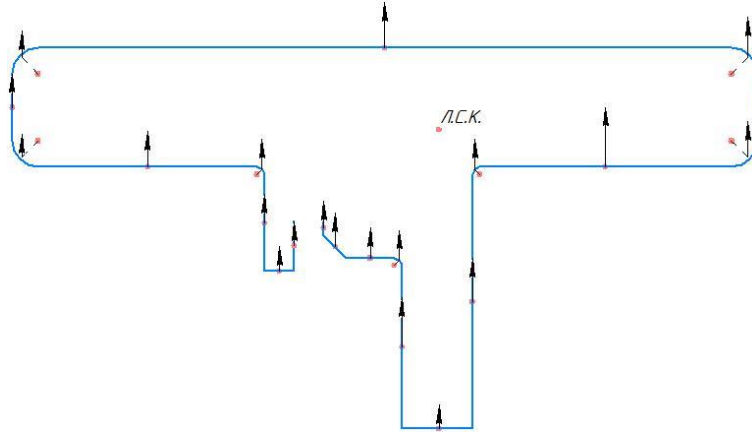


Рис. 18 Схема зусиль що, діють при вирубванні контуру.

Пам'ятаємо, що частково частина контуру вже вирубана, тому з розрахунку координати ц.т. вирубного пуансону її прибираємо.

Сума $\sum_{i=1}^n L_i x_i$ розрахується як:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n L_i x_i &= 13.6 \cdot (-39.0) + 8.0 \cdot (-43.0) + 26.1 \cdot (-47.0) + 3.1 \cdot (-47.7) \\ &+ 59.0 \cdot (-78.5) + 11.0 \cdot (-112.5) + 18.0 \cdot (-115.0) + 11.0 \\ &\cdot (-112.5) + 186.8 \cdot (-14.6) + 11.0 \cdot (83.3) + 18.0 \cdot (85.8) + 11.0 \\ &\cdot (83.3) + 67.8 \cdot (44.9) + 3.1 \cdot (9.7) + 68.3 \cdot (9.0) + 19.0 \cdot (0.0) \\ &+ 43.8 \cdot (-10.0) + 3.1 \cdot (-10.7) + 13.0 \cdot (-18.5) + 8.5 \cdot (-28.0) \\ &+ 4.0 \cdot (-31.0) = -8728,2. \end{aligned}$$

Сума $\sum_{i=1}^n L_i y_i$ розрахується як:

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^n L_i y_i &= 13.6 \cdot (-31.3) + 8.0 \cdot (-38.1) + 26.1 \cdot (-25.0) + 3.1 \cdot (-10.7) \\
&+ 59.0 \cdot (-10.0) + 11.0 \cdot (-7.5) + 18.0 \cdot (6.0) + 11.0 \cdot (19.5) \\
&+ 186.8 \cdot (22.0) + 11.0 \cdot (19.5) + 18.0 \cdot (6.0) + 11.0 \cdot (-7.5) \\
&+ 67.8 \cdot (-10.0) + 3.1 \cdot (-10.7) + 68.3 \cdot (-46.2) + 19.0 \cdot (-80.3) \\
&+ 43.8 \cdot (-58.4) + 3.1 \cdot (-35.2) + 13.0 \cdot (-34.5) + 8.5 \cdot (-31.5) \\
&+ 4.0 \cdot (-26.5) = -2210,7.
\end{aligned}$$

Суму $\sum_{i=1}^n L_i$ визначимо з САПР:

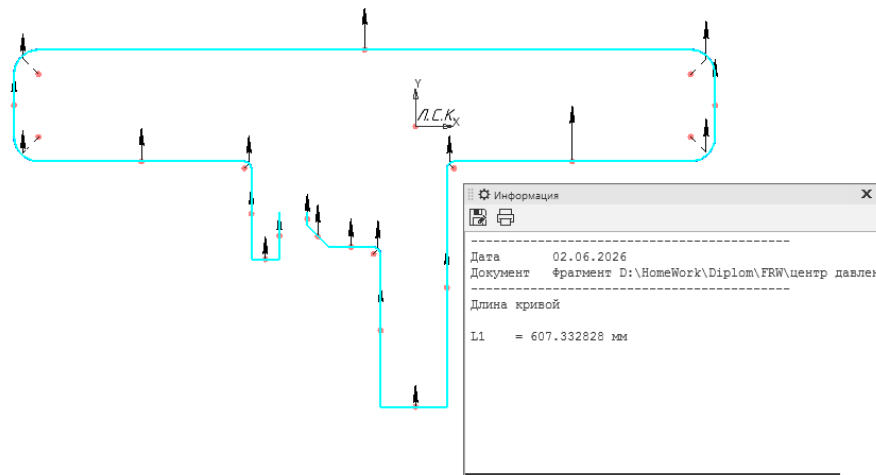


Рис. 19 Довжина контуру, що буде вирубуватись

Координати центру тиску контуру розрахуються як:

$$x_{\text{ц.т.}} = \frac{-8728,2}{607,3} = -14,37 \text{ мм},$$

$$y_{\text{ц.т.}} = \frac{-2210,7}{607,3} = -3,64 \text{ мм}.$$

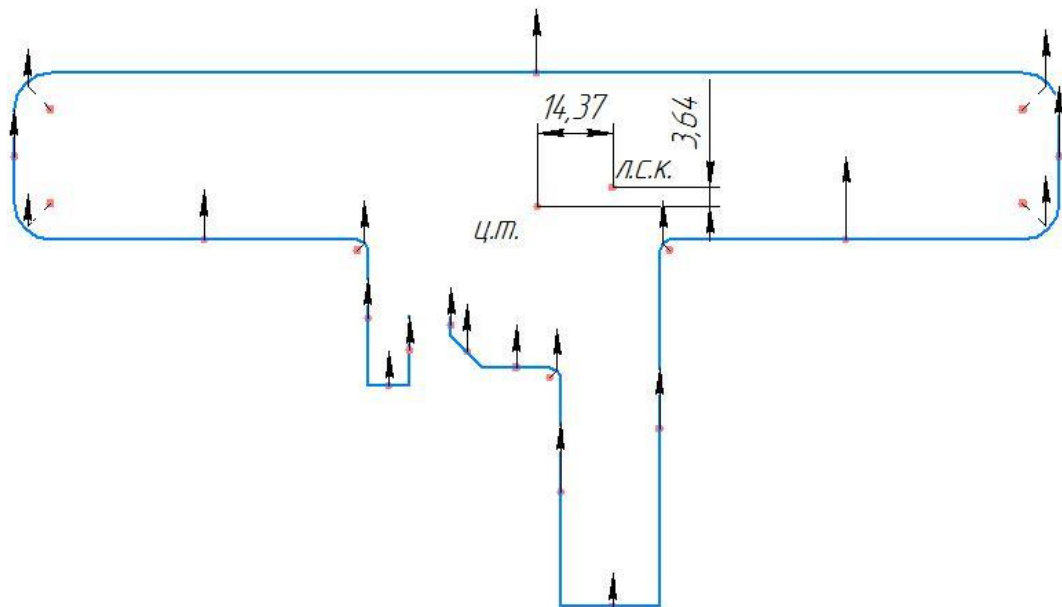


Рис. 20 Положення центру тиску на контурі для вирубання

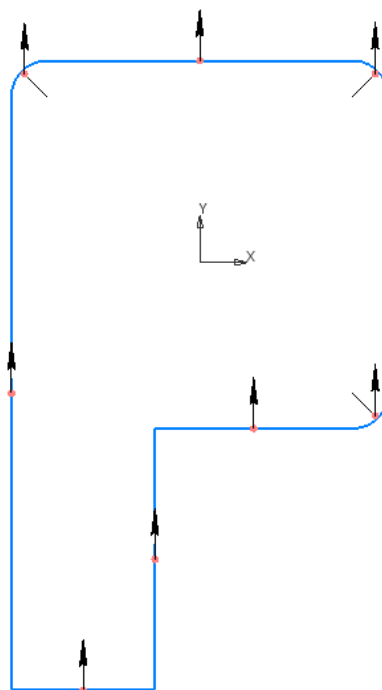


Рис. 21 Схема зусиль на попереднє вирубання контуру

Сума $\sum_{i=1}^n L_i x_i$ розрахується як:

$$\sum_{i=1}^n L_i x_i = 3.1 \cdot (-9.8) + 17.0 \cdot 0.0 + 3.1 \cdot 9.8 + 16.5 \cdot 10.5 + 3.1 \cdot 9.8 + 11.0 \cdot 3.0 + 14.6 \cdot (-2.5) + 8.0 \cdot (-6.5) + 33.1 \cdot (-10.5) = -198,7.$$

Сума $\sum_{i=1}^n L_i y_i$ розрахується як:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n L_i y_i &= 3.1 \cdot 10.5 + 17.0 \cdot 11.2 + 3.1 \cdot 10.5 + 16.5 \cdot 1.0 + 3.1 \cdot (-8.5) \\ &\quad + 11.0 \cdot (-9.2) + 14.6 \cdot (-16.5) + 8.0 \cdot (-23.8) + 33.1 \cdot (-7.3) \\ &= -524.9. \end{aligned}$$

Суму $\sum_{i=1}^n L_i$ визначимо з САПР:

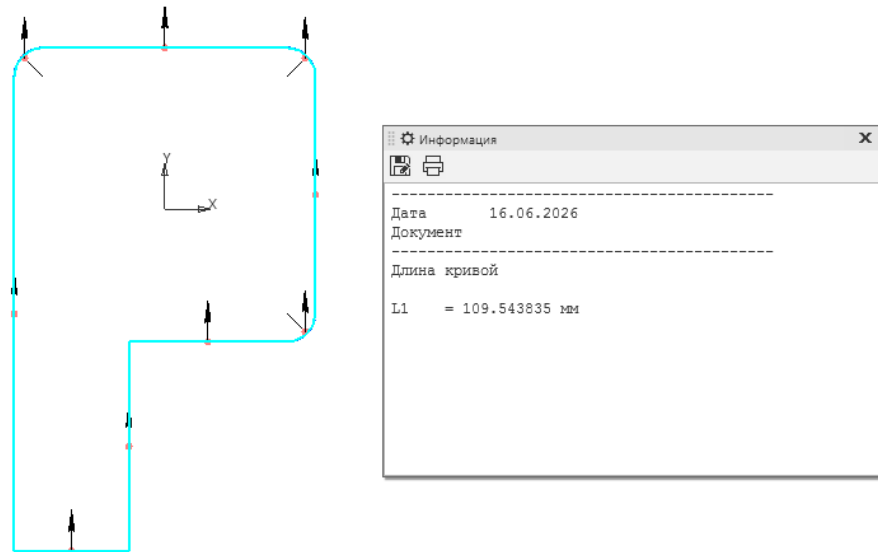


Рис. 22 Довжина контуру, що буде вирубуватись

Координати центру тиску контуру розрахуються як:

$$x_{\text{ц.т.}} = \frac{-198,7}{109,54} = -1,81 \text{ мм},$$

$$y_{\text{ц.т.}} = \frac{-524,9}{109,54} = -4,79 \text{ мм}.$$

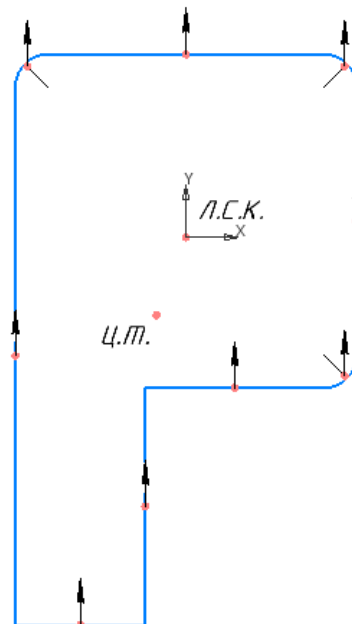


Рис. 23 Положення центру тиску на контурі

Маючи центри тиску для контурів на вирубування можемо розрахувати центр тиску штампу. Розташуємо л.с.к. в центрі тиску контуру вирубування.

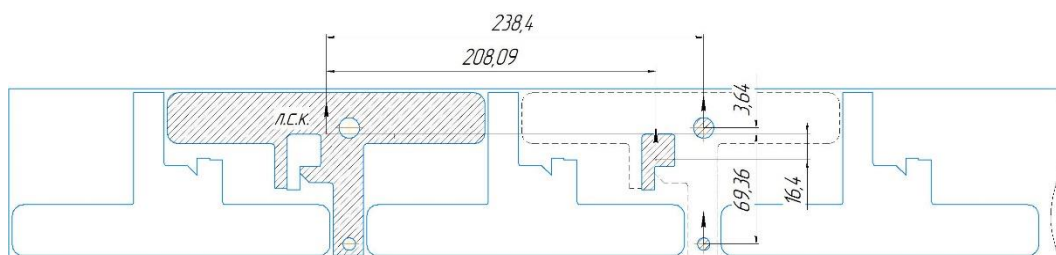


Рис. 24 Схема визначення центру тиску

Розташуємо локальну систему координат над другим контуром для вирубування та по вертикалі посередині полоси. Як видно з рис. 24 по вертикалі усі верхні центри урівноважуються відповідними центрами знизу. Ми все одно проведемо розрахунок.

Сума $\sum_{i=1}^n L_i x_i$ розрахується як:

$$\sum_{i=1}^n L_i x_i = 109,54 \cdot 208,09 + 40,84 \cdot 238,4 + 25,1 \cdot 238,4 = 32523,7.$$

Сума $\sum_{i=1}^n L_i y_i$ розрахується як:

$$\sum_{i=1}^n L_i x_i = 40,84 \cdot 3,64 + 109,54 \cdot (-16,4) + 25,1 \cdot (-69,36) = -2474,8.$$

Відповідні координати розрахуються як:

$$x_{ц.т.} = \frac{32523,7}{607,3 + 109,54 + 25,1 + 40,84} = 43 \text{ мм},$$

$$y_{ц.т.} = \frac{-2474,8}{607,3 + 109,54 + 25,1 + 40,84} = -3,28 \text{ мм},$$

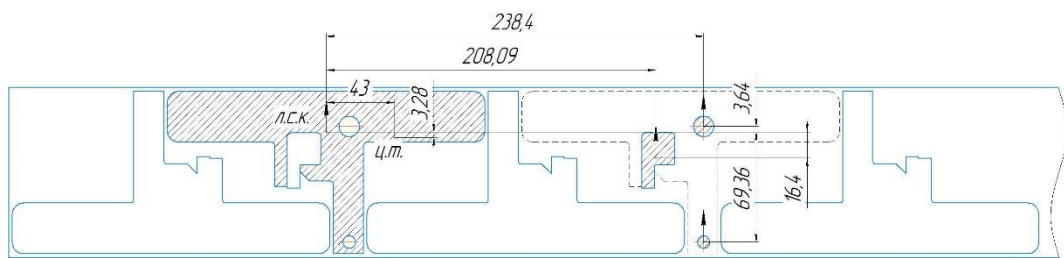


Рис. 25 Положення центру тиску на розкрії

2.1.2 Розрахунок виконавчих розмірів

Як нам відомо, при роботі штампа для вирубкування пробивання відбувається зношування робочих частин та відповідна зміна розмірів. Для того щоб забезпечити якомога довшу роботу штампу зі збереженням допусків на деталях треба правильно призначати відповідні виконавчі на пуансонах та матриці. Для того щоб уявляти як будуть змінюватись розміри при зношуванні накреслимо схему зміни розмірів. Розміри деталі будуть забезпечуватись по 14 квалітету.

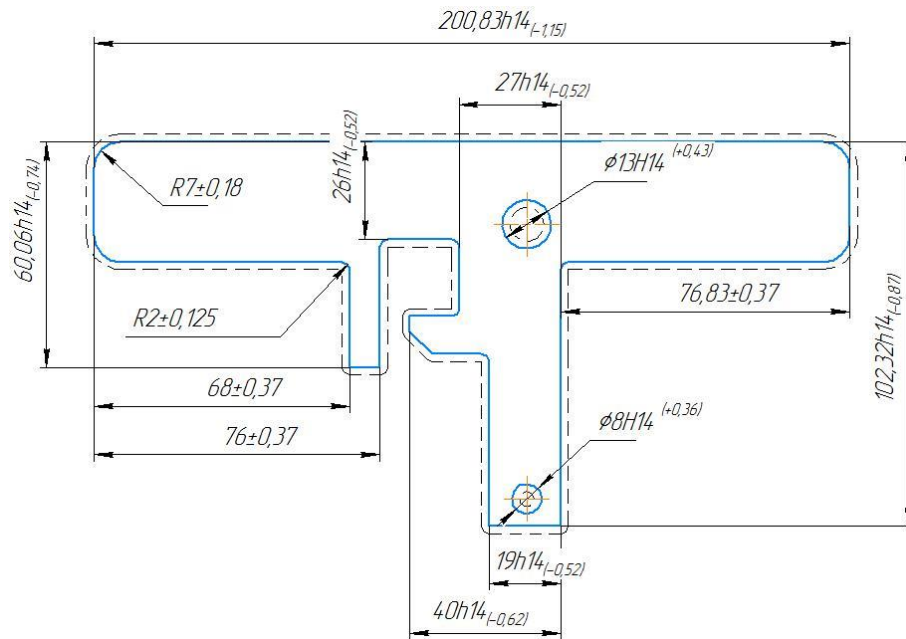


Рис. 26 Розміри деталі з майбутнім контуром зношеної матриці

2.1.2.1 Аналіз особливостей утворення розміру

Розмір $\phi 13H14(+0,43)$:

Відноситься до внутрішнього контуру;

Операція пробивання;

Основний інструмент пуансон;

При зношуванні інструменту розмір буде зменшуватись.

Розмір $\phi 8H14(+0,36)$:

Відноситься до внутрішнього контуру;

Операція пробивання;

Основний інструмент пуансон;

При зношуванні інструменту розмір буде зменшуватись.

Розмір $200,83h14(-1,15)$:

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубання;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 102,32h14(-0,87):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 76h14(-0,74):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 60,06h14(-0,74):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 40h14(-0,62):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 32h14(-0,62):

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 27h14(-0,52):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 26h14(-0,52):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір 19h14(-0,52):

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір R7±0,18:

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубування;

Основний інструмент матриця;

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір $R2 \pm 0,125$:

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубкування;

Основний інструмент матриця;

При зношуванні інструменту розмір буде збільшуватись.

Розмір $76,83 \pm 0,37$:

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубкування;

Основний інструмент матриця;

Розмір малозмінний.

Розмір $68 \pm 0,37$:

Відноситься до зовнішнього контуру;

Операція вирубкування;

Основний інструмент матриця;

Розмір малозмінний.

2.1.2.2 Розрахунок розмірів

Розмір $\varnothing 13H14^{(+0,43)}$:

$$L_{\text{дет.Ном.}} = 13 \text{ мм};$$

$$T = 0,43 \text{ мм};$$

$$ES = +0,43 \text{ мм};$$

$$EI = 0;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 13 + 0,43 = 13,43 \text{ мм};$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{min} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 13 + 0 = 13 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,35$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,18$ мм, поле допуску H7 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_\Pi = -0,013$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є пуансон, розмір буде зменшуватись. Розмір розрахується за формулою [1, с. 62, табл. 12]:

$$L_\Pi = (L_{min} + \Pi_i)_{-\delta_\Pi}, \quad (2.4)$$

Розмір допоміжного інструменту розрахується за формулою [1, с. 62, табл. 12]:

$$L_M = (L_{min} + \Pi_i + z)^{+\delta_M}, \quad (2.5)$$

Відповідні розміри розрахуються як:

$$L_\Pi = (13 + 0,35)_{-0,013} = 13,35_{-0,013} \text{ мм},$$

$$L_M = (13 + 0,35 + 0,08)^{+0,018} = 13,43^{+0,018} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_\Pi < L_{max},$$

$$13 < 13,35 < 13,43.$$

Також має виконуватись умова [1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_\Pi|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,018| + |-0,013|) = 0,031 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_{\Pi} = -0,012$.

$$(|+0,018| + |-0,012|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір $\varnothing 8H14(+0,36)$:

$$L_{\text{дет.ном.}} = 8 \text{ мм};$$

$$T = 0,36 \text{ мм};$$

$$ES = +0,36 \text{ мм};$$

$$EI = 0;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{дет.ном.}} + ES = 8 + 0,36 = 8,36 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{дет.ном.}} + EI = 8 + 0 = 8 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_{\text{в}} = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,30$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_{\text{М}} = +0,022$ мм, поле допуску H8 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{\Pi} = -0,009$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є пуансон, розмір буде зменшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_{\Pi} = (8 + 0,3)_{-0,009} = 8,3_{-0,009} \text{ мм},$$

$$L_{\text{М}} = (8 + 0,3 + 0,08)^{+0,022} = 8,38^{+0,022} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{\text{min}} < L_{\Pi} < L_{\text{max}},$$

$$8 < 8,3 < 8,36.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_{II}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,022| + |-0,009|) = 0,031 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуски на пуансон та матрицю, щоб вони становили $\delta_{II} = -0,008$ та $\delta_M = 0,018$.

$$(|+0,018| + |-0,008|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 200,83h14_(-1,15):

$$L_{\text{Дет.Ном.}} = 200,83 \text{ мм};$$

$$T = 1,15 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -1,15;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{Дет.Ном.}} + ES = 200,83 + 0 = 200,83 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{Дет.Ном.}} + EI = 200,83 + (-1,15) = 199,68 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,90$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,020$ мм, поле допуску H5 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{II} = -0,014$ мм, поле допуску h4 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись.

Розмір розрахується за формулою[1, с. 62, табл. 12]:

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$L_M = (L_{max} - \Pi_i)^{+\delta_M}, \quad (2.6)$$

Розмір допоміжного інструменту розраховується за формулою [1, с. 62, табл. 12]:

$$L_{\Pi} = (L_{max} - \Pi_i - z)_{-\delta_{\Pi}}, \quad (2.7)$$

Відповідні розміри розраховуються як:

$$L_M = (200,83 - 0,9)^{+0,020} = 199,93^{+0,020} \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (200,83 - 0,9 - 0,08)_{-0,014} = 199,85_{-0,014} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$199,68 < 199,93 < 200,83.$$

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_{\Pi}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,020| + |-0,014|) = 0,034 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_{\Pi} = -0,010$.

$$(|+0,020| + |-0,010|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 102,32h14_(-0,87):

$$L_{\text{дет.ном.}} = 102,32 \text{ мм};$$

$$T = 0,87 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,87;$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$L_{max} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 102,32 + 0 = 102,32 \text{ мм};$$

$$L_{min} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 102,32 + (-0,87) = 101,45 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

$$\text{допуск на зазор } \Delta z = 0,03 \text{ мм [1, с. 67, табл. 14];}$$

$$\text{припуск на зношування інструменту } \Pi_i = 0,70 \text{ мм [1, с. 65, табл. 13];}$$

$$\delta_M = +0,015 \text{ мм, поле допуску H5 [1, с. 71, табл. 15];}$$

$$\delta_\Pi = -0,015 \text{ мм, поле допуску h5 [1, с. 71, табл. 15].}$$

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = (102,32 - 0,7)^{+0,015} = 101,62^{+0,015} \text{ мм},$$

$$L_\Pi = (102,32 - 0,7 - 0,08)_{-0,015} = 101,54_{-0,015} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$101,54 < 101,62 < 102,32.$$

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_\Pi|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,015| + |-0,015|) = 0,030 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 76h14_(-0,74):

$$L_{\text{дет.Ном.}} = 76 \text{ мм};$$

$$T = 0,74 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$EI = -0,74;$$

$$L_{max} = L_{\text{дет.ном.}} + ES = 76 + 0 = 76 \text{ мм};$$

$$L_{min} = L_{\text{дет.ном.}} + EI = 76 + (-0,74) = 75,26 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,60$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,019$ мм, поле допуску H6 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_\Pi = -0,013$ мм, поле допуску h5 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = (76 - 0,6)^{+0,019} = 75,4^{+0,019} \text{ мм},$$

$$L_\Pi = (76 - 0,6 - 0,08)_{-0,013} = 75,32_{-0,013} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$75,26 < 75,4 < 76.$$

Також має виконуватись умова [1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_\Pi|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,019| + |-0,013|) = 0,032 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_\Pi = -0,011$.

$$(|+0,019| + |-0,008|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 60,06h14(-0,74):

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$L_{\text{дет.Ном.}} = 60,06 \text{ мм};$$

$$T = 0,74 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,74;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 60,06 + 0 = 60,06 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 60,06 + (-0,74) = 59,32 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_{\text{в}} = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,60$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_{\text{М}} = +0,019$ мм, поле допуску Н6 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{\text{П}} = -0,013$ мм, поле допуску h5 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_{\text{М}} = (60,06 - 0,6)^{+0,019} = 101,62^{+0,019} \text{ мм},$$

$$L_{\text{П}} = (60,06 - 0,6 - 0,08)_{-0,013} = 101,54_{-0,013} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{\text{min}} < L_{\text{М}} < L_{\text{max}},$$

$$101,54 < 101,62 < 102,32.$$

Також має виконуватись умова [1, с. 69]:

$$(|\delta_{\text{М}}| + |\delta_{\text{П}}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,019| + |-0,013|) = 0,032 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_{\Pi} = -0,011$.

$$(|+0,019| + |-0,008|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 40h14(-0,62):

$$L_{\text{дет.Ном.}} = 40 \text{ мм};$$

$$T = 0,62 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,62;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 40 + 0 = 40 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 40 + (-0,62) = 39,38 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_{\text{в}} = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,50$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_{\text{М}} = +0,016$ мм, поле допуску Н6 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{\Pi} = -0,016$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_{\text{М}} = (40 - 0,5)^{+0,016} = 39,5^{+0,016} \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (40 - 0,5 - 0,08)_{-0,016} = 39,42_{-0,016} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{\text{min}} < L_{\text{М}} < L_{\text{max}},$$

$$39,38 < 39,5 < 40.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_{\Pi}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,016| + |-0,016|) = 0,032 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_{\Pi} = -0,012$.

$$(|+0,016| + |-0,012|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 32h14(-0,62):

$$L_{\text{Дет.Ном.}} = 32 \text{ мм};$$

$$T = 0,62 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,62;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{Дет.Ном.}} + ES = 32 + 0 = 32 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{Дет.Ном.}} + EI = 32 + (-0,62) = 31,38 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_{\text{в}} = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,50$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,016$ мм, поле допуску H6 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{\Pi} = -0,016$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = (32 - 0,5)^{+0,016} = 31,5^{+0,016} \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (32 - 0,5 - 0,08)_{-0,016} = 31,42_{-0,016} \text{ мм}.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$31,38 < 31,5 < 32.$$

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_{II}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,016| + |-0,016|) = 0,032 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_{II} = -0,012$.

$$(|+0,016| + |-0,012|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 27h14_(-0,52):

$$L_{\text{дет.ном.}} = 27 \text{ мм};$$

$$T = 0,52 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,52;$$

$$L_{max} = L_{\text{дет.ном.}} + ES = 27 + 0 = 27 \text{ мм};$$

$$L_{min} = L_{\text{дет.ном.}} + EI = 27 + (-0,52) = 26,48 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,40$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,021$ мм, поле допуску H7 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{II} = -0,013$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = (27 - 0,4)^{+0,021} = 26,6^{+0,021} \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (27 - 0,4 - 0,08)_{-0,013} = 26,52_{-0,013} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$26,48 < 26,6 < 27.$$

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_{\Pi}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,021| + |-0,013|) = 0,034 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуски на пуансон та матрицю, щоб вони становили $\delta_{\Pi} = -0,012$ та

$$\delta_M = +0,018.$$

$$(|+0,018| + |-0,012|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 26h14(-0,52):

$$L_{\text{Дет.Ном.}} = 26 \text{ мм};$$

$$T = 0,52 \text{ мм};$$

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,52;$$

$$L_{max} = L_{\text{Дет.Ном.}} + ES = 27 + 0 = 26 \text{ мм};$$

$$L_{min} = L_{\text{Дет.Ном.}} + EI = 27 + (-0,52) = 25,48 \text{ мм};$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $P_i = 0,40$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,021$ мм, поле допуску H7 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_\Pi = -0,013$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = (26 - 0,4)^{+0,021} = 25,6^{+0,021} \text{ мм},$$

$$L_\Pi = (26 - 0,4 - 0,08)_{-0,013} = 25,52_{-0,013} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$25,48 < 25,6 < 26.$$

Також має виконуватись умова [1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_\Pi|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,021| + |-0,013|) = 0,034 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуски на пуансон та матрицю, щоб вони становили $\delta_\Pi = -0,012$ та

$\delta_M = +0,018$.

$$(|+0,018| + |-0,012|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір 19h14(-0,52):

$$L_{\text{дет.ном.}} = 19 \text{ мм};$$

$$T = 0,52 \text{ мм};$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ES = 0 \text{ мм};$$

$$EI = -0,52;$$

$$L_{max} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 19 + 0 = 19 \text{ мм};$$

$$L_{min} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 19 + (-0,52) = 18,48 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,40$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,021$ мм, поле допуску H7 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_\Pi = -0,013$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = (19 - 0,4)^{+0,021} = 18,6^{+0,021} \text{ мм},$$

$$L_\Pi = (19 - 0,4 - 0,08)_{-0,013} = 18,52_{-0,013} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$18,48 < 18,6 < 19.$$

Також має виконуватись умова [1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_\Pi|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,021| + |-0,013|) = 0,034 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуски на пуансон та матрицю, щоб вони становили $\delta_\Pi = -0,012$ та

$$\delta_M = +0,018.$$

$$(|+0,018| + |-0,012|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Умова виконується.

Розмір $R7 \pm 0,18$:

$$L_{\text{дет.ном.}} = 7 \text{ мм};$$

$$T = 0,36 \text{ мм};$$

$$ES = +0,18 \text{ мм};$$

$$EI = -0,18;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{дет.ном.}} + ES = 7 + 0,18 = 7,18 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{дет.ном.}} + EI = 7 + (-0,18) = 6,82 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,30$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_M = +0,022$ мм, поле допуску H8 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_\Pi = -0,009$ мм, поле допуску h6 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розраховуються як:

$$L_M = (7,18 - 0,3)^{+0,022} = 6,88^{+0,022} \text{ мм},$$

$$L_\Pi = (7,18 - 0,3 - 0,08)_{-0,009} = 6,8_{-0,009} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{\text{min}} < L_M < L_{\text{max}},$$

$$6,82 < 6,88 < 7,18.$$

Також має виконуватись умова [1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_\Pi|) \leq \Delta z,$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$(|+0,022| + |-0,009|) = 0,031 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуск на пуансон, щоб він становив $\delta_{\Pi} = -0,008$.

$$(|+0,022| + |-0,008|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір $R2 \pm 0,125$:

$$L_{\text{дет.Ном.}} = 2 \text{ мм};$$

$$T = 0,25 \text{ мм};$$

$$ES = +0,125 \text{ мм};$$

$$EI = -0,125;$$

$$L_{\text{max}} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 2 + 0,125 = 2,125 \text{ мм};$$

$$L_{\text{min}} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 2 + (-0,125) = 1,875 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_{\text{в}} = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,21$ мм [1, с. 65, табл. 13];

$\delta_{\text{М}} = +0,025$ мм, поле допуску H9 [1, с. 71, табл. 15];

$\delta_{\Pi} = -0,010$ мм, поле допуску h7 [1, с. 71, табл. 15].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри пуансону та матриці розраховуються як:

$$L_{\text{М}} = (2,125 - 0,21)^{+0,025} = 1,915^{+0,025} \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (2,125 - 0,21 - 0,08)_{-0,010} = 1,835_{-0,010} \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$1,875 < 1,915 < 2,125.$$

Також має виконуватись умова[1, с. 69]:

$$(|\delta_M| + |\delta_{II}|) \leq \Delta z,$$

$$(|+0,025| + |-0,010|) = 0,031 > \Delta z.$$

Умова не виконується. Значення допусків рекомендовані, поправимо допуск на матрицю, щоб він становив $\delta_M = -0,020$.

$$(|+0,020| + |-0,010|) = 0,03 \leq \Delta z.$$

Умова виконується.

Розмір $76,83 \pm 0,37$:

$$L_{\text{дет.Ном.}} = 76,83 \text{ мм};$$

$$T = 0,74 \text{ мм};$$

$$ES = +0,37 \text{ мм};$$

$$EI = -0,37;$$

$$L_{max} = L_{\text{дет.Ном.}} + ES = 76,83 + 0,37 = 77,2 \text{ мм};$$

$$L_{min} = L_{\text{дет.Ном.}} + EI = 76,83 + (-0,37) = 76,46 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_B = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $P_i = 0,60$ мм [1, с. 65, табл. 13].

Основним інструментом є матриця, розмір малозмінний. Розмір розрахується за формулою[1, с. 62, табл. 12]:

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$L_M = L_{\text{ном}} \pm \frac{\Delta z}{2}, \quad (2.8)$$

Розмір допоміжного інструменту розрахується за формулою [1, с. 62, табл. 12]:

$$L_{\Pi} = L_{\text{ном}} - z \pm \frac{\Delta z}{2} \quad (2.9)$$

Відповідні розміри розрахуються як:

$$L_M = 76,83 \pm 0,15 \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (76,83 - 0,08) \pm 0,15 = 76,75 \pm 0,15 \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{\min} < L_M < L_{\max},$$

$$76,46 < 76,83 < 77,2.$$

Розмір $68 \pm 0,37$:

$$L_{\text{дет.ном.}} = 68 \text{ мм};$$

$$T = 0,74 \text{ мм};$$

$$ES = +0,37 \text{ мм};$$

$$EI = -0,37;$$

$$L_{\max} = L_{\text{дет.ном.}} + ES = 68 + 0,37 = 68,37 \text{ мм};$$

$$L_{\min} = L_{\text{дет.ном.}} + EI = 68 + (-0,37) = 67,63 \text{ мм};$$

двосторонній зазор $z = 0,08$ [1, с. 67, табл. 14], $\sigma_b = 420$ МПа для сталі 10 [1, с. 478, табл. 1];

допуск на зазор $\Delta z = 0,03$ мм [1, с. 67, табл. 14];

припуск на зношування інструменту $\Pi_i = 0,60$ мм [1, с. 65, табл. 13].

Основним інструментом є матриця, розмір буде збільшуватись. Розміри

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

пуансону та матриці розрахуються як:

$$L_M = 68 \pm 0,15 \text{ мм},$$

$$L_{\Pi} = (68 - 0,08) \pm 0,15 = 67,92 \pm 0,15 \text{ мм}.$$

Правильність призначення виконавчого розміру перевіряється як:

$$L_{min} < L_M < L_{max},$$

$$67,63 < 68 < 68,37.$$

2.1.3 Проектування матриці

2.1.3.1 Розрахунок товщини матриці

Першим кроком у проектуванні матриці є розрахунок її товщини. Це робиться за формулою[1, с. 76]:

$$H_M = s + K_M \sqrt{a_p + b_p} + 7, \quad (2.10)$$

де $s = 1,2$ мм – товщина матеріалу;

a_p та b_p – розміри робочої зони матриці, мм;

$K_M = 1,0$ – коефіцієнт.

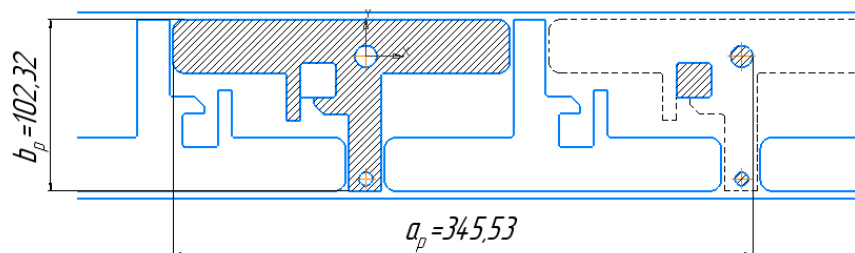


Рис. 27 Розміри робочої зони

Можемо порахувати товщину:

$$H_M = 1,2 + 1,0 \sqrt{345,53 + 102,32} + 7 = 29,36 \text{ мм}.$$

Округлюємо до найближчого більшого значення з приведених на [1, с. 79].

Призначаємо $H_M = 32$ мм.

Перевірка достатності обраної товщини по зусиллю приблизно проводиться за формулою [1, с. 79]:

$$H_M = \sqrt[3]{100P}, \quad (2.11)$$

де $P = 26226,7$ кгс = 257,28 кН – технологічне зусилля. Визначено в п. 1.10

Товщина матриці розрахується як:

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot 257,28} = 29,52 \text{ мм.}$$

Як бачимо, отримана товщина доволі близька до отриманої за формулою 2.10. Обране значення $H_M = 32$ мм є достатнім.

2.1.3.2 Габаритний розмір матриці

Матеріал матриці призначаємо X12M.

На робочому контурі матриці присутні як ділянки з концентраторами напружень, так і без. Згідно [1, с. 78, табл. 20]:

$$e_4 = H_M = 32 \text{ мм,}$$

$$e_6 = 2H_M = 2 \cdot 32 = 64 \text{ мм.}$$

Згідно рекомендацій коефіцієнт 2 для визначення e_6 завищений. Беремо коефіцієнт 1,5.

$$e_6 = 1,5 \cdot 32 = 48 \text{ мм.}$$

Оскільки контур деталі видовжений, то в поперечному напрямку, тобто по висоті, беремо мінімальні відстані e_6 .

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

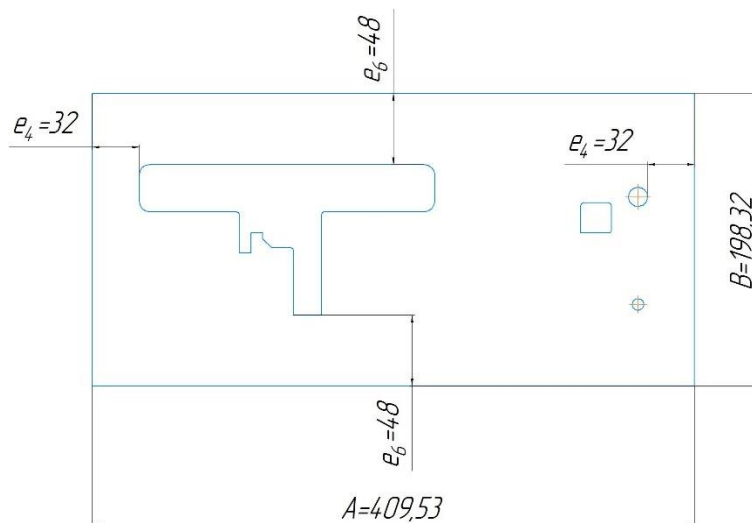


Рис. 28 Визначення габаритів матриці

Розміри матриці мають бути кратними 5. Приймаємо $A = 410$ мм та $B = 200$ мм.

2.1.3.3 Визначення діаметрів гвинтів та штифтів та їх розташування

Найбільший габарит матриці 410 мм. Визначене технологічне зусилля 502 кН. Призначаємо болти М12 та штифти діаметром 10 мм згідно [1, с. 77, табл. 18].

Мінімальні значення координат розташування гвинтів та штифтів встановлюються згідно [1, с. 77, табл. 19]:

$$\begin{aligned} e_1 &= 15 \text{ мм}, \\ e_2 &= 25 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Інші мінімальні координати встановлюються згідно [1, с. 78, табл. 20]:

$$\begin{aligned} e_3 &= 0,6d_{\text{о.гв.}}, \\ e_5 &= 0,8d_{\text{о.гв.}}. \end{aligned}$$

Для $d_{\text{о.гв.}} > 8,5$ мм $e_{7\min} = 1,2 d_{\text{о.гв.}} = 12 \cdot 1,2 = 14,4$ мм. Це мінімально допустимий відступ від краю матриці. Сам розмір повинен відповідати нормальним розмірам з ГОСТ 6636-69. Сам розмір приблизно має вписуватись в середину поля.

$$e_7 \approx \frac{e_6}{2} = 24 \text{ мм}.$$

Маємо найближчий розмір з Ra5, а саме 25 мм. Призначаємо $e_7 = 25$ мм.

$$e_{8min} = 1,5s = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8 \text{ мм.}$$

Відстань між гвинтами має становити не менше ніж 90 мм. Гвинти мають бути розташовані таким чином, щоб не перешкоджати роботі тимчасових упорів.

2.1.3.4 Вибір постійного та тимчасових упорів

Згідно [1, с. 108, табл. 27] для товщини матеріалу 1,2 мм:

Висота грибкового упору $h_y = 3$ мм;

Висота направляючих планок для довжини більше 200 мм $h_{пл} = 12$ мм.

Під вибрані параметри підходить декілька типорозмірів грибкових упорів. Згідно [1, с. 129, табл. 37] обираємо наступний грибковий упор по ГОСТ 18743-80:

$$H_y / h_y = 12 / 3;$$

$$d_y = 4 \text{ мм};$$

$$D_y = 10 \text{ мм.}$$

Тимчасовий упор з пружною по ГОСТ 18741-80 обираємо згідно [1, с. 126, табл. 34] для $h_{пл} = 12$ мм:

$$h_y = 11,8 \text{ мм};$$

$$h'_y = 6 \text{ мм};$$

$$B_y = 12 \text{ мм};$$

$$c_y = 5 \text{ мм};$$

$$c'_y = 28 \text{ мм};$$

$$L_y = 45 \dots 71 \text{ мм};$$

$$L'_y = 10 \text{ мм};$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L''_y = 12 \text{ мм};$$

$$c''_y = 8 \text{ мм};$$

$$D_{\text{прж}} = 9 \text{ мм};$$

Координата встановлення тимчасового упору розраховується згідно [1, с. 106]. Це робиться для того, щоб пуансон гарантовано не зрізав передню кромку полоси.

$$a_y = \left(\frac{L_{\text{дет.}}}{2} + b - l - 0,2 \right)^{0,1}, \quad (2.12)$$

де a_y – відстань від вертикальної осі симетрії контуру, що вирубується

пробивається до правої кромки тимчасового упору;

$L_{\text{дет.}} = 200,83 \text{ мм}$ – номінальний розмір контуру що вирубується

пробивається деталі по ходу подачі, див. рис. 29;

$b = 2,1 \text{ мм}$ – величина перемички по ходу подачі;

$l = 10,5 \text{ мм}$ – відстань від центру лівого контуру, що вирубується пробивається до вертикальної осі, див. рис. 29.

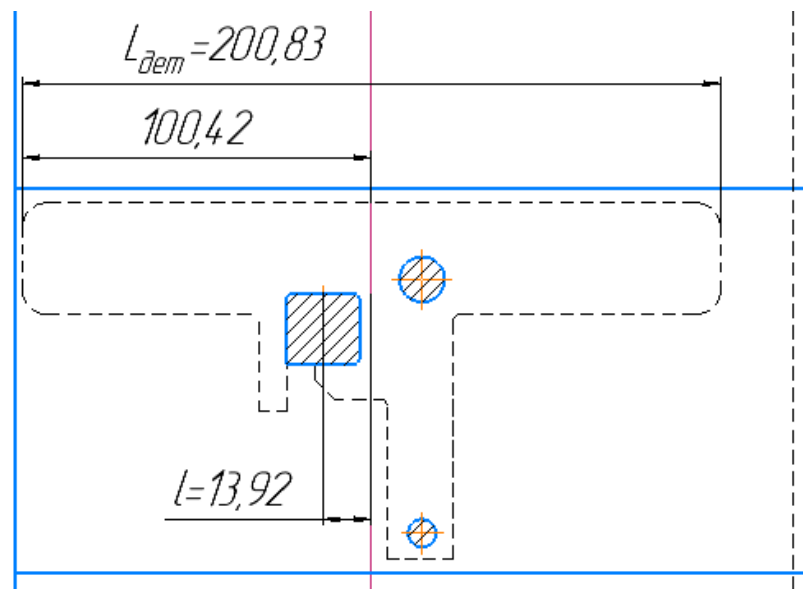


Рис. 29 Схема визначення розмірів для розрахунку положення тимчасового упору

Призначається згідно рекомендацій;

$H_{\text{зн}}$ – товщина знімача, мм;

$H_{\text{нп}} = 12$ мм, – товщина направляючих планок[1, с. 108, табл. 27];

Δh – глибина занурення пуансона в матрицю.

Товщина знімача розраховується за формулою[1, с. 114, рис. 20]:

$$H_{\text{зн}} = 0,8H_{\text{м}}, \quad (2.15)$$

$$H_{\text{зн}} = 0,8 \cdot 32 = 25,6 \approx 25 \text{ мм.}$$

Глибина занурення пуансона в матрицю розраховується за формулою [1, с. 114, рис. 20]:

$$\Delta h = (0,2 \dots 0,5)s, \quad (2.16)$$

$$\Delta h = (0,2 \dots 0,5) \cdot 1,2 = 0,24 \dots 0,6.$$

Призначаємо $\Delta h = 0,5$ мм.

Товщина пуансонотримача залежить від того стійкий чи нестійкий пуансон ми використовуємо. Пуансон для пробивки отвору 8 мм скоріше відноситься до нестійких пуансонів, ані ж стійких. Товщина пуансонотримача відповідно розрахується як:

$$H_{\text{пт}} = \frac{(0,25 \dots 0,4)l_{\text{в}}}{1 - (0,25 \dots 0,4)}, \quad (2.17)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вільної частини, що виступає з пуансонотримача, мм.

Довжина вільної частини розраховується як:

$$l_{\text{в}} = H_{\text{з}} + H_{\text{зн}} + H_{\text{нп}} + \Delta h. \quad (2.18)$$

$$l_{\text{в}} = 25 + 25 + 12 + 0,5 = 62,5 \text{ мм.}$$

Тоді діапазон розмірів пуансонотримача розрахується як:

$$H_{\text{пт}} = \frac{(0,25 \dots 0,4) \cdot 62,5}{1 - (0,25 \dots 0,4)} = 20,83 \dots 41,67 \text{ мм.}$$

Товщина пуансонотримача приймається згідно нормальних лінійних розмірів та має відповідати розрахованому діапазону товщин. Приймаємо товщину пуансонотримача $H_{\text{пт}} = 32$ мм з ряду розмірів Ra5.

Маючи всі компоненти можемо розрахувати довжину пуансона:

$$L_{\text{п}} = 32 + 25 + 25 + 12 + 0,5 = 94,5.$$

Згідно [3, с. 5, табл. 1] нам підходить пуансон за наступними параметрами:

- $H = 95$ мм;
- $D = 12n6$ мм;
- $D_1 = 12h12$ мм;
- $D_2 = 16$ мм;
- $h = 36$ мм;
- $h_1 = 25$ мм;
- $h_2 = 8$ мм.

Довжина посадкової частини має бути на 1 ... 5 мм більша за товщину пуансонотримача.

$$h - H_{\text{пт}} = 36 - 32 = 4 \text{ мм.}$$

Товщина пуансонотримача та довжина пуансонотримача в нормальних межах.

2.1.4.2 Перевірочні розрахунки

Перевірка на стискування відбувається за формулою [4, с. 57]:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{пр}}}{F} \leq [\sigma]_{\text{ст}}, \quad (2.19)$$

де, $P_{\text{пр}} = 8580 H$ – зусилля пробивання прикладене до пуансона;

F – площа поперечного перетину робочої частини пуансона, мм²;

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$[\sigma]_{\text{ст}}$ – допустиме напруження на стискання, МПа. Для інструментальних сталей при твердості $HRC = 56 \dots 60$ $[\sigma]_{\text{ст}} = 1000 \dots 1600$ МПа. Згідно [1, с. 103] для сталі У10А $[\sigma]_{\text{ст}} = 1600$ МПа.

Площа поперечного перерізу робочої частини розраховується як:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

де, $d = 8,3$ мм – виконавчий діаметр пробивного пуансону.

$$F = \frac{\pi \cdot 8,3^2}{4} = 50,27 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{8580}{50,27} = 170,76 \text{ МПа} \ll 1600 \text{ МПа}.$$

Перевірка на стиск виконується з великим запасом.

Перевірка на поздовжній стиск виконується за формулою [4, с. 57]:

$$l \leq \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{nP_{\text{пр}}}},$$

де $l = 62,5$ мм – довжина вільної частини пуансону;

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль юнга;

J – момент інерції перетину, мм⁴;

$P_{\text{пр}} = 8580$ Н, – зусилля прикладене до пуансону;

$n = 2 \dots 3$, – коефіцієнт запасу.

Момент інерції циліндру розраховується як:

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 8^4}{64} = 201,06 \text{ мм}^4.$$

Перевірка на згин розраховується як:

$$\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 201,06}{3 \cdot 8580}} = 127,4 \text{ мм} > 62,5 \text{ мм}.$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Перевірка на повздовжній згін виконується з великим запасом.

Перевірка на зминання виконується згідно [4, с. 57]:

$$\sigma_{зм} = \frac{P_{пр}}{F_k} \leq [\sigma]_{зм},$$

де $[\sigma]_{зм}$ – допустиме напруження на зминання матеріалу плити, МПа.

Для сталених плит $[\sigma]_{зм} = 180 \dots 200$ МПа;

F_k – площа опорної поверхні пуансона.

Площа опорної поверхні пуансона розраховується як:

$$F_k = \frac{\pi d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201,06 \text{ мм}^2;$$

Тоді напруження зминання розраховується як:

$$\sigma = \frac{8580}{201,06} = 42,67 \text{ МПа} \ll 180 \text{ МПа}.$$

Перевірка на зминання виконується з великим запасом.

2.1.4.3 Допуски форми та розташування поверхонь пуансону

Допуски форми та поверхонь призначаються згідно [3, с. 10]:

Допуск радіального биття поверхні В відносно поверхні Б для пуансонів з полем допуску робочого розміру по h6 – не нижче 5-ї ступені точності по ГОСТ 24643-81. Згідно [5, с. 3, табл. 5] для розміру 8,3 мм та 5 ступені точності допуск складе 6 мкм.

Допуск циліндричності поверхні В по всій довжині для пуансонів з полем допуску робочого розміру по h6 – не нижче 6-ї ступені точності по ГОСТ 24643-81. Згідно [5, с. 2, табл. 3] для розміру 8,3 мм та 6 ступені точності допуск складе 4 мкм.

Допуск циліндричності поверхні Б по всій довжині не нижче 7-ї ступені точності по ГОСТ 24643-81. Згідно [5, с. 2, табл. 3] для розміру 12 мм та 7 ступені точності допуск складе 8 мкм.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Допуск торцювого биття поверхні Г відносно поверхні Б – не нижче 7-ї ступені точності по ГОСТ 24643-81. Згідно [5, с. 3, табл. 4] для розміру 16 мм та 7 ступені точності допуск складе 8 мкм.

Технічні умови по ГОСТ 16675-80.

2.1.4.4 Ескіз пуансону

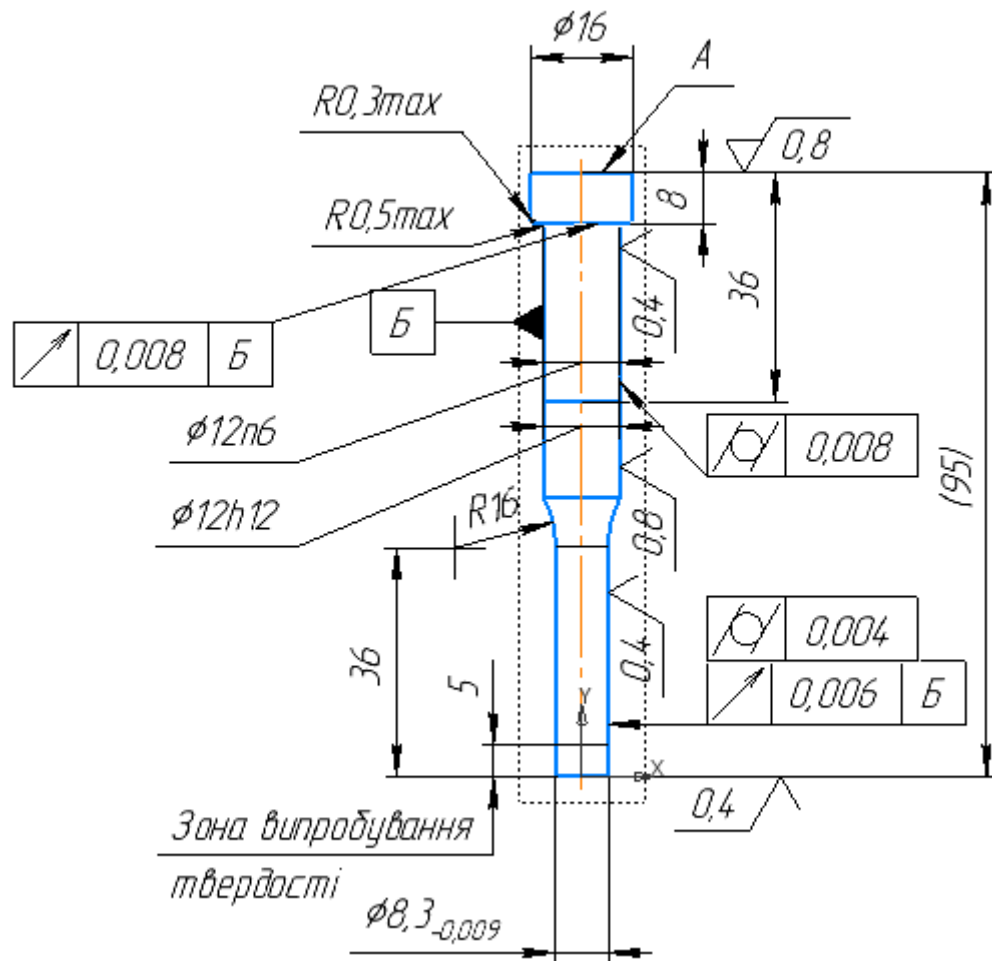


Рис. 33 Ескіз пуансону

2.1.5 Конструювання інших деталей штампа

2.1.5.1 Призначення грибкового упору

Згідно параметрів, що були призначені у п. 2.1.3.4 призначаємо грибковий упор по ГОСТ 18743-80 у виконанні 1. Позначення грибкового упору 1050-0842.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ

Арк.

68

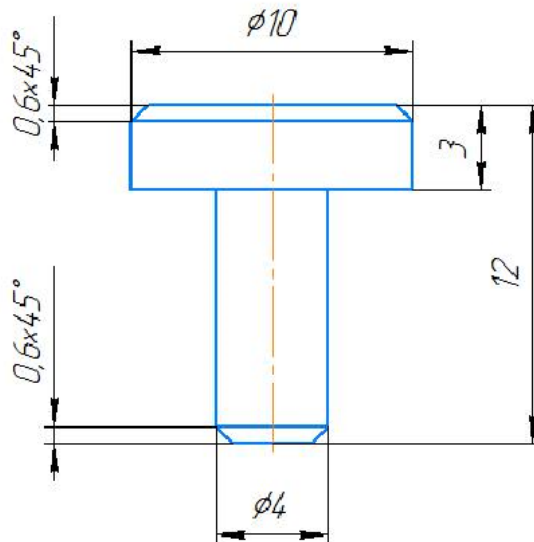


Рис. 34 Ескіз грибкового упору

2.1.5.2 Конструювання напрямних планок

Товщина напрямних планок була призначена у п. 2.1.3.4 та становить $h_{\text{пл}} = 12$ мм.

Відстань між планками знаходиться згідно [1, с. 118]:

$$B_{\text{пл}} = (B_{\text{п}}^{\text{ном}} + z_{\text{н}}) \delta', \quad (2.20)$$

де $B_{\text{п}}^{\text{ном}} = 110,98$ мм – номінальна ширина смуги, визначена у п. 1.7;

$z_{\text{н}} = 1,4$ мм – гарантований зазор між напрямними планками [1, с. 15, табл. 7];

$\delta' = 0,46$ мм – допуск на відстань між напрямними планками [1, с. 15, табл. 7].

Відстань між планками розрахується як:

$$B_{\text{пл}} = (110,98 + 1,4)^{+0,46} = 112,38^{+0,46}.$$

Відстань на яку планки виступають за габарит матриці знаходиться за формулою [1, с. 121]:

$$f = (0,2...0,4) \cdot L_c, \quad (2.21)$$

де $L_c = 410$ мм – довжина матриці, визначена у п. 2.1.3.2.

Відстань на яку планки виступають за габарит матриці розраховується як:

$$f = (0,2...0,4) \cdot 410 = 82...164 \text{ мм.}$$

Приймаємо $f = 90$ мм.

Ширина напрямних планок знаходиться за формулою [1, с. 121]:

$$f' = (0,5...1) \cdot f, \quad (2.22)$$

$$f' = (0,5...1) \cdot 90 = 45...90 \text{ мм.}$$

Довжина західної фаски знаходиться за формулою [1, с. 121]:

$$u = (0,2...0,4) \cdot f, \quad (2.23)$$

$$u = (0,2...0,4) \cdot 90 = 18 \cdot 36 \text{ мм.}$$

Обираємо $u = 25$ мм.

2.1.5.3 Тимчасові упори

Розміри тимчасових упорів були призначені в п. 2.1.3.4. Тимчасовий упор обирається згідно ГОСТ 18741-80 у виконанні 1. Позначення тимчасового упору 1050-1044.

2.1.5.4 Знімач

Габаритні розміри знімача відповідають габаритам матриці. Товщина знімача розраховується за формулою 2.15:

$$H_{\text{зн}} = 0,8H_{\text{м}} = 0,8 \cdot 32 = 25,6 \text{ мм} \approx 25 \text{ мм.}$$

В знімачі передбачаються отвори під штифти та гвинти. У отворах під гвинти передбачаються заглиблення під головки діаметром 19 мм та глибиною 13 мм.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Двосторонній зазор між пуансонами та знімачем призначається згідно [1, с. 113, табл. 28]. Для товщини матеріалу $s = 1,2$ мм та $\sigma_{зр} = 270$ МПа [1, с. 478, табл. 1] маємо $z_c = 1,32$ мм.

2.1.5.5 Фіксатори

Для позиціонування полоси відносно вирубного пуансону в останньому мають розташовуватись фіксатори які будуть заходити у пробиті отвори. Діаметр фіксатору визначається згідно формули [1, с. 107]:

$$d_{\phi} = (d_{\pi} - \delta_{\pi}) - \frac{\delta_{\pi}}{2} \quad (2.24)$$

де d_{π} – виконавчий розмір пуансону для пробивання отвору, мм;

δ_{π} – допуск на виконавчий розмір пуансону, мм;

Відповідні розміри розрахуються як:

13,35 -0,013

8,3 -0,009

$$d_{\phi} = (13,35 - 0,013) - \frac{0,013}{2} = 13,337_{-0,006} \text{ мм};$$

$$d_{\phi} = (8,3 - 0,009) - \frac{0,009}{2} = 8,921_{-0,005} \text{ мм}.$$

2.1.5.6 Пуансонотримач

Товщина пуансонотримача була визначена у п. 2.1.4.1 та становить $H_{\pi\tau} = 32$ мм.

2.1.5.7 Штамповий блок

Обираємо стандартний штамповий блок з діагональним розташуванням вузлів ковзання з гладкими втулками та колонками по ГОСТ 13124-84. Для визначеного габариту матриці найбільше підходить блок з габаритами робочого поля $L \times B = 500 \times 200$. Позначення блоку по ГОСТ 13124-84 1004-3361.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Заготовка верхньої плити призначається згідно ГОСТ 13111-83 та має позначення 1022-4264.

Заготовка нижньої плити призначається згідно ГОСТ 13110-83 та має позначення 1022-4104.

Перевірка на нижньої плити на жорсткість виконується згідно формули[4, с. 56]:

$$H_{\text{пл.}} \geq \sqrt[3]{\frac{24h_{\min}}{zEB} P_3 \left\{ \frac{(A-d)^2}{4} - \frac{(A-L)^2}{2} + \frac{(A-L)^3}{3(A-d)} \left[1 - \frac{A-L}{4(A-d)} \right] \right\}}, \quad (2.25)$$

де, $h_{\min} = 131,5$ мм – відстань між нижньою площиною верхньої плити та верхньою площиною нижньої плити при закритому положенні штамп(визначено в ході попереднього проектування);

$z = 0,07$ мм – допустимий зазор між пуансоном та матрицею в межах якого може відбуватись перекис пуансона відносно матриці[1, с. 67, табл. 14];

$E = 1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу плити;

$B = 513,3$ мм – ширина плити(див. КР.ЗШВ.АТ2111.11.100.00 СК);

P_3 – зусилля затягування болтів якими плита кріпиться до столу преса, Н;

$A = 630$ мм – довжина нижньої плити(див. КР.ЗШВ.АТ2111.11.100.00 СК);

$d = 220$ мм – діаметр провального отвору в підштамповій плиті;

$L = 630$ мм – відстань між направляючими колонками(див. КР.ЗШВ.АТ2111.11.100.00 СК).

Зусилля затягування болтів розраховується як[4, с. 56]:

$$P_3 = \frac{3Pd^2}{8a \cdot (3d + 2a)}, \quad (2.26)$$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де, $P = 26226,7 \text{ кгс} = 257284 \text{ Н}$ – зусилля виконання операції(див. п. 1.10);

$$a = \frac{A-d}{2} = \frac{630-220}{2} = 205 \text{ мм.}$$

$$P_3 = \frac{3 \cdot 257284 \cdot 220^2}{8 \cdot 205 \cdot (3 \cdot 220 + 2 \cdot 205)} = 21228 \text{ Н.}$$

Можемо провести розрахунок плити на жорсткість:

$$H_{\text{пл.}} = 80 \text{ мм} <$$

$$< \sqrt[3]{\frac{24 \cdot 131,5}{0,07 \cdot 10^5 \cdot 513,3} \cdot 21228 \cdot \left\{ \frac{(630-220)^2}{4} - \frac{(630-630)^2}{2} + \frac{(630-630)^3}{3(630-220)} \left[1 - \frac{630-630}{4(630-220)} \right] \right\}}$$

$$= 92,2 \text{ мм.}$$

Як бачимо, товщина нижньої плити менша за мінімально допустиму по вище наведеному розрахунку. У зв'язку з цим оберемо блок штампу з наступними за габаритом плитами. У такому випадку нам підходить блок за габаритами $L \times B = 500 \times 320 \text{ мм}$ з позначенням 1004-3381.

Заготовка верхньої плити призначається згідно ГОСТ 13111-83 та має позначення 1022-4275.

Заготовка нижньої плити призначається згідно ГОСТ 13110-83 та має позначення 1022-4115.

Нові розміри нижньої плити:

$$L = 690 \text{ мм;}$$

$$A = 670 \text{ мм;}$$

$$B = 645,5 \text{ мм.}$$

За новими параметрами $P_3 = 18697,5 \text{ Н}$. Мінімальна товщина матриці $H_{\text{м min.}} = 87 \text{ мм} < H_{\text{м}} = 90 \text{ мм.}$

2.2 Штамп для П-подібного гнуття

2.2.1 Розрахунок кута пружиніння

Як нам відомо, зона у якій відбувається деформація металу є пружно-пластичною. Тобто під час зняття навантаження із заготовки залишається лише пластична складова деформації, а з пружною відбуваються релаксації. Тангенс кута пружиніння розраховується за формулою [1, с. 202]:

$$tg\Delta\varphi = 10^{-4} K_{\pi} \frac{r_m + r_{\pi} + 1,25S}{(1 - X_{\Gamma})S}, \quad (2.27)$$

де $K_{\pi} = 8,2$ – коефіцієнт, що характеризує пружиніння матеріалу [1, с. 204, табл. 12];

$(1 - X_{\Gamma})S = 0,66$ [1, с. 205, табл. 13];

$r_m = 4$ мм – радіус заокруглення матриці [1, с. 200, табл. 10];

$r_{\pi} = 2$ мм – радіус заокруглення пуансона(згідно деталі);

$S = 1,2$ мм – товщина деталі.

$$tg\Delta\varphi = 10^{-4} \cdot 8,2 \cdot \frac{4 + 2 + 1,25 \cdot 1,2}{0,66} = 9,3 \cdot 10^{-3}.$$

Тоді кут пружиніння розраховується як:

$$\Delta\varphi = \arctg(9,3 \cdot 10^{-3}) = 0,53^{\circ}.$$

2.2.2 Розрахунок виконавчих розмірів

Виконавчий розмір матриці визначається за формулою [1, с. 198]:

$$A_m = (A_d - K_{\Delta} \Delta)^{\delta''_m}, \quad (2.28)$$

де $A_d = 163,15$ мм – номінальний розмір деталі після гнуття;

$K_{\Delta} = 0,4 \dots 0,5$ – коефіцієнт, що визначає долю допуску;

$\Delta = 1$ мм – граничне відхилення на розмір деталі;

δ''_m – граничне відхилення на розмір матриці, мм.

Граничне відхилення на розмір матриці знаходиться за формулою[1, с. 198]:

$$\delta''_m = 0,8K_\Delta \Delta, \quad (2.29)$$

Виконавчий розмір матриці розраховується як:

$$A_m = (163,15 - 0,5 \cdot 1)^{+0,8 \cdot 0,5 \cdot 1} = 162,65^{+0,4}.$$

У випадку виконання матриці по верхньому відхиленню її розмір складе:

$$A_m^{max} = 162,65 + 0,4 = 163,05 \text{ мм.}$$

Як бачимо, припуск на зношування в такому випадку складе всього 0,1 мм. Призначимо допуск на виконавчий розмір матриці по 7 квалітету. В такому випадку:

$$A_m = 162,65^{+0,04}.$$

Виконавчий розмір пуансона розраховується за формулою [1, с. 199]:

$$A_\Pi = (A_m - 2z_{гб})_{-\delta''_\Pi}, \quad (2.30)$$

де $A_m = 162,65$ – номінальний розмір матриці;

$z_{гб}$ – односторонній зазор при П-подібному гнутті.

В загальному випадку односторонній зазор знаходиться за формулою [1, с. 199]:

$$z_{гб} = s_{max} + sK_z, \quad (2.31)$$

де s_{max} – найбільша допустима товщина листового матеріалу за стандартом;

K_z – спеціальний коефіцієнт.

У нашому випадку робочі грані пуансону будуть завалені всередину на величину $\Delta\varphi$ в інтересах компенсації кута пружиніння. В такому випадку зазор приймається рівним мінімально можливій товщині листа у стані поставки. Для

листа товщиною 1,2 мм та ширині до 1000 мм нормальної точності прокатки згідно [6, с. 6, табл. 3] маємо граничні відхилення товщини $\pm 0,13$ мм. Звідси маємо:

$$s_{min} = 1,2 - 0,13 = 1,07 \text{ мм.}$$

Округлимо зазор до десятих. Звідси призначаємо $z_{г6} = 1,1$ мм. З граничними відхиленнями на пуансон та ж сама проблема. Призначимо граничне відхилення на пуансон по 6 квалітету. Виконавчий розмір пуансону розрахується як:

$$A_{\pi} = (162,65 - 2 \cdot 1,1)_{-0,025} = 160,45 \text{ мм.}$$

2.2.3 Висота матриці

Параметри матриці призначаються згідно [1, с. 200, табл. 10].

Радіус заокруглення кромek матриці $r_{\text{м}} = 4$ мм, висота робочої частини матриці $h_{\text{м}} = 15$ мм. Загальна мінімальна товщина матриці складе:

$$H_{\text{м}} = h_{\text{м}} + r_{\text{м}} = 15 + 4 = 19 \text{ мм.}$$

Висота пуансона знаходиться за формулою [1, с. 198]:

$$H_{\pi} = h_{\text{м}} + H_{\text{пн}} + (20...25) \quad (2.32)$$

де $h_{\text{м}} = 19$ мм – робоча висота матриці;

$H_{\text{пн}}$ – висота пуансонотримача, мм.

Висота пуансонотримача визначається за формулою:

$$H_{\text{пн}} = (0,3...0,5)A_{\pi}, \quad (2.33)$$

$$H_{\text{пн}} = (0,3...0,5) \cdot 160,45 = 48,135 \dots 80,225 \text{ мм.}$$

Призначаємо $H_{\text{пн}} = 50$ мм.

$$H_{\pi} = 19 + 50 + (20...25) = 89 \dots 94 \text{ мм.}$$

Призначаємо $H_{\pi} = 90$ мм.

2.2.4 Розрахунок буферного пристрою

Зусилля притискача яке необхідно забезпечити $P = 102$ кгс. (див. п. 1.4)

Площа опорної поверхні розраховується за формулою [7, с. 206]:

$$F_{\text{оп.б.}} = \frac{P}{\sigma_{\text{ст.}}}, \quad (2.34)$$

де $P = 102$ кгс – зусилля притискача;

$\sigma_{\text{ст.}} = 4$ кгс/см² – напруження стискання резини твердістю 50 по ГОСТ 263-53 для встановленої попередньої деформації 10% [7, с. 206, табл. 124].

$$F_{\text{оп.б.}} = \frac{102}{4} = 25.5 \text{ см}^2 = 2550 \text{ мм}^2.$$

Діаметр буферного пристрою розраховується як:

$$D_{\text{б.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{оп.б.}}}{\pi}} \quad (2.35)$$

$$D_{\text{б.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2550}{\pi}} = 57 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_{\text{б.}} = 60$ мм.

Найбільше стискання гумового буферу допускається на 30% [1, с. 43].

При стисканні гумового буферу відбувається випучування його циліндричної частини. Його кінцевий діаметр розраховується як:

$$D'_{\text{б.}} = 1,3 D_{\text{б.}}, \quad (2.36)$$

$$D'_{\text{б.}} = 1,3 \cdot 60 = 78 \text{ мм.}$$

Мінімальний діаметр провального отвору у пресі має становити не менше 80 мм.

Висота буферу за умови кінцевої деформації не вище 30% та початкової 10% розраховується за формулою:

$$H = \frac{a}{0,9 - 0,7}, \quad (2.37)$$

де $a = 19$ мм — величина робочого ходу притискача.

$$H = \frac{19}{0,9 - 0,7} = 95 \text{ мм.}$$

Приймаємо 4 кільця висотою 25 мм. Перерахуємо ступінь деформації для буферного пристрою висотою 100 мм. Виразимо ступінь деформації з наступного рівняння.

$$H = \frac{a}{0,9 - x},$$

Ступінь деформації розраховується як:

$$x = \frac{H \cdot 0,9 - a}{H}, \quad (2.38)$$

$$x = \frac{100 \cdot 0,9 - 19}{100} = 0,71.$$

Деформація буферу в кінці робочого ходу становитиме 29%.

2.2.5 Фіксатори

Для встановлення заготовки в робочому полі штампа будуть використовуватись фіксатори. У нашому випадку будуть використовуватись цільні фіксатори відкритого типу. Ширина B для закріплення заготовки має виконуватись з зазором. Допуск на ширину призначається по Н9 [8, с. 78]. Ширина розраховується за формулою:

$$B_{\text{ф.}} = B + z, \quad (2.39)$$

де $B = 32$ мм — ширина заготовки по контуру який буде фіксуватись;

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

$z = 0,08$ мм – двосторонній зазор [8, с. 79, табл. 30].

$$B_{\phi} = 32 + 0,08 = 32,08 \text{ мм.}$$

Згідно [9, с. 7, табл. 1] на розмір 32 мм поле допуску складе 62 мкм.
Призначаємо $B_{\phi} = 32,08^{+0,062}$ мм.

2.3 Штамп для V-подібного гнуття

2.3.1 Розрахунок виконавчих розмірів

Радіус заокруглення матриці знаходиться за формулою [1, с. 194]:

$$r_m = (0,6 \dots 0,8)(r_n + s), \quad (2.40)$$

де $r_n = 2$ мм – радіус пуансону (згідно деталі);

$s = 1,2$ мм – товщина матеріалу.

$$r_m = (0,6 \dots 0,8) \cdot 3,2 = 1,92 \dots 2,56 \text{ мм.}$$

Призначаємо $r_m = 2,5$ мм.

Радіус заокруглення ребра матриці визначається за формулою [1, с. 195]:

$$r'_m = (1 \dots 2)s, \quad (2.41)$$

$$r'_m = (1 \dots 2) \cdot 1,2 = 1,2 \dots 2,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо $r'_m = 2$ мм.

За одну операцію буде згинатись 2 полицки, одна з яких більше 50 мм. На цій підставі ширину робочої частини матриці приймаємо згідно [1, с. 195];

$$a_m = (15 \dots 20)s, \quad (2.42)$$

$$a_m = (15 \dots 20) \cdot 1,2 = 18 \dots 24 \text{ мм.}$$

Приймаємо $a_m = 20$ мм.

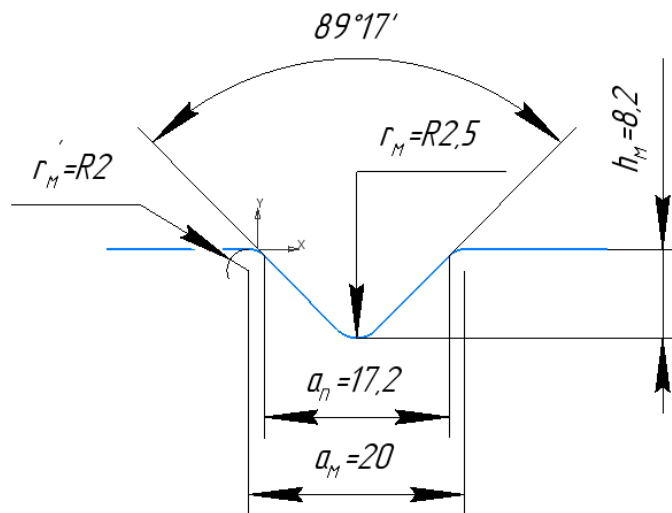


Рис. 35 Схема виконавчих розмірів

Глибина робочої частини матриці геометрично виходить $h_M = 8,2$ мм. Призначаємо висоту матриці $H_M = 20$ мм. Перевіримо товщину матриці за формулою 2.11:

$$H_M > \sqrt[3]{100P}.$$

Зусилля гнуття з калібруванням може становити $P = 1800$ кгс = 17658 Н.

$$H_M = 20 \text{ мм} > \sqrt[3]{100 \cdot 17,6} = 12 \text{ мм}.$$

Товщина матриці достатня.

2.3.2 Розрахунок кута пружиніння

Кут пружиніння розраховується за формулою [1, с. 202]:

$$\text{tg} \Delta \varphi_V = 10^{-4} K_V \frac{a}{(1 - X_\Gamma) S'} \quad (2.43)$$

де $K = 4,1$ – коефіцієнт, що характеризує пружиніння [1, с. 204, табл. 12];

$a_M = 20$ мм – ширина робочої поверхні матриці.

$(1 - X_\Gamma) S = 0,66$ [1, с. 205, табл. 13];

$$\text{tg} \Delta \varphi = 10^{-4} \cdot 4,1 \cdot \frac{20}{0,66} = 0.0124.$$

$$\Delta\varphi = \arctg(0,0124) = 0,71^\circ.$$

Кут гнуття призначаємо $\varphi_V = 89,29^\circ$.

2.3.3 Розрахунок пуансонотримача

Габарит пуансонотримача відповідає габариту матриці. Висота пуансонотримача розраховується за формулою [1, с. 198]:

$$H_{\text{пн}} = (0,3 \dots 0,5)A_{\text{п}}, \quad (2.44)$$

де $A_{\text{п}} = 60$ мм — довжина пуансону. Приймається більшою за довжину лінії згину. В нашому випадку приймаємо більшою на 4 мм (див. рис. 36).

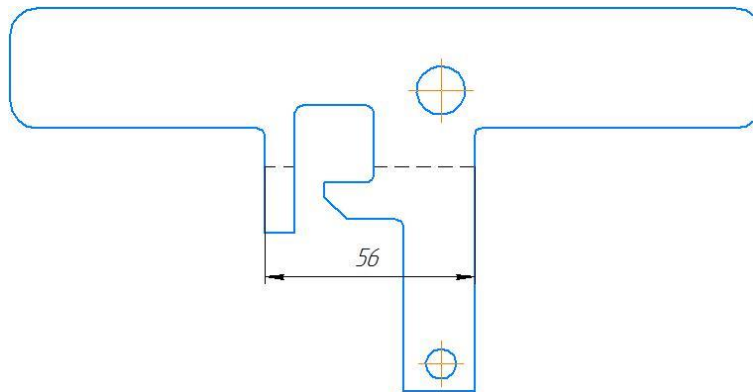


Рис. 36 Довжина лінії контакту пуансону

$$A_{\text{п}} = (0,3 \dots 0,5) \cdot 60 = 18 \dots 30 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину пуансонотримача $H_{\text{пн}} = 20$ мм.

2.3.4 Висота пуансону

Висота пуансону розраховується за формулою [1, с. 198]:

$$H_{\text{п}} = h_{\text{м}} + H_{\text{пн}} + (20 \dots 25), \quad (2.45)$$

де, $h_{\text{м}} = 8,2$ мм — глибина робочої частини матриці;

$H_{\text{пн}} = 20$ мм — висота пуансонотримача.

$$H_{\text{п}} = 8,2 + 20 + (20 \dots 25) = 48,2 \dots 53,2 \text{ мм.}$$

Визначеної висоту пуансону буде недостатньо. Визначним параметром є полички деталі які не мають вpirатись в пуансонотримач при гнутті. Приймаємо $H_{\Pi} = 80$ мм.

2.3.5 Фіксатори

Для встановлення заготовки в робочому полі штампа будуть використовуватись фіксатори. У нашому випадку будуть використовуватись цільні фіксатори відкритого типу. Ширина B для закріплення заготовки має виконуватись з зазором. Допуск на ширину призначається по Н9 [8, с. 78]. Ширина розрахується за формулою 2.39. Двосторонній зазор $z = 0,08$ мм:

$$B_{\phi} = 94,57 + 0,08 = 95,65 \text{ мм}$$

$$B_{\phi} = 27 + 0,08 = 27,08 \text{ мм.}$$

Згідно [9, с. 7, табл. 1] на розмір 27 мм поле допуску складе 52 мкм, на розмір 95 поле допуску складе 87 мкм. Призначаємо $B_{\phi} = 27,08^{+0,052}$ мм та $B_{\phi} = 95,65^{+0,087}$ мм.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

3 УТОЧНЮЮЧЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Моделювання технологічних процесів проводиться, щоб дослідити спірні параметри. Для процесів деформування металів це в основному ризик руйнування та технологічне зусилля операції. Обидва параметри дуже складно піддаються аналітичному розрахунку через велику кількість параметрів, що впливають на результат. Більш точним методом є метод скінченних елементів, але і у нього є свої обмеження через припущення що приймаються для спрощення розрахунку. В основному це анізотропія матеріалу та крива міцності. В свою чергу є безліч критеріїв руйнування, кожен з яких опирається на свої параметри процесу та їх взаємозв'язок.

У випадку гнуття критерій руйнування не є основним параметром для дослідження. Через те, що відносний радіус гнуття прийнятий більшим за мінімально допустимий, то ризик руйнування повністю відсутній за відсутності дефектів та браку у сировині.

Основними параметрами, що будуть досліджуватись у цій роботі є кут sprужинювання поличок та технологічне зусилля операції. Як вже було зазначено, розрахунки методом чисельних елементів далеко не завжди є повністю достовірними, але їм ми будемо довіряти в більшій мірі, ніж даним отриманими за аналітичними формулами.

3.1 П-подібне гнуття

3.1.1 Постановка задачі

Для П-подібного гнуття будуть досліджуватись обидва переходи. Геометрія інструменту береться ідентичною визначеній у попередньому розділі. Єдине що треба скорегувати геометрію матриці. Контакт заготовки із матрицею повинен бути мінімальним для запобігання залипання заготовки на геометрії матриці(особливості методу скінченних елементів, немає ніякого відношення до реального процесу). Висота пуансону буде достатньою щоб забезпечити повний контакт із поличками заготовки.



Рис. 37 Геометрія інструменту в робочому полі

Модель матеріалу заготовки пружно-пластична, геометрія розрахунку плоско-деформівна. Зазвичай береться мінімум п'ять елементів по товщині заготовки. Для цього випадку збільшимо це число. Також бажано буде обрати кількість елементів таким чином, щоб вони розташовувались регулярно.

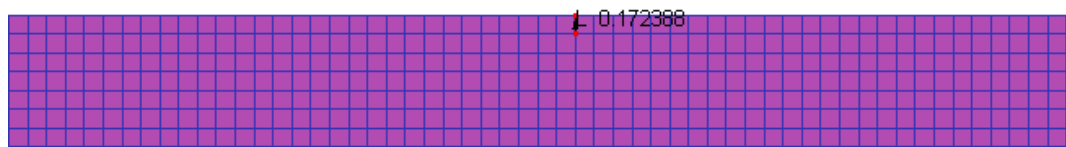


Рис. 38 Характер сітки та висота одного елемента

Згідно загальних рекомендацій приріст кроку має становити близько третини висоти найменшого елемента. В нашому випадку всі елементи однакової висоти. То ж у нашому випадку приріст кроку становитиме:

$$\Delta t = \frac{0,17}{3} = 0,05(6) \text{ мм/крок.}$$

Округлимо значення до сотих. В такому випадку приріст кроку становитиме $\Delta t = 0,06$ мм/крок.

Розраховане зусилля притискача становить $P_{пр} = 102 \text{ кгс} = 1000 \text{ Н}$. Модель Деформу бачить заготовку за такої постановки задачі як шириною 1 мм,

тому треба поділити розраховане зусилля на ширину гнуття.

$$P_{\text{пр}} = 1000/32 = 31,3 \text{ Н.}$$

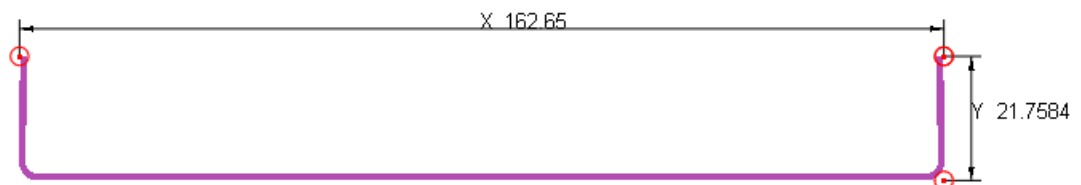
Наприкінці процесу буде відбуватись калібрування заготовки. Краще змодельовати його окремим розрахунком. Для цього задаємо притискачу переміщення по швидкості та встановлюємо швидкість як 0. Переміщення по кроку приймаємо $\Delta t = 0,002 \text{ мм/крок}$.

Глибина занурення деталі була визначена у п. 2.2.3 і становить $h_m = 19 \text{ мм}$.

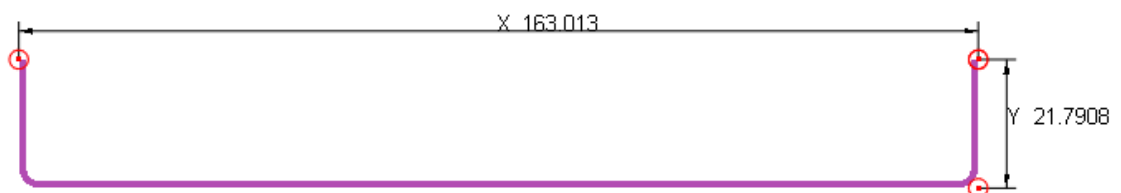
Згідно рекомендацій SFTC у випадку якщо нас цікавить лише сама геометрія після релаксації напружень, проводити розрахунок рекомендують в 1 крок. Для цього буде задано приріст кроку по часу в $0,0005 \text{ с/крок}$.

Згідно [10, с. 4] для процесів листового штампування рекомендовано використовувати критерій руйнування Brozzo. Згідно [10, с. 7] граничними значеннями цього критерію є $0,65 \dots 0,7$.

3.1.2 Аналіз результатів та уточнення геометрії інструменту



а)



б)

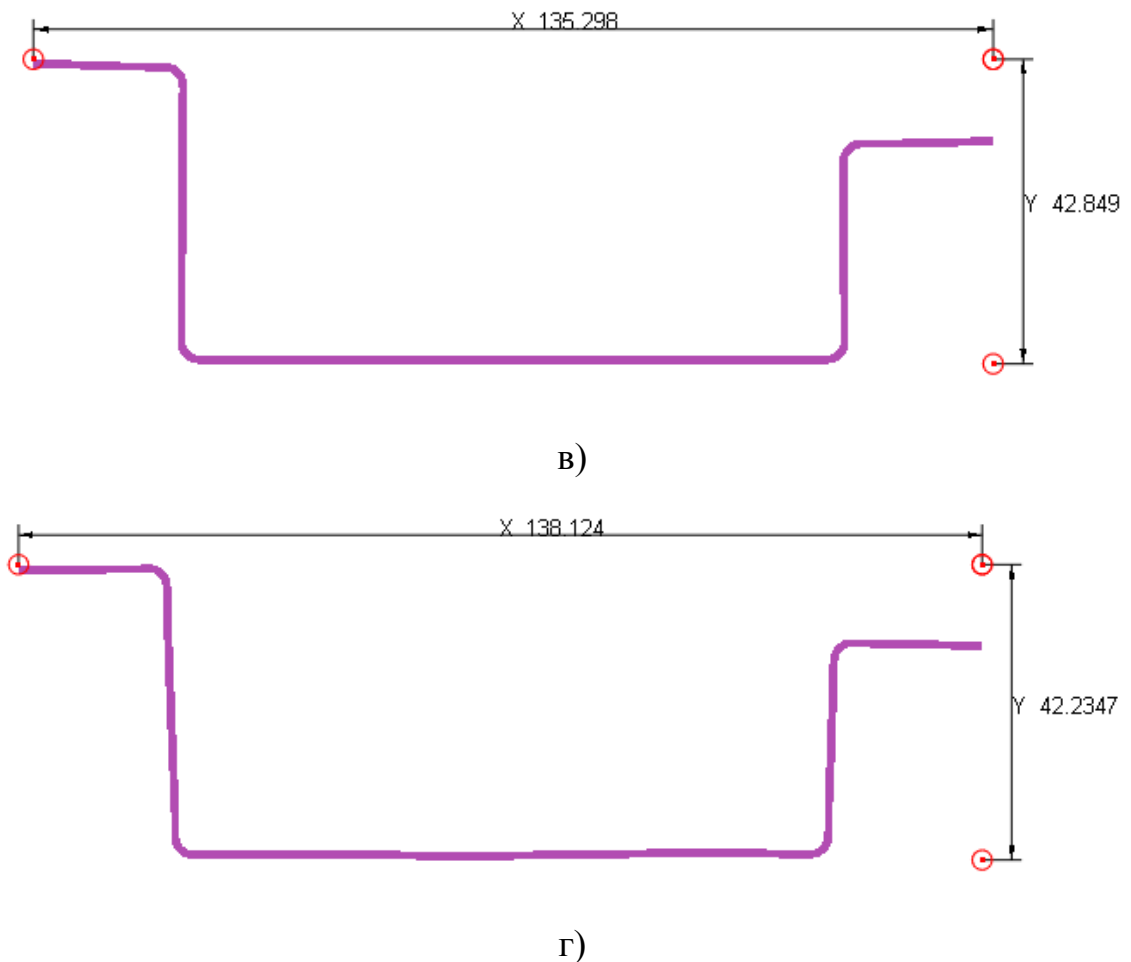


Рис. 39 Геометрія заготовки

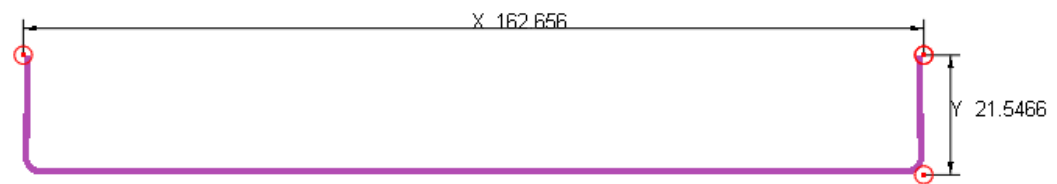
а) після першого переходу до спружинювання, б) після першого переходу після спружинювання, в) після другого переходу до спружинювання, г) після другого переходу після спружинювання

Як видно на рис. 39 відбувається доволі значне спружинювання заготовки та спотворення розмірів. Спружинювання складає близьке $1,5^\circ$ від вертикалі. Для боротьби з цим явищем зменшимо кут гнуття ще на $0,5^\circ$. Таким чином кут при вершині пуансону складе 89° .

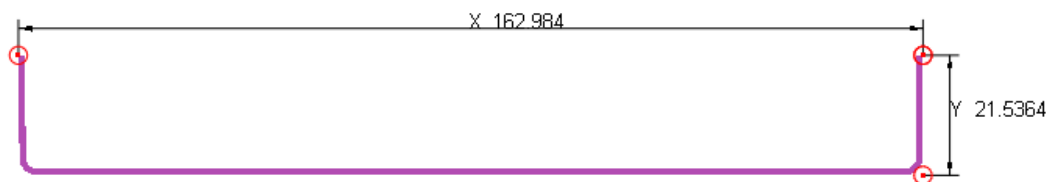
Інші параметри моделювання, такі як: приріст кроку, кількість кроків, величину ходу пуансону і т.д. залишаємо без змін.

3.1.3 Аналіз результатів моделювання

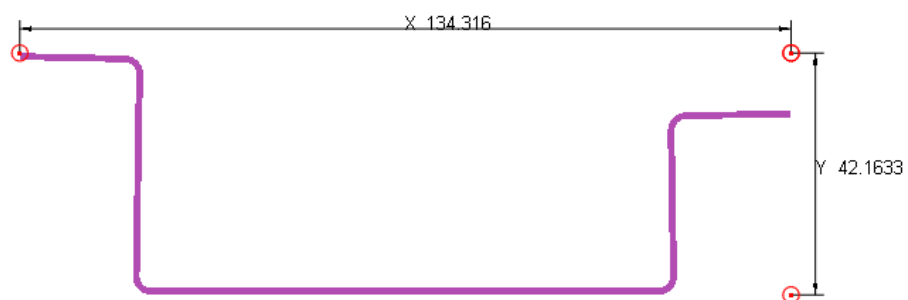
3.1.3.1 Геометрія заготовки



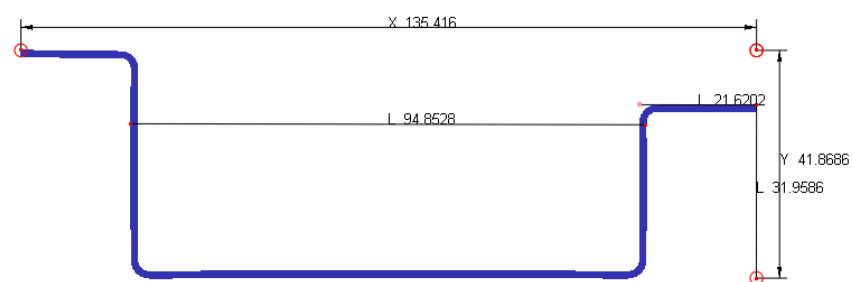
а)



б)



в)



г)

Рис. 40 Геометрія заготовки після зміни кута гнуття

а) після першого переходу до sprужинювання, б) після першого переходу після sprужинювання, в) після другого переходу до sprужинювання, г) після

другого переходу після спружинювання

Як видно рис. 40 кінцева геометрія набагато ближче до заданої. Кути складають майже 90°. Розмір між полицками склав від 94,6 до 94,85, що знаходиться в межах допуску.

Висота вертикальних полицок визначається тою шириною що залишилась після першого переходу. Як ми бачимо, значення явно завищені: майже 42 та 32 проти зазначених 41 та 31 мм. Це пов'язано з обтискуванням матеріалу через зменшений зазор і подальшим видовженням полицок, що не було враховано. Робочий розмір матриці для першого переходу треба зменшити.

Висота менших полицок знаходиться в допуску. Найменший граничний розмір становить 21,48 мм, в нашому випадку висота полицок складає 21,62 мм. Але треба враховувати, що якщо зменшити розмір матриці на першому переході – висота полицок збільшиться і дуже вірогідно вийде за допуск. Тому по цьому напрямку розмір розгортки треба зменшити.

При налагоджуванні процесу, розгортку виготовляють більш універсальними методами, в процесі уточнюють та корегують геометрію. Комплекси для розрахунку ідеально дозволяють порівнювати процеси, але мають дуже сильні обмеження при розрахунку абсолютних значень, тому це треба враховувати.

3.1.3.2 Інтенсивність деформації

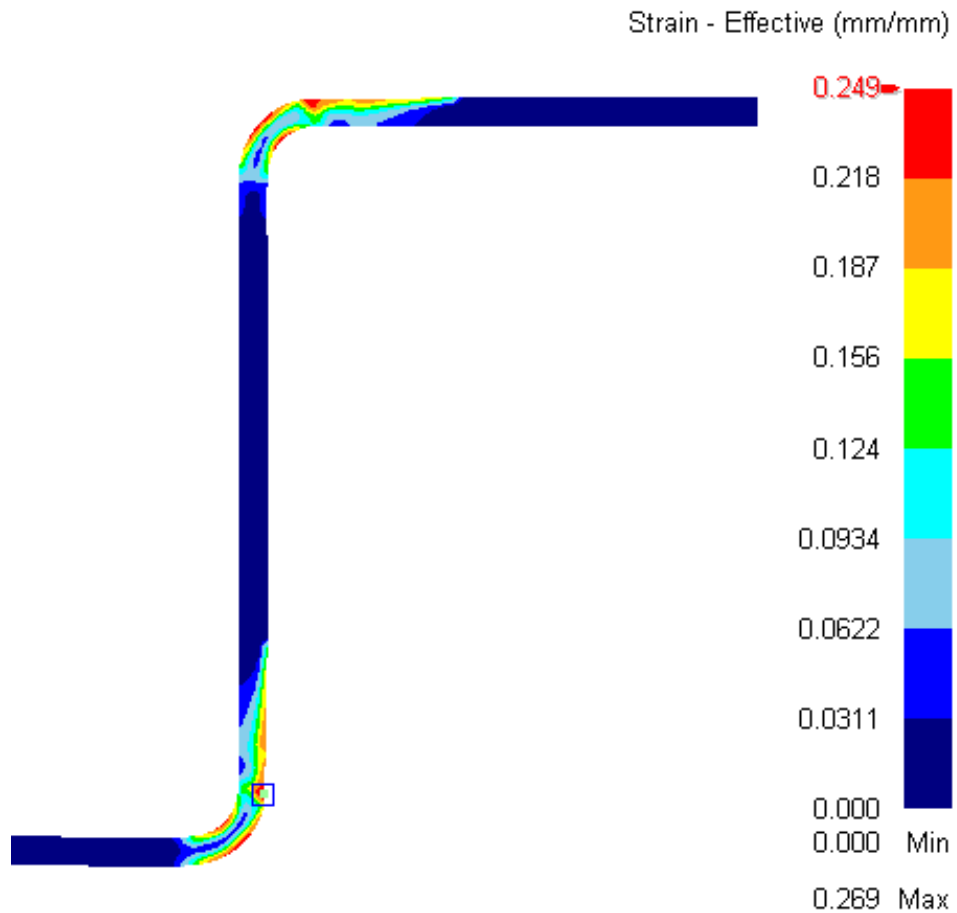
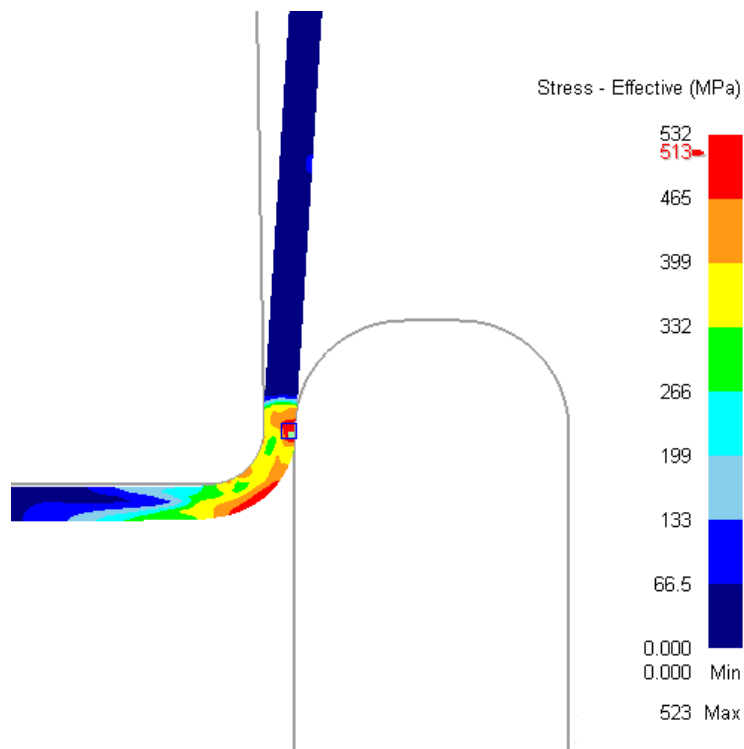
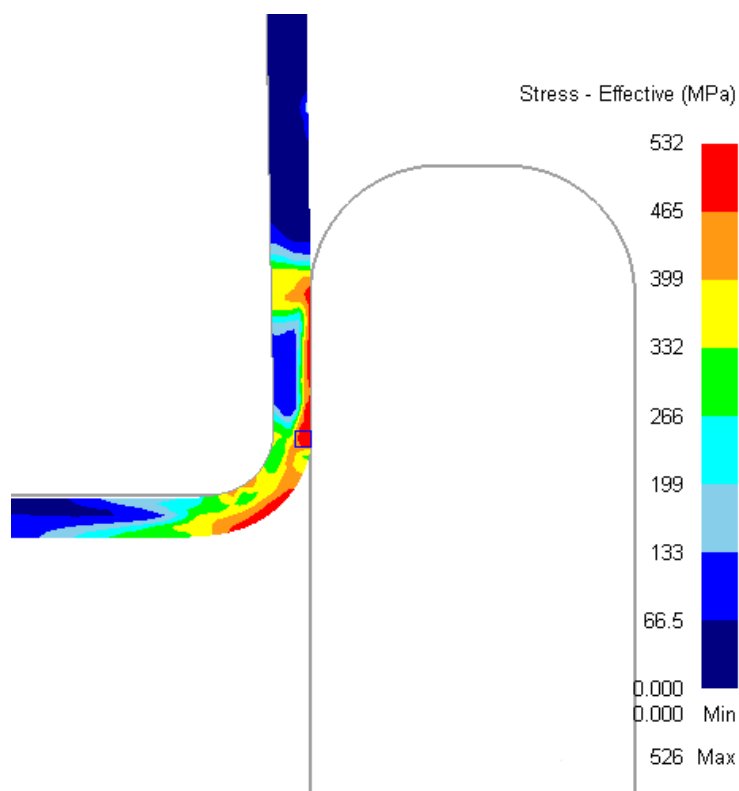


Рис. 41 Інтенсивність деформації

З рис. 41 бачимо, що пікове значення спостерігається у зоні полицок, що контактують з матрицею. Також інтенсивні значення спостерігаються на зовнішніх та внутрішніх радіусах. Пікове значення складає 0,249 мм/мм, що є середнім значенням для процесів деформування у Деформ. Це вказує на штатне протікання процесу.



a)



б)

Рис. 42 Інтенсивність напружень

а) максимальне значення, б) процес обтискування полицок

З рис. 42а видно, що максимальне значення інтенсивності напружень склало близько 510 МПа, що є доволі звичним значенням для процесів холодного деформування металів.

На рис. 42б видно, що більші значення інтенсивності напружень спостерігаються у зоні стиску, де зазор між пуансоном та матрицею менший за товщину матеріалу.

У основній зоні згину, більше значення інтенсивності напружень спостерігається у зоні розтягнених волокон.

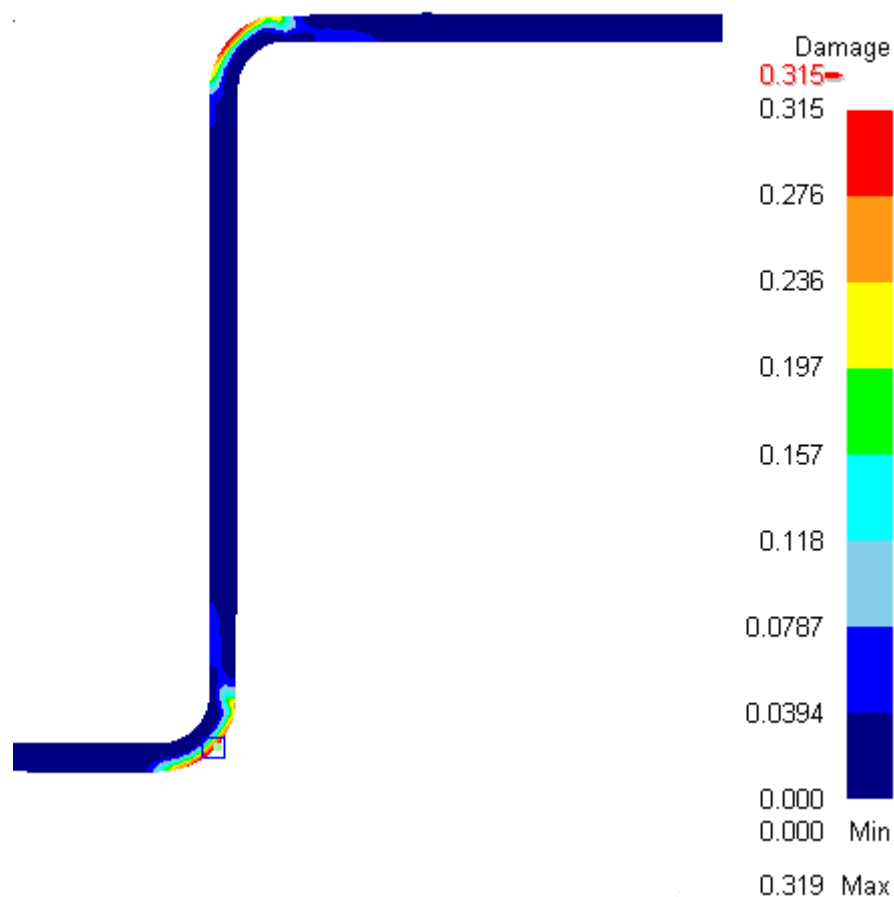


Рис. 43 Критерій руйнування

З рис. 43 видно, що критерій руйнування локалізований у зоні розтягнених волокон заготовки, що і не дивно. Критерій руйнування Brozzo встановлює залежність величини критерію від максимального головного напруження та

гідростатичного напруження [10, с. 4].

Для процесу гнуття максимальні головні напруження будуть розташовуватись в зоні розтягнутих волокон та будуть мати додатній знак. В цьому нескладно впевнитись (див. рис. 44).

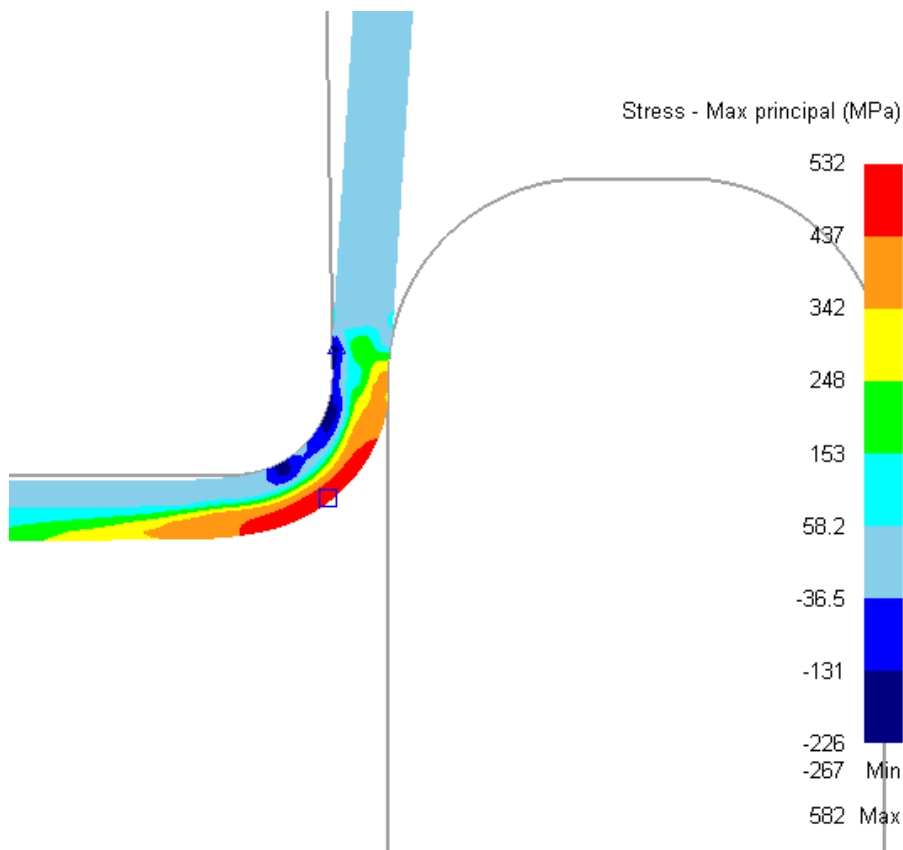
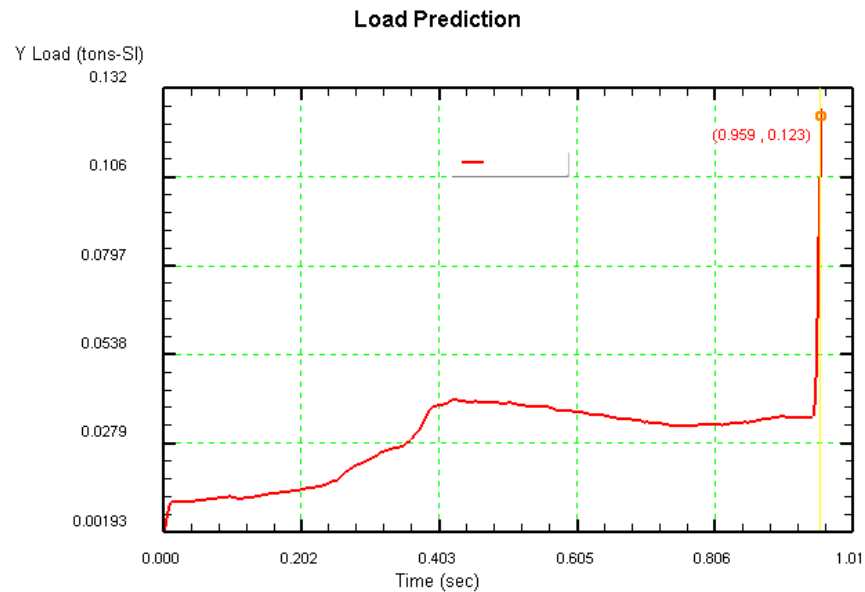


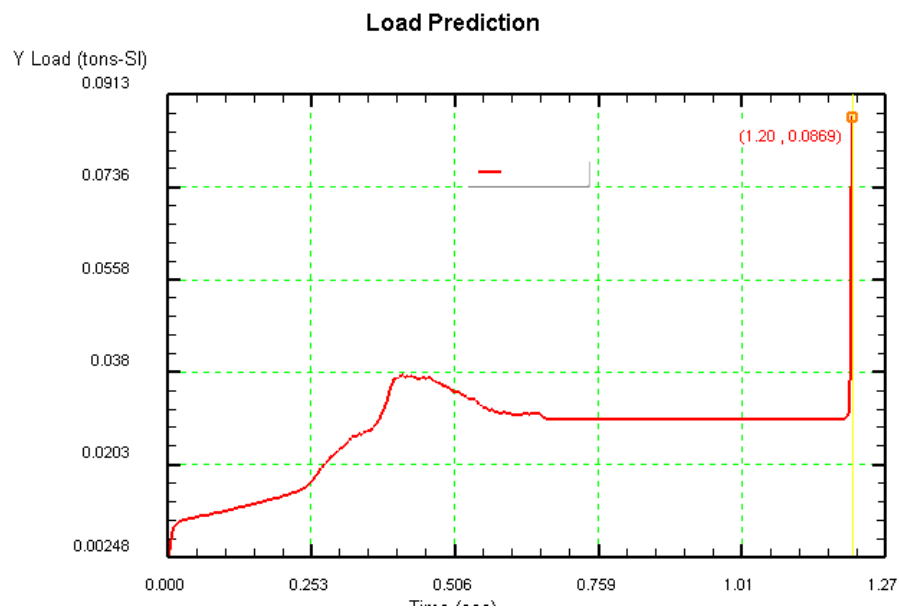
Рис. 44 Максимальні головні напруження

Пікове значення критерію руйнування склало 0,315 (див. рис. 43). Вище було встановлено діапазон граничних значень 0,65 ... 0,7. Ризик руйнування повністю відсутній.

3.1.3.3 Зусилля операції



a)



б)

Рис. 45 Зусилля деформації

а) для першої операції, б) для другої операції

На рис. 45 видно достатньо очікувані за поведінкою графіки. На початку спостерігається лінійна зона, яка є пружною. Далі іде пружно-пластична зона, у якій відбувається основна робота із гнуття заготовки. І пік в кінці це

калібрування заготовки.

Пікові значення з графіків треба привести к фактичним зусиллям деформування заготовки. Ширина заготовки складає 32 мм, в той час як Деформ рахує пласку задачу для заготовки шириною 1 мм. Для першої операції пікове зусилля складе:

$$P_1 = 0,123 \cdot 32 = 3,9 \text{ т.с.}$$

Для другої операції складе:

$$P_2 = 0,087 \cdot 32 = 2,8 \text{ т.с.}$$

Згідно п. 1.4 було визначено технологічне зусилля $P_k = 326,4 \dots 625,8$ кгс.

Розбіжність між максимальними значеннями складає 84%. Інженерна похибка допускає розбіжність в 10...20%. Де факто, в одному із методів визначення є помилка.

У реальному процесі при налагоджуванні пресу, задається завищена закрита висота штампу. Через особливості конструкції кривошипних пресів, при перевищенні зусилля зламається або штамп, або прес. Тому заготовку явно не доштамповують, а потім викручуванням шатуна опускають нижнє положення верхньої половини штампу поки заготовка не буде отримувати задану ступінь деформації. Паралельно спостерігають за зусиллям щоб не заклинити прес.

Приймаємо зусилля необхідне зусилля пресу $P = 3,9 \text{ т.с.} = 38,6 \text{ кН.}$

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 V-подібне гнуття

3.2.1 Постановка задачі

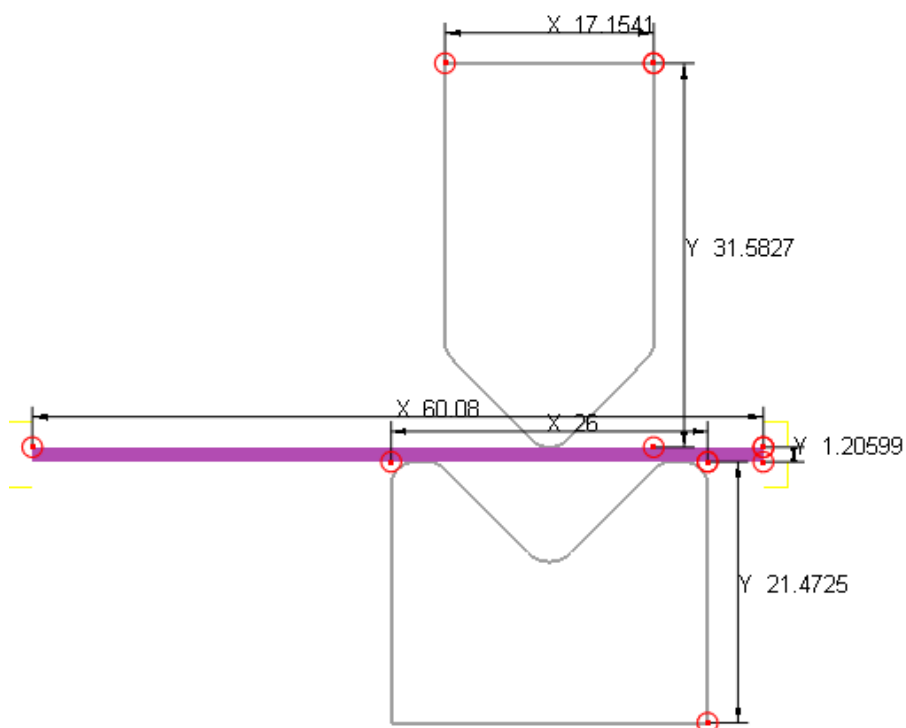


Рис. 46 Інструмент у робочому полі

Геометрія інструменту робиться аналогічною визначеної у п. 2.3.1.

Глибину опускання пуансону найлегше визначити графічно.

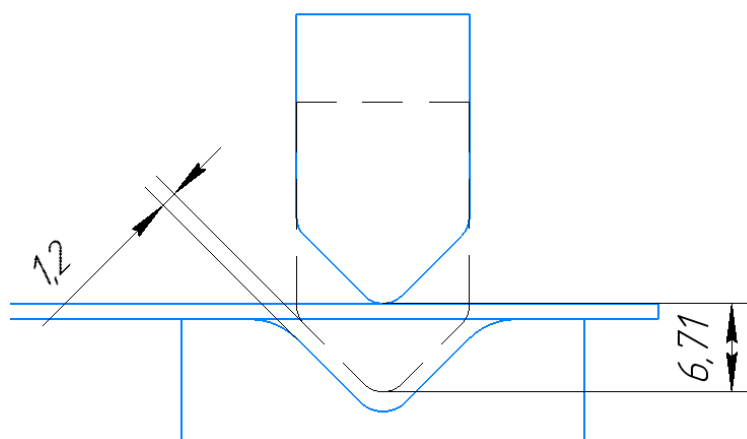


Рис. 47 Схема визначення ходу пуансону

Призначаємо $\Delta h_{\text{п}} = 6,71$ мм.

Інші параметри розрахунку остаються без змін.

3.2.2 Аналіз результатів моделювання

3.2.2.1 Геометрія заготовки

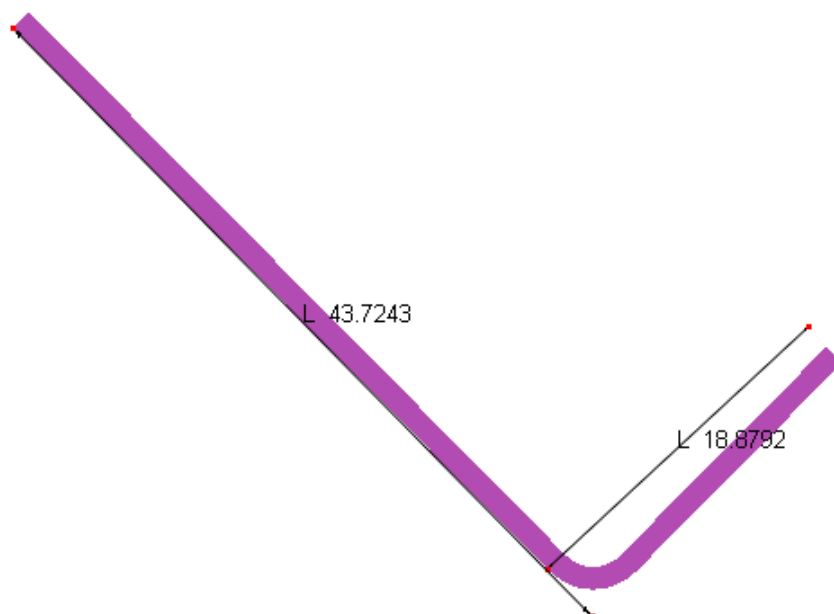


Рис. 48 Геометрія заготовки

Як ми бачимо з рис. 48 був досягнутий кут 90° .

Розміри поличок також знаходяться у допуску. Згідно рис. 5 маємо довжини поличок $43,69 \pm 0,31$ мм та $18,79 \pm 0,21$ мм.

3.2.2.2 Інтенсивність деформації

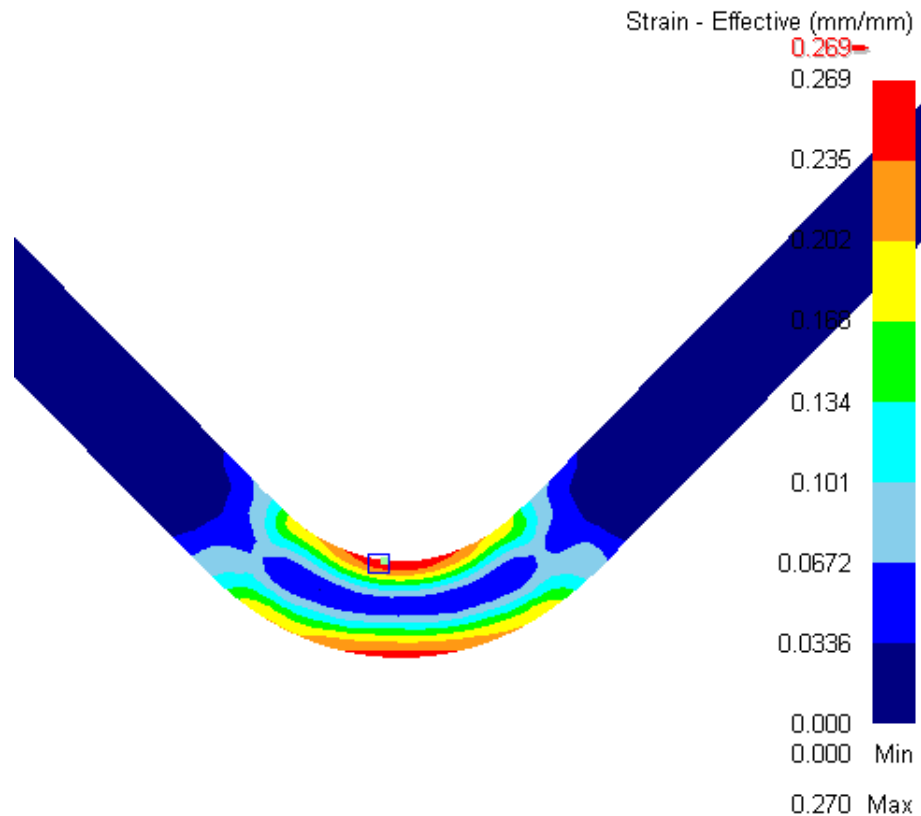


Рис. 49 Інтенсивність деформації

З рис. 49 видно таку ж саму картину розподілу інтенсивності деформацій в зоні згину як і при П-подібному гнутті. Оскільки не відбувалося обтискування полицок та їх потоншення, то зона деформацій значно менша. Цей факт не в останню чергу визначає кут пружиніння який при V-подібному гнутті значно менший.

3.2.2.3 Інтенсивність напружень

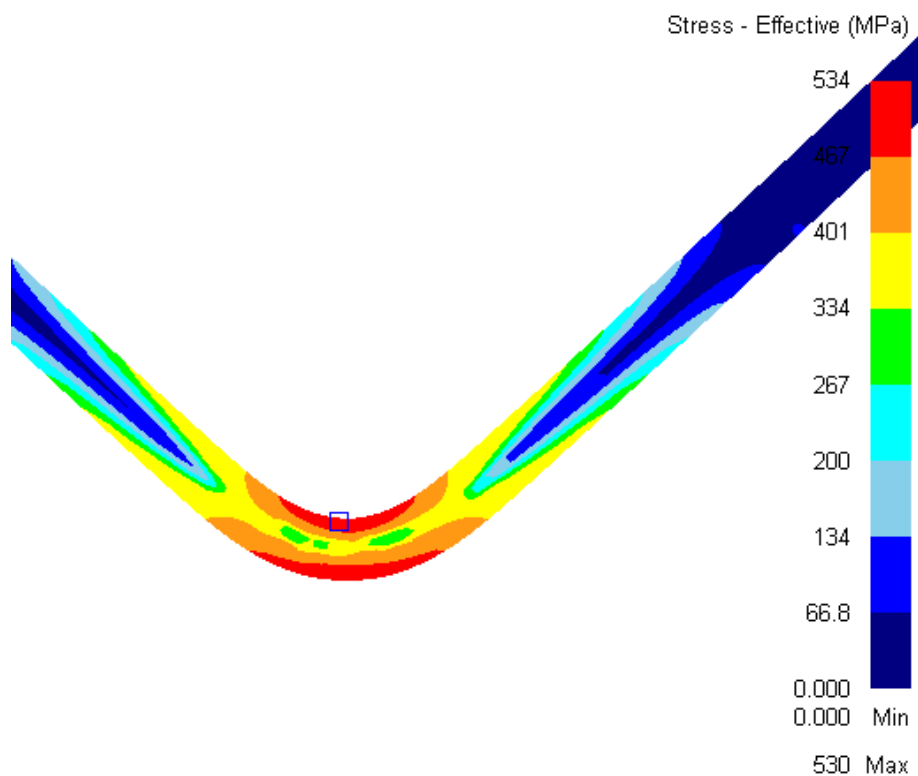


Рис. 50 Інтенсивність напружень

З рис. 50 видно, що абсолютні значення інтенсивності напружень не відрізняються від П-подібного гнуття, але великим чином відрізняється характер розподілу.

В той час як інтенсивність напружень при П-подібному гнутті розповсюджується по зоні згину та на вертикальну поличку, у випадку V-подібного гнуття все напруження сконцентровано в зоні згину. Пікові значення знаходяться в центрі та зменшуються по мірі віддалення.

3.2.2.4 Критерій руйнування

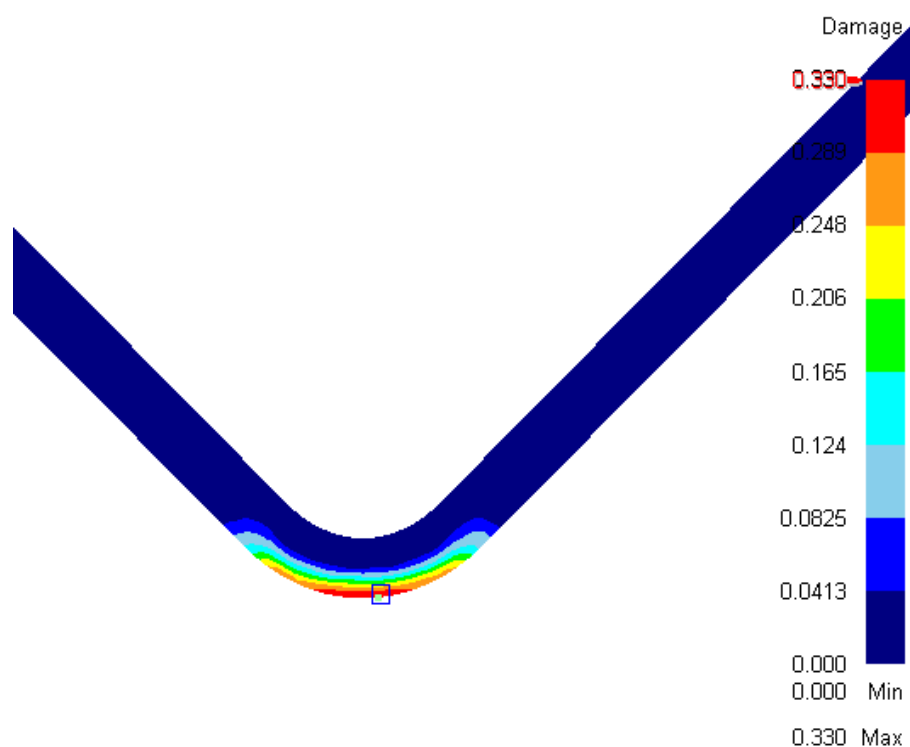


Рис. 51 Критерій руйнування

Як бачимо з рис. 51 значення критерію руйнування майже не відрізняється у порівнянні з П-подібним гнуттям: 0,33 проти 0,315. Це пов'язано з тим, що у зоні максимальних розтягуючих деформацій величина напружень та накопиченої деформації майже не відрізняється. Також можна зробити висновок, що вірогідність руйнування повністю відсутня.

3.2.2.5 Зусилля деформації

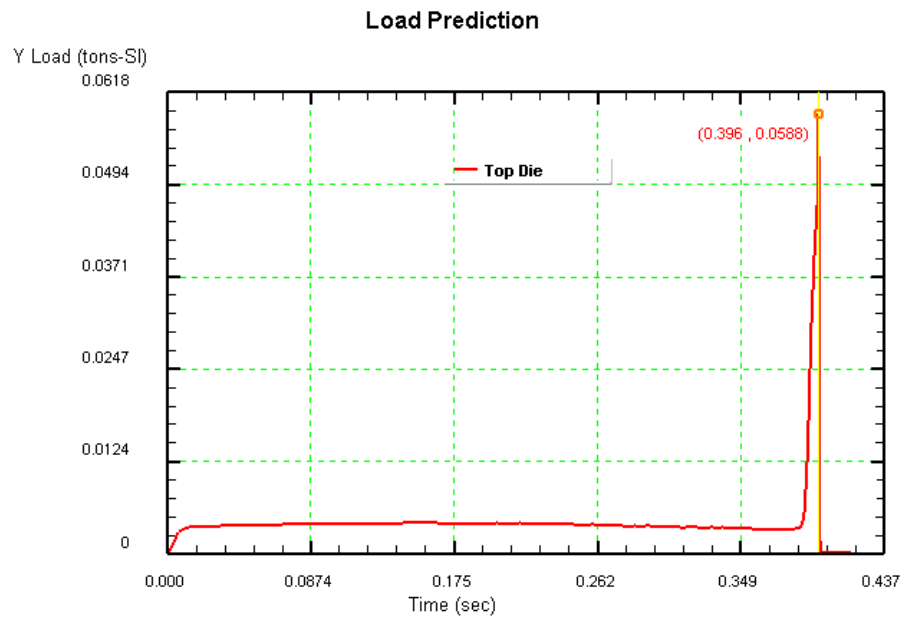


Рис. 52 Зусилля деформації

Згідно графіку показаному на рис. 52 пікове зусилля калібрування склало 0,059 т.с. Адаптуємо величину для ширини 35 мм:

$$P_k = 0,059 \cdot 35 = 1,82 \text{ т. с.} = 17,85 \text{ кН.}$$

Розбіжність із зусиллям визначеним у п. 1.4 майже відсутня: 1820 кгс проти 1841 кгс. У випадку такого чіткого співпадіння можна вважати результати достатньо достовірними.

4 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

4.1 Вибір обладнання для штампу для вирубування-пробивання

Попередньо визначене зусилля становить 26226,7 кгс або 257,28 кН(див. п. 1.10).

Габарити штампу становлять $A = 670$ мм, $B = 645,5$ мм.

Провальний отвір в діаметрі в цьому випадку нас не цікавить. Деталь має дуже великі габарити відносно свого зусилля та використання такого пресу буде не доцільним. Для цього штамп буде встановлюватись на паралельки, деталі з під штампу будуть видалятися вручну. Їх висота має становити 20 товщин матеріалу [11, с. 41]. Відповідно їх висота розраховується як:

$$h_{\text{пл}} = 20s, \quad (3.1)$$

$$h_{\text{пл}} = 20 \cdot 1,2 = 24 \text{ мм.}$$

Цю висоту треба врахувати при виборі преса по закритій висоті.

Робота виконана під час вирубування пробивання розраховується за формулою[2, с. 21]:

$$A = x \frac{PS}{1000}, \quad (3.2)$$

де, $x = 1$ при $P = P_{\text{сер.}}$;

$S = 1,2$ мм, – товщина матеріалу.

$$A = \frac{26226,7 \cdot 1,2}{1000} = 41,37 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 405,84 \text{ Дж.}$$

Закрита висота штампу становить 301,5 мм.

Під задані критерії підходить прес КА1432А за наступними параметрами[12, с. 24, табл. 2]:

$P_{\text{ном}} = 1600$ кН – номінальне зусилля пресу;

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$A_T = 3,43$ кДж – найбільша технологічна робота пресу за один хід;

$h_{min} = 20$ мм – мінімальний робочий хід;

$h_{max} = 120$ мм – максимальний робочий хід;

$H = 600$ мм – закрита висота пресу;

$H_{плт} = 120$ мм – товщина підштампової плити;

$\Delta_{ш} = 120$ мм – величина регулювання положення повзуна за рахунок гвинта у шатуні;

$\Delta_c = 250$ мм – величина регулювання положення столу шляхом його підйому та опускання;

$A = 1000$ мм – довжина підштампової плити

$B = 670$ мм – ширина підштампової плити

$d_{плт} = 200$ мм – діаметр меншого центрального отвору у підштамповій плиті;

$d_{пз} = 75$ мм – діаметр отвору у повзуні під хвостовик штампу;

$l_{пз} = 85$ мм – глибина отвору у повзуні під хвостовик штампу.

Як ми бачимо, першочерговим вимогам прес відповідає. Залишається провести розрахунок що до відповідності штампу по закритій висоті пресу.

Найбільша закрита висота пресу розрахується як:

$$H_{ш}^{max} = H - H_{плт} + \frac{(h_{max} - h_{min})}{2}, \quad (3.3)$$

$$H_{ш}^{max} = 600 - 125 + \frac{(120 - 20)}{2} = 425 \text{ мм.}$$

Найменша закрита висота пресу розрахується як:

$$H_{ш}^{min} = H - H_{плт} - \Delta_{ш} - \Delta_c, \quad (3.4)$$

$$H_{\text{ш}}^{\text{min}} = 600 - 125 - 120 - 250 = 105 \text{ мм.}$$

Закрита висота штампу становить 301,5 мм, що є:

$$105 \text{ мм} < H_{\text{ш}} = 301,5 \text{ мм} < 425 \text{ мм.}$$

Прес КА1424А задовольняє всім наведеним вимогам.

Діаметр хвостовика обираємо 75 мм згідно специфікації пресу. Обираємо хвостовик з буртиком по ГОСТ 16715-71 за номером 1034-0649.

4.2 Вибір обладнання для штампу для V-подібного гнуття

Попередньо визначене зусилля становить 1820 кгс або 17854 Н(див. п. 3.2.2.5).

Габарити штампу становлять $A = 432 \text{ мм}$, $B = 250 \text{ мм}$.

Провальний отвір нас не цікавить.

Закрита висота штампу становить 227 мм.

Під задані критерії підходить прес КД2324Г за наступними параметрами[1, с. 15, табл. 2]:

$P_{\text{ном}} = 250 \text{ кН}$ – номінальне зусилля пресу;

$A_{\text{т}} = 0,48 \text{ кДж}$ – найбільша технологічна робота пресу за один хід;

$h_{\text{min}} = 5 \text{ мм}$ – мінімальний робочий хід. В нашому випадку для забезпечення роботи штампу необхідний хід 6,7 мм. Тоді $h_{\text{min}} = 14,7 \text{ мм}$;

$h_{\text{max}} = 80 \text{ мм}$ – максимальний робочий хід;

$H = 280 \text{ мм}$ – закрита висота пресу;

$H_{\text{плт}} = 75 \text{ мм}$ – товщина підштампової плити;

$\Delta_{\text{ш}} = 55 \text{ мм}$ – величина регулювання положення повзуна за рахунок гвинта у шатуні;

$\Delta_{\text{с}} = 0 \text{ мм}$ – величина регулювання положення столу шляхом його

підйому та опускання;

$A = 560$ мм – довжина підштампової плити

$B = 420$ мм – ширина підштампової плити

$d_{\text{плт}} = 100$ мм – діаметр меншого центрального отвору у підштамповій плиті;

$d_{\text{пз}} = 40$ мм – діаметр отвору у повзуні під хвостовик штампу;

$l_{\text{пз}} = 60$ мм – глибина отвору у повзуні під хвостовик штампу.

Як ми бачимо, першочерговим вимогам прес відповідає. Залишається провести розрахунок що до відповідності штампу по закритій висоті пресу.

Найбільша закрита висота пресу розраховується за формулою 3.3:

$$H_{\text{ш}}^{\text{max}} = H - H_{\text{плт}} + \frac{(h_{\text{max}} - h_{\text{min}})}{2},$$

$$H_{\text{ш}}^{\text{max}} = 280 - 75 + \frac{(80 - 14,7)}{2} = 237,65 \text{ мм.}$$

Найменша закрита висота пресу розраховується за формулою 3.4:

$$H_{\text{ш}}^{\text{min}} = H - H_{\text{плт}} - \Delta_{\text{ш}},$$

$$H_{\text{ш}}^{\text{min}} = 280 - 75 - 55 = 150 \text{ мм.}$$

Закрита висота штампу становить 227 мм, що є:

$$150 \text{ мм} < H_{\text{ш}} = 227 \text{ мм} < 237,65 \text{ мм.}$$

Прес КД2324Г задовольняє всім наведеним вимогам.

Діаметр хвостовика обираємо 40 мм згідно специфікації пресу. Обираємо хвостовик з буртиком по ГОСТ 16715-71 за номером 1034-0625.

4.3 Вибір обладнання для штаму для П-подібного гнуття

Попередньо визначене зусилля становить 3900 кгс або 38600 Н(див. п. 3.1.3.3).

Габарити штампую становлять $A = 510$ мм, $B = 314$ мм.

Максимальний діаметр буферного пристрою був визначений у п. 2.2.4. Провальний отвір в діаметрі має становити не менше 80 мм.

Закрита висота штампую становить 252.2 мм.

Під задані критерії підходить прес КА2126Г за наступними параметрами[1, с. 15, табл. 2]:

$P_{\text{ном}} = 400$ кН – номінальне зусилля пресу;

$A_T = 1,08$ кДж – найбільша технологічна робота пресу за один хід;

$h_{\text{min}} = 10$ мм – мінімальний робочий хід. В нашому випадку для забезпечення роботи штампую необхідний хід 19 мм. Тоді $h_{\text{min}} = 25,2$ мм;

$h_{\text{max}} = 90$ мм – максимальний робочий хід;

$H = 300$ мм – закрита висота пресу;

$H_{\text{плт}} = 80$ мм – товщина підштампової плити;

$\Delta_{\text{ш}} = 65$ мм – величина регулювання положення повзуна за рахунок гвинта у шатуні;

$\Delta_c = 0$ мм – величина регулювання положення столу шляхом його підйому та опускання;

$A = 500$ мм – довжина підштампової плити

$B = 420$ мм – ширина підштампової плити

$d_{\text{плт}} = 100$ мм – діаметр меншого центрального отвору у підштамповій плиті;

$d_{\text{пз}} = 50$ мм – діаметр отвору у повзуні під хвостовик штампую;

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l_{пз} = 70$ мм – глибина отвору у повзуні під хвостовик штампу.

Як ми бачимо, першочерговим вимогам прес відповідає. Залишається провести розрахунок що до відповідності штампу по закритій висоті пресу.

Найбільша закрыта висота пресу розраховується за формулою 3.3:

$$H_{ш}^{max} = H - H_{плт} + \frac{(h_{max} - h_{min})}{2},$$

$$H_{ш}^{max} = 280 - 80 + \frac{(90 - 25,2)}{2} = 252,4 \text{ мм.}$$

Найменша закрыта висота пресу розраховується за формулою 3.4:

$$H_{ш}^{min} = H - H_{плт} - \Delta_{ш},$$

$$H_{ш}^{min} = 280 - 75 - 65 = 140 \text{ мм.}$$

Закрита висота штампу становить 227 мм, що є:

$$150 \text{ мм} < H_{ш} = 252,2 \text{ мм} < 252,4 \text{ мм.}$$

Прес КД2324Г задовольняє всім наведеним вимогам.

Діаметр хвостовика обираємо 50 мм згідно специфікації пресу. Обираємо хвостовик з буртиком по ГОСТ 16715-71 за номером 1034-0633.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Ці Правила поширюються на всі підприємства та організації, незалежно від їх власності та юридичної форми, які здійснюють діяльність, пов'язану з ковальсько-пресовими роботами.

Ці Правила встановлюють норми та вимоги охорони праці, що спрямовані на забезпечення безпечних та здорових умов праці під час виконання ковальсько-пресових робіт.

Дотримання цих Правил є обов'язковим для всіх роботодавців та працівників, які задіяні у процесах:

- поділу вихідних матеріалів;
- листового штампування;
- холодного об'ємного штампування та висадження;
- гарячого кування та штампування.

Загальні вимоги

Обов'язки роботодавця щодо охорони праці при ковальсько-пресових роботах:

- Роботодавець зобов'язаний створити службу охорони праці відповідно до вимог Типового положення про службу охорони праці (НПАОП 0.00-4.21-04).
- Роботодавець за власні кошти організовує проведення медоглядів працівників певних категорій:
 - Попередній медогляд (при прийнятті на роботу).
 - Періодичні медогляди (протягом трудової діяльності) (згідно з порядком проведення медоглядів працівників певних категорій, затвердженим наказом МОЗ України № 246).
- Роботодавець організовує навчання та перевірку знань з питань охорони праці для посадових осіб та інших працівників (згідно з Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженим наказом Держкомнагляду за охороною праці № 15).
- Працівники, які виконують підйимально-транспортні роботи, повинні дотримуватися вимог Типової інструкції з безпечного ведення робіт для стропальників (НПАОП 0.00-5.04-95).

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

- Забороняється залучати жінок до робіт, визначених у Переліку важких робіт та робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок (затвердженому наказом МОЗ України № 256).
- Підіймання та переміщення важких речей жінками має здійснюватися згідно з Граничними нормами підіймання і переміщення важких речей жінками (затвердженими наказом МОЗ України № 241).
- Забороняється залучати неповнолітніх до робіт, визначених у Переліку важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх (затвердженому наказом МОЗ України № 46).
- Підіймання та переміщення важких речей неповнолітніми має здійснюватися згідно з Граничними нормами підіймання і переміщення важких речей неповнолітніми (затвердженими наказом МОЗ України № 59).
- Роботодавець розробляє та затверджує нормативні акти з охорони праці, що діють на підприємстві (згідно з Порядком опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві, затвердженим наказом Держкомнагляду за охороною праці № 132).
- Роботодавець проводить атестацію робочих місць за умовами праці (згідно з Порядком проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 442).
- Роботодавець забезпечує безпечну експлуатацію електроустаткування (згідно з Правилами безпечної експлуатації електроустановок, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.21-98, ДСТУ 7237:2011).
- Системи вентиляції приміщень повинні відповідати вимогам чинного законодавства.
- Роботодавець організовує проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій (згідно з Порядком проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 1232).
- Роботодавець забезпечує працівників питною водою, якість якої повинна відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.
- Роботодавець безкоштовно забезпечує працівників гарячих цехів і виробничих ділянок газованою солоною водою (згідно з Санітарними правилами для ковальсько-пресових цехів).

Вимоги безпеки при виконанні технологічних операцій

- Роботодавець зобов'язаний організувати ковальсько-пресові роботи відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.3.002-75.

					КР.ЗШВ.АТ2111.04.000.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

- Виробниче обладнання повинне відповідати:
 - **Технічному регламенту безпеки машин**, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 30.01.2013 № 62.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.003-91**: Загальні вимоги безпеки виробничого обладнання.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.017-93**: Загальні вимоги безпеки кувально-пресового обладнання.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.064-81**: Загальні вимоги безпеки органів управління виробничим обладнанням.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.113:2007**: Вимоги безпеки кривошипних пресів.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.114-86**: Вимоги безпеки гвинтових пресів.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.116:2007**: Вимоги безпеки три- та чотиривалкових листозгинальних машин.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.117-88**: Вимоги безпеки гідравлічних пресів.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.118:2007**: Вимоги безпеки ножиць.
- Посудини, що працюють під тиском, які використовуються в обладнанні, повинні відповідати:
 - **Технічному регламенту безпеки обладнання, що працює під тиском**, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 19.01.2011 № 35.
 - **ДСТУ ГОСТ 12.2.085:2007**: Вимоги безпеки запобіжних клапанів посудин, що працюють під тиском.
- Експлуатація печей на газовому паливі повинна відповідати **НПАОП 0.00-1.20-98**:
 - Правила безпеки систем газопостачання України.
- Під час виконання робіт працівники повинні дотримуватися **НПАОП 0.00-5.24-01**:
 - Інструкція з охорони праці під час виконання монтажних робіт інструментами і пристроями.
- Небезпечні виконавчі механізми обладнання повинні мати огороження відповідно до **ДСТУ ГОСТ 12.2.062-81**:
 - Захисні огороження виробничого обладнання.
- Вантажопідіймальні механізми повинні відповідати **НПАОП 0.00-1.03-07**:

- Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.
- Завантаження, розвантаження, транспортування вихідних матеріалів, готової продукції повинно відповідати:
 - ДСТУ ГОСТ 12.3.020-80: Загальні вимоги безпеки процесів переміщення вантажів на підприємствах.
 - ДСТУ ГОСТ 12.2.022-80: Загальні вимоги безпеки конвеєрів.
- Температура нагрітих елементів обладнання повинна відповідати ДСТУ EN 563-2001:
 - Безпечність машин. Температури поверхонь, доступних для дотику. Ергономічні дані для встановлення граничних значень температури гарячих поверхонь.
- Нанесення змащувальних матеріалів, визначених технічною документацією на обладнання, на заготовки і штампи, необхідно виконувати:
 - Розпилювальними пристроями або щіткою після зупинки рухомих частин обладнання.
 - У разі автоматичного режиму роботи обладнання, використовувати спеціальні пристрої пістолетного типу для розпилення змащувальних матеріалів.
- Працівникам, які виконують ковальсько-пресові роботи, повинні бути видані відповідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):
 - Спецодяг;
 - Спецвзуття;
 - Засоби захисту рук;
 - Засоби захисту очей та обличчя;
 - Засоби захисту слуху;
 - Респіратори (за потреби).

6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Довідник конструктора штампів / Рудман Л.И. [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1988. – 496 с.
2. Романовский В.П. Довідник по холодному штампуванню / Романовский В.П. – 6. – Ленинград: Машиностроение, 1979. – 520 с.
3. ГОСТ 16621-80 Пуансоны круглі діаметром від від 1 до 24 мм. Конструкція і розміри. – Москва: Стандартинформ, 1981. – 11 с.
4. Орлюк М.В. Технологія холодного штампування та конструювання штампів. Навчальний посібник. / М.В. Орлюк, П.С. Вишневецький. – Київ: Електронне мережне навчальне видання, 2022. – 80 с.
5. ГОСТ 24643-81 Допуски форми та розташування поверхонь. – Москва: Издательство стандартов, 1981. – 10 с.
6. ГОСТ 19903-74 Прокат листовий гарячекатаний. – Москва: Стандартинформ, . – 19 с.
7. РТМ 34-65. – 270 с.
8. РТМ 105-0-212-83. – 342 с.
9. ГОСТ 25346-89 Основні норми взаємозамінності. Єдина систма допусків і посадок. – 1990.
10. Орлюк М.В. Граничні значення критеріїв руйнування при моделюванні процесів витягування в середовищі DEFORM / М.В. Орлюк. – Київ: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017. – 8 с.
11. Рудман Л.И. Налагоджування пресів для листового штампування / Рудман Л.И. – Машиностроение, 1980. – 219 с.
12. Рудман Л.И. Довідник по обладнанню для листового штампування / Рудман Л.И., Зайчук А.И., Марченко В.Л. – Київ: Техніка, 1989.