

**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 напряму підготовки 131 «Прикладна механіка»

**на тему: « Технологія та оснащення для виготовлення деталі "притискач
кутовий"»**

Виконав:

студент 4 курсу, групи АТз-12

Ярошук Вадим Сергійович

(підпис)

Керівник:

доцент, к.т.н. кафедри ТВЛА

Орлюк Михайло Володимирович

(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

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут

кафедра Технології виробництва літальних апаратів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма – «Технології виробництва літальних апаратів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Антон ЛАВРІНЕНКОВ

«___» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Ярошук Вадим Сергійович**

1. Тема проекту «Технологія та оснащення для виготовлення деталі "притискач кутовий», керівник проекту Орлюк Михайло Володимирович, затверджені наказом по університету від «01» 06 2026р. №2020-с
2. Термін подання студентом проекту:
3. Вихідні дані до проекту: Креслення деталі.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, 4 розділи, список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Штамп послідовної дії для вирубування та пробивання Складальний кресленик А1, Штамп для гнуття та формовки Складальний кресленик А1, 1 Матриця А2, Пуансон вирубування А3, Пуансон А3, Пуансон пробивання А4.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 8.04.26

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Креслення деталі	10.04.26-8.06.26	
2.	Технологічний розділ	8.06.26-11.06.26	
3.	Конструкторський розділ	11.06.26-12.06.26	
4.	Вибір обладнання	12.06.26-13.06.26	
5.	Креслення штамів	12.06.26-15.06.26	
6.	Деталювання	13.06.26-16.06.26	

Студент

Вадим Ярошук

Керівник

Михайло Орлюк

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту присвячена розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Притискач кутовий» методами листового штампування зі сталі 20 товщиною 1 мм. У роботі виконано аналіз технологічності конструкції деталі, визначено можливість її виготовлення операціями вирубування, пробивання, гнуття та рельєфної формовки.

За допомогою програмного комплексу DEFORM виконано чисельне моделювання процесів гнуття та формовки. Для операції гнуття досліджено напружено-деформований стан заготовки, визначено максимальне зусилля гнуття, розподіл інтенсивності напружень, деформацій та критерію руйнування. Встановлено вплив орієнтації ліній згину відносно напрямку прокату на ймовірність виникнення руйнування матеріалу. Для операції формовки проведено вибір раціональної схеми деформування, визначено силові параметри процесу та оцінено можливість отримання необхідних геометричних розмірів виробу без втрати якості.

У роботі розраховано розміри плоскої заготовки, виконано розробку схеми розкрою смуги та визначено коефіцієнт використання матеріалу. Розроблено технологічний маршрут виготовлення деталі, що включає операції вирубування-пробивання, формовки та послідовного гнуття.

Результатом роботи є обґрунтована технологія виготовлення деталі «Притискач кутовий», яка забезпечує отримання виробу заданої форми та розмірної точності при мінімальних витратах матеріалу й високій продуктивності процесу.

Ключові слова: листове штампування, вирубування, пробивання, гнуття, рельєфна формовка, технологічність, DEFORM, напружено-деформований стан, розкрій, притискач кутовий.

ABSTRACT

The explanatory note of the diploma project is devoted to the development of a manufacturing process for the “Angular Clamp” part using sheet metal stamping operations applied to Steel 20 with a thickness of 1 mm.

The work includes an analysis of the manufacturability of the part design and determines the feasibility of producing the component by blanking, piercing, bending, and embossing operations. Numerical simulations of the bending and forming processes were carried out using the DEFORM software package. The stress-strain state of the workpiece was investigated, and the maximum forming forces, distributions of effective stress, effective strain, and damage criterion values were determined.

For the bending operation, the influence of the rolling direction on the probability of material failure was analyzed. For the embossing operation, a rational forming scheme was selected, the force parameters were determined, and the possibility of obtaining the required geometric dimensions without quality deterioration was evaluated.

The dimensions of the flat blank were calculated, a strip layout was developed, and the material utilization coefficient was determined. A complete manufacturing route was designed, including blanking-piercing, embossing, and sequential bending operations.

The result of the project is a substantiated manufacturing technology for the “Angular Clamp” part that ensures the production of components with the required geometry and dimensional accuracy while minimizing material consumption and providing high production efficiency.

Keywords: sheet metal stamping, blanking, piercing, bending, embossing, manufacturability, DEFORM, stress-strain state, strip layout, angular clamp.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1. Ескіз деталі «Притискач кутовий».....	9
1.2. Аналіз технологічності деталі «Притискач кутовий».....	10
1.3. Визначення розмірів заготовки для гнуття.....	24
1.4. Розкрій смуги для вирубування-пробивання пласкої заготовки	28
1.5. Розробка технології.....	31
1.6. Розрахунок зусиль вирубування та пробивання.....	32
1.7. Розрахунок зусилля в штампі для гнуття та формовки.....	33
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	36
2.1 Штамп послідовної дії для вирубування та пробивання (ДП.АТз2109.100.00 СК).....	36
2.2. Штамп для гнуття та формовки (ДП.АТз2109.200.00 СК).....	53
3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	56
3.1. Для штампу послідовної дії для вирубування та пробивання (ДП.АТз2109.100.00 СК).....	56
3.2. Для штампу для гнуття та формовки (ДП.АТз2109.200.00 СК).....	59
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	73
ДОДАТОК. СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	74

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Ярошук В.С.					
Перевір.		Орлюк М.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.					КПІ ім. Ізгоря Сікорського		
					Літ.	Арк.	Акрцшів
						6	78

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується постійним зростанням вимог до якості продукції, продуктивності виробництва та ефективності використання матеріальних ресурсів. Одним із найбільш поширених способів виготовлення тонкостінних деталей є листове штампування, яке забезпечує високу продуктивність, точність розмірів виробів та можливість широкої автоматизації виробничих процесів. Завдяки цьому технології листового штампування широко застосовуються в автомобілебудуванні, приладобудуванні, авіаційній промисловості, виробництві побутової техніки та інших галузях машинобудування. Важливим завданням при проєктуванні технологічних процесів листового штампування є забезпечення необхідної якості готових виробів при мінімальних витратах матеріалу та енергії. Для цього необхідно виконувати аналіз технологічності конструкції деталі, раціонально вибирати схему розкрою матеріалу, визначати силові параметри процесів штампування та розробляти конструкції штампового оснащення, які забезпечують стабільність технологічного процесу.

Одним із ефективних інструментів удосконалення технологічних процесів є використання сучасних систем комп'ютерного моделювання. Застосування програмних комплексів, таких як DEFORM, дозволяє досліджувати напружено-деформований стан заготовок, оцінювати ймовірність виникнення дефектів, визначати силові параметри процесів та оптимізувати конструкцію технологічного оснащення ще на етапі проєктування. Це сприяє скороченню витрат на виготовлення та налагодження штамсів, а також підвищенню якості готової продукції.

Об'єктом дослідження в даному дипломному проєкті є технологічний процес виготовлення деталі «Притискач кутовий» методами листового штампування.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		7

Предметом дослідження є закономірності формоутворення деталі під час операцій вирубування, пробивання, гнуття та рельєфної формовки, а також параметри технологічного процесу та штампового оснащення.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Притискач кутовий», визначення основних технологічних параметрів процесу, виконання комп'ютерного моделювання операцій формоутворення та проєктування штампового оснащення.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі завдання:

- аналіз технологічності конструкції деталі;
- визначення розмірів вихідної заготовки та розробка схеми розкрою;
- моделювання процесів гнуття та формовки з використанням програмного комплексу DEFORM;
- визначення силових параметрів технологічних операцій;
- розробка технологічного маршруту виготовлення деталі;
- проєктування штампового оснащення для виконання операцій листового штампування;
- оцінка техніко-економічних показників запропонованого технологічного процесу.

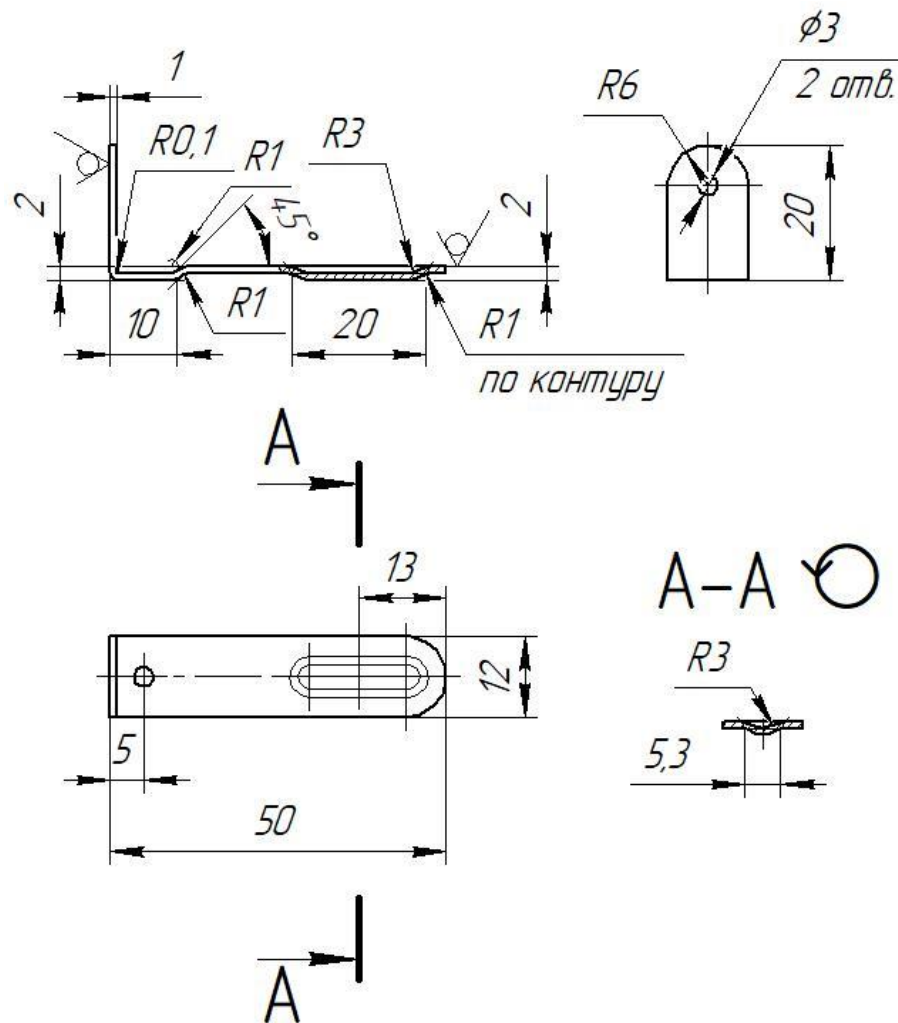
Практичне значення роботи полягає у розробці технологічного процесу та штампового оснащення для виготовлення деталі «Притискач кутовий», що забезпечують отримання виробів необхідної якості при раціональному використанні матеріалу та високій продуктивності виробництва.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		8

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Ескіз деталі «Притискач кутовий»

На рис. 1.1 покажемо ескіз деталі «Притискач кутовий». Деталь виготовляється із сталі 20 ГОСТ 1050-2013.



1. Матеріал: сталь 20 ГОСТ 1050-2013.

2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

Рис.1.1. Деталь «Притискач кутовий».

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		9

1.2. Аналіз технологічності деталі «Притискач кутовий»

Для отримання деталі «Притискач кутовий» передбачено виконання операцій вирубування, пробивання, гнуття та рельєфної формовки. З метою оцінки можливості її виготовлення проведемо аналіз технологічності конструкції.

Для сталі 20 у відпаленому стані мінімально допустиме значення відносного радіуса гнуття становить [1, ст. 61]:

- 0,1, за умови розташування лінії згину поперек напрямку прокату;
- 0,5, якщо лінія згину орієнтована вздовж волокон прокату.

Відносні радіуси гнуття деталі «притискач кутовий»:

$$\frac{R_1}{S} = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

$$\frac{R_2}{S} = \frac{1}{1} = 1$$

Отримані значення свідчать про виконання вимог технологічності за умови розміщення ліній згину поперек напрямку прокатки матеріалу.

Мінімальна допустима довжина полиці визначається відповідно до рекомендацій [1, ст. 282]:

$$b \geq 3S = 3 \cdot 1 = 3 \text{ мм}$$

У конструкції деталі найменша полиця має довжину 20 мм, що задовольняє встановлені вимоги (рис. 1.2).



Рис.1.2. Розмір найменшої полицки.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		10

Для випадку, коли згинання виконується після отримання готового отвору, необхідно перевірити мінімальну відстань від краю отвору до відігнутої полиці [2, ст. 171:

$$e_1 \geq s + 1,1r \geq 1 + 1,1 \cdot 0,1 \geq 1,11 \text{ мм}$$

У деталі «Притискач кутовий» зазначена відстань становить 3,5 мм (рис. 1.3), тому умова технологічності виконується..

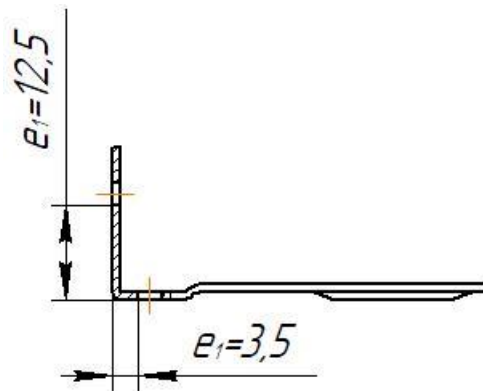


Рис.1.3. Відстань від краю отвору до краю зігнутої полички.

Далі розглянемо технологічність конструкції щодо операцій вирубкування та пробивання.

Перевіримо можливість пробивання круглих отворів в деталі.

Мінімальний діаметр круглого отвору, який може бути виконаний у штампі без застосування спеціальних напрямних пристроїв для маловуглецевих сталей, визначається згідно з [2, ст. 52, табл. 3]:

$$d_{min} = 1,0S = 1,0 \cdot 1 = 1 \text{ мм}$$

У деталі передбачено один отвір діаметром 3 мм (рис. 1.1), що відповідає допустимим значенням.

Також необхідно перевірити мінімальну відстань між краєм отвору та зовнішнім контуром деталі Найменша відстань між краєм отвору та краєм деталі в

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		11

долях товщини матеріалу залежить від межі міцності матеріалу деталі. Для сталі 20 межа міцності – $\sigma_b = 450$ МПа [2, ст. 478]. Тоді при $\sigma_b \leq 500$ МПа [2, ст.53, таб.4]:

$$e_{2min} = 1,4s = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{ мм}$$

У деталі «Притискач кутовий» мінімальна відстань між краєм отвору та зовнішнім контуром становить 4 мм (рис. 1.4), що відповідає вимогам технологічності.

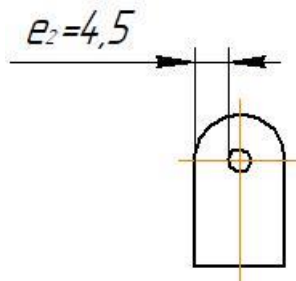


Рис.1.4. Відстань від краю отвору до краю деталі.

Для операцій вирубання та пробивання деталей «Притискач кутовий» теж технологічна.

Тепер перевіримо технологічність деталі для операції рельєфної формовки.

Найбільша глибина ребра жорсткості, яку можна отримати в результаті рельєфної формовки деталі із м'якої сталі може орієнтовно бути визначена за наступною формулою [2, ст. 337]:

$$H_p = \frac{B_p \cdot s}{s + 2,5} \quad (1.1)$$

де B_p – ширина ребра.

Ширину та висоту ребра жорсткості покажемо на рис. 1.5.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		12

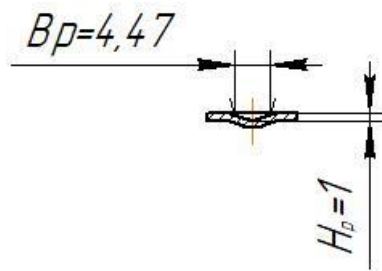


Рис.1.5. Розміри ребра жорсткості.

Тоді:

$$H_p = \frac{B_p \cdot s}{s + 2,5} = \frac{4,47 \cdot 1}{1 + 2,5} = 1,28 \text{ мм}$$

Умова виконується.

Проведений аналіз показав, що всі перевіірочні умови задовольняються. Отже, деталь «Притискач кутовий» є технологічною та може бути виготовлена із застосуванням операцій вирубубвання, пробивання, гнуття і рельєфної формовки..

1.2.1. Моделювання гнуття на менший радіус в DEFORM 2D

Спочатку визначимо геометричні розміри інструментів для гнуття напівфабрикату деталі «Притискач кутовий» на радіус $R_{0,1}$ мм

Для листового матеріалу товщиною 1 мм геометричні розміри матриці та пуансона приймаються відповідно до рекомендацій [1, ст. 74]:

- радіус заокруглення матриці $r_m = 3$ мм;
- висота заглиблення в матриці $h = 4$ мм;
- товщина матриці $H = 20$ мм.

Радіус заокруглення в зоні заглиблення матриці визначаємо із співвідношення [1, ст. 74]:

$$R = (0,6 \div 0,8) \cdot (r + S) = (0,6 \div 0,8) \cdot (0,1 + 1) = (0,66 \div 0,88) \text{ мм.}$$

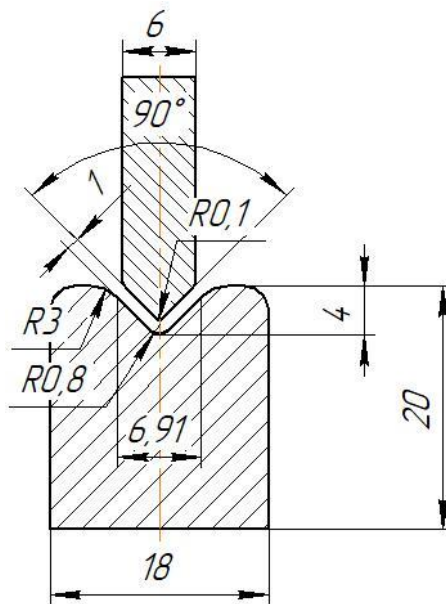
					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

За результатами розрахунку приймаємо радіус заокруглення заглиблення матриці $R = 0,8$ мм.

Ширину пуансона обираємо меншою за ширину контактної ділянки між матрицею та заготовкою. Схему процесу наведено на рис. 1.6. Виходячи з геометричних міркувань, приймаємо ширину пуансона 12 мм.

Для чисельного моделювання процесу гнуття в програмному комплексі DEFORM 2D використовуються такі вихідні параметри:

- тип задачі – плоско-деформований напружений стан;
- формат імпорту геометрії – IGES;
- модель поведінки матеріалу – пластична;
- кількість скінченних елементів сітки – 1850;
- швидкість переміщення пуансону – 10 мм/с;
- коефіцієнт тертя за законом Кулона – 0,1.



- Рис.1.6. Схема гнуття.

На рис. 1.7 наведено початкове взаємне розташування інструментів і заготовки із зазначенням основних габаритних розмірів.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		14

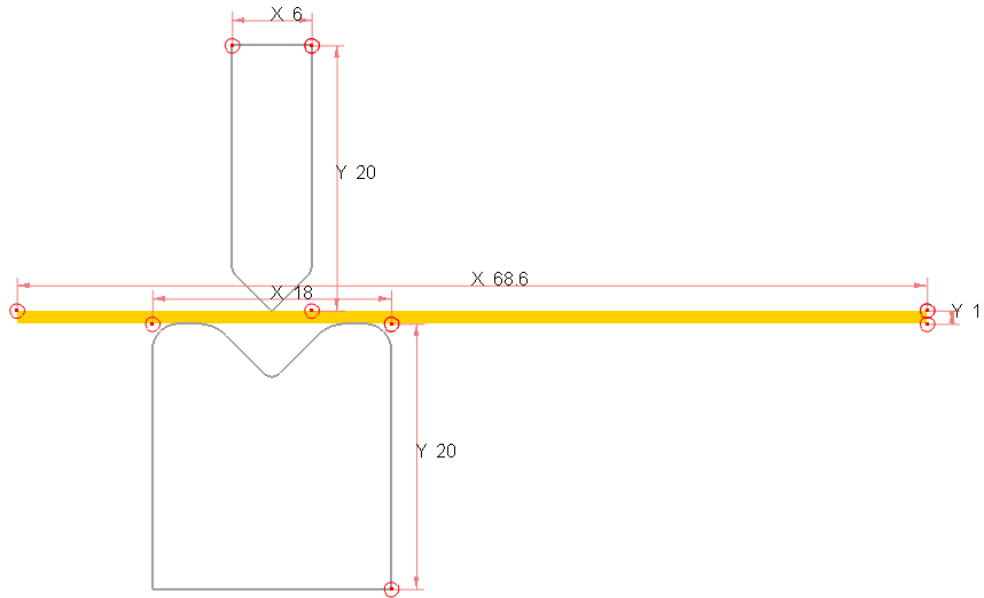


Рис.1.7. Схема початкового положення інструментів та заготовки з їх габаритними розмірами.

Для оцінки силових параметрів процесу побудовано графік зміни зусилля гнуття залежно від переміщення пуансона (рис. 1.8).

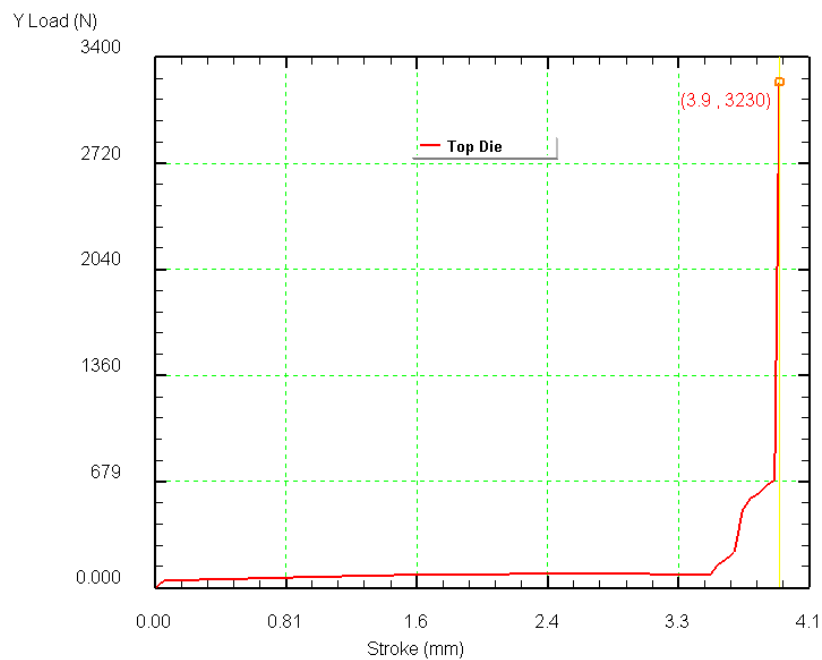


Рис.1.8. Графік залежності зусилля гнуття від переміщення пуансона.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		15

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільше значення зусилля гнуття досягається на завершальній стадії процесу та становить 3230 Н. Оскільки під час моделювання не враховується ширина заготовки, отримане значення необхідно скоригувати множенням на фактичну ширину виробу:

$$P_r = 3230 \cdot 12 = 38760 \text{ Н}$$

Розподіл інтенсивності напружень після завершення процесу наведено на рис. 1.9. Максимальна величина еквівалентних напружень досягає 740 МПа і спостерігається в зоні найбільшої пластичної деформації.

На рис. 1.10 представлено розподіл інтенсивності деформацій у кінцевий момент формоутворення. Найбільше значення еквівалентної деформації становить 0,61 та локалізується безпосередньо в області згину.

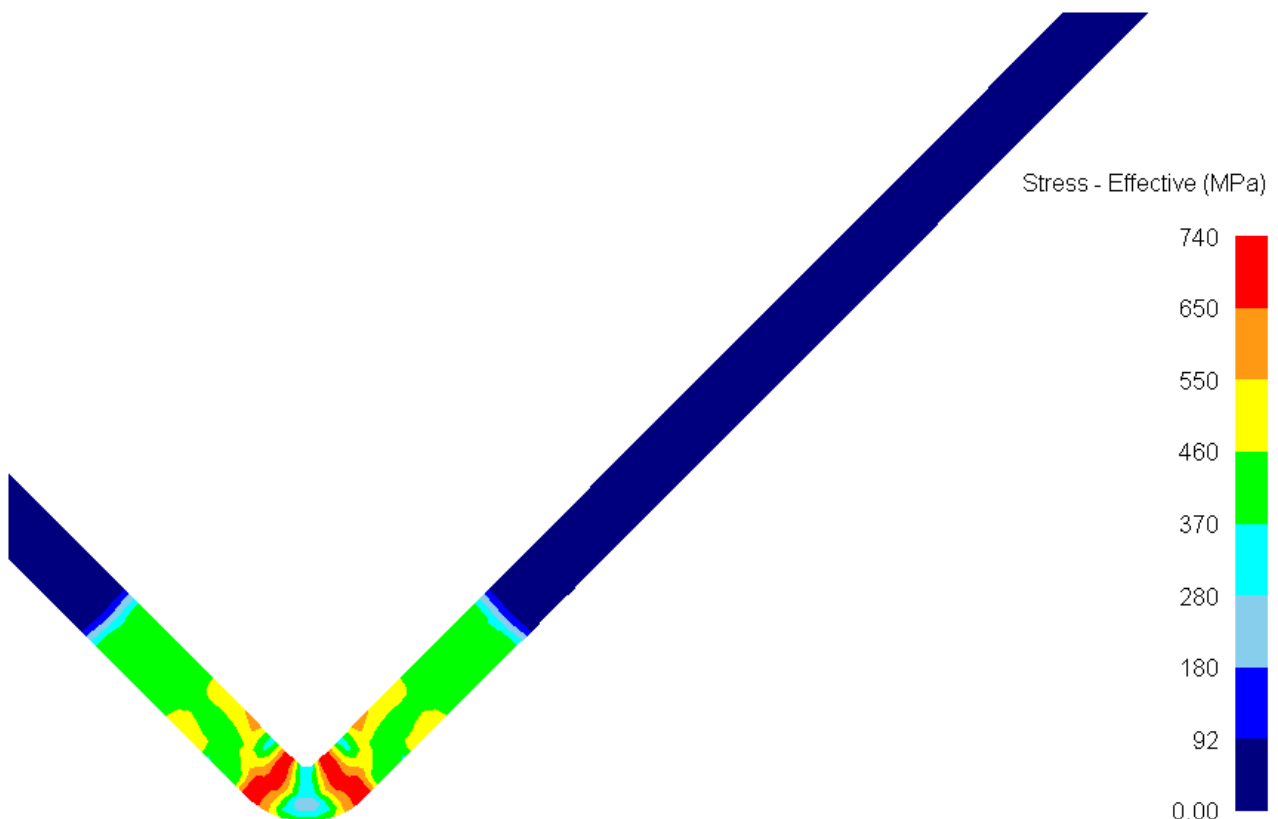


Рис.1.9. Картина розподілу інтенсивності напружень.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

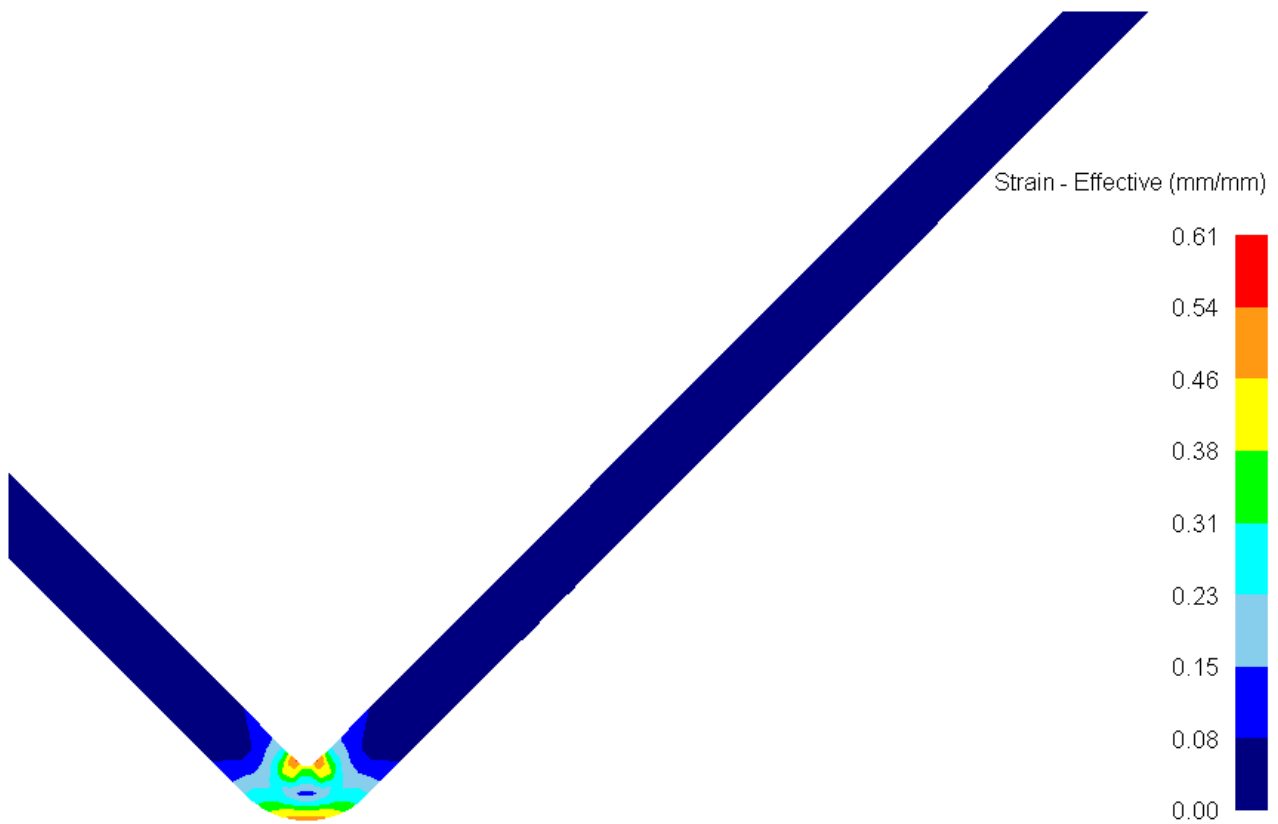


Рис.1.10. Картина розподілу інтенсивності деформацій.

Для оцінювання ймовірності виникнення руйнування було проаналізовано розподіл критерію пошкодження, який наведений на рис. 1.11. Максимальне значення критерію руйнування становить 0,57. Це перевищує рекомендований для двовимірного моделювання граничний інтервал 0,5–0,55 [3], що свідчить про наявність ризику утворення дефектів або локального руйнування матеріалу в зоні згину. З метою зменшення небезпеки руйнування при подальшому проєктуванні технологічного процесу необхідно забезпечити таке розташування заготовки, за якого лінії згину будуть орієнтовані поперек напрямку прокатки матеріалу.

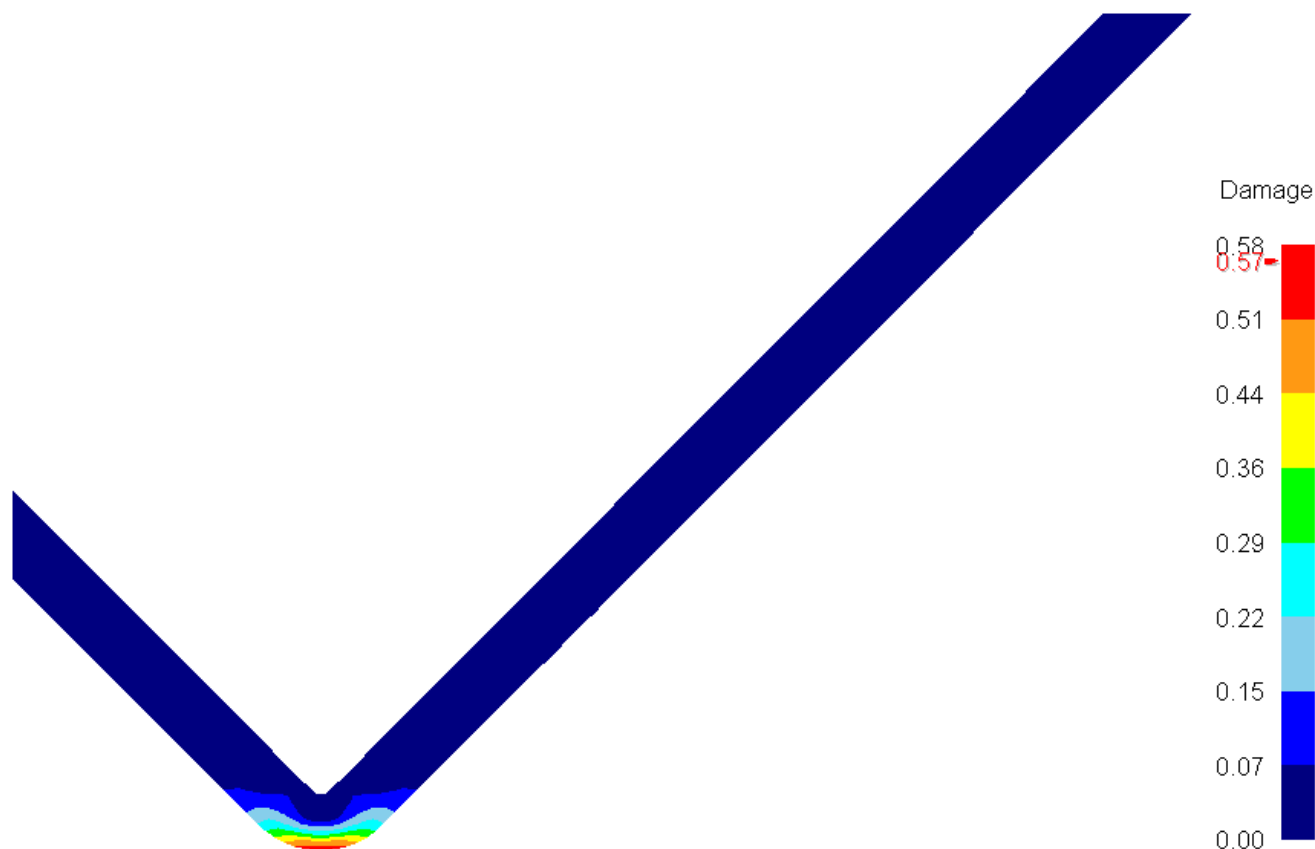


Рис.1.11. Картина розподілу критерію руйнування.

1.2.2. Моделювання формовки в DEFORM 3D

Для дослідження процесу рельєфної формовки виконано тривимірне чисельне моделювання в програмному комплексі DEFORM 3D.

Під час постановки задачі були використані такі параметри:

- формат геометричної моделі – STL;
- модель матеріалу – пластична;
- кількість елементів скінченно-елементної сітки – 34934;
- швидкість переміщення пуансону – 5 мм/с;
- коефіцієнт тертя за законом Кулона – 0,1.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		18

Початкове розташування інструментів і заготовки з відображенням їх основних геометричних параметрів наведено на рис. 1.12.

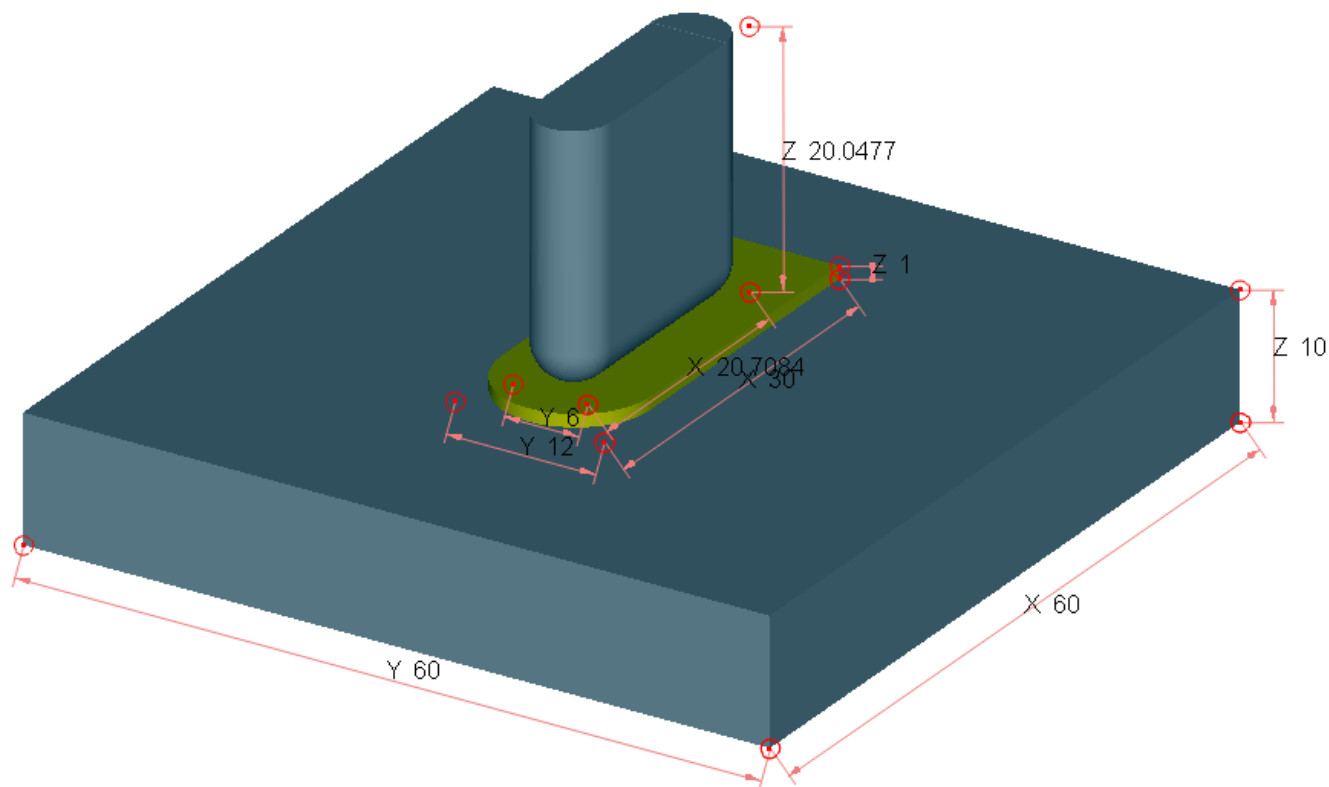


Рис.1.12. Схема початкового положення інструментів та заготовки з їх габаритними розмірами при формовці.

Результат формовки покажемо на рис. 1.13. Як бачимо при використанні такого пуансона відбувається викривлення заготовки. Тому приймаємо іншу схему формовки з іншим пуансоном, яку показано на рис. 1.14.

Форму та розміри напівфабрикату після формовки за другою схемою покажемо на рис. 1.15 та рис. 1.16. Після формовки ширина напівфабрикату по місцю формовки зменшилася до 11,6 мм. Допуск на розмір 12 мм по $h14 - 0,43$ мм. Тому найменший допустимий розмір – $12 - 0,43 = 11,57$ мм. Умова виконується.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

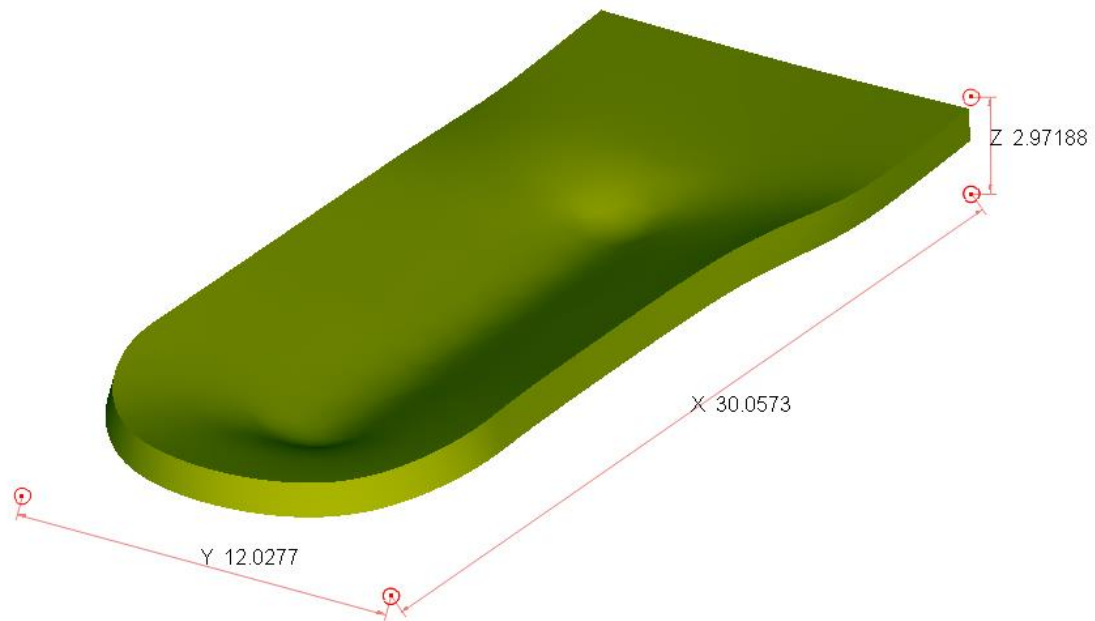


Рис.1.13. Форма та розміри напівфабрикату після формовки за першою схемою.

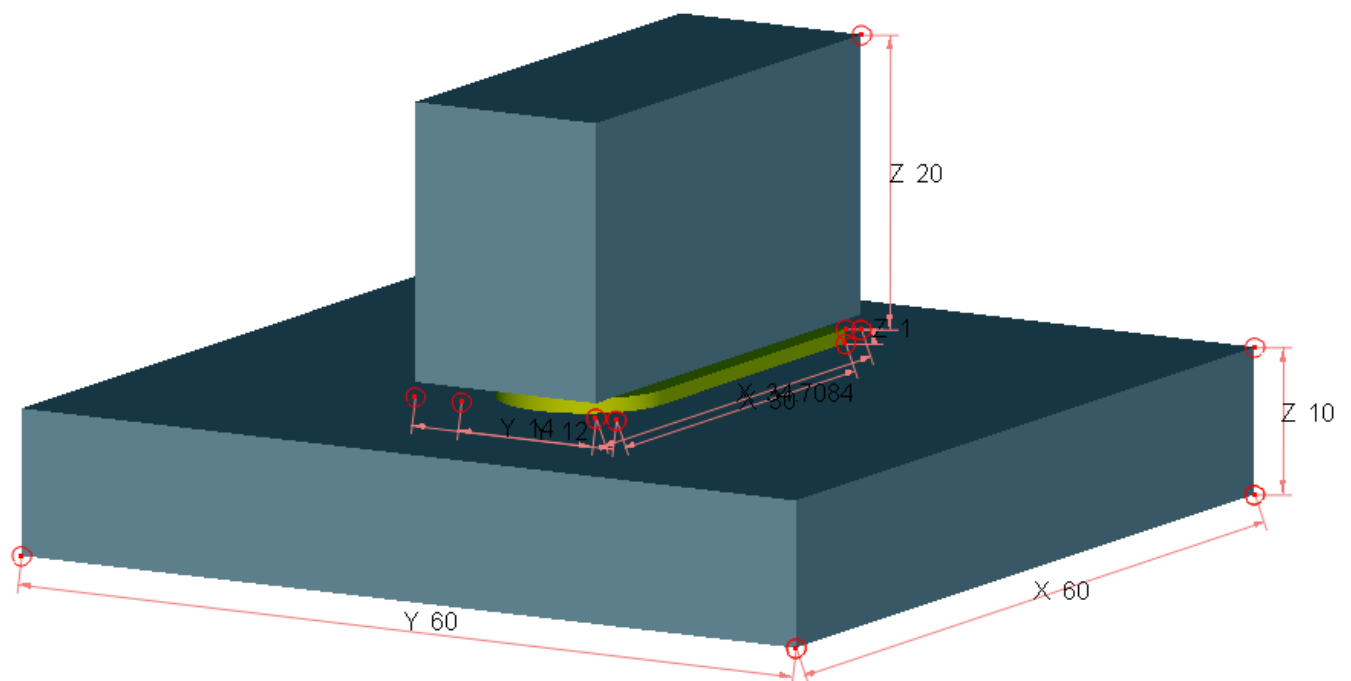


Рис.1.14. Схема початкового положення інструментів та заготовки з їх габаритними розмірами при формовці.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

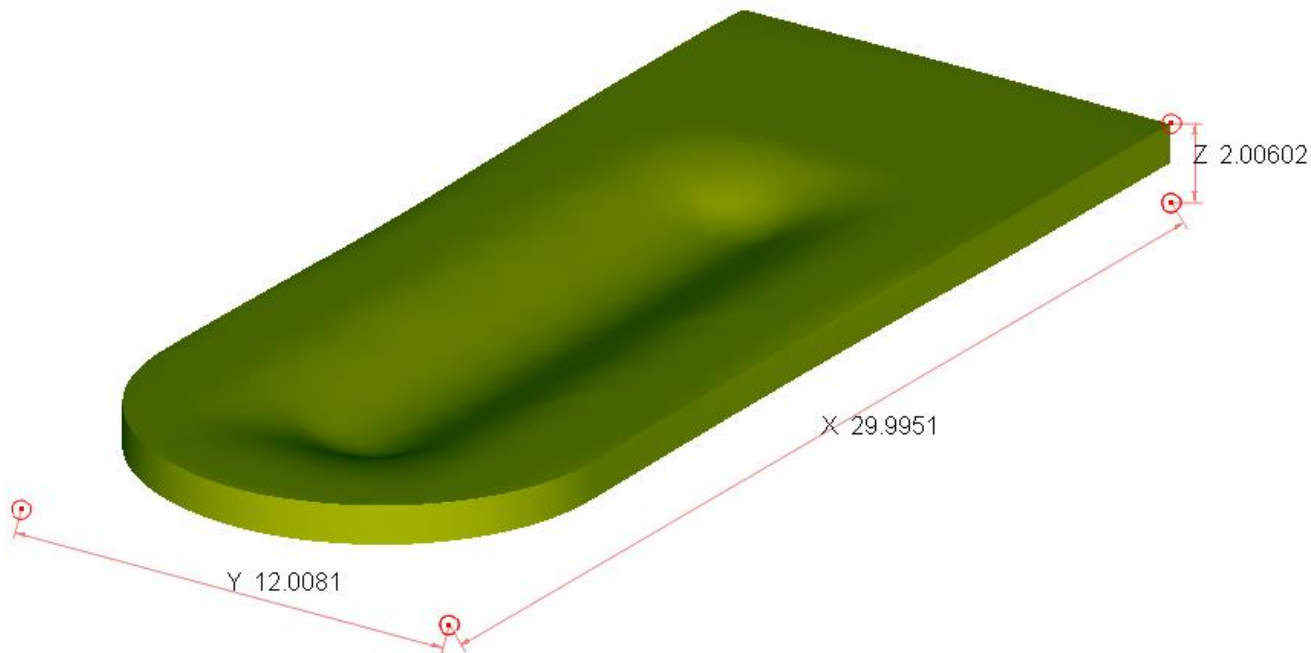


Рис.1.15. Форма та розміри напівфабрикату після формовки за другою схемою.

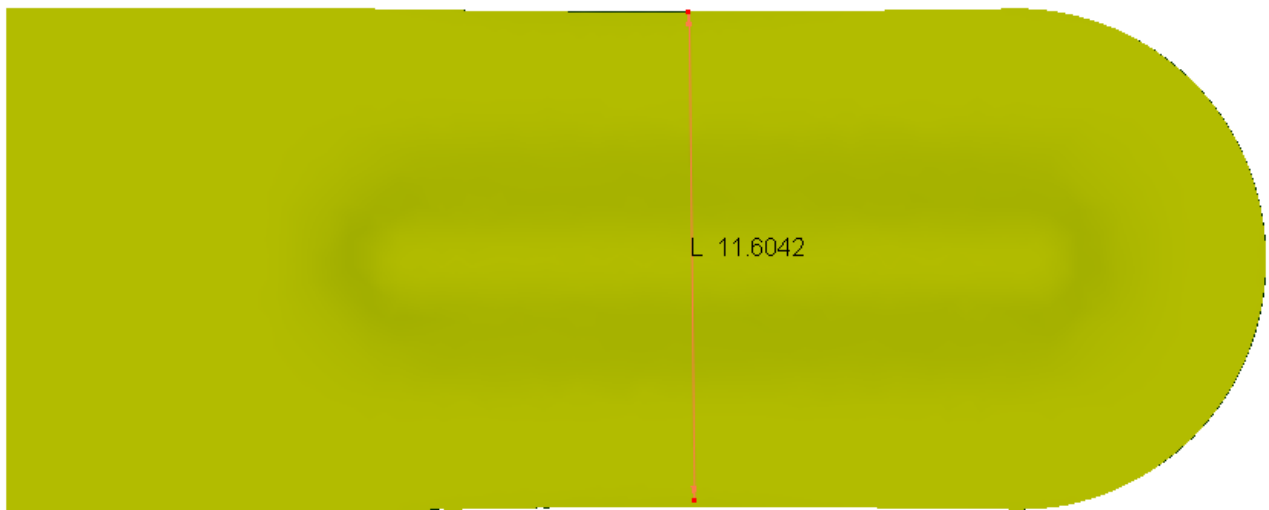


Рис.1.16. Розмір напівфабрикату по ширині після формовки

Графік залежності зусилля формовки від переміщення пуансона показано на рис. 1.17. Максимальне зусилля становить 29700 Н в кінці процесу.

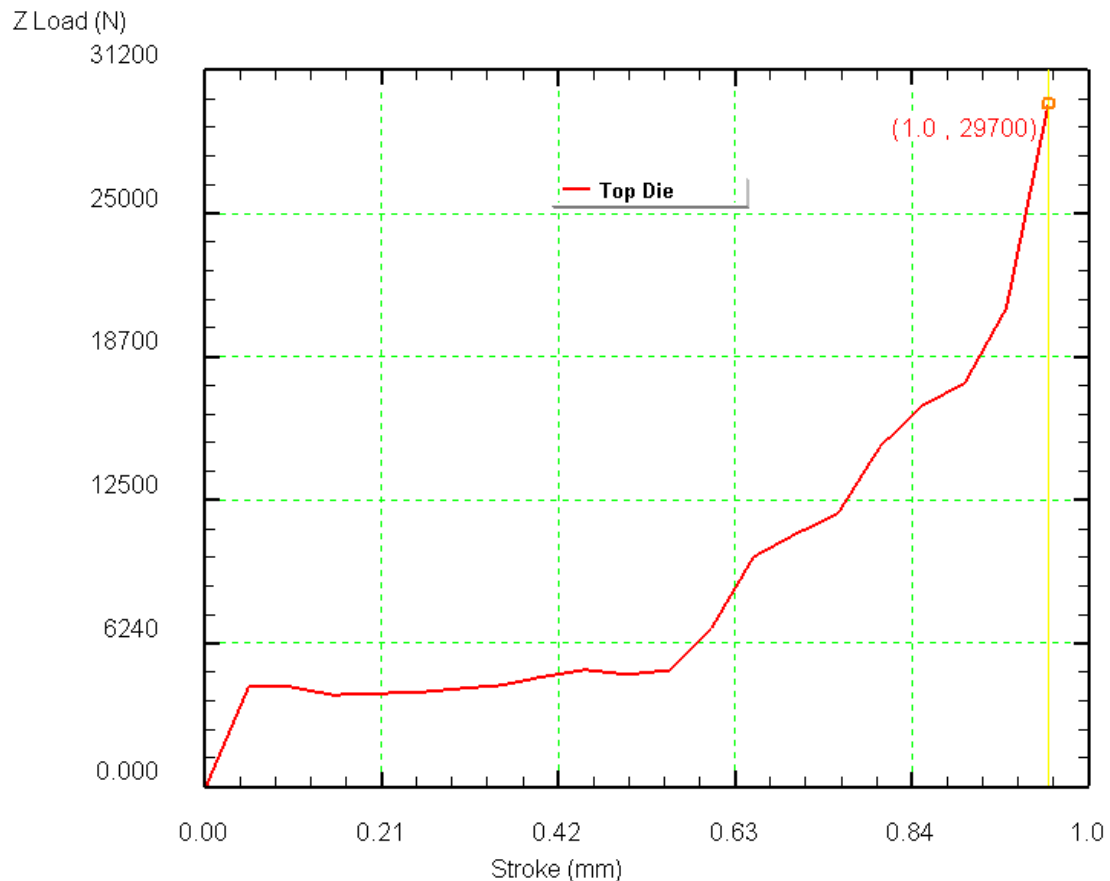


Рис.1.17. Графік залежності зусилля формовки від переміщення пуансона.

На рис. 1.18 представлено поле розподілу інтенсивності напружень у заготовці після завершення процесу. Найбільше значення інтенсивності напружень досягає 700 МПа.

Розподіл інтенсивності пластичних деформацій наведено на рис. 1.19. Максимальна величина інтенсивності деформації складає 0,29.

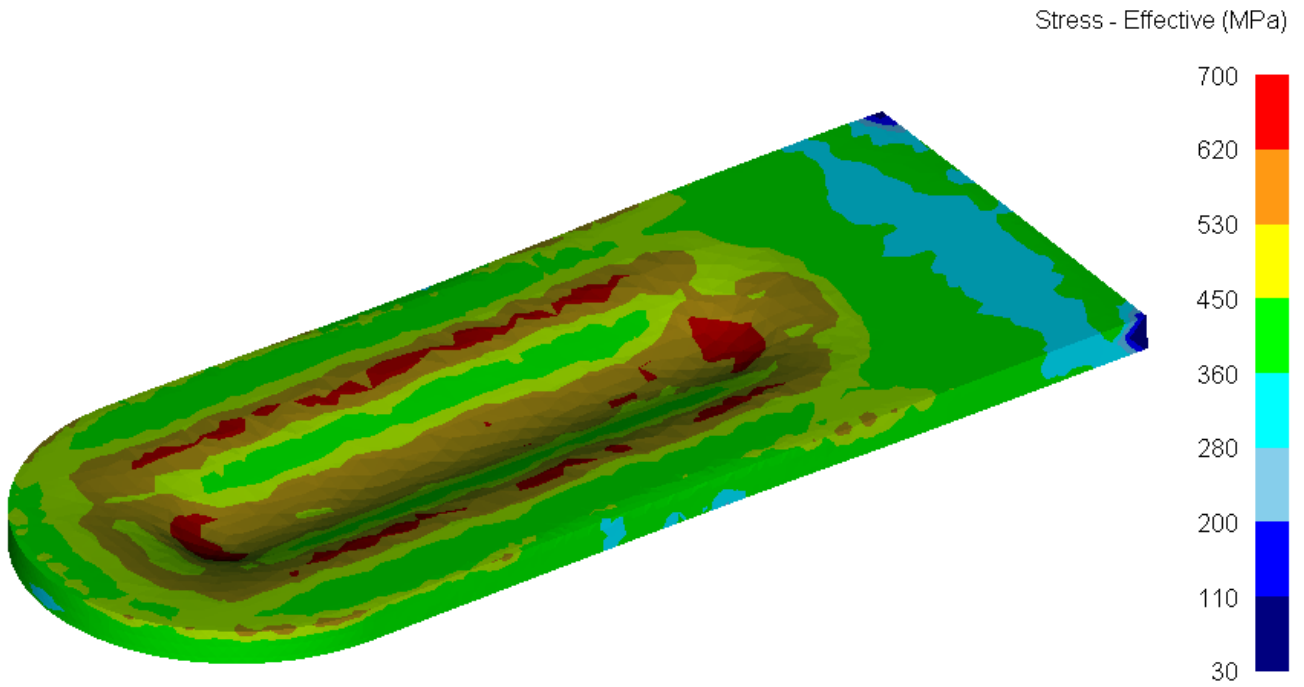


Рис.1.18. Картина розподілу інтенсивності напружень.

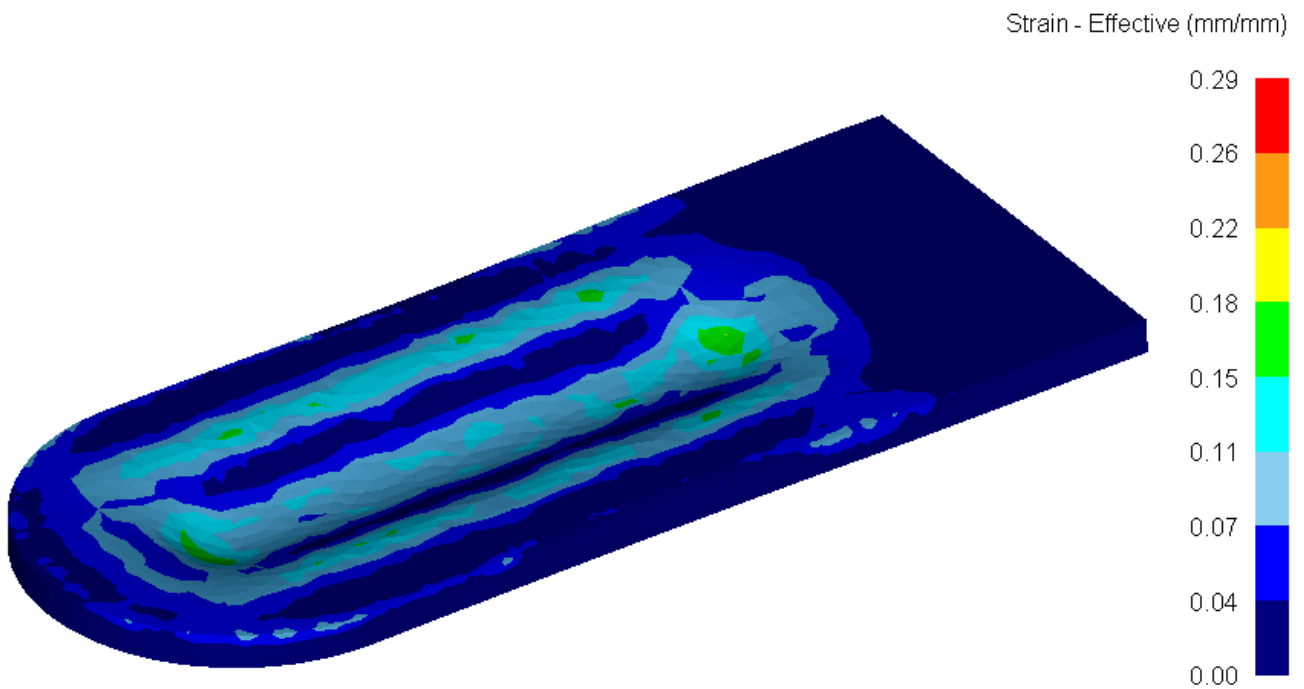


Рис.1.19. Картина розподілу інтенсивності деформацій.

Для перевірки можливості виникнення руйнування виконано аналіз критерію пошкодження, результати якого наведені на рис. 1.20. Найбільше значення критерію руйнування становить 0,30. Отримана величина є меншою за рекомендоване граничне значення 0,6 для тривимірного моделювання [3], що свідчить про відсутність загрози руйнування матеріалу під час виконання операції формовки.

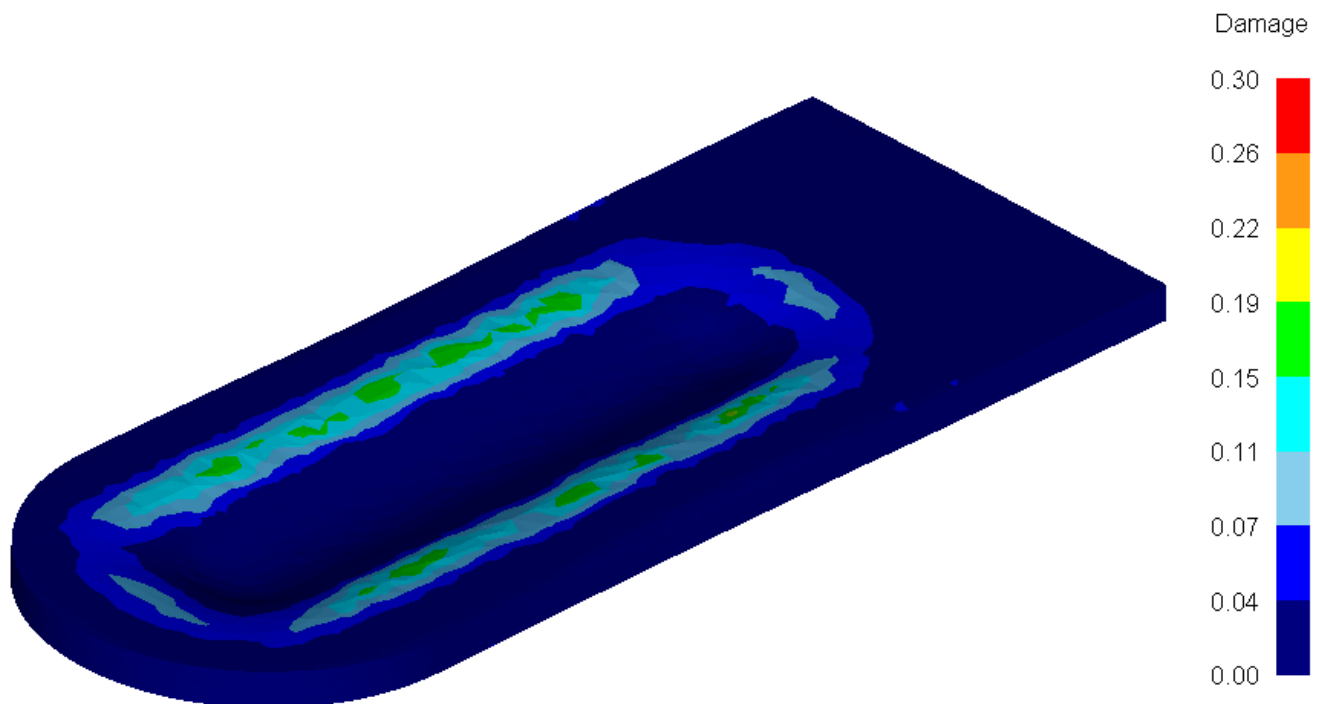


Рис.1.20. Картина розподілу критерію руйнування.

1.3. Визначення розмірів заготовки для гнуття

Розміри плоских заготовок для деталей, які виготовляються гнуттям визначаються розрахунковим шляхом за формулою [4, ст. 20]:

$$L_{зг} = \sum_{i=1}^k l_{np_i} + \sum_{j=1}^n l_{кр_j} = \sum_{i=1}^k l_{np_i} + \sum_{j=1}^n \alpha_j \rho_j \quad (1.2)$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

де $l_{прi}$ - довжина прямолінійної i -ої ділянки;

$l_{крj}$ - довжина криволінійної j -ої ділянки;

α_j - j -й кут гнуття відповідної криволінійної ділянки в радіанах;

ρ_j - радіус нейтрального шару деформації криволінійної j -ої ділянки, який визначається за наступною формулою:

$$\rho_j = r_{внj} + x_j \cdot S \quad (1.3)$$

де $r_{внj}$ - внутрішній радіус згину криволінійної j -ої ділянки;

x_j - коефіцієнт, що визначає зміщення нейтрального шару; значення коефіцієнта зміщення нейтрального шару приймається за довідковими таблицями залежно від величини відносного радіуса гнуття. $r_{вн}/S$;

S - товщина заготовки.

Розрахунок виконується за номінальними розмірами готової деталі. Для розрахунку довжини заготовки побудуємо схему, де деталь поділяється на прямолінійні та криволінійні ділянки. Схему такого поділу наведено на рис. 1.21.

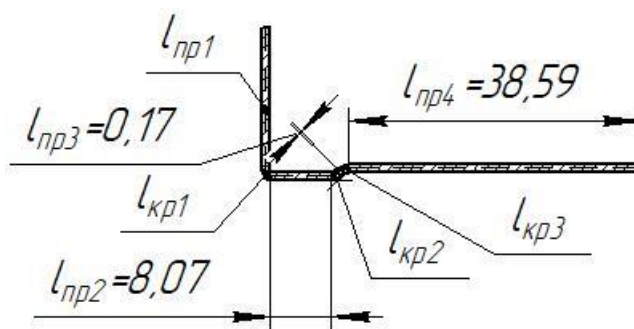


Рис.1.21. Схема для визначення розмірів заготовки для гнуття.

На основі схеми визначаються довжини всіх прямолінійних ділянок:

$$l_{пр1} = 20 - R - s = 20 - 0,1 - 1 = 18,9 \text{ мм}$$

$$l_{пр2} = 8,07 \text{ мм (рис. 1.21)}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$l_{\text{пр3}} = 0,17 \text{ мм (рис. 1.21)}$$

$$l_{\text{пр4}} = 38,59 \text{ мм (рис. 1.21)}$$

Далі визначаємо розміри криволінійних ділянок:

$$l_{\text{кр1}} = \alpha_1 \cdot \rho_1 = \alpha_1 \cdot (r_{\text{вн1}} + x_1 \cdot s) = \frac{\pi}{2} \cdot (0,1 + 0,3 \cdot 1) = 0,63 \text{ мм}$$

$$\text{тут } \alpha_1 = 90^\circ = \frac{\pi}{2};$$

відповідно до [1, ст.56, таб.16] коефіцієнт зміщення $x = 0,30$ при відносному радіусі $\frac{r_{\text{вн}}}{s} = \frac{0,1}{1} = 0,1$.

$$l_{\text{кр2}} = l_{\text{кр3}} = \alpha_2 \cdot \rho_2 = \alpha_2 \cdot (r_{\text{вн2}} + x_2 \cdot s) = \frac{\pi}{4} \cdot (1 + 0,42 \cdot 1) = 1,12 \text{ мм}$$

$$\text{тут } \alpha_2 = 45^\circ = 45 \cdot \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{4} \text{ (рис. 1.22);}$$

відповідно до [1, ст.56, таб.16] коефіцієнт зміщення $x = 0,42$ при відносному радіусі $\frac{r_{\text{вн}}}{s} = \frac{1}{1} = 1$.

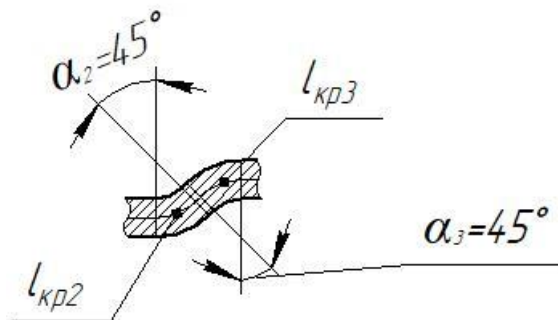


Рис.1.22. Розміри кутів криволінійних ділянок $l_{\text{кр2}}$ та $l_{\text{кр3}}$.

Після визначення всіх складових довжина плоскої заготовки обчислюється за формулою (1.2):

$$\begin{aligned} L_{\text{заг}} &= l_{\text{пр1}} + l_{\text{пр2}} + l_{\text{пр3}} + l_{\text{пр4}} + l_{\text{кр1}} + l_{\text{кр2}} + l_{\text{кр3}} \\ &= 18,9 + 8,07 + 0,17 + 38,59 + 0,63 + 1,12 + 1,12 = 68,6 \text{ мм} \end{aligned}$$

Додатково визначаємо відстань від краю заготовки до другого отвору:

$$L_1 = l_{\text{пр1}} + l_{\text{кр1}} + (5 - R - s) = 18,9 + 0,63 + (5 - 0,1 - 1) = 23,43 \text{ мм}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Приймаємо $L_1 = 23,4$ мм.

Накреслимо заготовку для гнуття.

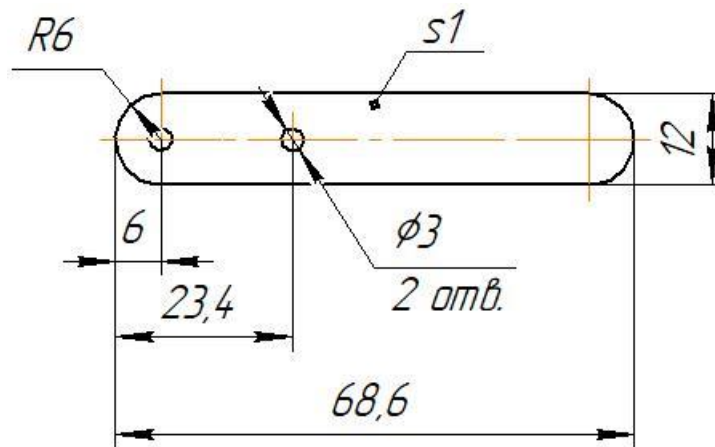


Рис.1.23. Заготовка для гнуття.

1.4. Розкрій смуги для вирубування-пробивання плоскої заготовки

Для виготовлення плоскої заготовки приймається прямий тип розкрою з технологічними відходами. Такий варіант забезпечує простоту реалізації процесу, стабільність подавання стрічкового матеріалу та достатній рівень використання металу.

Розміри технологічних перемичок визначаються згідно з рекомендаціями довідкової літератури [2, ст. 7, табл. 1]. Їх величина залежить від товщини листового матеріалу та максимальних габаритних розмірів заготовки. Для товщини матеріалу 1 мм та найбільшого розміру фігурної заготовки 68,6 мм отримаємо:

$$a = 1,7 \text{ мм}; b = 1,2 \text{ мм}$$

Ширину смуги розраховується за формулою [2, ст.27]:

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

де $A = 68,6$ мм – найбільший розмір деталі;

$a = 1,7$ мм – величина бічної перемички;

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		27

$\delta = 0,5$ мм – допуск на ширину смуг, нарізаних гільйотинними ножицями, для ширини смуги від 50 до 100 мм та товщини 1 мм [2, ст.13, таб.5];

$z_n = 0,75$ мм – зазор між направляючими планками і смугою при ширині смуги від 50 до 80 мм та для товщини 1 мм [2, ст.15, таб.7];

$\delta' = 0,3$ мм – допуск на відстань між направляючими планками при ширині смуги від 50 до 80 мм [2, ст.15, табл. 7].

$$B_n = [68,6 + 2 \cdot (1,7 + 0,5) + 0,75 + 0,3]_{-0,5} = 74,05_{-0,5} \text{ мм}$$

Приймаємо $B_n = 74,1_{-0,5}$ мм.

Далі оформлюємо розкрій для послідовного штампування та покажемо його на рис. 1.24.

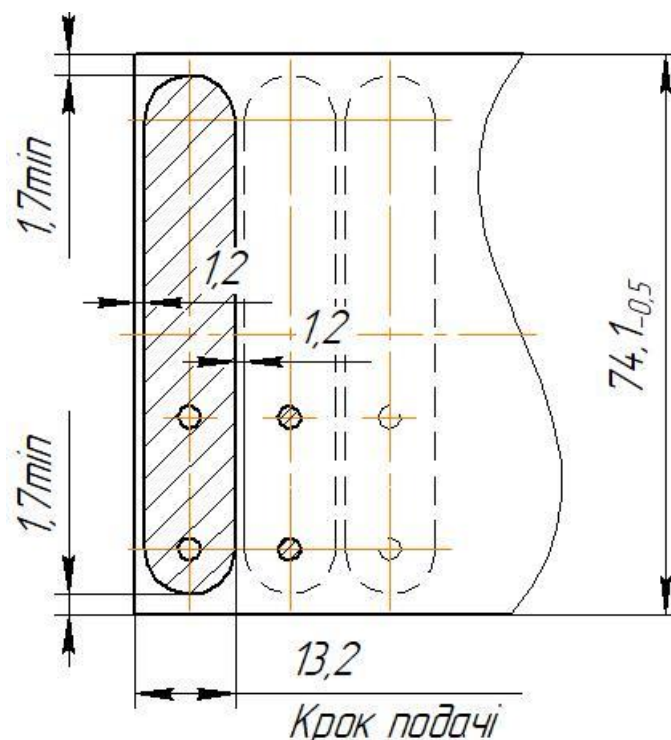


Рис.1.24. Схема розкрою.

Коефіцієнт розкрою визначаємо за формулою [4]:

$$K_p = \frac{f_{зг} n_p}{B \cdot T_p} \cdot 100\%$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		28

де $f_{зг}$ – площа поверхні заготовки, обмеженої її зовнішнім контуром;

n_p – кількість рядів розкрою;

$B = 74,1$ мм – ширина смуги;

$T_p = 13,2$ мм – крок подачі (розкрою, вирубки).

Визначимо площу поверхні заготовки, обмеженої її зовнішнім контуром розбивши заготовку на прості фігури (прямокутник розмірами 56,6х12 мм та коло Ø12 мм):

$$f_{зг} = 56,6 \cdot 12 + \frac{\pi \cdot 12^2}{4} = 792,2 \text{ мм}^2$$

Для однорядного розкрою $n_p = 1$.

Тоді:

$$K_p = \frac{f_{зг} \cdot n_p}{B \cdot T_p} \cdot 100\% = \frac{792,2 \cdot 1}{74,1 \cdot 13,2} \cdot 100\% = 81 \%$$

Далі знайдемо кількість деталей, що отримується з 1 листа.

Оскільки встановили, що лінії згину повинні бути розташовані поперек волокон прокату, то розглянемо варіант розкрою листа поперек.

Визначимо кількість заготовок з листа та занесемо дані до табл. 1.

Таблиця 1. Кількість заготовок при різних варіантах розкрою.

Габарити листа, мм×мм	Варіант розкрою	Кількість, шт.		
		Смуг з листа	Заготовок зі смуги	Заготовок з листа
1000×2000	Поперек	$\frac{2000}{74,1} = 26,9$ $n_1 = 26$	$\frac{1000 - 1,2}{13,2}$ $= 75,7$ $n_2 = 75$	$26 \cdot 75 = 1950$

Останнім кроком знайдемо коефіцієнт використання металу згідно [1, ст. 291]:

$$K_{\text{вик}} = \frac{f_{\text{дет}} \cdot m}{A \cdot C} \cdot 100\%$$

де $f_{\text{дет}} = f_{\text{зг}} - 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 792,2 - 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2}{4} = 778,1 \text{ мм}^2$ – площа поверхні готової деталі (для цього від площі заготовки відняли площі двох отворів, що пробиваються); $m = 1963$ – кількість заготовок з листа; $A = 2000 \text{ мм}$ – довжина листа; $C = 1000 \text{ мм}$ – ширина листа.

Тоді:

$$K_{\text{вик}} = \frac{778,1 \cdot 1963}{2000 \cdot 1000} \cdot 100\% = 76,4 \%$$

1.5. Розробка технології

На основі проведеного аналізу технологічності конструкції деталі, результатів розрахунків параметрів заготовки, а також даних чисельного моделювання процесів гнуття та формовки приймаємо наступну послідовність виготовлення деталі «Притискач кутовий».

1. Вирубубвання та пробивання плоскої заготовки.
2. Перший перехід гнуття з одночасною формовкою (рис. 1.25).
3. Другий перехід гнуття (В-подібне)

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

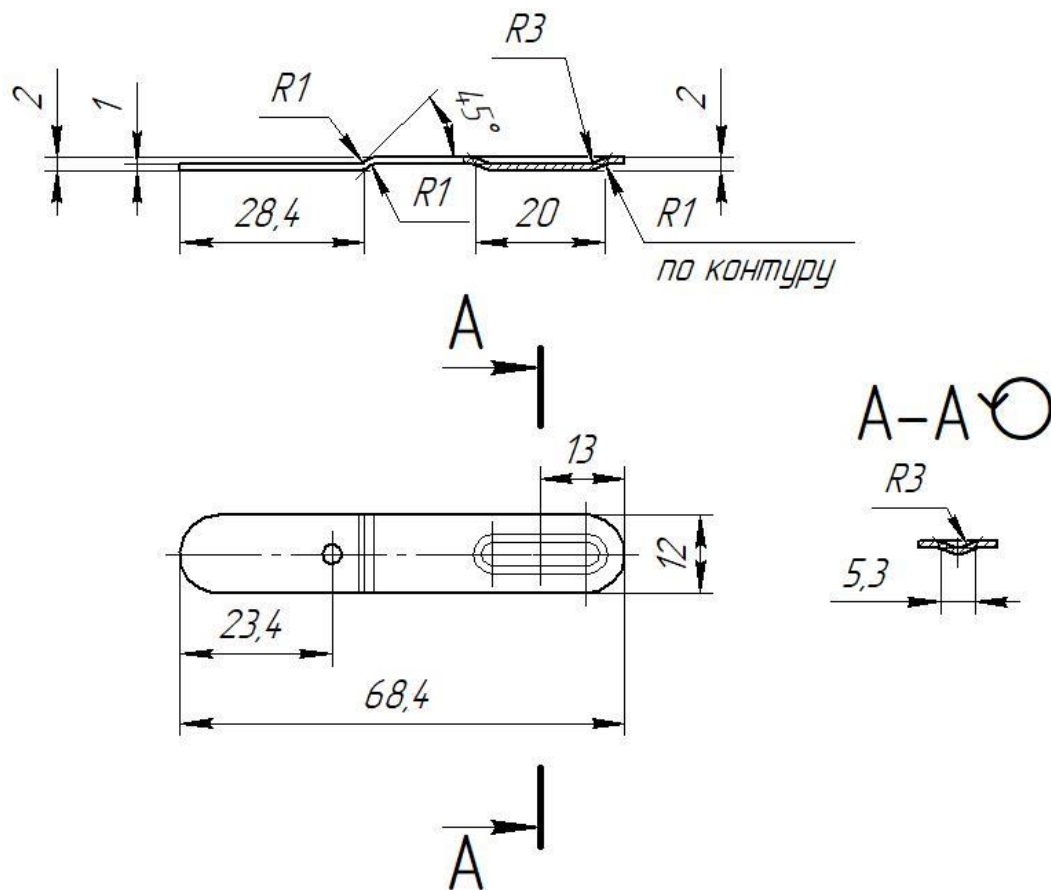


Рис.1.25. Напівфабрикат деталі «Притискач кутовий» після першого переходу гнуття з формовкою.

1.6. Розрахунок зусиль вирубівання та пробивання

Для вибору штампового оснащення та пресового обладнання необхідно визначити силові параметри операцій вирубівання і пробивання. Величина технологічного зусилля є одним із основних параметрів, що впливає на працездатність штампа, довговічність інструменту та правильність вибору преса.

У загальному випадку зусилля вирубівання або пробивання визначається за формулою:

$$P_{в,пр} = \sigma_{зр} \cdot F_{зр}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		31

де $\sigma_{зр}$ - умовне напруження зрізу, МПа (значення умовного напруження зрізу залежить від механічних характеристик матеріалу, насамперед від його межі міцності σ_B);

$F_{зр}$ - площа зрізу, мм².

Площа зрізу визначається за залежністю:

$$F_{зр} = S \cdot L_k$$

де S – товщина листового матеріалу, мм;

L_k - довжина контуру, вздовж якого відбувається вирубування або пробивання, мм.

1.6.1. Зусилля вирубування.

З урахуванням формули для $F_{зр}$ зусилля вирубування розраховується за формулою:

$$P_v = \sigma_{зр} \cdot S \cdot L_k$$

Для сталі 20 $\sigma_{зр} = 320$ МПа [2, ст. 478].

Товщина матеріалу: $S = 1$ мм.

Довжина контуру вирубування:

$$L_k = 2 \cdot (68,6 - R6 - R6) + 2 \cdot \pi \cdot R6 = 150,9 \text{ мм}$$

Підставляємо і розраховуємо зусилля вирубування:

$$P_v = \sigma_{зр} \cdot S \cdot L_k = 320 \cdot 1 \cdot 150,9 = 48288 \text{ Н}$$

1.6.2. Зусилля пробивання.

Для визначення зусилля пробивання розраховуємо окремо опір зрізу [1, ст. 17, табл.3].

Для отворів $d = 3 \text{ мм} \leq (5 \div 2,5)S = (5 \div 2,5) \cdot 1 = 5 \div 2,5 \text{ мм}$ приймаємо усереднене розрахункове значення опору зрізу:

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{зр} = \sigma_B$$

Для сталі 20 $\sigma_B = 450$ МПа [2, ст. 478].

Розраховуємо зусилля пробивання отворів:

$$P_{пр} = \sigma_B \cdot S \cdot L_k = 450 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 3 = 4239 \text{ Н}$$

1.6.3. Загальне зусилля.

Оскільки операції вирубкування та пробивання виконуються в одному штампі, для визначення навантаження на прес необхідно враховувати сумарне технологічне зусилля. Загальне технологічне зусилля буде:

$$P_{заг} = P_B + 2P_{пр} = 48288 + 2 \cdot 4239 = 56766 \text{ Н} \approx 56,8 \text{ кН}$$

Зусилля преса:

$$P_{пр} = 1,3P_{заг} = 1,3 \cdot 56,8 = 73,8 \text{ кН}$$

По зусиллю преса попередньо обираємо прес моделі КД2120 зусиллям 120 кН [5, ст. 28].

1.7. Розрахунок зусилля в штампі для гнуття та формовки.

1.7.1. Розрахунок зусилля гнуття.

Зусилля, необхідне для виконання операції гнуття, визначається за залежністю, наведеною в [2, ст. 211]:

$$P_{гн} = B_r \cdot s \cdot K_r \cdot \sigma_B$$

тут σ_B – границя міцності матеріалу заготовки;

B_r – сумарна довжина ліній згину;

s – товщина матеріалу, що штампується;

K_r – коефіцієнт, що враховує вплив відносного радіуса гнуття.

Для матеріалу деталі – сталі 20 – значення границі міцності приймається відповідно до довідкових даних та становить $\sigma_B = 450$ МПа.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Товщина матеріалу становить $s = 1,0$ мм.

Коефіцієнт K_r при відносному радіусі гнуття $\frac{r}{s} = \frac{1}{1} = 1$ [2, ст. 212, табл. 2]:

$$K_r = 0,43$$

Сумарна довжина ділянок, по яких виконується згинання напівфабрикату, становить $B_r = 2 \cdot 12 = 24$ мм.

Після підстановки всіх вихідних даних у розрахункову формулу отримуємо величину зусилля гнуття:

$$P_{rH} = 24 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 450 = 4644 \text{ Н}$$

1.7.2. Розрахунок зусилля формовки.

Зусилля формовки виступу розраховуємо за формулою [2, ст. 338]:

$$P_\phi = q \cdot F$$

де q – питоме зусилля рельєфного формування;

F – площа проекції сформованого рельєфу на площину, що є перпендикулярною до напрямку прикладення зусилля P_ϕ .

Для м'якої сталі питоме зусилля рельєфної формовки приймається згідно з довідковими рекомендаціями [2, ст. 338] $q = 300 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$.

Площу проекції рельєфу визначають графічним способом за допомогою САД-системи. Для цього будується контур зони формування, обмежений робочими поверхнями інструмента. Визначення площі проекції показано на рис. 1.26.

Таким чином, площа проекції штампованого рельєфу $F = 63,1 \text{ мм}^2$.

Підставляючи знайдену площу та значення питомого зусилля у формулу розрахунку, визначаємо необхідне зусилля формовки:

$$P_\phi = q \cdot F = 300 \cdot 63,1 = 18930 \text{ Н}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

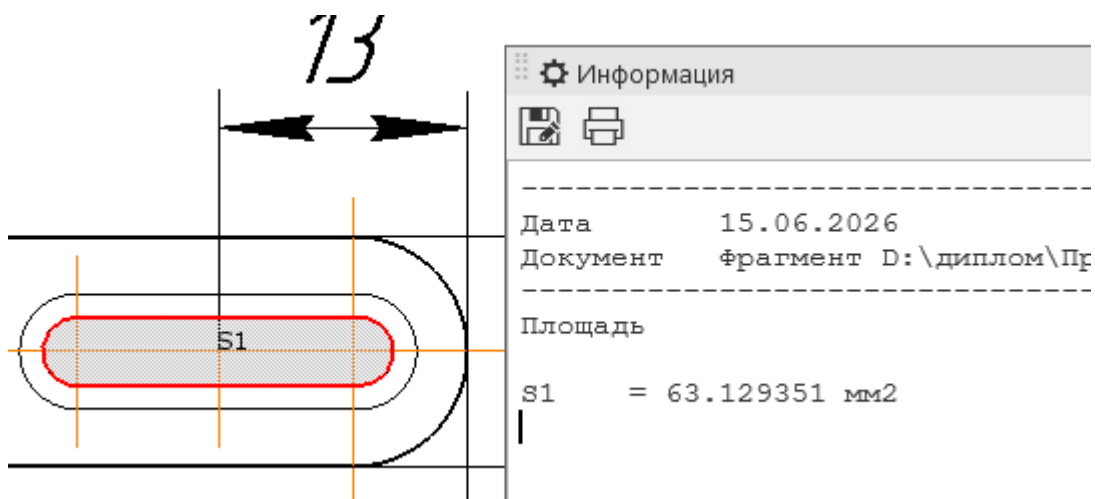


Рис.1.26. Площа проекції штампованого рельєфу.

1.1.3. Загальне зусилля.

Оскільки в штампі одночасно виконуються операції гнуття та формовки, при виборі обладнання необхідно враховувати сумарне технологічне навантаження. Загальне зусилля визначається як сума зусиль окремих переходів:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{г}} + P_{\text{ф}} = 4644 + 18930 = 23574 \text{ Н} \approx 23,6 \text{ кН}$$

На основі отриманого значення визначається необхідне зусилля преса з урахуванням запасу надійності:

$$P_{\text{пр}} = 1,3P_{\text{заг}} = 1,3 \cdot 23,6 = 30,7 \text{ кН}$$

За результатами розрахунку для виконання операцій гнуття та рельєфної формовки попередньо приймається прес моделі КД2116Б номінальним зусиллям 40 кН [5, ст. 28].

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Штамп послідовної дії для вирубання та пробивання (ДП.АТз2109.100.00 СК)

2.1.1. Конструювання матриці, направляючих планок та упорів

Конструкція матриці визначається геометрією деталі, що виготовляється, а також особливостями технологічного процесу вирубання та пробивання. Основні габаритні розміри матриці приймаються на підставі розмірів її робочої зони. Для даного штампа робочу зону показано на рис. 2.1.

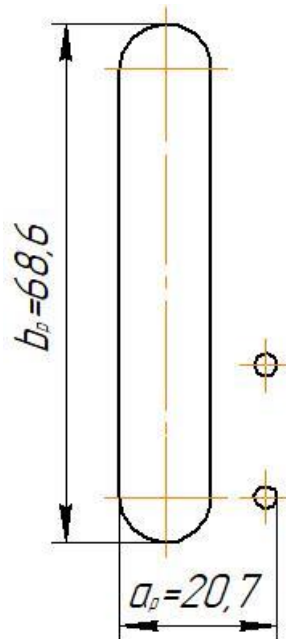


Рис.2.1. Розміри робочої зони матриці для вирубання та пробивання.

Першим етапом проєктування є визначення необхідної товщини матриці. Розрахунок виконується за залежністю, наведеною в довідковій літературі [2, ст. 76]:

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		36

$$H_M = s + K_M \cdot \sqrt{a_p + b_p} + 7 \quad (2.1)$$

де $s = 1,0$ мм – товщина листового матеріалу;

$K_M = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки, який визначили для σ_B від 300 до 500 МПа (межа міцності сталі 20 – $\sigma_B = 450$ МПа) [1, ст. 76];

$a_p = 20,7$ мм та $b_p = 68,6$ мм – розміри робочої зони матриці (рис. 2.1).

Підставляємо та розраховуємо:

$$H_M = 1,0 + 1 \cdot \sqrt{20,7 + 68,6} + 7 = 17,45 \text{ мм}$$

Додатково виконується перевірка товщини матриці за величиною технологічного зусилля, що діє під час вирубування та пробивання. Для цього використовується залежність [2, ст. 79]:

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot P} \quad (2.2)$$

При розрахунку використовується сумарне технологічне зусилля, визначене в пункті 1.6.3:

$$P \approx 56,8 \text{ кН}$$

Підставляємо:

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot 56,8} = 17,84 \text{ мм}$$

За результатами перевірки вибирається найближче більше стандартне значення товщини матриці із рекомендованого ряду типорозмірів [2, ст. 79]:

$$H_M = 20 \text{ мм}$$

Користуючись схемою [2, ст. 78, рис. 9] визначимо габаритні розміри матриці. Матеріалом матриці обираємо інструментальну сталь У10А за ГОСТ 1435-99. Тоді, із таблиці та схеми для визначення габаритів матриці вказано, що найменша відстань e_6 від краю матриці до країв робочої зони повинна бути:

$$e_6 = 2 \cdot H_M = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Габаритні розміри матриці тоді:

$$A_m = a_p + 2 \cdot e_6 = 20,7 + 2 \cdot 40 = 100,7 \text{ мм}$$

$$B_m = b_p + 2 \cdot e_6 = 68,6 + 2 \cdot 40 = 148,6 \text{ мм}$$

Приймаємо для штампу для вирубкування та пробивання матрицю габаритами $A_m = 100 \text{ мм}$, $B_m = 150 \text{ мм}$ та товщиною $H_m = 20 \text{ мм}$.

Для кріплення матриці використовуються гвинти та установчі штифти. Їх діаметри та координати розташування вибираються за таблицями залежно від розмірів матриці [2, ст. 77, табл. 18, 19]:

- діаметри гвинтів М10 та штифтів 8 мм;
- координати отворів – $e_1 = 12,5 \text{ мм}$, $e_2 = 20 \text{ мм}$ та $e_7 = 1,4 \cdot d_{\text{о.в.}} = 1,4 \cdot (d_{\text{в.}} + 1) = 1,4 \cdot (10 + 1) = 15,4 \text{ мм}$.

Форма робочих отворів матриці приймається відповідно до характеру виконуваних операцій і вибирається з [2, ст.81, табл. 22].

Для вирубкування фігурного контуру рекомендується приймати тип отвору, який показано на рис. 2.2 (а). Для отворів діаметром до 8 мм під пробивання рекомендується приймати тип отвору, який показано на рис. 2.2 (б).

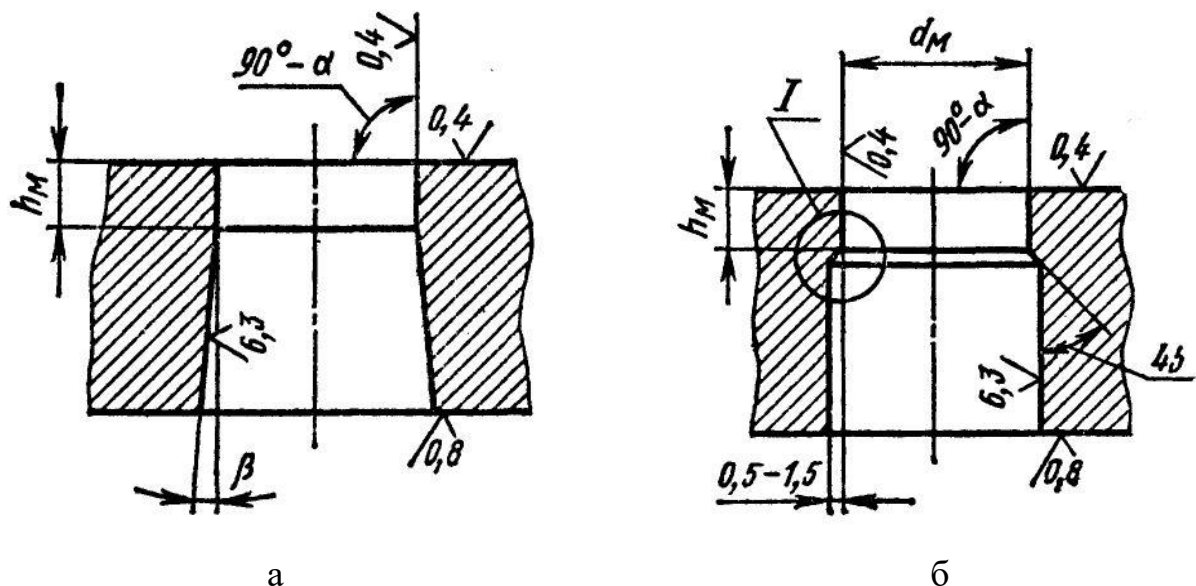


Рис.2.2. Типи отворів в матриці: під вирубкування (а) та пробивання (б).

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		38

Приймаємо $h_m = 8$ мм, $\alpha = 20'$ та $\beta = 2^\circ$.

При розміщенні гвинтів та штифтів врахуємо те, що вони повинні знаходитись приблизно по середині ширини направляючої планки, а також із врахуванням відстані $e_7 = 18,5$ мм.

Для забезпечення фіксації смуги відповідно до заданого кроку подачі вибираємо постійний і тимчасовий упори та визначаємо їх розташування на компоновальній схемі штампа.

Для позиціонування смуги за кроком подачі застосовується стандартний грибковий упор згідно з ГОСТ 18743-80. Висота упора встановлюється залежно від товщини матеріалу, що штампується. Для листового матеріалу товщиною 1 мм висота грибкового упора приймається відповідно до рекомендацій [2, ст. 108, табл. 27]:

$$h_y = 2 \text{ мм}$$

Інші розміри беремо з ГОСТ 18743-80. Позначення обраного грибкового упору: 1050-0842. Повна висота упора $H = 8$ мм, діаметр шляпки $D = 6$ мм, діаметр ніжки $d = 3,2$ мм.

Для забезпечення точного переміщення смуги в штампі передбачені направляючі планки. Їх товщина визначається залежно від товщини матеріалу, що штампується, згідно з рекомендаціями. Для подачі смуги використовуємо направляючі планки. Їх висоту вибираємо в залежності від товщини матеріалу (у нас $s=1,0$ мм) та їх довжині. Приймаємо виступаючі направляючі планки, як показано на рис. 26 в [2, ст. 119].

Величину виступу направляючих планок визначаємо із умови [2, ст. 121]:

$$f = (0,2 \div 0,4)L_c = (0,2 \div 0,4) \cdot 100 = (20 \div 40) \text{ мм}$$

де $L_c = 100$ мм – довжина матриці.

Приймаємо $f = 30$ мм.

Ширина опорної планки за [2, ст. 121]:

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$f' = (0,5 \div 1,0) \cdot f = (0,5 \div 1,0) \cdot 30 = 15 \div 30 \text{ мм}$$

Приймаємо $f' = 30 \text{ мм}$.

Довжина західних фасок направляючих планок за [2, ст. 121]:

$$u = (0,2 \div 0,4) \cdot f = (0,2 \div 0,4) \cdot 30 = 6 \div 12 \text{ мм}$$

Приймаємо $u = 10 \text{ мм}$.

Тоді при довжині планок менше 200 мм та товщині матеріалу 1,0 мм висота направляючих планок [2, ст. 108, табл. 27]:

$$h_{\text{пл}} = 4 \text{ мм}$$

Відстань між направляючими планками $B_{\text{пл}}$ визначимо за формулою [2, ст. 118]:

$$B_{\text{пл}} = (B_{\text{п}}^{\text{ном}} + z_{\text{н}})^{+\delta'} \quad (2.3)$$

де $B_{\text{п}}^{\text{ном}} = B_{\text{п}} = 74,1 \text{ мм}$ – ширина смуги (визначили в п. 1.4);

$z_{\text{н}} = 0,75 \text{ мм}$ – гарантований зазор між направляючими і найбільшою можливою шириною смуги (визначили в п. 1.4);

$\delta' = 0,3 \text{ мм}$ – допуск на відстань між направляючими планками (визначили в п. 1.4).

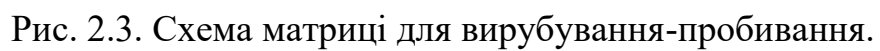
Тоді, відстань між направляючими планками:

$$B_{\text{пл}} = (74,1 + 0,75)^{+0,3} = 74,85^{+0,3} \text{ мм}$$

Для обмеження подачі смуги на першій позиції застосовується стандартний разовий упор. Його конструкція та основні розміри вибираються за ГОСТ 18741-80 залежно від товщини направляючих планок

Остаточне компонування матриці, направляючих планок та упора наведено на рис. 2.3.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		40

ДП.АТз2109.000.00 ПЗ

2.1.2. Виконавчі розміри матриці та пуансонів

Визначимо виконавчі розміри робочих елементів штампа, призначених для пробивання отворів та вирубування контуру заготовки.

Розраховуємо виконавчі розміри інструментів для пробивання отворів Ø2 мм. Розмір зменшується після зношування інструментів.

Приймаємо виготовлення пуансонів та матриць роздільним. Тоді виконавчі розміри пуансона $L_{\text{п}}$ та матриці $L_{\text{м}}$ розраховуємо за наступними формулами [2, ст. 62, табл. 12]:

$$L_{\text{п}} = (L_{\text{н}} + \Pi_{\text{и}}) - \delta_{\text{п}} \quad (2.4)$$

$$L_{\text{м}} = (L_{\text{н}} + \Pi_{\text{и}} + z) + \delta_{\text{м}} \quad (2.5)$$

де $L_{\text{н}}$ – номінальний розмір;

$\Pi_{\text{и}}$ – припуск на зношування інструментів;

z – двосторонній зазор між інструментами (пуансоном та матрицею);

$\delta_{\text{п}}$ та $\delta_{\text{м}}$ – граничні відхилення інструментів (пуансона та матриці) при їх роздільному виготовленні.

З [2, ст. 67, табл. 14] визначаємо, що при штампуванні товщини матеріалу 1 мм та в якого опір зрізу $\sigma_{\text{зр}} = 320$ МПа двосторонній зазор між пуансоном та матрицею та допуск на нього:

$$z = 0,05 \text{ мм}; \Delta z = +0,02 \text{ мм}$$

Розраховуємо виконавчі розміри інструментів для пробивання отворів Ø3 мм. Для розміру $L_{\text{н}} = \text{Ø}3\text{H}14^{(+0,25)}$ мм величину припуску на зношування для 14-го квалітету приймаємо відповідно до рекомендацій [2, ст. 65, табл. 13]: $\Pi_{\text{и}} = 0,21$ мм. Граничні відхилення пуансона та матриці для листового матеріалу товщиною 1 мм приймаємо за [2, ст. 71, табл. 13]: $\delta_{\text{п}} = -0,006$ мм та $\delta_{\text{м}} = +0,014$ мм.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Після підстановки вихідних даних у формули (2.4) та (2.5) отримуємо виконавчі розміри пуансона та матриці для розміру $L_H = \emptyset 3H14^{(+0,25)}$ мм:

$$L_{\Pi} = (\emptyset 3 + 0,21)_{-0,006} = \emptyset 3,21_{-0,006} \text{ мм}$$

$$L_M = (\emptyset 3 + 0,21 + 0,05)^{+0,014} = \emptyset 3,26^{+0,014} \text{ мм}$$

Далі визначаємо виконавчі розміри інструментів для вирубання зовнішнього контуру заготовки.

Вирубанням отримуються розміри $L_H = R6h14_{(-0,3)}$ мм, $L_H = 12h14_{(-0,43)}$, та $L_H = 68,6h14_{(-0,74)}$ мм. Розміри збільшуються після зношування інструментів.

Оскільки прийняли, що виготовлення матриці та пуансона є роздільним, виконавчі розміри матриці L_M та пуансона L_{Π} розраховуємо за наступними формулами [2, ст. 62, табл. 12]:

$$L_M = (L_H - \Pi_{\Pi})^{+\delta_M} \quad (2.6)$$

$$L_{\Pi} = (L_H - \Pi_{\Pi} - z)_{-\delta_{\Pi}} \quad (2.7)$$

де L_H – номінальний розмір;

Π_{Π} – припуск на зношування інструментів;

z – двосторонній зазор між інструментами (матрицею та пуансоном);

δ_M та δ_{Π} – граничні відхилення інструментів (матриці та пуансона) при їх роздільному виготовленні.

Розраховуємо виконавчі розміри інструментів для $L_H = R6h14_{(-0,3)}$ мм. Для розміру $L_H = R6h14_{(-0,3)}$ мм величину припуску на зношування для 14-го квалітету приймаємо відповідно до рекомендацій [2, ст. 65, табл. 13]: $\Pi_{\Pi} = 0,25$ мм. Граничні відхилення пуансона та матриці для листового матеріалу товщиною 1 мм приймаємо за [2, ст. 71, табл. 13]: $\delta_{\Pi} = -0,008$ мм та $\delta_M = +0,012$ мм.

Після підстановки вихідних даних у формули (2.6) та (2.7) отримуємо виконавчі розміри матриці та пуансона для розміру $L_H = R6h14_{(-0,3)}$ мм:

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		43

$$L_M = (R6 - 0,25) \frac{+0,012}{2} = R5,75^{+0,006} \text{ мм}$$

$$L_{\Pi} = \left(R6 - 0,25 - \frac{0,05}{2} \right) \frac{-0,008}{2} = R5,725_{-0,004} \text{ мм}$$

Розраховуємо виконавчі розміри інструментів для $L_H = 12h14_{(-0,43)}$ мм. Для розміру $L_H = 12h14_{(-0,43)}$ мм величину припуску на зношування для 14-го квалітету приймаємо відповідно до рекомендацій [2, ст. 65, табл. 13]: $\Pi_H = 0,35$ мм. Граничні відхилення пуансона та матриці для листового матеріалу товщиною 1 мм приймаємо за [2, ст. 71, табл. 13]: $\delta_{\Pi} = -0,008$ мм та $\delta_M = +0,011$ мм.

Після підстановки вихідних даних у формули (2.6) та (2.7) отримуємо виконавчі розміри матриці та пуансона для розміру $L_H = 12h14_{(-0,43)}$ мм:

$$L_M = (12 - 0,35)^{+0,011} = 11,65^{+0,011} \text{ мм}$$

$$L_{\Pi} = (12 - 0,35 - 0,05)_{-0,008} = 11,6_{-0,008} \text{ мм}$$

Розраховуємо виконавчі розміри інструментів для $L_H = 68,6h14_{(-0,74)}$ мм. Для розміру $L_H = 68,6h14_{(-0,74)}$ мм величину припуску на зношування для 14-го квалітету приймаємо відповідно до рекомендацій [2, ст. 65, табл. 13]: $\Pi_H = 0,6$ мм. Граничні відхилення пуансона та матриці для листового матеріалу товщиною 1 мм приймаємо за [2, ст. 71, табл. 13]: $\delta_{\Pi} = -0,008$ мм та $\delta_M = +0,013$ мм.

Після підстановки вихідних даних у формули (2.6) та (2.7) отримуємо виконавчі розміри матриці та пуансона для розміру $L_H = 68,6h12_{(-0,74)}$ мм:

$$L_M = (68,6 - 0,6)^{+0,013} = 68^{+0,013} \text{ мм}$$

$$L_{\Pi} = (68,6 - 0,6 - 0,05)_{-0,008} = 67,95_{-0,008} \text{ мм}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		44

2.1.3. Конструювання та розрахунок інших деталей

Для видалення смуги з робочої частини пуансона під час його зворотного ходу передбачаємо використання знімача, який встановлюється над направляючими планками. Товщину знімача визначаємо за залежністю [2, ст. 114, рис. 20]:

$$H_{\text{зн}} = 0,8 \cdot H_{\text{м}} = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ мм}$$

У знімачі передбачаємо отвори під головки кріпильних гвинтів М10, а також отвори під самі гвинти. Їх розміри приймаємо відповідно до рекомендацій [2, ст. 78, рис. 9.6]: $D_{\text{о.в.}} = D_{\text{в.}} + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ мм}$ та $d_{\text{о.в.}} = d_{\text{в.}} + 1 = 10 + 1 = 11 \text{ мм}$ [2, ст. 78, рис. 9,6)].

Для забезпечення вільного переміщення пуансонів у знімачі виконуємо збільшені отвори. Величину двостороннього зазору визначаємо залежно від товщини заготовки та механічних властивостей матеріалу [2, ст. 113, табл. 28], який для $\sigma_{\text{зр}} = 320 \text{ МПа}$ та товщини 1,0 мм не більше:

$$z_{\text{с}} = 0,76 \text{ мм (приймаємо } z_{\text{с}} = 0,75 \text{ мм)}$$

Для ступінчастого пробивного пуансону, у якого $D_{\text{п}} - d_{\text{п}} > z_{\text{с}}$ (у нашому випадку $5 - 3,21 = 1,79 > z_{\text{с}} = 1,21$), отвір в знімачі під пуансон варто також робити ступінчастим [2, ст. 114, рис.20]. Висоту ступінчастої частини E визначаємо з умови:

$$E \leq h_{\text{п}} - h_{\text{пл}} - 0,5s - \Delta_{\text{п.п.}}$$

де $h_{\text{п}} = h_1 = 12 \text{ мм}$, $h_{\text{пл}} = 4 \text{ мм}$, $s = 1,0 \text{ мм}$, $\Delta_{\text{п.п.}} = 2 \div 4 \text{ мм}$ – припуск на перешліфування пуансона (приймаємо $\Delta_{\text{п.п.}} = 3 \text{ мм}$).

Після підстановки вихідних даних отримуємо:

$$E \leq 12 - 4 - 0,5 \cdot 1,0 - 3 = 4,5 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку приймаємо $E = 4 \text{ мм}$.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Товщину пуансонотримача визначаємо виходячи з довжини посадкової частини нестійкого пуансона. Для пуансонів, у яких відношення діаметра посадкової частини до довжини менше 0,5 ($\frac{D}{L} < 0,5$), розрахунок виконуємо за рекомендаціями [6, ст. 50]:

$$H_{\text{пт}} = (0,25 - 0,4)L \quad (2.8)$$

Загальна довжина пуансона L складається із товщин пуансонотримача $H_{\text{пт}}$, знімача $H_{\text{зн}}$, направляючих планок $H_{\text{нп}}$ та зазору H_z між знімачем та пуансонотримачем. Відповідно до конструктивної схеми [2, ст. 114, рис. 20] у кінці робочого ходу пуансон повинен заходити в матрицю на величину $(0,2 - 0,5)s$. Приймаємо зазор $H_z = 25$ мм. Тоді довжина пуансона визначається за залежністю:

$$L = H_{\text{пт}} + H_{\text{зн}} + H_{\text{нп}} + H_z + (0,2 - 0,5)s$$

$$(2,5 - 4)H_{\text{пт}} = H_{\text{пт}} + H_{\text{зн}} + H_{\text{нп}} + H_z + (0,2 - 0,5)s$$

$$(1,5 - 3)H_{\text{пт}} = H_{\text{зн}} + H_{\text{нп}} + H_z + (0,2 - 0,5)s = 16 + 4 + 25 + 0,5 \cdot 1,0 = 45,5 \text{ мм}$$

На основі отриманого результату визначаємо товщину пуансонотримача:

$$H_{\text{пт}} = \frac{45,5}{(1,5 - 3)} = (15,2 - 30,3) \text{ мм}$$

Із стандартного ряду розмірів приймаємо [6, ст. 50]:

$$H_{\text{пт}} = 22 \text{ мм}$$

Після вибору товщини пуансонотримача визначаємо необхідну довжину пуансона:

$$L = H_{\text{зн}} + H_{\text{нп}} + H_z + H_{\text{пт}} + 0,5s = 16 + 4 + 25 + 22 + 0,5 \cdot 1,0 = 67,5 \text{ мм}$$

Приймаю $L = 67$ мм. Також зменшимо зазор між пуансонотримачем та знімачем $H_z = 25$ мм на величину $67,5 \text{ мм} - 67 \text{ мм} = 0,5 \text{ мм}$. Тоді $H_z = 24,5 \text{ мм}$.

Інші конструктивні параметри пробивного пуансона приймаємо відповідно до вимог ГОСТ 16621-80.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		46

Габаритні розміри пуансонотримача та знімача для операцій вирубання і пробивання приймаються однаковими та узгоджуються з габаритами матриці. Для даної конструкції їх розміри становлять:

$$100 \times 150 \text{ мм}$$

2.1.3.1. Проектування пуансона для пробивання – вибір розмірів та перевірочні розрахунки.

Конструювання пробивного пуансона виконуємо відповідно до вимог ГОСТ 16621-80. Основні розміри пуансона вибираємо на підставі його виконавчого діаметра, визначеного в п. 2.1.2. Для отриманого виконавчого розміру $d = \emptyset 3,21_{-0,006}$ мм та прийнятої в п. 2.1.3 довжини пуансона $L = 67$ мм.

Заготовку пуансона вибираємо за ГОСТ 16621-80. Позначення стандартної заготовки приймаємо відповідно до обраного типорозміру: 1141-2044. Конструкцію та основні розміри пробивного пуансона наведено на рис. 2.4.

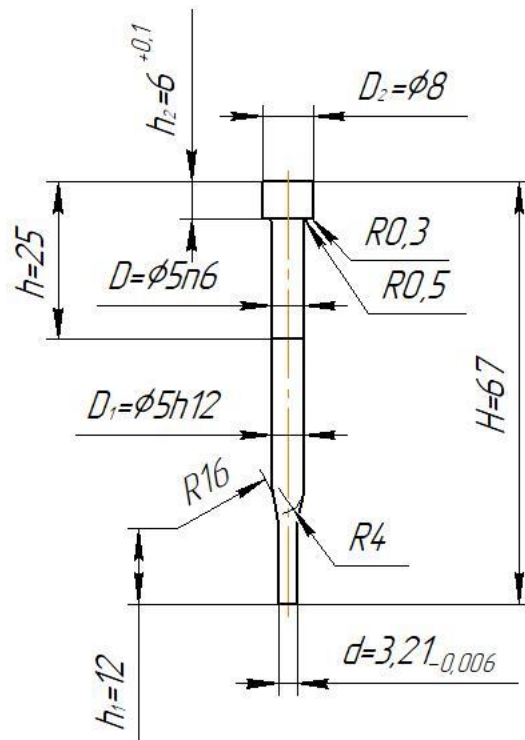


Рис.2.4. Пуансон для пробивання.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		47

Для оцінки працездатності пуансона виконуємо перевірку його міцності на стискання. Розрахунок проводимо за залежністю [3, ст. 57]:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{ст}} \quad (2.9)$$

де $P = 4239 \text{ Н}$ – зусилля, що діє на пуансон (п. 1.6.2);

$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3,21^2}{4} = 8,09 \text{ мм}^2$ – мінімальна площа поперечного перерізу пуансона;

$d = 3,21 \text{ мм}$ – виконавчий діаметр пуансона (рис. 2.4);

$[\sigma]_{\text{ст}}$ – допустиме напруження стиску для матеріалу інструмента; для сталі У10А при твердості $HRC_3 56 \dots 60$ $[\sigma]_{\text{ст}} = 1600 \text{ МПа}$ [2, ст. 103].

Після підстановки необхідних значень отримуємо:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{4239}{8,09} = 524 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{ст}} = 1600 \text{ МПа}$$

Оскільки розрахункове напруження не перевищує допустимого значення, умова міцності на стискання виконується.

Пуансони для пробивання перевіримо на повздовжній згин. Розрахунок виконуємо по формулі [3, ст. 57]:

$$l \leq \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{n \cdot P_{\text{пр}}}} \quad (2.10)$$

де $n = 2 \dots 3$ – коефіцієнт запасу для загартованої сталі;

$P_{\text{пр}} = 4239 \text{ Н}$ – зусилля, що прикладене до пуансона (п. 1.7.2);

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – модуль Юнга для сталі.

Момент інерції круглого перерізу J визначаємо за формулою:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 3,21^4}{64} = 5,21 \text{ мм}^4$$

Після підстановки розрахованого значення моменту інерції у формулу (2.10) отримуємо допустиму довжину робочої частини пуансона:

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

$$\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{n \cdot P_{\text{пр}}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5,21}{2 \cdot 4239}} = 35,7 \text{ мм}$$

Це означає, що довжина частини пуансона діаметром 3,21 мм $h_1 = 12 \text{ мм} < 35,7 \text{ мм}$ є меншою за допустиму. Тому, умова виконується.

Наступним етапом виконуємо перевірку опорної поверхні пуансона на зминання. Для цього використовуємо залежність [3, ст. 57]:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{P_{\text{пр}}}{F_{\text{к}}} \leq [\sigma]_{\text{зм}} \quad (2.11)$$

де $F_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 50,24 \text{ мм}^2$ - площа контакту опорної поверхні пуансона діаметром $D_2 = 8 \text{ мм}$ (рис. 2.4);

$[\sigma]_{\text{ст}} = 80 \dots 90 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зминання верхньої плити штампу, яка виготовлена із чавуну;

$P_{\text{пр}} = 4239 \text{ Н}$ – зусилля пуансона.

Після виконання розрахунку отримуємо:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{4239}{50,24} = 84,4 \text{ МПа} < [\sigma]_{\text{ст}} = 90 \text{ МПа}$$

Розраховане напруження зминання не перевищує допустимого значення для матеріалу верхньої плити штампа, тому умова міцності виконується. Проте, для того, щоб пуансони не впиралися в хвостовик використовуємо підкладну плитку між пуансонотримачем і верхньою плитою, яку вибираємо із ГОСТ 15861-81 (ст. 55) як для пакета розміром 160x100 мм (у нас 100x150 мм) товщиною $H_{\text{пп}} = 6 \text{ мм}$.

Матеріал підкладної плитки – сталь 45 ГОСТ 1050-88 із $HRC_3 = 42 - 46,5$.

2.1.3.2. Проектування фіксаторів.

Для забезпечення точного взаємного розташування контуру вирубубування та попередньо пробитих отворів у конструкції штампа передбачаємо застосування

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		49

фіксаторів, що встановлюються в вирубному пуансоні для забезпечення центрування контуру вирубання відносно раніше пробитого отвору [2, ст. 130].

Виконавчий розмір фіксатора d_{ϕ} визначаємо за формулою [2, ст. 107]:

$$d_{\phi} = (d_{\pi} - \delta_{\pi}) - \frac{\delta_{\pi}}{2} \quad (2.12)$$

де $d_{\pi} = L_{\pi} = \emptyset 3,21_{-0,006}$ мм – номінальне значення виконавчого пуансону для пробивання отвору; $\delta_{\pi} = 0,006$ мм – допуск на розмір пуансона.

Тоді виконавчий розмір фіксатора:

$$d_{\phi} = (\emptyset 3,21 - 0,006) - \frac{0,006}{2} = \emptyset 3,204_{-0,003} \text{ мм}$$

В штампі із нерухомим знімачем при встановленні фіксатора необхідно забезпечити виступ e_{ϕ} циліндричної частини із пуансону в залежності від товщини матеріалу, що штампується [2, ст. 130].

При $s \leq 1$ мм – $e_{\phi} = s + 2 = 1 + 2 = 3$ мм [2, ст. 134].

Вибираємо стержневий фіксатор (рис. 2.5) по ГОСТ 18769-80 для отворів діаметром від 1,0 до 12,0 мм [2, ст. 137, рис. 37, а]. Вибираємо розміри фіксатора, що показані на рис. 2.5 по табл. 44 із [2, ст. 138] в залежності від діаметра його робочої частини d_{ϕ} .

Для фіксатора із діаметром $d_{\phi} = \emptyset 3,204_{-0,003}$ мм (позначення 1052-0874):

$d''_{\phi} = 4,0$ мм; $d'_{\phi} = 6,0$ мм; $h_{\phi} = 4$ мм; $H_{\phi} = 25$ мм; $h'_{\phi} = 18$ мм; $d_{\text{шт}} = 8$ мм

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

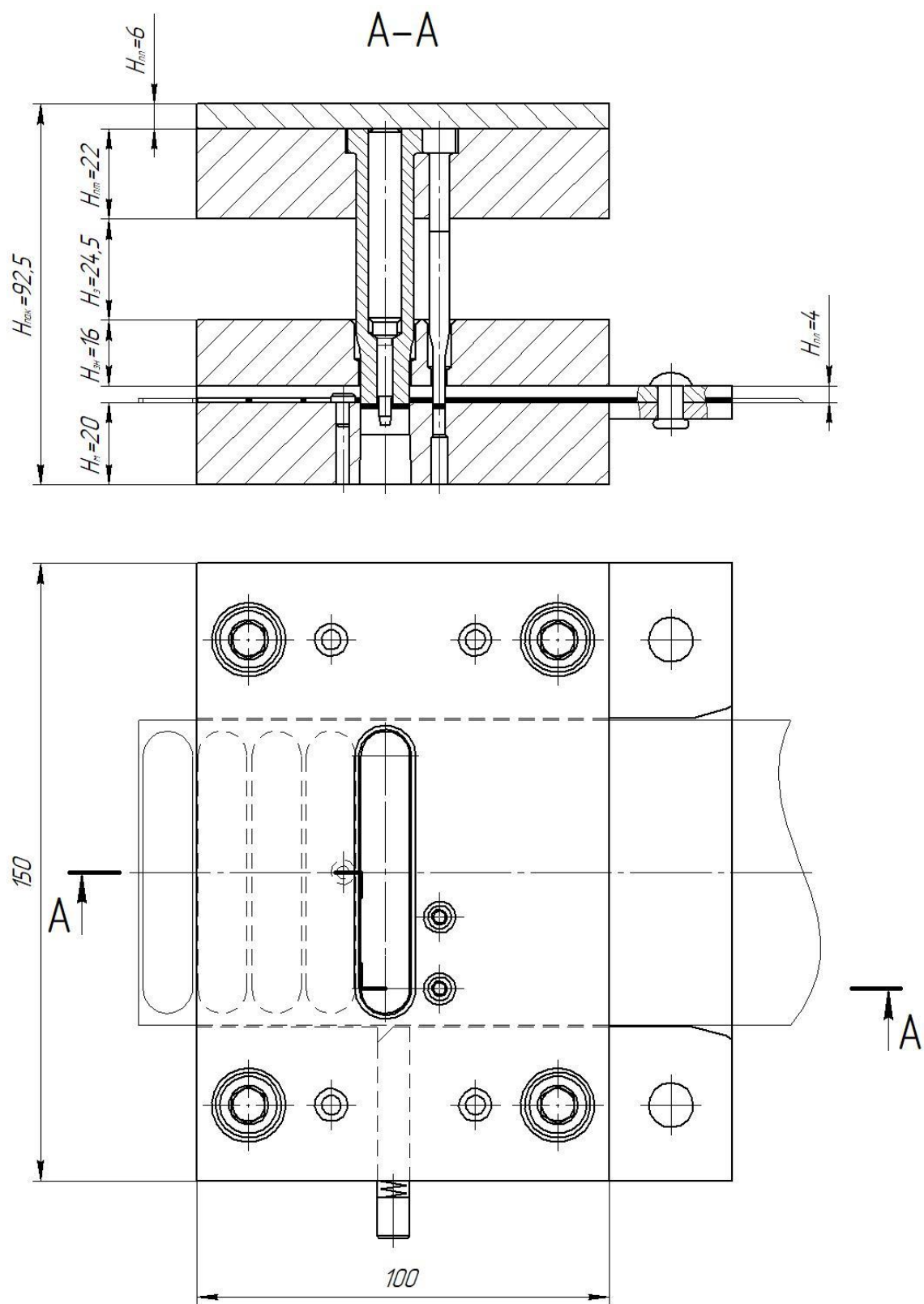


Рис.2.6.Схема пакета штампа для вирубвання та пробивання.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		52

2.1.4. Центр тиску

Для штампів, призначених для виготовлення деталей складної форми, а також при одночасному виконанні операцій вирубкування та пробивання, необхідно визначати положення центру тиску. Це дає можливість правильно розташувати хвостовик відносно сумарної точки прикладання навантаження та забезпечити рівномірну роботу штампа без виникнення перекосів і нерівномірного навантаження на його елементи [3, ст. 54].

Координати центру тиску визначаємо за формулами [3, ст. 54]:

$$X_{\text{ц.т.}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n l_i}; \quad Y_{\text{ц.т.}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad (2.13)$$

де P_i – зусилля штампування i -го елемента, Н;

x_i та y_i – координати точки прикладання зусилля, мм.

Зусилля штампування: вирубкування $P_{\text{вир}} = 48288$ Н та пробивання $P_{\text{проб}} = 4239$ Н, тому $P_1 = 48288$ Н, $P_2 = P_3 = 4239$ Н.

Схему розташування точок прикладання навантажень та їх координати наведено на рис. 2.7.

Тоді координати центру тиску:

$$X_{\text{ц.т.}} = \frac{P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + P_3 \cdot x_3}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{48288 \cdot 0 + 4239 \cdot 13,2 + 4239 \cdot 13,2}{48288 + 4239 + 4239} = 1,97 \text{ мм}$$
$$Y_{\text{ц.т.}} = \frac{P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{48288 \cdot 0 + 4239 \cdot (-10,9) + 4239 \cdot (-28,3)}{48288 + 4239 + 4239} = -2,93 \text{ мм}$$

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

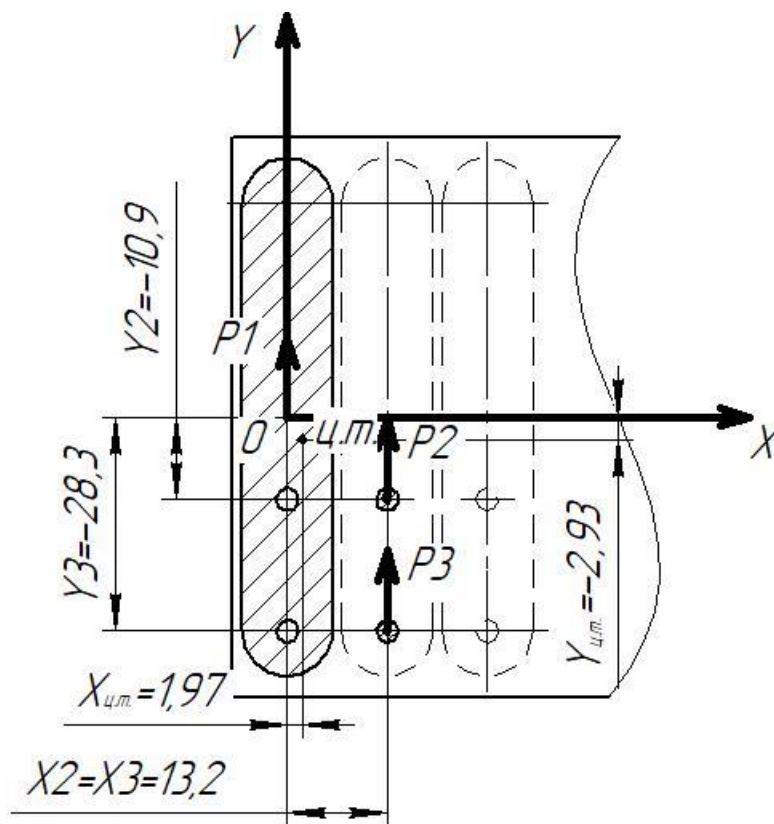


Рис.2.7. Схема з координатами прикладання зусилля.

2.1.5. Вибір блоку штампа

Після визначення габаритних розмірів пакета штампа виконуємо вибір стандартного штампового блоку. Вибір здійснюється на підставі зовнішніх розмірів пакета 100×150 мм та його висоти, яка становить 92,5 мм.

Відповідно до вимог ГОСТ 13124-83 приймаємо блок штампа з розмірами робочої зони 100×160 мм. Обраний блок забезпечує розміщення всіх елементів штампа та відповідає розрахованим габаритам конструкції.

Для вибраного блоку допустима мінімальна висота пакета становить 90 мм, а максимальна — 110 мм, що підтверджує можливість його використання для розробленої конструкції штампа.

Згідно зі стандартом приймаємо блок штампа з позначенням: 1004-3301.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Напрямні колонки вибираємо відповідно до конструкції блока:

- 1030-6046 Ø32 мм, L=170 мм);
- 1030-6033 (Ø28 мм, L=170 мм).

Для забезпечення точного напрямлення рухомої частини штампа використовуємо напрямні втулки таких типорозмірів:

- 1032-2643 (D=45 мм, L=100 мм);
- 1032-2608 (D=42 мм, L=100 мм).

2.2. Штмп для гнуття та формовки (ДП.АТз2109.200.00 СК)

2.2.1. Проектування пакету штампа

Для проектування матриці штампу спочатку схематично розмістимо заготовку між двома трафаретами, що покажемо на рис. 2.9.

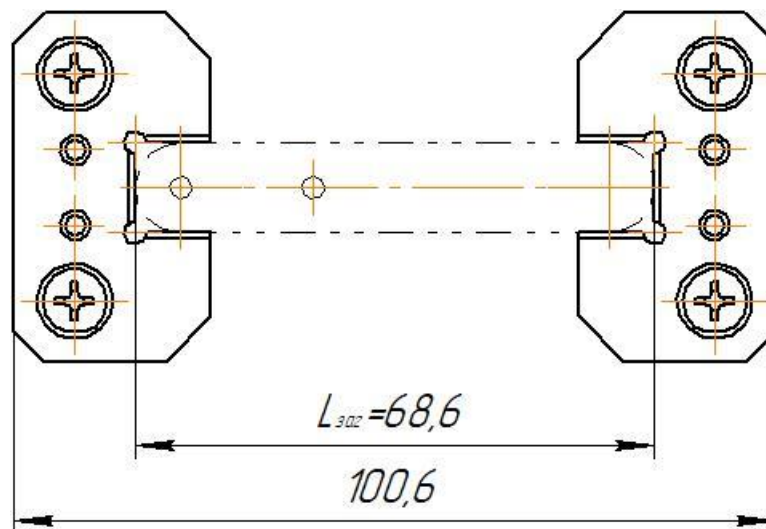


Рис.2.8. Схема розташування заготовки в трафаретах.

В такому випадку приймаємо довжину матриці 105 мм. Для визначення ширини матриці встановимо гвинти та штифти для її кріплення, а також відстані між ними та краями матриці.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		55

Для матриці із габаритними розмірами від 100 до 125 мм рекомендується використовувати для кріплення гвинти М8 та штифти Ø8 мм [2, ст. 77, табл. 18].

Оскільки отвори під головки гвинтів будуть розташовані в матриці, то визначимо їх координати розташування за формулами:

$$e_9 = e_1 + \frac{(D_{\text{о.в.}} - d_{\text{о.в.}})}{2} \quad (2.14)$$

$$e_{10} = e_2 + \frac{(D_{\text{о.в.}} - d_{\text{о.в.}})}{2} \quad (2.15)$$

де $e_1 = 10$ мм та $e_2 = 16$ мм – найменші значення координат отворів під гвинти та штифти для матриці довжиною від 100 до 125 мм [2, ст. 77, табл. 19]; $D_{\text{о.в.}} = D_{\text{в}} + 2 = 13 + 2 = 15$ мм ($D_{\text{в}} = 13$ мм – діаметр головки гвинта М8) – діаметр заглиблення під головку гвинта М8; $d_{\text{о.в.}} = d_{\text{в}} + 1 = 9$ мм ($d_{\text{в}} = 8$ мм – діаметр стержня гвинта М8) – діаметр отвору під стержень гвинтам М8.

Тоді:

$$e_9 = e_1 + \frac{(D_{\text{о.в.}} - d_{\text{о.в.}})}{2} = 10 + \frac{15 - 9}{2} = 13 \text{ мм}$$

$$e_{10} = e_2 + \frac{(D_{\text{о.в.}} - d_{\text{о.в.}})}{2} = 16 + \frac{15 - 9}{2} = 19 \text{ мм}$$

Приймаємо $e_9 = 15$ мм та $e_{10} = 20$ мм.

В результаті побудови отримали ширину матриці 100 мм.

Товщину матриці приймаємо як для гнуття матеріалу товщиною 1 мм – 20 мм [1, ст.74, табл. 77].

Ширину пазу під заготовку визначаємо із схеми [2, ст. 196, рис. 6а]:

$$b_{\text{п}} = (b_3 + 0,1\Delta)^{+0,1\Delta} \quad (2.16)$$

де $b_3 = 12$ мм – ширина заготовки;

$\Delta = 0,43$ мм – граничне відхилення на розмір 12 по 14-му квалітету.

Тоді ширина пазу у фіксаторах під заготовку:

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$b_{\Pi} = (12 + 0,1 \cdot 0,43)^{+0,1 \cdot 0,43} = 12,04^{+0,04} \text{ мм}$$

Також виконуємо конструювання інших розмірів фіксаторів по схемі на рис. 62 із [6, ст. 76]. Довжина частини заготовки, що фіксується фіксатором повинна бути не менше 3 мм, приймаємо 4 мм.

Для товщини матеріалу 1 мм висота пояса $h = 2$ мм [6, ст. 77, табл. 30]. Тоді висота фіксаторів:

$$h_{\Phi} = h + 2h = 3h = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мм}$$

Висоту фіксаторів зі сторони гнуття приймаємо 7 мм.

Товщина пуансонотримача [1, ст. 201]:

$$H_{\Pi\Gamma} = (0,3 \div 0,5)A_{\Pi} = (0,3 \div 0,5) \cdot 68,6 = 20,6 \div 34,3 \text{ мм (приймаємо 22 мм)}$$

Для того, щоб пуансон не впирався у хвостовик то використовуємо підкладну плитку між пуансонотримачем і верхньою плитою, яку вибираємо товщиною $H_{\Pi\Pi} = 6$ мм із ГОСТ 15861-81 (ст. 55) як для пакета розміром 125x100 мм.

2.2.2. Вибір блоку.

Після визначення габаритних розмірів пакета штампа та його висоти виконуємо підбір стандартного штампового блока відповідно до вимог ГОСТ 13126-83.

Для пакета штампа з габаритними розмірами 105×100 мм та висотою $H_{\text{пак}}=74$ мм із номенклатури стандарту обираємо блок з позначенням 1004-4767. Розміри його робочої зони становлять 125×100 мм, а допустимий діапазон висоти пакетів знаходиться в межах від 80 до 95 мм, Згідно з ГОСТ 13126-83 для обраного блока використовуються такі стандартні елементи:

- заготовка нижньої плити по ГОСТ 13113-83: 1022-4691 (товщина 50 мм);
- заготовка верхньої плити по ГОСТ 13113-83: 1022-4689 (товщина 45 мм);
- колонки по ГОСТ 13118-83: 1030-6045 (Ø32 мм, висота 160 мм) та 1030-6032 (Ø28 мм, висота 160 мм);

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ДП.АТз2109.000.00 ПЗ

Арк.

57

- втулки по ГОСТ 13120-83: 1032-2643 (Ø45 мм, висота 100 мм) та 1032-2608 (Ø42 мм, висота 100 мм).

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1. Для штампу послідовної дії для вирубування та пробивання (ДП.АТз2109.100.00 СК)

На попередній стадії розробки технологічного процесу, виходячи з результатів розрахунку необхідного зусилля штампування, було попередньо прийнято для роботи штампа однокривошипний двостійковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2120, номінальне зусилля якого становить 100 кН.

Для підтвердження можливості використання обраного обладнання необхідно виконати перевірку відповідності преса не лише за зусиллям, але й за іншими технічними характеристиками, наведеними у довідкових джерелах [3, с. 59].

Габаритні розміри підштампової плити преса КД2120 [4, с. 30] становлять:

$$A_{\text{плт}} = 360 \text{ мм}, B_{\text{плт}} = 240 \text{ мм}$$

Основні габаритні розміри розробленого штампа послідовної дії для виконання операцій вирубування та пробивання дорівнюють:

$$A_{\text{шт}} = 190 \text{ мм}, B_{\text{шт}} = 351,5 \text{ мм}$$

Порівняння наведених параметрів свідчить, що прес моделі КД2120 не забезпечує необхідних умов для встановлення даного штампа, тому його застосування є неможливим.

При виборі нового пресового обладнання необхідно дотримуватись таких вимог:

- номінальне зусилля преса має перевищувати розрахункове зусилля штампування;
- закрита висота преса повинна бути не меншою за закриту висоту штампа;

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		59

- розміри стола та повзуна повинні забезпечувати безперешкодне встановлення, закріплення штампа та подачу заготовки;
- розміри отвору в столі преса повинні гарантувати вільне видалення відштампованих деталей при роботі за схемою штампування «на провал».

З урахуванням необхідності використання провального отвору діаметром понад 78 мм, а також габаритних розмірів спроектованого штампа, остаточно обираємо однокривошипний двостійковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2122Г номінальним зусиллям 160 кН [4, ст. 32]. В обраному пресі: розміри підштампової плити $A_{\text{плт}} = 500$ мм та $B_{\text{плт}} = 380$ мм; діаметр більшого центрального отвору в підштамповій плиті $D_{\text{плт}} = 110$ мм; діаметр меншого центрального отвору в підштамповій плиті $d_{\text{плт}} = 80$ мм. Прес підходить для штампу по провальному отвору.

Для підтвердження правильності вибору обладнання виконуємо перевірку відповідності закритої висоти штампа параметрам преса КД2122Г.

При номінальній закритій висоті преса найбільша допустима висота штампа визначається за залежністю [4, ст. 22]:

$$H_{\text{max}} = H - H_{\text{пл}} + \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{2} = 250 - 71 + \frac{71 - 5}{2} = 212 \text{ мм}$$

де $H = 250$ мм – закрита висота пресу [4, ст. 33];

$H_{\text{пл}} = 71$ мм – товщина підштампової плити [4, ст. 33];

$h_{\text{max}} = 71$ мм, $h_{\text{min}} = 5$ мм – відповідно максимальна та мінімальна величини ходу повзуна [4, ст. 32].

Аналогічно визначасмо мінімальну допустиму висоту штампа, яка може бути встановлена на даному пресі при номінальній закритій висоті:

$$H_{\text{min}} = H - H_{\text{пл}} - \Delta_{\text{ш}} = 250 - 71 - 45 = 134 \text{ мм}$$

де $\Delta_{\text{ш}} = 45$ мм – величина регулювання положення за рахунок розгвинчування гвинта шатуна (регулювання закритої висоти пресу) [4, ст. 33].

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Закрита висота штампу (в нижньому робочому положенні) $H_{шт} = 187,5$ мм повинна знаходитись між найбільшою H_{max} і найменшою H_{min} закритою висотою пресу:

$$H_{min} \leq H_{шт} \leq H_{max} \rightarrow 134 \text{ мм} \leq H_{шт} = 187,5 \leq 212 \text{ мм}$$

Отримане значення задовольняє зазначену умову, що підтверджує відповідність конструкції штампа параметрам преса КД2122Г. Таким чином, спроектований штамп може бути встановлений на дане обладнання без додаткового коригування його висоти.

Після остаточного вибору преса виконуємо підбір хвостовика. Його діаметр визначається діаметром посадкового отвору в повзуні преса і для даної моделі становить $d_{хв} = d_{пз} = 40$ мм [4, ст. 34]. Обираємо хвостовик з буртиком по ГОСТ 16715-71 із позначенням: 1034-0625. Для забезпечення рівномірної передачі навантаження від повзуна преса до штампа та виключення виникнення перекосів під час роботи хвостовик розташовуємо на осі, що проходить через раніше визначений центр тиску штампа. Таке компонування забезпечує стабільну роботу інструменту та сприяє підвищенню його експлуатаційної надійності.

На основі результатів розрахунку технологічного навантаження та з урахуванням конструктивних особливостей розробленого штампа для виконання операцій вирубування і пробивання остаточно прийнято однокривошипний двостійковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2122Г номінальним зусиллям 160 кН.

Основні характеристики пресу наведені в табл. 3.1 [4, ст. 32-34].

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		61

Таблиця 3.1. Технічні характеристики пресу для встановлення штампу послідовної дії для вирубування та пробивання

Параметри	Модель
	КД2122Г
Номінальне зусилля, кН	160
Діапазон ходу повзуна, мм	71...5
Найбільша кількість безперервних ходів за хвилину	160
Найбільша відстань між столом та поковзнем в його нижньому положенні, мм	250
Діаметр більшого провального отвору в підштамповій плиті, мм	110
Діаметр меншого провального отвору в підштамповій плиті, мм	80
Діаметр центрального отвору у повзуні пресу, мм	40
Товщина підштампової плити, мм	71
Розміри підштампової плити, мм	500x380
Технологічна робота за цикл, кДж	0,255

3.2. Для штампу для гнуття та формовки (ДП.АТз2109.200.00 СК)

Для штампа гнуття та формування (ДП.АТз2109.200.00 СК) на попередньому етапі проектування, відповідно до результатів розрахунку технологічного зусилля (п. 1.7.3), було попередньо обрано однокривошипний двостійковий ненахиляємий прес моделі КД2116Б з нерухомим столом і номінальним зусиллям 40 кН [5, с. 28].

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Далі виконуємо перевірку можливості встановлення спроектованого штампа на даний прес за його конструктивними параметрами [4, с. 59].

Розміри підштампової плити преса становлять [5, с. 30]:

$$A_{\text{плт}} = 280 \text{ мм}, B_{\text{плт}} = 180 \text{ мм}$$

Габаритні розміри штампа для виконання операцій гнуття та формування дорівнюють:

$$A_{\text{шт}} = 310 \text{ мм}, B_{\text{шт}} = 153 \text{ мм}$$

Оскільки попередньо обраний прес моделі КД2116Б із номінальним зусиллям 40 кН не відповідає вимогам до встановлення штампа, виконуємо підбір іншого обладнання.

При виборі нового пресового обладнання необхідно дотримуватись таких вимог:

- номінальне зусилля преса має перевищувати розрахункове зусилля штампування;
- закрита висота преса повинна бути не меншою за закриту висоту штампа;
- розміри стола та повзуна повинні забезпечувати безперешкодне встановлення, закріплення штампа та подачу заготовки;
- розміри отвору в столі преса повинні гарантувати вільне видалення відштампованих деталей при роботі за схемою штампування «на провал».

З урахуванням наведених вимог приймаємо для подальших розрахунків однокривошипний ненахиляємий прес моделі КД2118 із номінальним зусиллям 63 кН та перевіряємо можливість встановлення на ньому спроектованого штампа.

При номінальній закритій висоті преса найбільша допустима висота штампа визначається за залежністю [4, ст. 22]:

$$H_{\text{max}} = H - H_{\text{пл}} + \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{2} = 200 - 45 + \frac{50 - 5}{2} = 177,5 \text{ мм}$$

де $H = 200$ мм – закрита висота пресу [5, ст. 33];

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$H_{пл} = 45$ мм – товщина підштампової плити [5, ст. 33];

$h_{max} = 50$ мм – величина найбільшого ходу преса [5, ст. 32];

$h_{min} = 5$ мм – величина найменшого ходу преса [5, ст. 32]

Аналогічно визначаємо мінімальну допустиму висоту штампа, яка може бути встановлена на даному пресі при номінальній закритій висоті:

$$H_{min} = H - H_{пл} - \Delta_{шт} = 200 - 45 - 40 = 115 \text{ мм}$$

де $\Delta_{шт} = 40$ мм – величина регулювання положення за рахунок розгвинчування гвинта шатуна (регулювання закритої висоти пресу) [5, ст. 33].

Для можливості встановлення штампа на прес його закрита висота повинна перебувати в межах допустимого діапазону:

$$H_{min} \leq H_{шт} \leq H_{max} \rightarrow 115 \text{ мм} \leq H_{шт} = 169 \leq 177,5 \text{ мм}$$

Оскільки ця умова виконується, спроектований штамп може бути встановлений на прес КД2118.

Після остаточного вибору пресового обладнання визначаємо параметри хвостовика. Діаметр хвостовика приймаємо рівним діаметру центрального отвору в повзуні преса $d_{хв} = d_{пз} = 32$ мм [4, ст. 34]. Обираємо хвостовик з буртиком по ГОСТ 16715-71 із позначенням: 1034-0619. Розміщуємо хвостовик на одній вісі із центром тиску штампа.

На підставі розрахованого технологічного зусилля та конструктивних параметрів оснащення для виконання операцій гнуття і формування обрано однокривошипний двостійковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2118 номінальним зусиллям 63 кН. Його основні технічні характеристики наведені в табл. 3.2 [5, с. 28–31].

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		64

Таблиця 3.2. Основні характеристики пресу для встановлення штампу для гнуття та формовки.

Параметри	Модель
	КД2118
Номінальне зусилля, кН	63
Хід повзуна, мм	50...5
Найбільша кількість безперервних ходів за хвилину	150
Найбільша відстань між столом та поковзнем в його нижньому положенні, мм	200
Діаметр центрального отвору у повзуні пресу, мм	32
Товщина підштампової плити, мм	45
Розміри підштампової плити, мм	360x280
Технологічна робота за цикл, кДж	0,12

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавчих актів и норм, відповідних їм організаційних, технічних та гігієнічних заходів, направлених на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі роботи.

Задача охорони праці – звести до мінімальної ймовірності враження чи захворювання робітника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Продуктивність праці можна підвищити завдяки збереженню здоров'я і працездатності людини, економії живої праці шляхом підвищення рівня використання робочого часу, продовження періоду активної трудової діяльності, економії суспільної праці шляхом підвищення якості продукції, зменшення числа аварій і нещасних випадків на виробництві.

Однією з найбільш важливих характеристик стану виробничої і трудової дисципліни є дотримання норм і правил по охороні праці. Безпека праці забезпечується дотриманням санітарних норм, інструкцій, стандартів з безпеки праці, правил по техніці безпеки. На даний час велике значення має суворе дотримання вимог „Системи стандартів безпеки праці”, що встановлюють загальні вимоги безпеки до виробничих процесів і до груп виробничих процесів.

Тому дуже важливо планомірно здійснювати заходи щодо впровадження наукових методів організації праці, її автоматизації, впровадження робо-техніки, зведення до мінімуму важкої фізичної праці.

В даному розділі розглядається ділянка цеху листового штампування. Дана ділянка розглядається на предмет безпеки умов праці.

На ділянці цеху розташовані наступні види технологічного обладнання:

- однокривошипний двохстійковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2118 зусиллям 63 кН;

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		66

- однокривошипний двохстійковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2122Г зусиллям 160 кН.

Все вище приведене обладнання живиться напругою 380В і 220В. Виходячи з цього, необхідно передбачити умови електробезпеки. Також потрібно забезпечити безпеку працюючому персоналу від інших шкідливих факторів:

- вібрації, які виникають під час роботи пресового обладнання та електромагнітні явища в електроприладах.
- шуму, спричиненого роботою технологічного обладнання.

4.1 Електробезпека

За ступенем ураження людей електричним струмом всі приміщення поділяються на три класи :

- без підвищеної небезпеки ;
- підвищеної небезпеки ;
- особливо небезпечні ;

Дільниця лабораторії згідно „Правил устрою й електричних установок” ПУЕ з небезпеки ураження електрострумом відноситься до особливо небезпечних у тому випадку, якщо виконуються дві чи більше ознаки:

- вологість 75% і більше ;
- температура повітря 30 С і більше ;
- виділяється струмопровідний пил ;
- наявність струмопровідної підлоги ;

Причинами смерті в результаті ураження електричним струмом може бути зупинка роботи серця, зупинка дихання та електричний шок.

Згідно з ПУЕ-2009 приміщення дільниці цеха, з точки зору безпеки враження електричним током відноситься до класу найбільш небезпечних. .

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Можливими причинами враження людей струмом на ділянці цеху є:

- Однофазне доторкання до струмоведучим частинам.
- Двофазне доторкання до струмоведучих частин.
- Доторканні до заземлених струмоведучих частин, які опинилися під напругою.

В зв'язку з цим, на ділянці використовуються наступні технічні та захисні міри безпеки:

- Використанні малої напруги 24 В різко знижує безпеку враження струмом в разі пошкодження ізоляції й виникнення напруги на корпусі обладнання.
- Контроль та профілактика пошкодження ізоляції – це здійснюється приладами з вимірювальною напругою не більше 20-30 В, а опір ізоляції слід підтримувати на такому рівні, щоб струм, що проходить повз людину, яка доторкнулася до фази, не перевищував допустимого значення.
- Захист від доторкання до струмоведучих частин – вона здійснюється безпосередньо огорожею струмоведучих частин, блокуванням та розміщенням їх на недосяжній висоті чи місці.
- Захисне занулення обладнання.

Зміст занулення полягає в попередньому з'єднанні струмоведучих частин обладнання (наприклад корпусу), які можуть опинитися під напругою. Принцип дії занулення зводиться до того, що пробій напруги на корпусі перетворюється в однофазне коротке замикання, в разі чого спрацьовує безпека струму і пошкоджена фаза вимикається від електричного ланцюга обладнання. Час спрацювання для плавки запобіжників 3...5 секунд, для автоматів 1...2 секунди.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		68

4.2 Пожежна безпека

Рідини та матеріали, які використовуються в технологічному процесі, з точки зору пожежної безпеки характеризуються як не згорають.

Категорія пожежної безпеки виробництва на ділянці згідно з класифікацією по ОНТП 24-26 характеризується як категорія „Д”, так як в цеху обробляються матеріали в холодному стані.

На основі класифікації пожежних зон приміщення цеха характеризується як П- III, в якому не має горючих рідин і температурі займання СО не більше 61°C. Тип виконання електрообладнання для ділянки цеху – закрите чи закрите піддуваемо. Пожежні оповіщувачі комбіновані – КІ-1. Місця для куріння позначені біло-голубим знаком, еваковиходи – зелено-білим знаком. Класифікація проведена згідно з ПУЕ-86.

4.3 Освітлення лабораторії

Вірно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності, збереження зору людини, нормальний стан його центральної нервової системи та безпеці на підприємстві.

Вибір типу джерела світла для системи загального освітлення приміщення ділянки цеху виконуємо з урахуванням того, що лабораторія(ділянка) має висоту більше 8 метрів і перевагу віддаємо лампам типу ДРЛ (дугові ртутні люмінесцентні). Вони представляють собою ртутні лампи високого тиску з невикривленим випромінюваним спектром світла. Лампа складається з кварцової колби, яка пропускає ультрафіолетові промені, яка під час роботи заповнена парами ртуті при тиску 0,2...0,4 МПа, з двома електродами та зовнішньою скляною колбою, яка вкрита в середині прошарком люмінофору.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4.4 Забезпечення безпеки при експлуатації ПТМ

У рамках ділянки цеху для забезпечення технологічного процесу використовується кран-балка вантажопід'ємністю до 5 т та електрокари.

Згідно з нормами, які забезпечують безпеку експлуатації ПТМ приймають слідує відстань від ПТМ до частин будівлі та обладнання, для вантажопідйомних машин, які рухаються по підйомним рельсовим путям :

- відстань від виступаючих частин торців крана до колон та стін будівлі, перил прохідних галерей – не менше 60 мм;
- відстань від нижньої габаритної точки вантажопідйомних машин до полу цеха – не менше 2000мм;
- відстань від виступаючих частин кабіни керування до стіни, обладнання трубопроводів, виступаючих частин будівлі, колон, даху підсобних приміщень – 400 мм;
- відстань від консолі підвісу до площадок. на яких можуть знаходитись люди – не менше 2000 мм.

Загроза експлуатації кран-балки обумовлена слідує ми факторами:

- можливість наїзду крану або вантажу що переміщується на об'єкти обладнання;
- випадкове падіння вантажу;
- травмування персоналу не огороженими частинами механізмів;
- враження електричним струмом.

Приймаємо ПТМ- з середнім навантаженням (5к), відповідно запас міцності канатів приймаємо $k = 5$. Норма вибракування сталюого канату – кількість зривів жил канату на довжині одного шагу завивки, при яких сталюий канат повинен бути вибракуваним – 12. Звивка крестова.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		70

Кран та інші вантажопідйомні машини випробовують по наступним нормам та строкам:

- Статичні випробування випробовують шляхом підвішування вантажу вагою $P_{CT}=1,25 \cdot P_H$ у нерухомому стані на висоті 200 мм від рівня полу. Випробування здійснюють утриманням вантажу на протязі 10 хвилин. При цьому висота підвісу ваги не повинна змінюватися, що засвідчує про нормальний стан металоконструкції крану, нормальній праці гальм. Випробування роблять один раз на рік.
- Динамічні випробування роблять шляхом підвішуванням вантажу вагою $P_{дин} = 1,1 \cdot P_H$ та включенні основних робочих механізмів крану. При цьому результат динамічних вимірів порівнюють з допустимими.

Випробування здійснюються один раз за три роки. Режим роботи канату середній.

Для забезпечення безпеки при експлуатації крану використовуються запобіжні пристрої. Обмеження вантажопідйомність машин з електроприводом – це реле струму, гідро та пневмо привід опорні золотники, запобіжні клапани, запобіжники ходу теліжки в повздовж моста крану, запобіжники ходу моста – все це обладнано кінцевими вимикачами. Обмеження вантажопідйомності настраюється для мостових кранів на 15% вище номінальної вантажопідйомності.

Крім того кран має гальма механізму вантажопідйомної лебідки, звуковим сигналом для попередження людей о переміщення крану, блокуванням виключення електрообладнання при непередбаченому вимкненні світла.

4.5 Забезпечення безпеки на пресовому обладнанні

На ділянці цеху основним обладнанням являються механічні преса. Конструкція пресів, штампової оснастки та пристроїв автоматизації повинна

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		71

Управління пневмомуфтою зчеплення забезпечується електромагнітом – Е, контактами які вмикаються реле РП. Котушка живлення вмикається в сіть тільки після натиснення двох пускових кнопок. Вторинне спрацювання пресу можливе лише після відпускання кнопок та їх повторного натиснення. Ці схеми встановлення на пресах типу: КД2118, КД2122Г.

- при відпусканні одної з кнопок обладнання зупиняється або повертається у попереднє положення. Відстань між кнопками управління 300-600 мм.
- кожний наступний пуск виконується після відпускання кнопок та їх наступного натиснення;
- при роботі на пресі – автоматі використовується система блокування

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доступу до робочої зони штампу під час роботи пресу;

- зусилля на органах управління не перевищує 40Н;
- всі органи управління мають пояснювальні написи та сигнальне фарбування (червона кнопка вимкнення);
- педалі відключення закриті з трьох сторін козирками, зусилля не менше 25Н;
- на всіх пресах встановлений нульовий захист.

Згідно з ГОСТ 12.3.026-81 „ССБТ. Работы кузнечно-пресовые. Требования безопасности.” Пред’являються слідуючи вимоги до технологічного процесу:

- забороняється використовувати методи штампування, котрі не вказані в технології виготовлення даного виробу (робота без пінцету, оброблення одночасно декількох поліс);
- забороняється технологічні змащення не вказані в технології;
- штампи повинні мати справне індивідуальну загорожу. Величина зазору між верхньою плитою штампу та загорожею не повинні перевищувати 8 мм у верхньому положенні повзуна;
- забороняється змінювати конструкцію обладнання без відповідного дозволу. Вимоги безпеки до штампу див. нижче.

4.6 Загальні вимоги по техніці безпеки до штамів листового штампування

Вимоги по техніці безпеки до конструкції штамів назначаються в залежності від пресового обладнання та оснащення захисними пристроями, а також від умов праці та виду виробництва, габаритних розмірів, матеріалів. заготовок та призначення штампу.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

У маркуванні штампу вказується з якими пристроями чи якими методами що забезпечують безпеку слід працювати наприклад: „Працювати з пінцетом при дворукому включенні” по ГОСТ 12.2.109-89. Існують слідуючи вимоги до основних елементів конструкції штампів:

- Фіксуючі деталі штампів міцно зафіксовані та забезпечують надійну установку штучних заготовок та видалення деталей, для цього трафарети слід виконувати з прийомною фаскою, а фіксатори з прийомним контуром

- В штампах забезпечується співпадання отворів для видалення деталей та відходів зі штампів з отворів в підштамповій плиті(столі) преса. Якщо ця умова не виконується, то конструкція штампу повинна забезпечувати можливість видалення деталей та відходів крізь пази, нахилені лотки.

- В штампах з направляючими колонками виключається схід направляючих втулок та колонок при верхньому положенні повзуна.

- Пружини в штампах слід розміщувати, фіксувати та фіксувати таким чином, щоб виключити можливість травмування оператора при поломці пружини.

- В зоні ручних робіт слід забезпечувати зазори безпеки між рухомими та нерухомими частинами штампу.

- Зазори безпеки повинні бути:

- не більше 8мм при верхньому робочому положенні повзуна;
- не менше 25 мм при нижньому робочому положенні повзуна,

При роботі штампу з ходом повзуна преса 45 мм зазор безпеки в штампі повинен бути збільшений з таким розрахунком , щоб кисть руки не могла бути травмованою при нижньому положенні повзуна.

Захисні пристрої по можливості не повинні:

- Затрудняти укладку заготовок та видалення штампуючи деталей;
- Створити додаткові фізичні навантаження на оператора.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Штампи для холодного об'ємного штампування, які обслуговуються оператором, поділяються на три ступеня безпеки згідно з таблицею 6.1. Штампи в залежності від ступеню безпеки мають маркування умовного знаку ступені безпеки, та при необхідності спеціальний сигнальний колір. В якості сигнального кольору використовується жовтий.

Таблиця 4.1.

Характеристика ступені безпеки

Ступінь безпеки	Умовне позначення	Характеристика
1	О	Зона ручних робіт захищена або забезпечені зазори безпеки
2	ОО	Зона ручних робіт захищена не повністю або не повністю забезпечені зазори безпеки
3	ООО	Зона ручних робіт не захищена або не забезпечені зазори безпеки

Умовний знак системи безпеки виконується на нижній плиті штампу. Колір поверхні чорний на жовтому фоні. Сигнальні кольори мають слідуєчі складальні частини штампу:

- Вбудовані в штамп частини пристроїв автоматизації які мають загрозу для персоналу підчас роботи штампу;
- Рухомі з'їздові частини, котрі виступають за габарити плит штампу;
- Торці виступаючих частин верхньої плити по відношенню до нижньої плити штампу;
- Найбільш небезпечні елементи штампів.

4.7 Мікроклімат ділянки

В лабораторії листового штампування, яка проектується виконуються легкі роботи з категорією по важкості-**1б**, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходою. При цьому енерговитрати складають 121-150 ккал/г. Згідно ГОСТ 12.1.005-88 "ССТБ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарные гигиенические требования." приведені оптимальні і допустимі норми температури повітря, вологості, швидкість руху повітря.

Таблица 4.2

Період року	Категорія робіт	Температура		Відносна вологість		Швидкість руху повітря	
		оптим. °C	допуст. °C	оптим. %	допуст. %	оптим. м/с	допуст. м/с
Холодний	легкі 1б	21-23	18-24	40-60	75	0,1	0,1- 0,3
Теплий	легкі 1б	22-24	22-28	40-60	75 при $t^{\circ}=24^{\circ}\text{C}$	0,2	$\leq 0,2$

В лабораторії передбачається температура повітря 18-23 °C в холодний період і 22-26 °C в теплий; відносна вологість 55-70 % в теплий період і 40-60, в холодний; швидкість руху повітря в теплий період 0,1-0,2 м/с, в холодний 0,1-0,2 м/с.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
2. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под общ. ред. Л.И. Рудмана – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
3. Орлюк, М. В. Граничні значення критеріїв руйнування при моделюванні процесів витягування в середовищі DEFORM // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2017. – № 2 (45). – С. 22-29. Библиогр.: 8 назв.
4. Орлюк М. В. Технологія холодного штампування та конструювання штампів. Курсова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Прикладна механіка пластичності матеріалів» спеціальності 131 Прикладна механіка / М. В. Орлюк, П. С. Вишневський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,09 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 80 с. – Назва з екрана.
5. Справочник по оборудованию для листовой штамповки, С74/Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Л.И. Рудмана. – К.: Техника, 1989. – 231 с.
6. РТМ 105-0-212-83.

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

СПЕЦИФІКАЦІЇ

					ДП.АТз2109.000.00 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перв. примен.									
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
				Документация					
A1			ДПАТз2109.200.00 СК	Складальне креслення	1				
				Детали					
БК	1		ДПАТз2109.200.01	Плита нижня	1				
БК	2		ДПАТз2109.200.02	Плита верхня	1				
БК	3		ДПАТз2109.200.03	Матриця	1				
БК	4		ДПАТз2109.200.04	Пуансонотримач	1				
A3	5		ДПАТз2109.200.05	Пуансон	1				
БК	6		ДПАТз2109.200.06	Трафарет	1				
БК	7		ДПАТз2109.200.07	Трафарет	1				
БК	8		ДПАТз2109.200.08	Плитка підкладна	1				
				Стандартные изделия					
		11		Втулка 1032-2608-20-7 ГОСТ 13120-83	1				
		12		Втулка 1032-2643-20-7 ГОСТ 13120-83	1				
		13		Гвинт А2М5-6gx12 ГОСТ 17473-80	4				
		14		Гвинт М8-6gx20 ГОСТ 11738-84	4				
		15		Гвинт М8-6gx55 ГОСТ 11738-84	4				
		16		Колодка 1030-6032-20-6 ГОСТ 13118-83	1				
				ДПАТз2109.200.00					
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Ярошук В.С.							
Пров.		Орлюк М.В.							
Н.контр.									
Утв.									
Штамп для гнуття та формовки						Лит.	Лист	Листов	
							1	2	
КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ММІ, к. ТВ/А									

[illegible]

