

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

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Вячеслав ТІТОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Технологія та оснащення для виготовлення деталі  
«ЩИТОК»

\_\_\_\_\_»

Виконав (-ла): студент (-ка) 3 курсу, групи МД-п81  
(шифр групи)

Тітаренко Андрій Євгенійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н, доц., Орлюк Михайло Володимирович

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

(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(назва розділу)

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

Рецензент \_\_\_\_\_

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

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 року

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту**

на тему: «Технологія та оснащення для виготовлення деталі  
«ЩИТОК»

\_\_\_\_\_»

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

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка пластичності матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Вячеслав ТІТОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Тітаренко Андрій Євгенійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Технологія та оснащення для виготовлення деталі «щиток»

керівник проекту \_\_\_\_\_ Орлюк Михайло Володимирович, к.т.н, доц.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «18» \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2021\_ р.  
№ 1203-с

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_ 09.06.2021 \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту креслення деталі «Щиток»

4. Зміст пояснювальної записки Вступ. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі. Проектування штампів. Вибір обладнання. Охорона праці. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) \_\_\_\_\_ Штамп послідовної дії для пробивання і вирубання. Складальне креслення А0, Пуансон вирубний

А3, Матриця А2, Пуансон пробивний А4, Пуансон пробивний А3, Штамп для гнуття. Складальне креслення А0, Фіксатор А3, Пуансонотримач А3, Пуансон пробивний А3, Матриця А2, Презентація Комп'ютерне моделювання формозмінних операцій для виготовлення деталі «Щиток»

6. Консультанти розділів проекту\*

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

7. Дата видачі завдання 18.05.2021

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Розробка технологічного розділу	19.05.2021 – 21.05.2021	
2	Моделювання проекту в програмному комплексі (Deform)	22.05.2021 – 25.05.2021	
3	Проектування штампу простої дії для вирубання і пробивання та деталювання	26.05.2021 – 30.05.2021	
4	Проектування штампу простої дії для гнуття та деталювання	31.05.2021 – 03.06.2021	
5	Оформлення пояснювальної записки	04.06.2021 – 06.06.2021	

Студент

Андрій ТІТАРЕНКО

Керівник

Михайло ОРЛЮК

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

## **Анотація**

Робота присвячена визначення технологічного процесу та проектуванню обладнання деталі «Щиток». При визначенні технологічності в даній роботі використовувались арифметичні залежності та моделювання в програмному комплексі DEFORM, де були проведені чисельні експерименти технологічних операцій для визначення можливості виготовлення операції та визначення необхідної форми інструмента. При проектуванні обладнання було спроектовано два штампа: штампу простої дії для вирубування і пробивання та деталювання, штампу простої дії для гнуття та деталювання. Також в даній роботі розписаний розділ охорони праці, який необхідний для забезпечення безпеки працівника та уникнення травм під час роботи.

## **Annotation**

The work is devoted to the definition of technological process and design of equipment for the part "Shield". When determining the technology in this work, arithmetic dependencies and modelling in the software DEFORM were used, where numerical experiments of technological operations were carried out to determine the possibility of manufacturing operations and identifying the necessary shape of the tool. During the design of the equipment two dies were designed: a simple action die for vorubuvannya and punching and detailing, a simple action die for bending and detailing. This work also includes a section on occupational safety and health, which is necessary to ensure the safety of the worker and to prevent injuries during work.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	8
1.1. Аналіз на технологічність деталі на стадії гнуття.....	8
1.2. Розрахунок форми та розмірів заготовки.....	10
1.3. Аналіз технологічності для стадії вирубування пробивання.....	15
1.4. Визначення ширини смуги.....	16
1.5. Вибір способу розкрою листа та визначення коефіцієнту використання матеріалу.....	19
1.6. Визначення послідовності операцій та її кількості.....	22
1.7. Розробка технологічного процесу деталі.....	22
1.7.1. Розрахунок технологічного зусилля для вирубування та пробивання.....	22
1.7.2. П-подібне гнуття.....	24
1.7.3. Формування рельєфності.....	30
1.7.4. Гнуття петлі (перша операція).....	38
1.7.5. Гнуття петлі (друга операція).....	45
2. ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПІВ.....	51
2.1. Проектування штампу для вирубування та пробивання.....	51
2.1.1. Проектування матриці.....	51
2.1.2. Виконавчі розміри матриці та пуансона.....	53
2.1.4. Розрахунки на міцність та жорсткість.....	59
2.1.5. Визначення центра тиску штампа.....	61
2.1.6. Вибір блока штампа.....	64
2.2. Проектування штампу для гнуття.....	65
2.2.1. Проектування матриці.....	65
2.2.2. Виконавчі розміри матриці та пуансона.....	66
2.2.3. Конструювання інших деталей.....	66

					<b>ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ</b>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Пояснювальна записка</b>				
Розроб.		Титаренко А.Є.							
Перевір.		Орлюк М.В.							
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.									
		Літ.	Арк.	Акрушів	<b>"КПІ ім. Ігоря Сікорського" ММІ, к. ТВЛА</b>				
			5	74					

2.2.4. Вибір блока штампа.....	68
2.2.5. Проектування буфера .....	69
2.3. Матеріали для деталей штампа .....	72
3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	74
3.1. Вибір пресу для вирубування та пробивання .....	74
3.2. Конструювання хвостовика для штампа .....	75
3.3. Вибір преса для гнуття .....	75
3.4. Конструювання хвостовика для штампа .....	76
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	78
4.1. Вимоги безпеки перед початком роботи .....	78
4.2. Вимоги безпеки під час роботи .....	78
4.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	79
4.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	79
4.5. Вимоги безпеки під час розкроювання металу.....	80
ЛІТЕРАТУРА .....	82
Додаток А.....	83

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## Вступ

В дипломному проекті представлена розробка виготовлення деталі «Щиток», який встановлюється в кулемет. Так як кулемети не виготовлюються в масовому виробництві, сконструємо технологію виготовлення деталі «Щиток» в масовому виробництві.

Холодне листове штампування являється одним з найбільш технологічних та продуктивним методів виробництва. Воно має великі переваг перед іншими видами обробки металів у технологічному плані, так і в економічному відношенні та масовості виготовлення деталі, так як дозволяє створити інструменти які можуть виготовити велику кількість деталей, які будуть відповідати необхідним вимогам що ставляться для деталі.

Для виготовлення деталі є важливим вибір оптимального технологічного варіанту – це першочергова задача при виконанні проекту. В даному курсовому проекту використовувалось моделювання в програмному комплексі DEFORM. За допомогою моделювання в програмному комплексі DEFORM, було проаналізовано можливість створення деталі, визначення зусилля, вибрано правильна послідовності операцій.

За результатами розрахунків та моделювання процесу були створені штамп для деталі «Щиток».

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

В розділі розробка технологічного процесу виготовлення деталі потрібно, провести аналіз технологічності, провести моделювання процесів в програмі DEFORM, визначити розміри заготовки, визначити ширину смуги, вибрати розкрій листа, визначити кількість операцій та розрахувати технологічне зусилля.

## 1.1. Аналіз на технологічність деталі на стадії гнуття

Матеріал деталі Сталь 20. Матеріал пластичний  $\sigma_B = 450$  МПа. Товщина матеріалу  $S=0,8$  мм.

Перевірка із найголовнішим технологічністю деталі при гнутті є значення найменшого радіусу. В підручнику [1, ст. 172] є таблиця мінімальних рекомендованих відносних радіусів  $\frac{r_{min}}{S} = \frac{0,8}{0,8} = 1$  який знаходиться відносно матеріалу, стану штампованого матеріалу, загусенці на заготівці та розміщення ліній гнуття відносно направлення волокон. Згідно таблиці відносний радіус гнуття для сталі 20 в нормалізованому стані при поперечному розміщенні волокон відносно до лінії згину дорівнює 0,1, при паралельному розміщенні волокон дорівнює 0,5. В моєму випадку матеріал товщиною 0,8 мм найменший радіус гнуття дорівнює 0,8. Відповідно відносний радіус гнуття дорівнює  $\frac{0,8}{0,8} = 1$ . Порівняємо мінімальний рекомендований радіус гнуття та мінімальний відносний радіус даної деталі. Так як в моєму випадку відносний радіус більший за рекомендований відносно ний радіус незалежно від розташування волокон, тому деталь технологічно можливо виготовити в незалежно від розташування волокон.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





$X_r$  – коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару, значення якого визначається по таблиці в залежності від відносного радіусу гнуття [1, ст. 179]  $\frac{r_{вн}}{S}$ ;

$S$  – товщина матеріалу;

Знайдемо довжину першої криволінійної ділянки. Для цього нам потрібно визначити радіус нейтрального слою.

$$\rho_{кр1} = r_{вн} + X_r * S \quad (1.7)$$

$r_{вн} = 2,1$  – внутрішній радіус гнutoї ділянки деталі;

$X_r = 0,46$  – коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару, значення якого визначається по таблиці в залежності від відносного радіусу гнуття [1, ст. 179]  $\frac{r_{вн}}{S} = \frac{2,1}{0,8} = 2,625$ ;

$S = 0,8$  – товщина матеріалу;

$$\rho_{кр} = 2,1 + 0,46 * 0,8 = 2,468$$

Визначимо довжину криволінійної ділянки за формулою:

$$L_{кр1} = \alpha_{кр1} * \rho_{кр1} \quad (1.8)$$

$\rho_{кр1}$  – радіус нейтрального слою;

$\alpha_{кр1}$  – кут гнуття в радіанах:

$$\alpha_{кр1} = \frac{\alpha * \pi}{180} = \frac{308,75 * 3,14}{180} = 5,385 \quad (1.9)$$

$\alpha = 308,75^\circ$  – кут гнуття;

$$L_{кр1} = 5,385 * 2,468 = 13,29 \approx 13,3 \text{ мм}$$

Розрахуємо довжину другої криволінійної ділянок. Так як друга та третя ділянка однакові тому розгорнута довжина буде однакою. Для

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначення розгорнутої довжини потрібно визначити радіус нейтральної лінії.

$$\rho_{кр2} = r_{вн} + X_r * S \quad (1.10)$$

$r_{вн} = 0,8$  – внутрішній радіус гнутої ділянки деталі;

$X_r = 0,421$  – коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару, значення якого визначається по таблиці в залежності від відносного радіусу

гнуття [1, ст. 179]  $\frac{r_{вн}}{S} = \frac{0,8}{0,8} = 1$ ;

$S = 0,8$  – товщина матеріалу;

$$\rho_{кр2} = \rho_{кр3} = 0,8 + 0,421 * 0,8 = 1,1368$$

Визначимо довжину криволінійної ділянки за формулою:

$$L_{кр2} = L_{кр3} = \alpha_{кр2} * \rho_{кр2} \quad (1.11)$$

$\rho_{кр2}$  – радіус нейтрального слою;

$\alpha_{кр2}$  – кут гнуття в радіанах:

$$\alpha_{кр2} = \frac{\alpha * \pi}{180} = \frac{64,38 * 3,14}{180} = 1,123 \quad (1.12)$$

$\alpha = 64,38^\circ$  – кут гнуття;

$$L_{кр2} = L_{кр3} = 1,123 * 1,1368 = 1,28 \text{ мм}$$

Визначимо загальну довжину:

$$L_{заг1} = L_{пр1} + L_{пр2} + L_{кр1} + L_{кр2} + L_{кр3} = 8,36 + 29,86 + 13,3 + 1,28 + 1,28 = 54,08 \approx 54 \text{ мм} \quad (1.13)$$

$L_{прі}$  – довжина прямолінійних ділянок;

Визначимо довжину другої розгорнутої ділянки, схема другої частини гнутої ділянки Рис 1.3.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

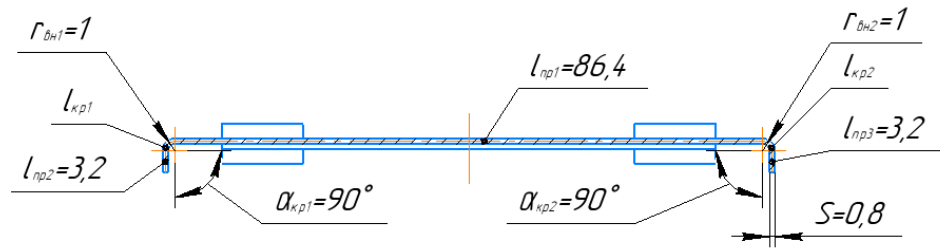


Рис. 1.3. Схема другої гнutoї частини деталі.

$$L_{\text{заг2}} = \sum L_{\text{прі}} + \sum L_{\text{крі}} = \sum L_{\text{прі}} + \sum (\alpha_i * \rho_i) \quad (1.14)$$

$L_{\text{прі}}$  – довжина прямолінійних ділянок;

$L_{\text{крі}}$  – довжина криволінійних ділянок;

$\alpha_i$  – кут гнуття в рад.;

$\rho_i$  – відповідний радіус гнуття ділянки по нейтральному шару деформації, що розраховується за формулою [3, ст. 20]:

$$\rho_i = r_{\text{вн}} + X_{\Gamma} * S \quad (1.15)$$

$r_{\text{вн}}$  – внутрішній радіус гнutoї ділянки деталі;

$X_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару, значення якого визначається по таблиці в залежності від відносного радіусу гнуття [1, ст. 179]  $\frac{r_{\text{вн}}}{S}$ ;

$S$  – товщина матеріалу;

Знайдемо довжину криволінійної ділянки. Так як перша та друга ділянка однакові тому розгорнута довжина буде однакою. Для визначення довжини потрібно визначити радіус нейтрального слою.

$$\rho_{\text{кр1}} = r_{\text{вн}} + X_{\Gamma} * S \quad (1.16)$$

$r_{\text{вн}} = 1$  – внутрішній радіус гнutoї ділянки деталі;

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$X_r = 0,429$  – коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару, значення якого визначається по таблиці в залежності від відносного радіусу гнуття [1, ст. 179]  $\frac{r_{вн}}{S} = \frac{1}{0,8} = 1,25$ ;

$S = 0,8$  – товщина матеріалу;

$$\rho_{кр} = 1 + 0,429 * 0,8 = 1,3432$$

Визначимо довжину криволінійної ділянки за формулою:

$$L_{кр1} = L_{кр2} = \alpha_{кр1} * \rho_{кр1} \quad (1.17)$$

$\rho_{кр1}$  – радіус нейтрального слою;

$\alpha_{кр1}$  – кут гнуття в радіанах:

$$\alpha_{кр1} = \frac{\alpha * \pi}{180} = \frac{90 * \pi}{180} = \frac{\pi}{2} \quad (1.18)$$

$\alpha = 308,75^\circ$  – кут гнуття;

$$L_{кр1} = L_{кр2} = \frac{\pi}{2} * 1,3432 = 2,1 \text{ мм}$$

Визначимо загальну довжину:

$$L_{заг2} = L_{пр1} + L_{пр2} + L_{пр3} + L_{кр1} + L_{кр2} = 3,2 + 3,2 + 86,4 + 2,1 + 2,1 = 97 \text{ мм} \quad (1.19)$$

$L_{прі}$  – довжина прямолінійних ділянок;

Розрахуємо ширину прямокутного отвору:

$$h = L_{заг1} - L_{пр1} - L_{пр2} \quad (1.20)$$

$L_{заг1}$  – розмір розгорнутої деталі;

$L_{прі}$  – довжина прямолінійних ділянок;

$$h = 54 - 7,7 = 17,1 \text{ мм}$$

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

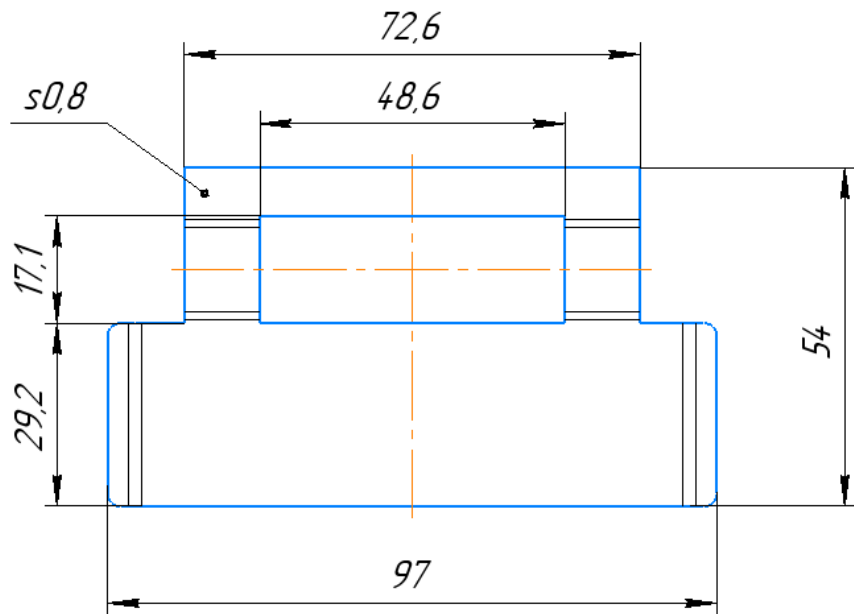


Рис. 1.4. Схема розгорнутої деталі.

### 1.3. Аналіз технологічності для стадії вирубівання пробивання

Перевіримо виступи та впадини плоскої деталі, за схемою для визначення технологічності Рис. 1.5, та схеми розгорнутої деталі Рис. 1.6 [1, ст. 51].

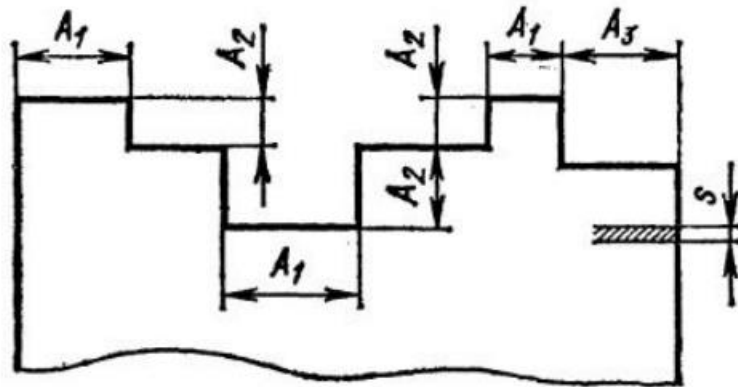


Рис. 1.5. Схема для перевірки технологічності при вирубіванні та пробиванні.

Таблиця для перевірки розмірів при вирубіванні та пробиванні табл. 1.1. [1, ст. 51, табл. 1].

Таблиця 1.1.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$B_n = (A + 2 * (a + \delta) + Z_H + \delta')_{-\delta} \quad (1.23)$$

$A$  – найбільший розмір деталі.

$a, b$  – розмір перемичок. Визначимо розмір перемичок з таблиці, залежності від товщини матеріалу та найбільшого розміру деталі [1, ст. 7]:

$$a = 1,7$$

$$b = 1,2$$

$Z_H$  – гарантований найменший зазор між направляючими планками і смугою. Визначимо зазор з таблиці, в залежності від товщини матеріалу та ширини смуги, так як ще не визначили ширину смуги замість ширини смуги підставляємо суму найбільший розмір деталі та двох перемичок  $a$ , так як даний розмір входить в діапазон розмірів ширини смуги запасом, тому значення  $Z_H$  після розрахунку ширини смуги не зміниться [1, ст. 15];

$$Z_H = 1$$

$\delta'$  – допуск на розмір між направляючими планками. Визначимо допуск з таблиці, так як допуск на розмір між направляючими планками та гарантованим зазором між направляючими планками і смугою визначаються з однієї таблиці, тому повторимо операцію для знаходження зазору [1, ст. 15];

$$\delta' = 0,35$$

$\delta$  – допуск на ширину полоси, нарізаних на гільйотинних ножицях [1, ст. 13];

$$\delta = 0,6$$

Розрахуємо ширину смуги

$$B_n = (97 + 2 * (1,7 + 0,6) + 1 + 0,35)_{-0,6} = 102,95 \approx 103 \text{ мм}$$

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

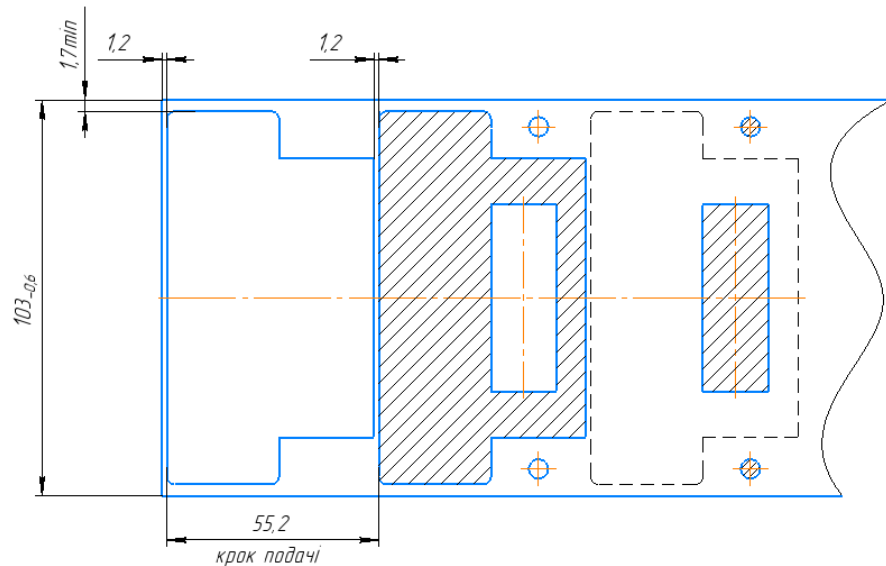


Рис. 1.7. Схема розкрою полоси.

Визначимо коефіцієнт розкрою [2, ст. 290]:

$$K_p = \frac{f_{зг} * np}{B_n * T_p} * 100\% \quad (1.24)$$

$np$  – кількість деталей за один хід штампу;

$T_p = A + b = 96,8 + 1 = 97,8$  мм – крок подачі;

$f_{зг} = 4629,44$  – площа розгорнутої деталі, без пробитого отвору . Для визначення площа використаємо програму Компас, схема для визначення площини Рис. 1.8.

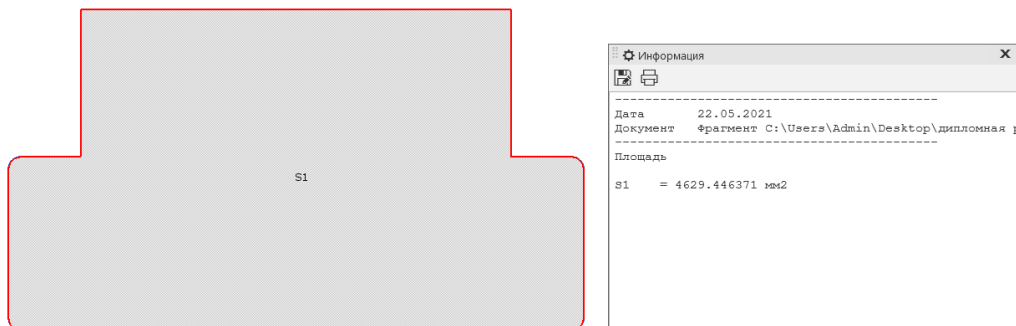


Рис. 1.8. Схема для визначення площа деталі без отвору .

$$K_p = \frac{4629,44 * 1}{103 * 55,2} * 100\% = 81,4\%$$

## 1.5. Вибір способу розкрою листа та визначення коефіцієнту використання матеріалу

Використаємо лист з матеріалу сталь 20 товщиною 0,8 мм з розмірами 1000×2000 з ГОСТ 16523-97.

Визначимо як краще зробити розкрій листа поперечно чи поздовжньо.

При поперечному розкрою листа:

Розрахуємо кількість деталей, що отримано с полоси [3, ст. 35]:

$$n = \frac{B_n - b}{T_p} \quad (1.25)$$

$b$  - бокова перемичка по краю;

$B_n$  - ширина листа;

$T_p = 55,2$  – крок подачі, розрахований при розрахунку коефіцієнту розкрою;

$$n = \frac{1000 - 1,2}{55,2} = 18,09 \approx 18 \text{ деталей}$$

Розрахуємо кількість полос із листа [3, ст. 35]:

$$m = \frac{L_n}{B_n} \quad (1.26)$$

$L_n$  – довжина смуги;

$B_n$  – ширина смуги;

$$m = \frac{2000}{103} = 19,4 \approx 19$$

Розрахуємо кількість деталей [3, ст. 35]:

$$q = n * m = 18 * 19 = 342 \text{ деталей} \quad (1.27)$$

Визначення коефіцієнту використання матеріалу [3, ст. 36]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta = \frac{f_{зг} * q * 100}{F_n} \quad (1.28)$$

$f_{дет}$  – площа деталі, для визначення площини використаємо програму Компас, схема для визначення площини Рис. 1.9.;

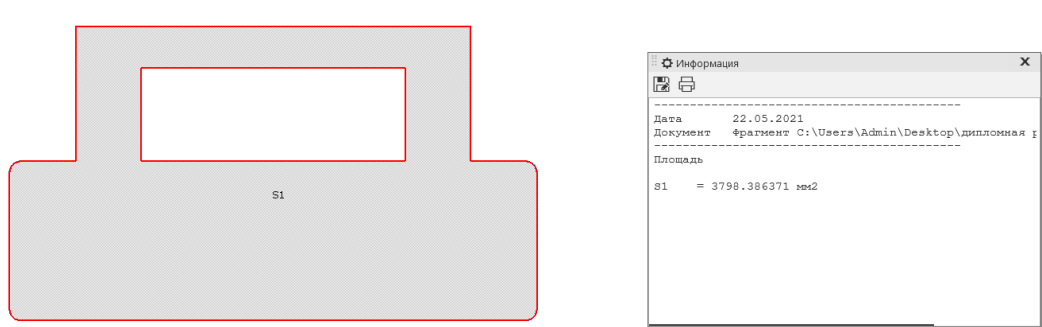


Рис. 1.9. Схема для визначення площа деталі.

$$F_n = L_n * B_n = 2000 * 1000 = 2\,000\,000 \text{ мм}^2 \text{ – площа листа;} \quad (1.29)$$

$$\eta = \frac{3798,38 * 342 * 100}{2000000} = 64,9\%$$

При повздовжньому розкрою листа:

Розрахуємо кількість деталей, що отримано с полоси [3, ст. 35]:

$$n = \frac{B_n - b}{T_p} \quad (1.30)$$

$b$  - бокова перемичка по краю;

$B_n$  - ширина листа;

$T_p = 55,2$  – крок подачі, розрахований при розрахунку коефіцієнту розкрою;

$$n = \frac{2000 - 1,2}{55,2} = 36,2 \approx 36 \text{ деталей}$$

Розрахуємо кількість полос із листа [3, ст. 35]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$m = \frac{L_n}{B_n} \quad (1.31)$$

$L_n$  – довжина смуги;

$B_n$  – ширина смуги;

$$m = \frac{1000}{103} = 9,7 \approx 9$$

Розрахуємо кількість деталей [3, ст. 35]:

$$q = n * m = 36 * 9 = 324 \text{ деталей} \quad (1.32)$$

Визначення коефіцієнту використання матеріалу [3, ст. 36]:

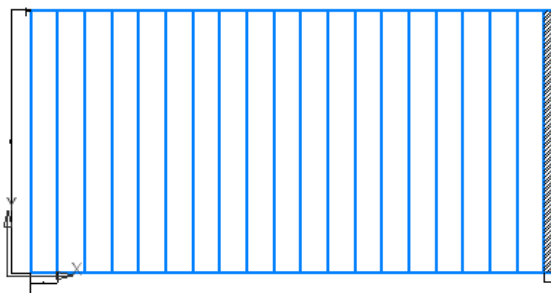
$$\eta = \frac{f_{\text{зг}} * q * 100}{F_n} \quad (1.33)$$

$f_{\text{дет}}$  – площа деталі;

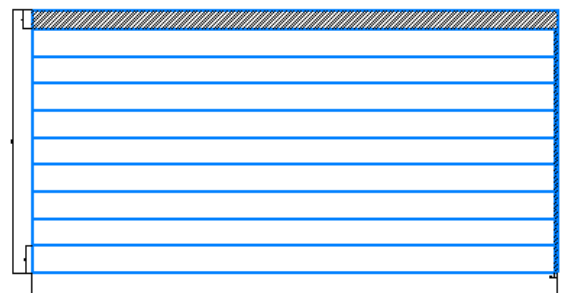
$F_n$  – площа листа;

$$\eta = \frac{3798,38 * 324 * 100}{2000000} = 61,5\%$$

На рис. 1.10. зображена схема розкрою листа



а) поперечний розкрій;



б) повздовжній розкрій.

Рис.1.10. Схеми розкрою листа

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Обираємо поперечний розкрій листа тому, що при даному розкрою листа отримуємо більшу кількість деталей та більший коефіцієнт використаного матеріалу.

### 1.6. Визначення послідовності операцій та її кількості

Технологічний процес виготовлення деталі «Щиток» складається операцій:

- пробиття отвору вирубування контуру деталі, штамп послідовної дії;
- П-подібне гнуття гнуття;
- формування рельєфу;
- гнуття петлі (перша операція);
- гнуття петлі (друга операція);

### 1.7. Розробка технологічного процесу деталі

#### 1.7.1. Розрахунок технологічного зусилля для вирубування та пробивання

Визначимо зусилля для вирубки [1, ст. 56]:

$$P_{\text{вир}} = LS\sigma_{\text{зр}} \quad (1.34)$$

де  $S$  – товщина матеріалу;

$\sigma_{\text{зр}}$  – опір зрізу, беремо з таблиці [1, ст. 478];

$L$  – периметр контуру вирубування, визначимо з програми Компас, схема периметра який вирубується Рис. 1.11.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Информация	
L4	= 3.141593 мм
L5	= 25.200000 мм
L6	= 3.141593 мм
L7	= 2.300000 мм
L8	= 24.800000 мм
L9	= 7.900000 мм
L10	= 72.600000 мм
L11	= 24.800000 мм
L12	= 7.900000 мм
L13	= 2.100000 мм
L14	= 3.141593 мм
L15	= 25.200000 мм
L16	= 3.141593 мм
L17	= 2.300000 мм
Сумма = 298.566371 мм	

Рис. 1.11. Схема периметра який вирубується.

$$P_{\text{вир}} = 298,5 * 0,8 * 320 = 76416 \text{ Н} \approx 76,4 \text{ кН}$$

Визначимо зусилля для пробивання [1, ст. 56]:

$$P_{\text{пр1}} = LS\sigma_{\text{зр}} \quad (1.35)$$

де  $S$  – товщина матеріалу;

$L$  – периметр контуру отвору який пробивається;

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 \quad (1.36)$$

$l_1$  – довжина отвору;

$$L = 48,6 + 48,6 + 17,1 + 17,1 = 131,4$$

$\sigma_{\text{зр}}$  – опір зрізу для пробивання, визначаємо з таблиці [1, ст. 478];

$$P_{\text{пр1}} = 131,4 * 0,8 * 320 = 33638 \text{ Н} \approx 33,6 \text{ кН}$$

Визначимо зусилля для пробивання [1, ст. 56]:

$$P_{\text{пр2}} = P_{\text{пр3}} = LS\sigma_{\text{зр}} \quad (1.37)$$

де  $S$  – товщина матеріалу;

$L$  – периметр контуру отвору який пробивається;

$$L = \pi * D \quad (1.38)$$

$D$  – діаметр отвору;

$$L = 3,14 * 5 = 15,7 \text{ мм}$$

Розрахуємо зусилля:

$$P_{\text{пр2}} = P_{\text{пр3}} = 15,7 * 0,8 * 320 = 4019 \text{ Н} \approx 4 \text{ кН}$$

Розрахуємо сумарне зусилля для даної операції :

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{пр1}} + P_{\text{пр2}} + P_{\text{пр3}} + P_{\text{вир}} = 33,6 + 4 + 4 + 76,4 = 118 \text{ кН} \quad (1.39)$$

Визначаємо найменше зусилля пресу для вирубування. Визначаємо попередньо зусилля пресу. Для цього потрібно зусилля вирубування збільшити на 30%;

$$P_{\text{тех}} = 1,3 * P_{\text{сум}} = 1,3 * 118 = 153 \text{ кН} \quad (1.40)$$

За визначеним зусиллям попередньо вибираємо кривошипний прес КД 2122.

### 1.7.2. П-подібне гнуття

На Рис. 1.12. зображено креслення деталі після П-подібного гнуття.

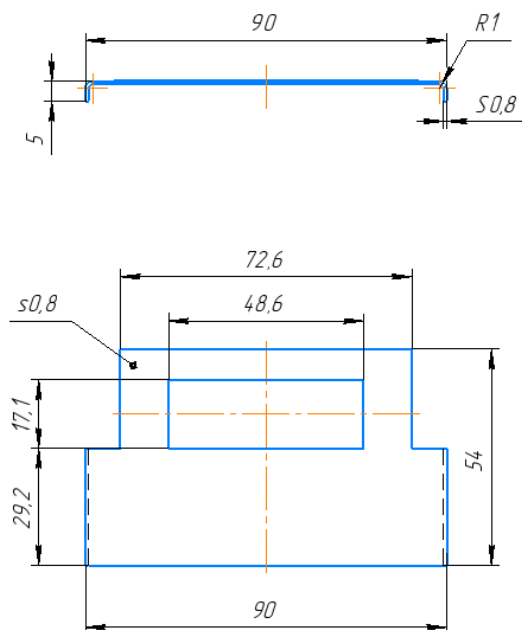


Рис. 1.12. Креслення деталі після П-подібне гнуття.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Змоделюємо процес П-подібного гнуття, для моделювання процесу, необхідно визначити виконавчі розмір для пуансона та матриці, для розміру деталі  $90h14(-0,87)$ .

Визначимо виконавчий розмір для матриці за формулою [1, ст. 199]:

$$A_M = (A_g - K_\Delta \Delta)^{+\delta''_M} \quad (1.41)$$

$A_g = 90$  – номінальний розмір деталі після гнуття;

$K_\Delta = 0,4 \div 0,5$  – коефіцієнт який визначає долю допуска;

$\Delta = 0,87$  – відхилення розміру деталі;

$\delta''_M$  – відхилення на розмір матриці беремо по Н8;

$$A_M = (90 - 0,4 * 0,87)^{+0,054} = 89,66^{+0,054}$$

Визначимо виконавчий розмір для пуансона за формулою [1, ст. 199]:

$$A_\Pi = (A_M - 2z_{Г6})_{-\delta''_\Pi} \quad (1.42)$$

$A_M$  – виконавчий розмір матриці;

$z_{Г6}$  – односторонній зазор [1, ст. 199];

$$z_{Г6} = S + SK_z \quad (1.43)$$

$S$  – товщини матеріалу;

$K_z = 0,18$  – коефіцієнт, який визначимо з таблиці [1, ст. 199];

$$z_{Г6} = 0,8 + 0,8 * 0,18 = 0,94$$

$\delta''_\Pi$  – відхилення на розмір пуансона беремо h8;

$$A_\Pi = (89,66 - 2 * 0,94)_{-0,054} = 87,78_{-0,054}$$

Розрахуємо висоту матриці, за формулою [1, ст. 200]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_M = r'_M + h'_M + h''_M \quad (1.44)$$

$r'_M = 3$  – радіус матриці, визначимо з таблиці [1, ст. 200];

$h'_M = 11$  – висота заходу деталі, визначимо з таблиці [1, ст. 200];

$h''_M$  – висота заходження виштовхувача в матриці, визначаємо конструктивно в залежності від умови;

$$h''_M \geq 0,1A_M \quad (1.45)$$

$$h''_M = 10 \geq 0,1 * 89,66 = 8,96$$

$$H_M = 3 + 11 + 10 = 24 \text{ мм}$$

Задамо чисельний експеримент в програмному комплексі DEFORM, даній задачі перевіримо як впливає на зусилля постановка задачі в пластичному та пружно-пластичному стані, матеріал задамо як ASIS-1015, схема гнуття Рис. 1.13.

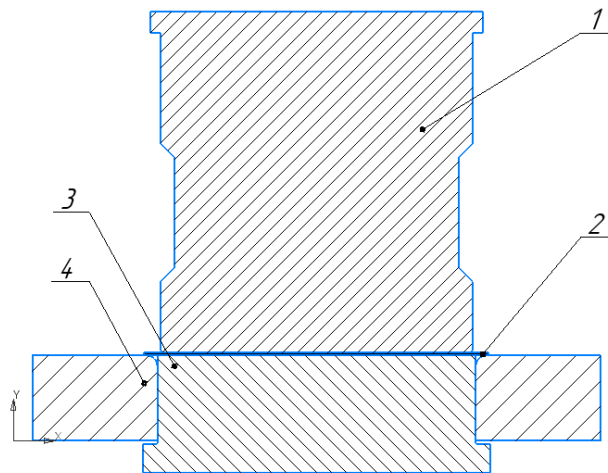


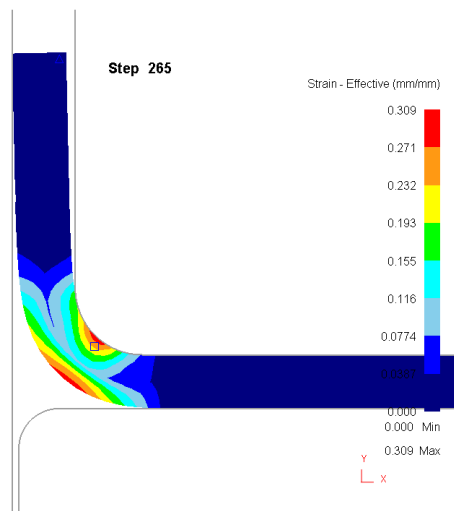
Рис. 1.13. Схема гнуття.

Змоделюємо даний процес з критерієм руйнування Normalized Cockcroft & Latham:

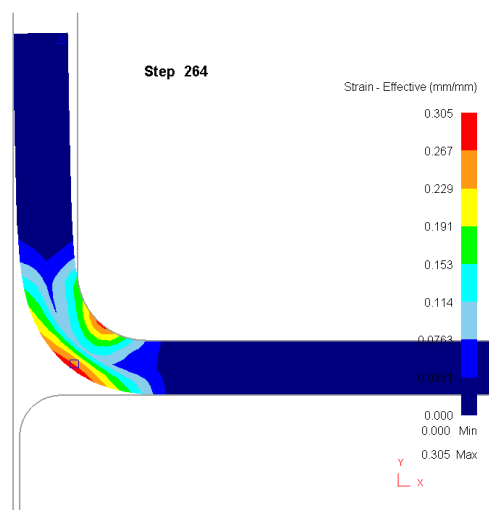
$$\int \frac{\bar{\sigma}^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon} \quad (1.46)$$

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після моделювання виведемо порівняємо картину інтенсивності деформації Рис 1.14. та небезпеки руйнування Рис. 1.15., при постановці пластичної та пружно-пластичної задачі.



а) Пластична задача

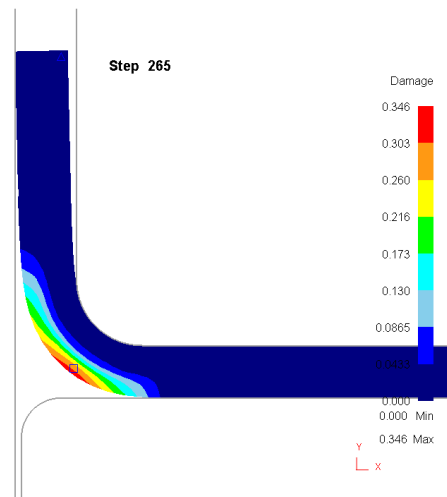


б) Пружно-пластична задача

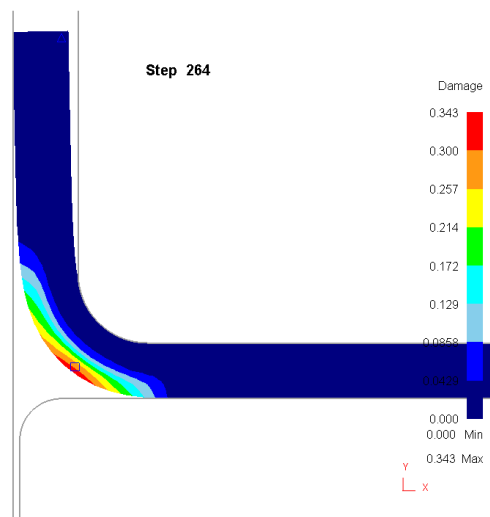
Рис. 1.14. Інтенсивність деформації.

З діаграми інтенсивності деформації для обох моделей видно що різниця у значеннях - в межах 1%, тому якщо не стоїть задача врахувати пружні деформації - краще використовувати пластичну модель, для спрощення та пришвидшення моделювання.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



а) Пластична задача



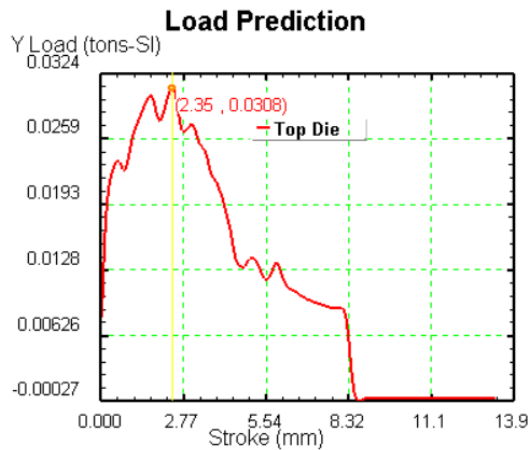
б) Пружно-пластична задача

Рис. 1.15. Діаграма небезпеки руйнування.

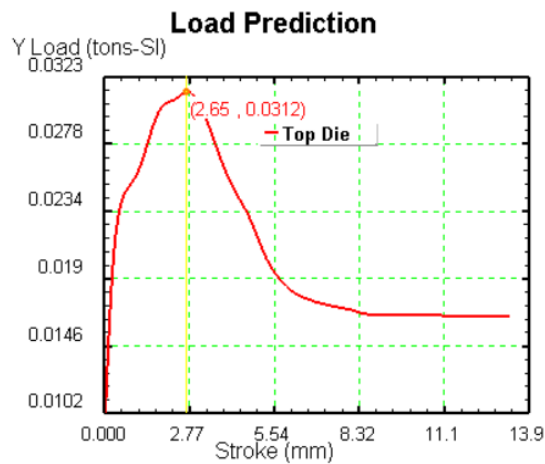
З діаграми небезпеки руйнування для обох моделей видно що руйнування не відбудеться так як граничні значення при яких відбувається руйнування за критерієм Normalized Cockcroft & Latham становлять 0,5...0,55 дані значення приведені в статті [5], а в нашому випадку при пластичній задачі 0,346, а при моделюванні пружно-пластичної задачі 0,343.

З чисельного експерименту визначимо зусилля, перевіримо чи впливає постановка задачі в пластичному стані та Пружно-пластичному стані на зусилля, графіки зусиль зображені на Рис. 1.16.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



а) Графік зусиль при моделюванні пластичної задачі.



б) Графік зусиль при моделюванні Пружно-пластичної задачі.

Рис. 1.16 Графік зусиль.

З графіків зусиль видно що при моделюванні Пружно-пластичної та пластичної задачі, найбільше зусилля не відрізняється більше ніж 5%, тому при моделюванні наступних задач для гнуття для зменшення часу на чисельний експеримент в програмному комплексі DEFORM, я буду використовувати постановку пластичної задачі.

Розрахуємо повне зусилля гнуття за формулою:

$$P_{\text{гнуття}} = B * P_{\text{мод}} \quad (1.47)$$

$B$  – ширина гнутої частини;

$P_{\text{пр.мод.}} = 0,00312 \text{ т. с.} = 3,12 \text{ кгс} = 30,5 \text{ Н}$  – зусилля яке визначене при моделюванні опере рації;

$$P_{\text{опер}} = 29,2 * 30,5 = 890 \text{ Н}$$

Розрахуємо зусилля притискача [1, ст. 211]:

$$P_{\text{пр}} = 0,3P_{\text{гнуття}} = 0,3 * 890,6 = 267 \text{ Н} \quad (1.48)$$

Розрахуємо зусилля операції:

$$P_{\text{опер}} = P_{\text{гнуття}} + P_{\text{пр}} = 890 + 267 = 1157 \text{ Н} = 1,1 \text{ кН} \quad (1.49)$$

### 1.7.3. Формування рельєфності

На рисунку Рис. 1.17. зображене креслення необхідного утворення рельєфності.

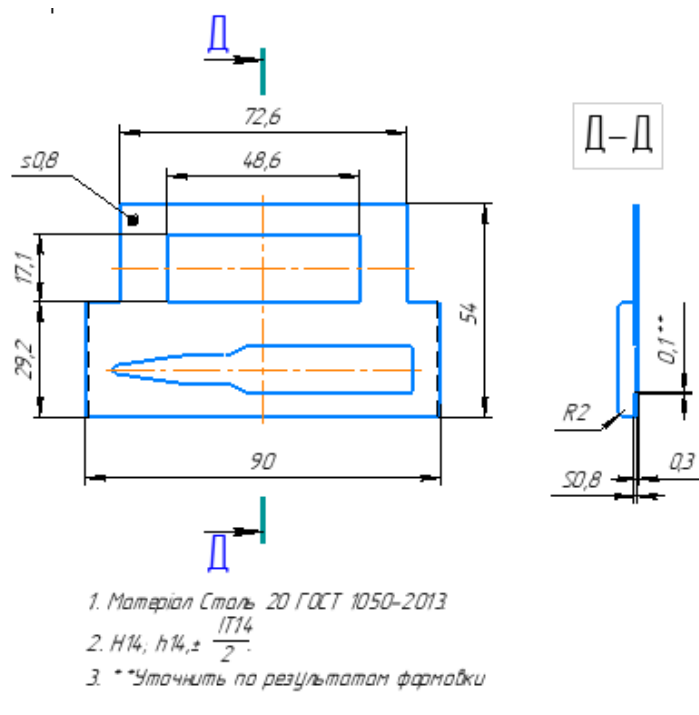


Рис. 1.17. Креслення необхідного утворення рельєфності.

Змоделюємо процес утворення рельєфу на деталі. Так як процес не схожий на рельєфне формування, чеканку чи на таврування (клеймування). Цей процес більше схожий на вирубкування який не доводиться до кінця. Тому що при роздільній операції вирубкуванні чи пробиванні, заготовка проходить три стадії:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- Перша стадія – пружно деформація;
- Друга стадія – пластична деформація;
- Третя стадія – розділова (руйнування);

Тому для формування нерівності потрібно щоб процес протікав до другої стадії.

Так як на величину зони пластичної впливає зазор між матрицею та пуансоном. Порівняємо оптимальний зазор між пуансоном та матриці для даного матеріалу Сталь 20 та товщиною між внутрішнім контуром куті та зовнішнім контуром.

$$z_{\text{опт}} = 0,032 < z_{\text{конт}} = 0,1 \quad (1.50)$$

Тому зона пластичної деформації деформування буде більша при зазорі 0,1.

Перевіримо чи закінчя формування нерівності в другій стадії пластичної деформації, для цього необхідно змодельовати процес чисельний експеримент в програмному комплексі DEFORM, дану задачу задамо як пластичну, матеріал задамо як ASIS-1015, задамо два значення зазору 0,1 та 0,15 та перевіримо який зазор краще підійде для нашої операції, схема утворення рельєфного формування Рис. 1.18.

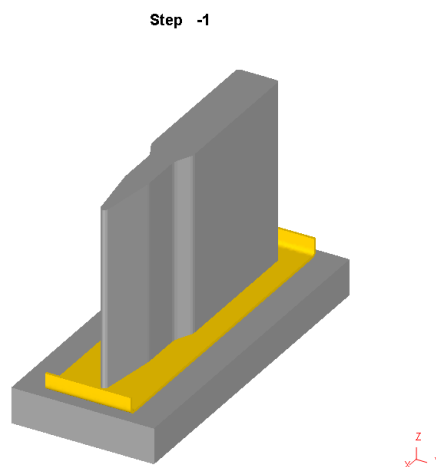


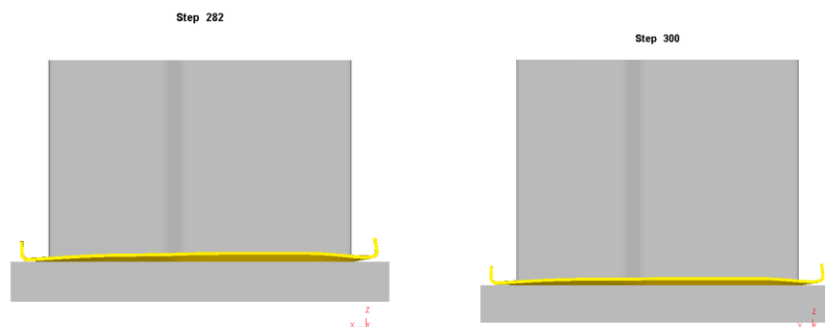
Рис. 1.18. Схема рельєфного формування.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

При моделюванні процесу будемо використовувати критерій руйнування Normalized Cockcroft & Latham:

$$\int \frac{\bar{\sigma}^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon} \quad (1.51)$$

З результатів моделювання видно що не залежності від зазору заготовка вигинається, наприклад «Рис. 1.19. Результати моделювання рельєфного формування».



а) Зазор між пуансоном та матрицею 0,1

б) зазор між пуансоном та матрицею 0,15

Рис. 1.19. Результати моделювання рельєфного формування.

Для того щоб усунути даний дефект змінимо форму пуансону з калібруючими полками, та змоделюємо задачу з від'ємним зазором -0,1, тобто формо утворюючий отвір матриці менший ніж пуансон. З моделюємо задачу з новим пуансоном, результат зображений на «Рис. 1.20. Результат моделювання рельєфного формо утворення з пунсоном з калібруючими полками».



а) Зазор між пуансоном та матрицею 0,1



б) зазор між пуансоном та матрицею 0,15



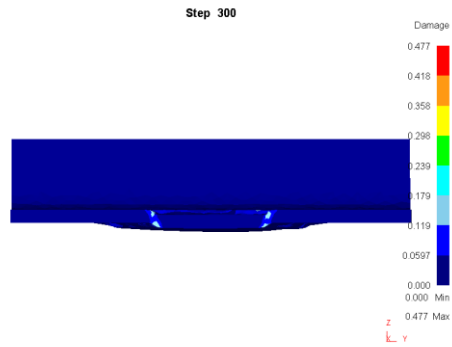
в) Зазор між пуансоном та матрицею -0,1

Рис. 1.20. Результат моделювання рельєфного формуванню з пуансоном з калібруючими полками

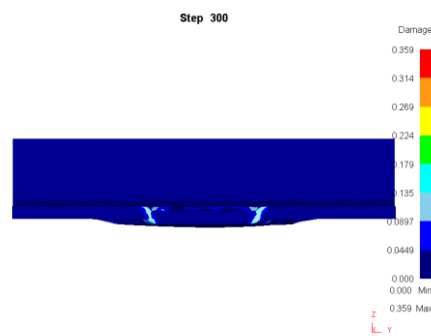
Результати з новим пуансоном задовольняють вимоги для деталі.

Після моделювання даної задачі з діаграми дізнаємось чи відбудеться руйнування, схема діаграм небезпеки руйнування при моделюванні Рис. 1.21.

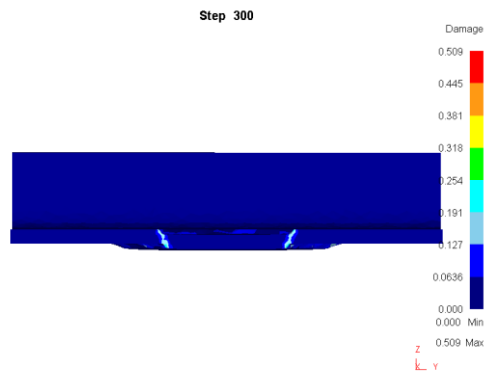
					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а) Зазор між пуансоном та матрицею 0,1



б) зазор між пуансоном та матрицею 0,15



в) Зазор між пуансоном та матрицею -0,1

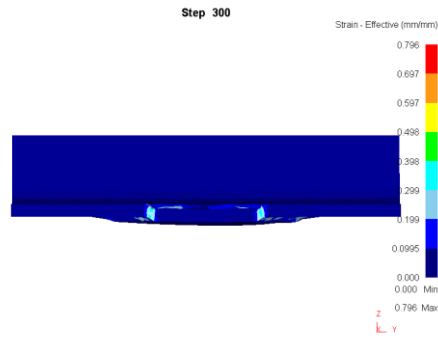
Рис. 1.21. Діаграма небезпеки руйнування.

З діаграми небезпеки руйнування бачимо що руйнування не відбудеться так як граничні значення при яких відбувається руйнування за критерієм Normalized Cockcroft & Latham становлять 0,5...0,55 дані значення приведені в статті [5], критерій, а в нашому випадку при за зорі 0,1

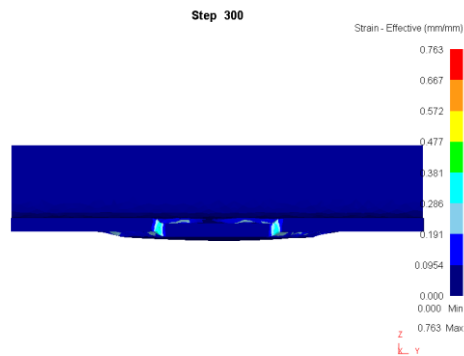
					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

максимальне значення дорівнює 0,239, а при зазорі 0,15 максимальне значення дорівнює 0,179, при зазорі -0,1 максимальне значення 0,254.

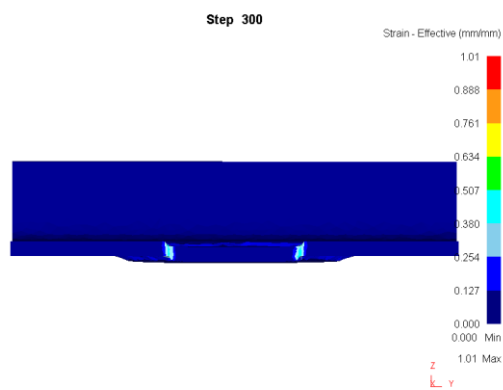
Картина розподілу інтенсивності деформації зображена на рисунку Рис. 1.22.



а) Зазор між пуансоном та матрицею 0,1



б) зазор між пуансоном та матрицею 0,15



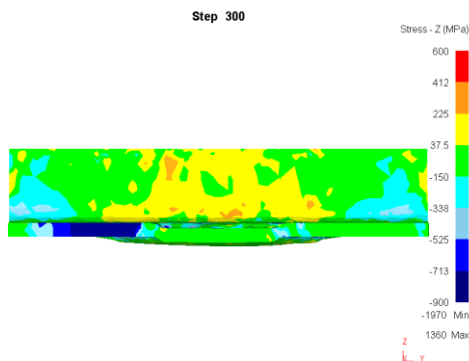
в) Зазор між пуансоном та матрицею -0,1

Рис. 1.22. Картина розподілу інтенсивності деформації при рельєфному формуванні.

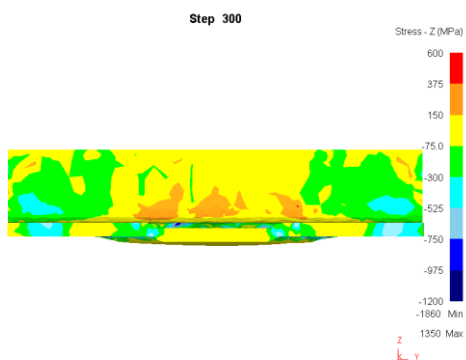
					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

З діаграми інтенсивності деформації видно що при відемному зазорі краща геометрія деталі так як більше значення інтенсивності деформації.

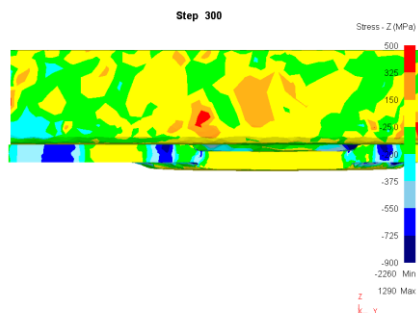
Виведемо картину напруження, картина напруження в залежності від зазору Рис. 1.23.



а) Зазор між пуансоном та матрицею 0,1



б) зазор між пуансоном та матрицею 0,15



в) Зазор між пуансоном та матрицею -0,1

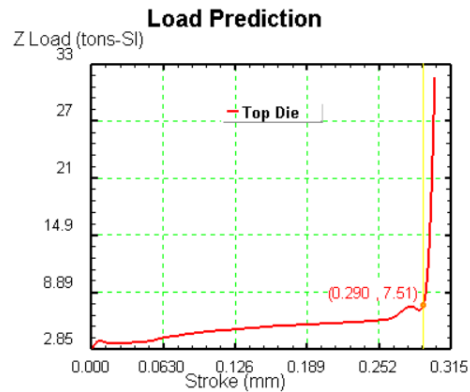
Рис. 1.23. Картина напруження в залежності від зазору

З результатів моделювання видно що при зазорі 0,1 найбільше значення напруження буде на робочих поверхнях дорівнює 525...600 МПа на

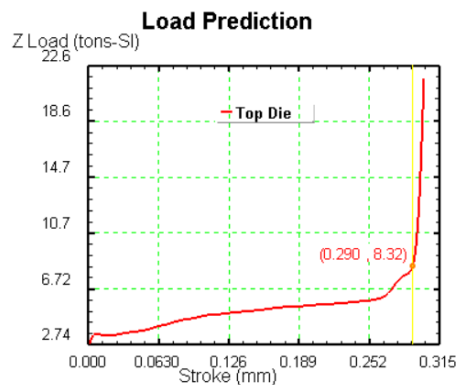
					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стискання, при зазорі 0,15 дорівнює 525...700 МПа на стискання, при зазорі - 0,1 дорівнює 550...725 МПа на стискання, менші значення напруження при зазорі 0,1 означає що стійкість та довговічність інструменту буде більша.

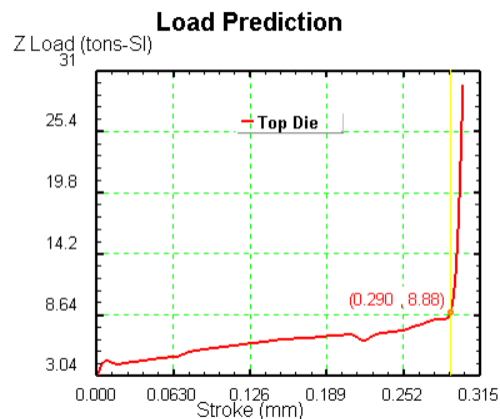
Визначимо яке зусилля необхідне для рельєфного формування в залежності від зазору, даний критерій дізнаємося з діаграми зусиль Рис. 1.24.



а) Зазор між пуансоном та матрицею 0,1



б) зазор між пуансоном та матрицею 0,15



в) Зазор між пуансоном та матрицею -0,1

Рис. 1.24. Графік зусилля.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

З графіка напруження при зазорі 0,1 зусилля буде дорівнювати 7,51 т.с.= 73кН, а при зазорі 0,15 дорівнює 8,32 т.с.=81кН, при зазорі -0,1 дорівнює 8,88 т.с.= 87кН, тобто для зазору 0,1 потрібно менше зусилля для деформації.

З результатів чисельного експерименту видно, що три зазори підходять для утворення рельєфу і руйнування не відбуваються, з результатів рекомендовано взяти зазор 0,1 так як менше зусилля деформування, менше напруження на робочих інструментах тому вони буду більш стійкі та більш довговічні.

#### 1.7.4. Гнуття петлі (перша операція)

На рисунку Рис. 1.25. зображене креслення після першої операції гнуття петлі.

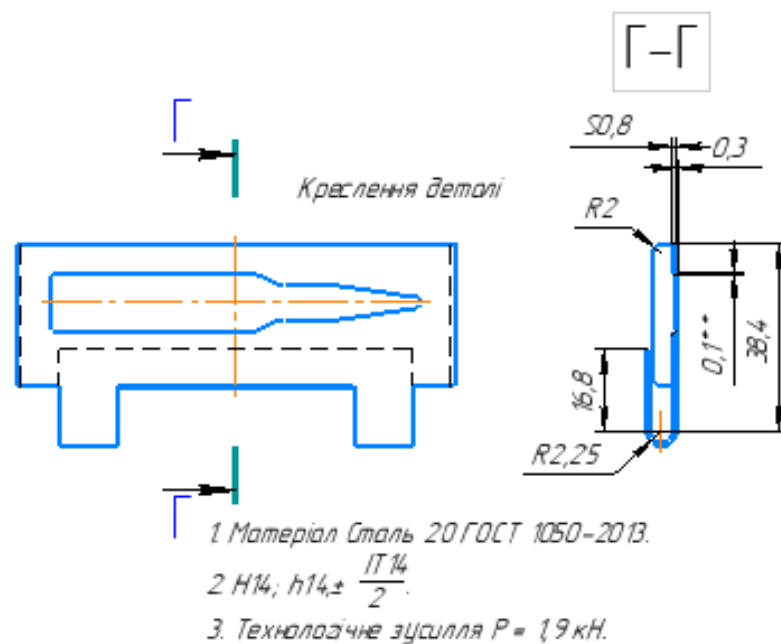


Рис. 1.25. креслення деталі після першої операції гнуття петлі.

Для визначення всіх необхідних технологічних параметрів зробимо моделювання процесу, необхідно визначити розмір для пуансона та матриці.

Так як дана операція є підготовча, збільшимо радіус гнуття деталі з R2,1 мм на R2,2 мм для простішого встановлення оправки для наступної операції.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Визначимо виконавчий розмір для пуансона за формулою [1, ст. 199]:

$$A_n = (A_g + K_\Delta \Delta)_{-\delta''_n} \quad (1.52)$$

$A_g = R2,2 = \emptyset 4,4$  – номінальний розмір деталі після гнуття, так як нам необхідно товщина пуансона збільшимо радіус гнуття в два рази;

$K_\Delta = 0,4 \div 0,5$  – коефіцієнт який визначає долю допуска;

$\Delta = 0,25$  – відхилення розміру деталі;

$\delta''_n$  – відхилення на розмір  $A_n$ , визначаємо за формулою [1, ст. 199]:

$$\delta''_n = 0,8 K_\Delta \Delta = 0,8 * 0,4 * 0,25 = 0,08 \quad (1.53)$$

$$A_n = (4,4 + 0,4 * 0,25)_{-0,08} = 4,5_{-0,08} = 2,25_{-0,08}$$

Визначимо виконавчий розмір для матриці за формулою [1, ст. 199]:

$$A_m = (A_n + 2z_{r6})^{+\delta''_m} \quad (1.54)$$

$A_n$  – виконавчий розмір пуансона;

$z_{r6}$  – односторонній зазор [1, ст. 199];

$$z_{r6} = S + SK_z \quad (1.55)$$

$S$  – товщини матеріалу;

$K_z = 0,1$  – коефіцієнт, який визначимо з таблиці [1, ст. 199];

$$z_{r6} = 0,8 + 0,8 * 0,1 = 0,88$$

$\delta''_m$  – відхилення на розмір матриці, визначаємо за формулою [1, ст. 199]:

$$\delta''_m = 0,8 \delta''_n = 0,8 * 0,08 = 0,06 \quad (1.56)$$

$$A_m = (4,5 + 2 * 0,88)^{+0,06} = 6,26^{+0,06}$$

Розрахуємо висоту матриці, за формулою [1, ст. 200]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_M = r'_M + h'_M + h''_M \quad (1.57)$$

$r'_M = 3$  – радіус матриці, визначимо з таблиці [1, ст. 200];

$h'_M = 7$  – висота заходу деталі, визначимо з таблиці, але так як дана операція підготовча до наступної операції, тому приймаємо висоту [1, ст. 200];

$h''_M$  – висота заходження виштовхувача в матриці, визначаємо конструктивно в залежності від умови;

$$h''_M \geq 0,1A_M \quad (1.58)$$

$$h''_M = 2 \geq 0,1 * 6,26 = 0,626$$

$$H_M = 3 + 7 + 2 = 12 \text{ мм}$$

Задамо чисельний експеримент в програмному комплексі DEFORM, дану задачу задамо як пластичну, матеріал задамо як ASIS-1015, схема гнуття Рис. 1.26.

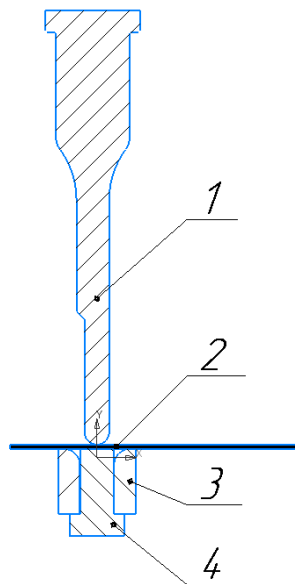


Рис. 1.26. Схема гнуття.

На схемі зображено гнуття (рис. 1.26.) 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матриця; 4 – виштовхувач;

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Приданому моделюванні перевіримо декілька критерій руйнування, таких як:

Normalized Cockcroft & Latham

$$\int \frac{\bar{\sigma}^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon} \quad (1.59)$$

Brozzo

$$\int \frac{2\sigma^*}{3(\sigma^* - \sigma_m)} d\bar{\epsilon} \quad (1.60)$$

Maximum principal stress / ultimate tensile strength

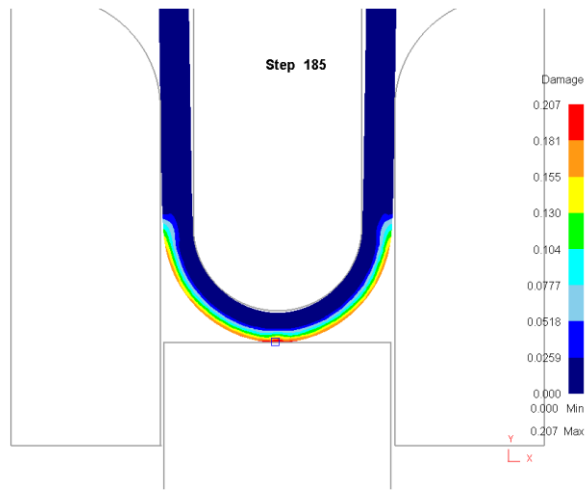
$$\frac{\bar{\sigma}_{max}}{\bar{\sigma}_{ult}} \quad (1.61)$$

Де значення  $\bar{\sigma}_{ult}$  беремо з діаграми зміцнення для сталі ASIS-1015 яка дорівнює 752 МПа.

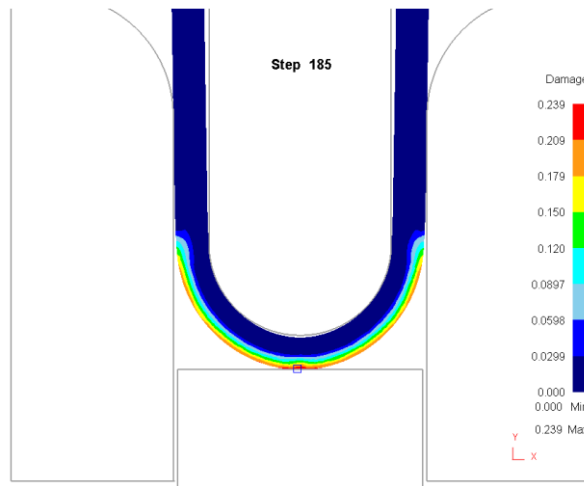
Так як дана операція є підготовча до наступної операції, підберемо експериментально значення зусилля виштовхувача який також виконує роль притискача, задамо зусилля виштовхувача в 15 Ньютон. Змоделюємо дану задачу.

Після моделювання даної задачі з діаграми дізнаємось чи відбудеться руйнування, схема діаграм моделювання Рис. 1.27.

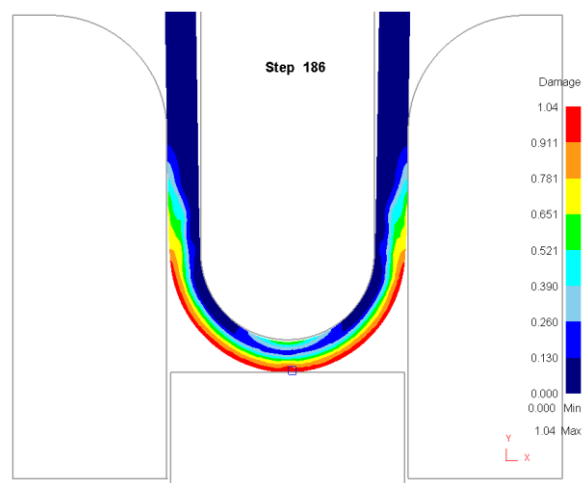
					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



a) Normalized Cockcroft & Latham



б) Brozzo



в) Maximum principal stress / ultimate tensile strength

Рис. 1.27. Діаграма небезпеки руйнування.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ

Арк.

42

Так як відносний радіус гнуття який ми визначили в розділі «перевірка технологічності деталі при гнуті» менший за фактичний  $\frac{r}{S} = \frac{2.2}{0.8} = 2,75$  тому руйнування не відбудеться, з діаграм небезпеки руйнування бачимо що критерії руйнування Normalized Cockcroft & Latham значення якого 0,207 та Brozzo значення якого 0,239 дають коректні дані, так як граничні значення при яких відбувається руйнування за критерієм Normalized Cockcroft & Latham становлять 0,5...0,55, критерій , а при к Brozzo 0,65...0,7 дані значення приведені в статті [5], критерій руйнування Maximum principal stress / ultimate tensile strength данні не коректні.

Картина розподілу інтенсивності деформації зображена на рисунку Рис. 1.28.

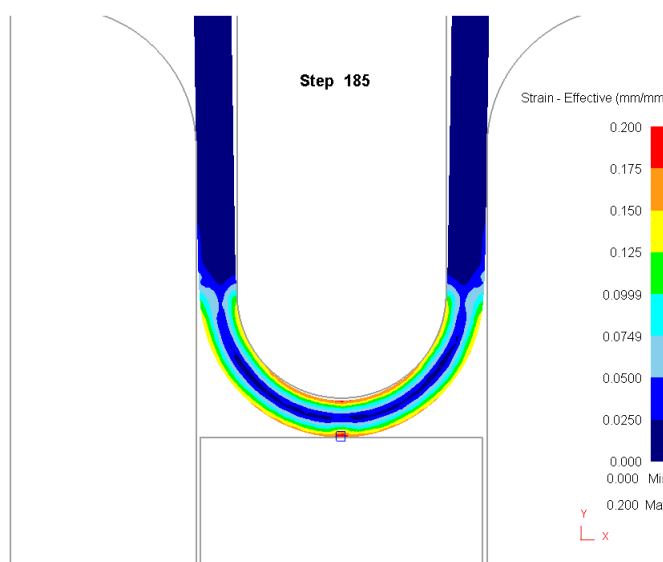


Рис. 1.28. Картина розподілу інтенсивності деформації при гнуті.

З чисельного експерименту визначимо зусилля, так як критерій руйнування не впливає на графік зусилля, тому графік зусилля беремо будь-якої експерименту, графік зусилля для даної операції Рис.1.29.

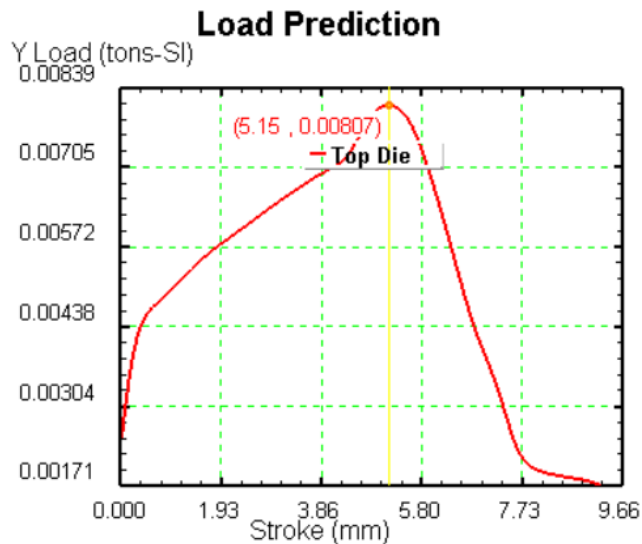


Рис. 1.29. Графік зусилля.

З даного графіку ми бачимо що найбільше зусилля операції дорівнює 0,00807 т.с., яке діє на одному миліметру деталі яку ми розраховуємо. Розраховуємо повне зусилля операції за формулою:

$$P_{\text{опер}} = B * P_{\text{мод}} \quad (1.62)$$

$B$  – ширина гнutoї частини;

$P_{\text{пр.мод.}} = 0,00807 \text{ т.с.} = 8,07 \text{ кгс} = 79,8 \text{ Н}$  – зусилля яке визначене при моделюванні операції;

$$P_{\text{опер}} = 24 * 79,8 = 1915,2 \text{ Н}$$

Розраховуємо зусилля притискача за формулою:

$$P_{\text{пр}} = B * P_{\text{пр.мо.}} \quad (1.63)$$

$B$  – ширина гнutoї частини;

$P_{\text{пр.мод.}} = 15 \text{ Н}$  – зусилля яке визначене при моделюванні операції, дане зусилля визначаємо експериментально, але за умови що деталь не відстає від пуансона більше ніж 0,06, відстань на скільки заготовка відстає від пуансона Рис. 1.30.;



Для визначення необхідних технічних параметри змодельємо чисельний експеримент в програмному комплексі DEFORM, дану задачу задамо як пластичну, матеріал задамо як ASIS-1015, перевіримо чи можливо зігнути петлю без оправки, схема гнуття Рис. 1.32.

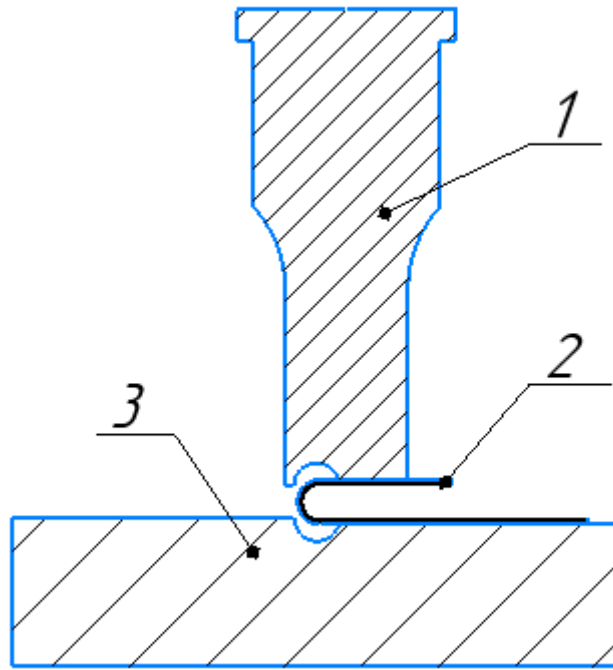


Рис. 1.32. Схема гнуття.

На схемі зображено гнуття (рис. 1.32.) 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матриця;

Так як для підготовчої операції гнуття ми використовували три критерії руйнування проведемо перевірку який критерій підходить для гнуття листового матеріалу.

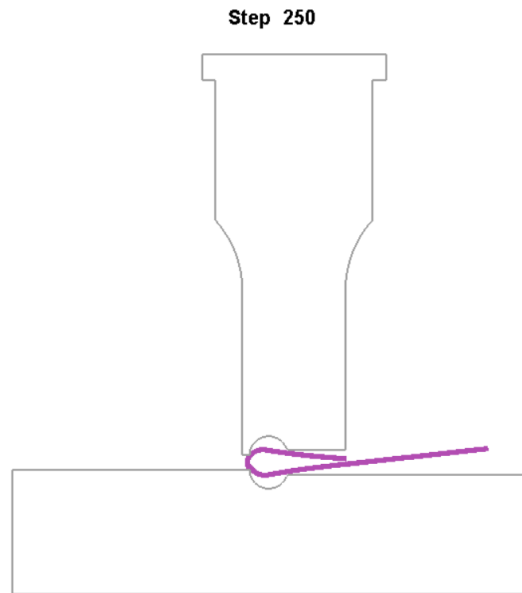


Рис. 1.33 Не коректна схема гнуття.

Без оправки зігнути петлю не виходить, тому для того щоб утворився внутрішній радіус деталі необхідна оправка.

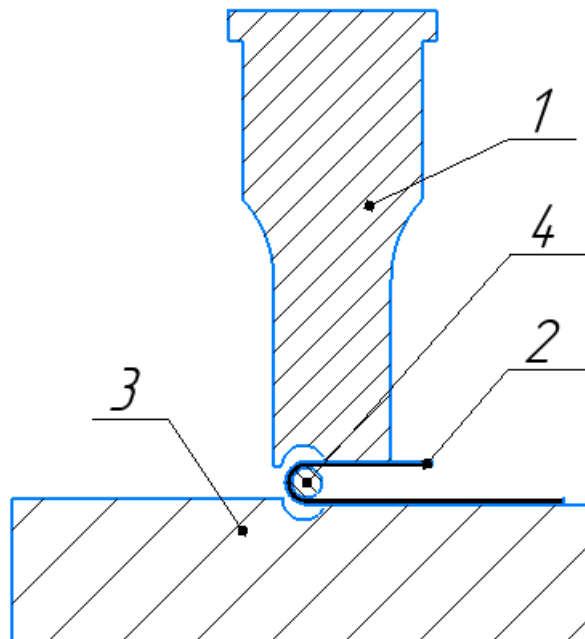
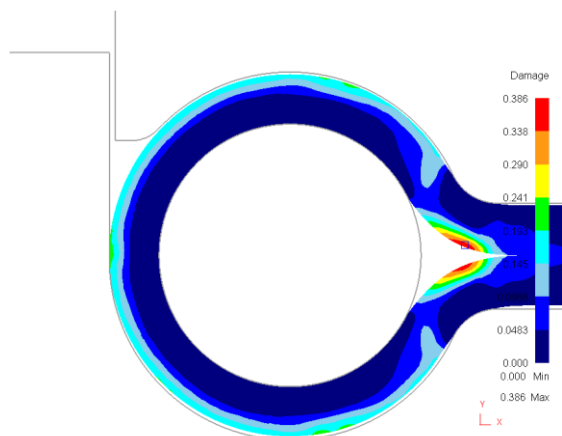


Рис. 1.34. Схема гнуття з оправкою.

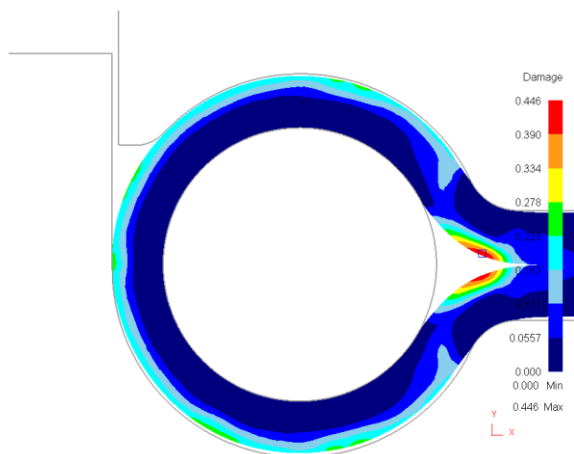
На схемі зображено гнуття (рис. 1.34.) 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матриця; 4 – оправка;

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

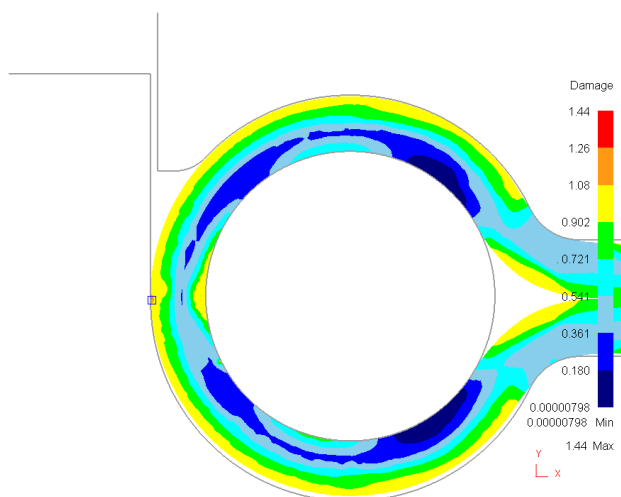
Після моделювання даної задачі з діаграми дізнаємось чи відбудеться руйнування, схема діаграм моделювання Рис. 1.35.



а) Normalized Cockcroft & Latham



б) Brozzo



в) Maximum principal stress / ultimate tensile strength

Рис. 1.35. Діаграма небезпеки руйнування.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Так як відносний радіус гнуття який ми визначили в розділі «перевірка технологічності деталі при гnutí» менший за фактичний  $\frac{r}{S} = \frac{0,8}{0,8} = 1$  тому руйнування не відбудеться, з діаграм небезпеки руйнування бачимо що критерії руйнування Normalized Cockcroft & Latham значення якого 0,386 та Brozzo значення якого 0,446 дають коректні дані, так як граничні значення при яких відбувається руйнування за критерієм Normalized Cockcroft & Latham становлять 0,5...0,55, критерій , а при к Brozzo 0,65...0,7 дані значення приведені в статті [5], критерій руйнування Maximum principal stress / ultimate tensile strength данні не відповідають дійсності так як даний критерій показує не коректне місце руйнування, тому даний критерій не підходить для операцій з листовим матеріалом.

Порівняємо інтенсивність деформації в залежності від критерію руйнування, картина розподілу інтенсивності деформації зображена на рисунку Рис. 1.36.

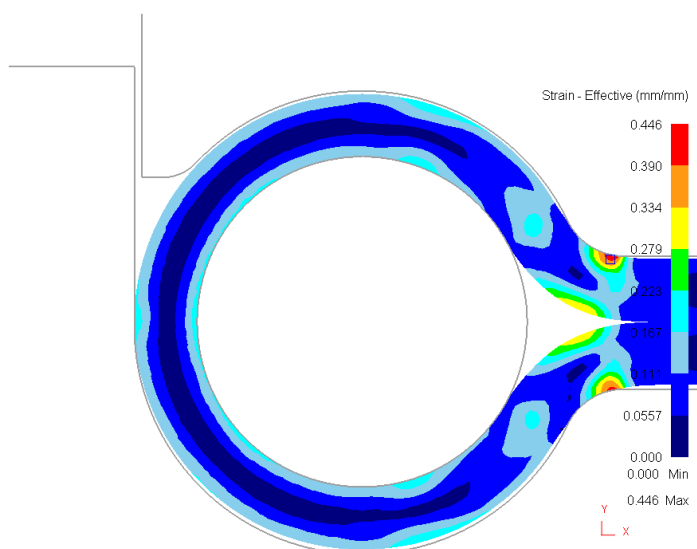


Рис. 1.36. Картина розподілу інтенсивності деформації при гnutí.

З чисельного експерименту визначимо зусилля, так як критерій руйнування не впливає на графік зусилля, тому графік зусилля беремо будь-якої експерименту, графік зусилля для даної операції Рис.1.37.

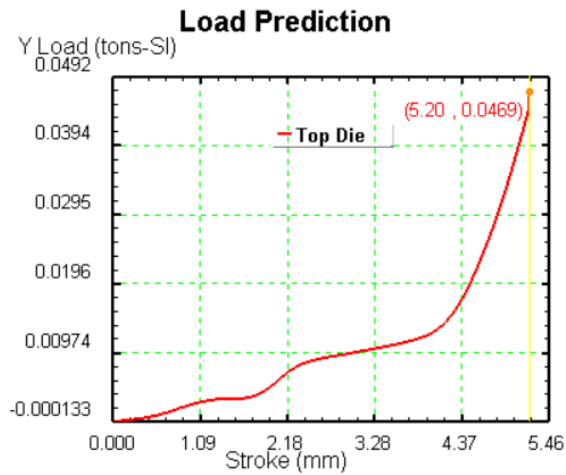


Рис. 1.37. Графік зусилля.

З даного графіку ми бачемо що найбільше зусилля операції дорівнює 0,0469 т.с., яке діє на одному міліметру деталі яку ми розраховуємо. Розрахуємо повне зусилля операції за формулою:

$$P_{\text{опер}} = B * P_{\text{мод}} \quad (1.65)$$

$B$  – ширина гнutoї частини;

$P_{\text{пр.мод.}} = 0,0469 \text{ т.с.} = 46,9 \text{ кгс} = 459,9 \text{ Н}$  – зусилля яке визначене при моделюванні операції;

$$P_{\text{опер}} = 24 * 459,9 = 11037,6 \text{ Н} = 11 \text{ кН}$$

## 2. ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПІВ

### 2.1. Проектування штампу для вирубування та пробивання

(ДП.МД-п8106.05.100.00 СК)

#### 2.1.1. Проектування матриці

Для проектування матриці використовуємо рекомендації з літератури [1, ст. 74], визначимо габаритні розміри матриці для вирубки. Матеріал матриці обираємо У10А. Визначимо товщину матеріалу за формулою [1, ст. 76]:

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

$a_p, b_p$  – розміри робочої зони матриці;

$S$  – товщина матеріалу;

$K_M$  – коефіцієнт [2,ст. 76];

$$H_M = 0,8 + 1\sqrt{101,5 + 97} + 7 = 21,8 \text{ мм}$$

Отримане значення вибираємо по стандартному ряду 25 мм.

Виходячи з матеріалу розрахуємо мінімально можливу відстань між краєм робочої зони до краю матриці за формулою:

$$e_6 = 1,5H_M = 1,5 * 25 = 37,5 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Від країв робочої зони відкладаємо по 37,5 мм і отримаємо ширину матриці 172 мм та довжину 176,5 мм. Приймаємо габарити матриці 200×200.

Форму та розмірі робочого отвору матриці беремо з [1, ст.81]. Приймаємо перший тип отвору з глибиною ріжучої кромки 6 мм.

Діаметри гвинтів і штифтів для кріплення матриці беремо з таблиці залежності від зусилля та найбільшому розміру матриці [1, ст. 77], в моєму випадку приймаємо гвинти М10, штифти приймаємо діаметром 10 мм.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Координати розміщення гвинтів і штифтів на матриці беремо з таблиці [1, ст. 77].

$l_1 = 15$  – найменша відстань від краю матриці до осі кріпильного отвору, при умові що в матриці немає отворів під головку гвинтів.

$l_2 = 20$  – мінімальна відстань між осями гвинта та штифта.

Визначимо найменшу відстань від робочої зони до отворів під штифт та гвинти:

$$e_5 = 0,8d_{o.v.} = 0,8 * 11 = 8,8 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Визначимо найменшу відстань від краю матриці до центра осі отвору для гвинтів та штифтів:

$$e_7 = 1,2d_{o.v.} = 1,2 * 11 = 13,2 \text{ мм} \quad (2.4)$$

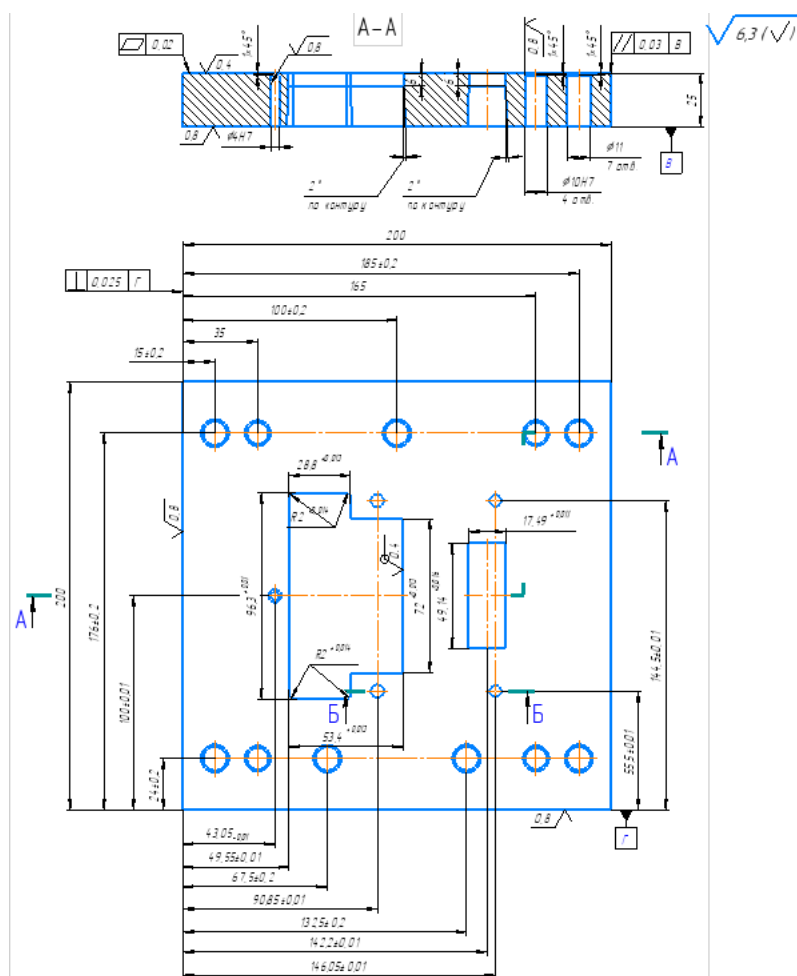


Рис. 2.1. Креслення матриці для вирубування-пробивання.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## 2.1.2. Виконавчі розміри матриці та пуансона

Вибираємо оптимальний двосторонній зазор, виберемо з таблиці в залежності від товщини матеріалу та опору зрізу [1, ст. 67]:

$$z = 0,04$$

$$\Delta_z = 0,02$$

Розрахуємо розміри 48,6Н14(+0,62) – отримується пробиванням основним інструментом пуансоном, розмір зменшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $P_{3H} = 0,5$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,016$$

$$\delta_{II} = -0,007$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

$$L_M = (L_H + P_{3H} + z)^{+\delta_M} \quad (2.5)$$

$$L_{II} = (L_H + P_{3H})_{-\delta_{II}} \quad (2.6)$$

$$L_M = (48,6 + 0,5 + 0,04)^{+0,016} = 48,6^{+0,016}$$

$$L_{II} = (48,6 + 0,5)_{-0,007} = 49,1_{-0,007}$$

Розрахуємо розміри 17,1Н14(+0,43) – отримується пробиванням основним інструментом пуансоном, розмір зменшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $P_{3H} = 0,35$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,011$$

$$\delta_{II} = -0,008$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_M = (L_H + \Pi_{3H} + z)^{+\delta_M} \quad (2.7)$$

$$L_{II} = (L_H + \Pi_{3H})_{-\delta_{II}} \quad (2.8)$$

$$L_M = (17,1 + 0,35 + 0,04)^{+0,011} = 17,49^{+0,011}$$

$$L_{II} = (17,1 + 0,35)_{-0,008} = 17,49_{-0,008}$$

Розрахуємо розміри  $\emptyset 5H14(+0,3)$  – отримується пробиванням основним інструментом пуансоном, розмір зменшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $\Pi_{3H} = 0,25$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,012$$

$$\delta_{II} = -0,008$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

$$L_M = (L_H + \Pi_{3H} + z)^{+\delta_M} \quad (2.9)$$

$$L_{II} = (L_H + \Pi_{3H})_{-\delta_{II}} \quad (2.10)$$

$$L_M = (5 + 0,25 + 0,04)^{+0,012} = 5,29^{+0,012}$$

$$L_{II} = (5 + 0,25)_{-0,008} = 5,25_{-0,008}$$

Розрахуємо розміри  $29,2h14(-0,52)$  – отримується вирубуванням, основним інструментом матриця, розмір збільшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $\Pi_{3H} = 0,4$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,013$$

$$\delta_{II} = -0,009$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_M = (L_H - \Pi_{3H})^{+\delta_M} \quad (2.11)$$

$$L_{\Pi} = (L_H - \Pi_{3H} - z)_{-\delta_{\Pi}} \quad (2.12)$$

$$L_M = (29,2 - 0,4)^{+0,013} = 28,8^{+0,013}$$

$$L_{\Pi} = (29,2 - 0,4 - 0,04)_{-0,009} = 28,76_{-0,009}$$

Розрахуємо розміри  $97h14(-_{0,87})$  – отримується вирубуванням, основним інструментом матриця, розмір збільшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $\Pi_{3H} = 0,7$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,01$$

$$\delta_{\Pi} = -0,008$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

$$L_M = (L_H - \Pi_{3H})^{+\delta_M} \quad (2.13)$$

$$L_{\Pi} = (L_H - \Pi_{3H} - z)_{-\delta_{\Pi}} \quad (2.14)$$

$$L_M = (97 - 0,7)^{+0,01} = 96,3^{+0,01}$$

$$L_{\Pi} = (97 - 0,7 - 0,04)_{-0,008} = 96,26_{-0,008}$$

Розрахуємо розміри  $72,6h14(-_{0,74})$  – отримується вирубуванням, основним інструментом матриця, розмір збільшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $\Pi_{3H} = 0,6$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,013$$

$$\delta_{\Pi} = -0,008$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

					<i>ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$L_M = (L_H - P_{3H})^{+\delta_M} \quad (2.15)$$

$$L_{II} = (L_H - P_{3H} - z)_{-\delta_{II}} \quad (2.16)$$

$$L_M = (72,6 - 0,6)^{+0,013} = 72^{+0,013}$$

$$L_{II} = (72,6 - 0,6 - 0,04)_{-0,008} = 71,96_{-0,008}$$

Розрахуємо розміри  $54h14(-0,74)$  – отримується вирубуванням, основним інструментом матриця, розмір збільшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $P_{3H} = 0,6$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,013$$

$$\delta_{II} = -0,008$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

$$L_M = (L_H - P_{3H})^{+\delta_M} \quad (2.17)$$

$$L_{II} = (L_H - P_{3H} - z)_{-\delta_{II}} \quad (2.18)$$

$$L_M = (54 - 0,6)^{+0,013} = 53,4^{+0,013}$$

$$L_{II} = (54 - 0,6 - 0,04)_{-0,008} = 53,36_{-0,008}$$

Розрахуємо розміри  $R2 \pm \frac{IT14}{2} (+0,25)$  – отримується вирубуванням, основним інструментом матриця, розмір збільшується. Визначимо припуск на зношення з таблиці [1, ст. 65]  $P_{3H} = 0,6$ . Граничні відхилення матриці та пуансону, знаходимо з таблиці в залежності від товщини та розміру [1, ст. 71]:

$$\delta_M = +0,014$$

$$\delta_{II} = -0,06$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона визначаємо за формулою [1, ст. 62]:

					<i>ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$L_M = L_H^{+\delta_M} \quad (2.19)$$

$$L_{II} = (L_H - \Delta Z)_{-\delta_{II}} \quad (2.20)$$

$$L_M = (2)^{+0,014} = 53,4^{+0,013}$$

$$L_{II} = (2 - 0,02)_{-0,006} = 1,98_{-0,006}$$

### 2.1.3. Конструювання інших деталей штампу

Конструюємо упор постійний по формі з ГОСТ 18743-43 діаметр  $d = 10$  діаметр нижньої частини  $d = 4$ , який буде розташований в матриці для фіксації подачі полоси. Визначаємо висоту упору постійного з таблиці  $h = 2$  [1, ст. 108].

Вибираємо тимчасовий упор по ГОСТ 18741-80, який потрібен для фіксації полоси при першій подачі [1, ст. 125], схема тимчасового упору Рис.2.2.

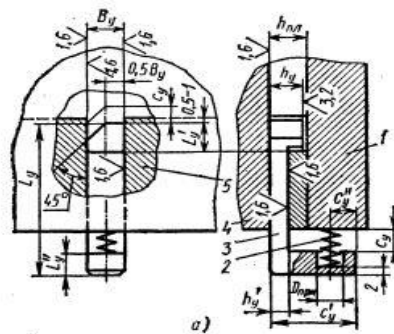


Рис.2.2. Тимчасовий упор

Конструюємо направляючі планки, які служать для направлення смуги. Товщина направляючих планок, визначаємо з таблиці  $h = 8$  [1,ст. 108]. Визначимо на скільки направляюча планка виступає з матриці [1, ст. 121]:

$$f = (0,2 \div 0,4)L_C = 0,2 * 200 = 40 \text{ мм} \quad (2.21)$$

$L_C$  – довжина матриці;

Ширина опорної планки [1, ст. 121]:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$'f = (0,5 \div 1)f = 1 * 40 = 40 \text{ мм} \quad (2.22)$$

Довжина заходу фаски направляючих планок [1, ст. 121]:

$$u = (0,2 \div 0,4)f = 0,2 * 40 = 20 \text{ мм} \quad (2.23)$$

Габаритні розміри знімача такі ж самі, як у матриці. Його товщину приймаємо [1, ст. 114]:

$$H_{зм} = 0,8H_M = 0,8 * 25 = 20 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Знімач містить в собі отвори під головки гвинтів діаметром 17 мм, завглибшки 11 мм та отвори під штифти діаметром 10 мм.

Для забезпечення центрування контуру вирубки відносно раніше пробитих отворів використовуємо 2 уловлювача, які розташовані по краям.

Діаметр уловлювача визначаємо за формулою [4, ст. 79]:

$$D = d - z_d = 5,25 - 0,05 = 5,2 \text{ мм} \quad (2.25)$$

де  $d$  – діаметр пробивного пуансона,

$z_d$  – зазор між уловлювачем і отвором штампованої деталі,  $z_d = 0,05$  мм [4, ст. 79].

Нижня частина пуансонотримача знаходиться на відстані 25 мм від знімача для забезпечення техніки безпеки. Габаритні розміри пуансонотримача такі ж самі, як у матриці. Його товщина визначається за формулою:

$$H_{пн} = \frac{(0,25 \div 0,4)l_{св}}{1 - (0,25 \div 0,4)} \quad (2.26)$$

$l_{св}$  – довжина частини пуансона, виступаюча з пуансонотримача;

$$H_{пн} = \frac{0,25 * 53,8}{1 - 0,25} = 17,83 \text{ мм}$$

$$H_{пн} = \frac{0,4 * 53,8}{1 - 0,4} = 35,6 \text{ мм}$$

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Приймаємо розмір пуансонотримача тримача 20 мм.

Пуансон проектуємо по ГОСТ 16622-80 в залежності від діаметру та висоти пуансона. Визначаємо висоту пуансона:

$$H_{\text{пуансона}} = H_{\text{зах}} + h_{\text{пл}} + H_{\text{зм}} + H_{\text{в}} + H_{\text{пн}} \quad (2.27)$$

$H_{\text{зах}}$  – висота заходу пуансона в матеріал;

$$H_{\text{зах}} = S * 0,5 = 0,8 * 0,5 = 0,4 \quad (2.28)$$

$h_{\text{пл}}$  – товщина направляючих планок;

$H_{\text{зм}}$  – товщина знімача;

$H_{\text{в}}$  – проміжок між знімачем;

$H_{\text{пн}}$  – товщина пуансонотримача;

$$H_{\text{пуансона}} = 0,4 + 8 + 20 + 25 + 20 = 73,4 \text{ мм}$$

По ГОСТУ 16622-80 я приймаю висоту пуансона 75 мм, для цих пуансонів посадочна висота 28 мм тому висоту пуансонотримача приймаємо 25 мм. При цій довжині пуансона та товщині пуансонотримача відстань між пуансонотримачем та знімачем приймаємо 21,6 цей розмір допускається по техніці безпеки.

#### 2.1.4. Розрахунки на міцність та жорсткість

##### 2.1.4.1. Перевірка пуансонів для пробивки отворів на стискування

Перевіримо пуансон діаметром 5 мм на стиск за формулою [3, ст. 56]:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{ст}} \quad (2.29)$$

де  $P=4019\text{Н}$  - зусилля докладене до пуансона;

$[\sigma]_{\text{ст}}=1600$  МПа - допустиме напруження на стискання для сталі У10А.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F - найменша площа поперечного перетину пуансона;

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,25^2}{4} = 21,42 \text{ мм}^2 \quad (2.30)$$

d<sup>2</sup> - діаметр пуансона;

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{4019}{21,42} = 187,6 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{\text{ст}}$$

Умова виконується.

#### 2.1.4.2. Перевірка пуансонів на подовжній згин

Перевіримо пуансон з найменшим діаметром на повздовжній згин за формулою [3, ст. 56]:

$$l_{\text{св}} \leq \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{n \cdot P_{\text{пр}}}} \quad (2.31)$$

де n - коефіцієнт запасу (для загартованої сталі n = 2...3);

E = 2,2 \* 10<sup>5</sup> – модуль пружності

l<sub>св</sub> = 50 – довжина частини пуансона, виступаюча з пуансонотримача

J - момент інерції перетину;

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 5,25^4}{64} = 37,27 \text{ мм}^4 \quad (2.32)$$

P<sub>пр</sub>=4019 Н - зусилля докладене до пуансона;

$$l_{\text{св}} = 50 \leq \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 37,27}{2 \cdot 4019}} = 100,28 \text{ мм}$$

Умова виконується.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.1.4.3. Перевірка пуансонів на зминання

Перевіримо опорні поверхні меншого пуансонів на зминання [3, ст. 57]:

$$\sigma_{зм} = \frac{P_{пр}}{F_k} \leq [\sigma]_{зм} \quad (2.33)$$

де  $F_k$  - площа контакту опорної поверхні пуансона;

$$F_k = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} = 113,04 \text{ мм}^2 \quad (2.34)$$

$d^2$ - діаметр пуансона;

$[\sigma]_{зм}=80$  МПа - допустимі напруження на зминання матеріалу чавунної верхньої плити;

$$\sigma_{зм} = \frac{4019}{113,04} = 35,5 \text{ МПа} > [\sigma]_{зм}$$

Умова виконується. Але так як вирубний пуансон прилягає до хвостовика, тому потрібно установити підкладну плиту товщиною 8 мм.

### 2.1.5. Визначення центра тиску штампа

Центр тиску штампа потрібно для визначення місця для встановлення хвостовика. Спосіб знаходження центра тиску основний за рівності моменту рівнодіючої декількох сил сумі моментів цих сил відносно однієї і тієї ж осі. Напрямы осей вибираємо по схемі розкрою деталі, розташування координату центру осей зображені на Рис. 2.3.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

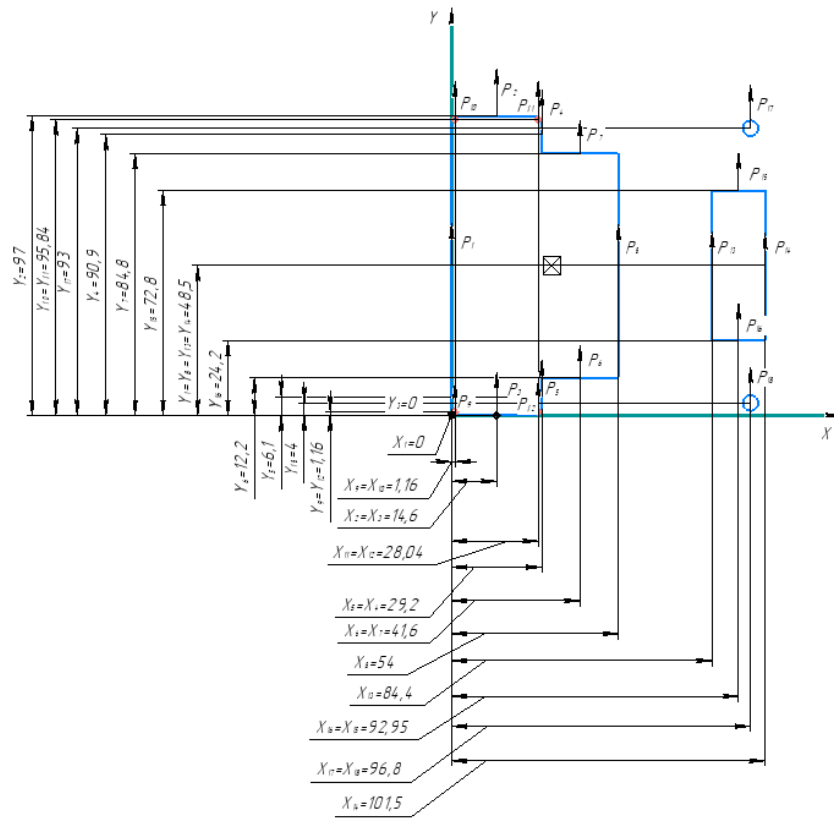


Рис.2.3. Схема розташування центра тиску штампа.

Координати центра тиску штампа знайдемо за формулами:

$$x_{ц.т.} = \frac{\sum P_i x_i}{\sum P_i} \quad (2.35)$$

$$y_{ц.т.} = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i} \quad (2.36)$$

$P$  – зусилля, визначено в розділі «Розрахунок технологічних зусиль».

Знайдемо координати точок прикладання сил, та запишемо до таблиці 2.1.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1.

	У (мм)	Х (мм)	Технологіч не зусилля кН
P <sub>1</sub>	48,5	0	76,4
P <sub>2</sub>	97	14,6	76,4
P <sub>3</sub>	0	14,6	76,4
P <sub>4</sub>	90,9	29,2	76,4
P <sub>5</sub>	6,1	29,2	76,4
P <sub>6</sub>	12,2	41,6	76,4
P <sub>7</sub>	84,8	41,6	76,4
P <sub>8</sub>	48,5	54	76,4
P <sub>9</sub>	1,16	1,16	76,4
P <sub>10</sub>	95,84	1,16	76,4
P <sub>11</sub>	95,84	28,04	76,4
P <sub>12</sub>	1,16	28,04	76,4
P <sub>13</sub>	48,5	84,4	33,6
P <sub>14</sub>	48,5	101,5	33,6
P <sub>15</sub>	72,8	92,95	33,6
P <sub>16</sub>	24,2	92,95	33,6
P <sub>17</sub>	93	96,8	4
P <sub>18</sub>	4	96,8	4

$$x_{\text{(ц. т.)}} = ((0 * 76,4) + (14,6 * 76,4) + (29,2 * 76,4) + (29,2 * 76,4) + (41,6 * 76,4) + (41,6 * 76,4) + (54 * 76,4) + (1,16 * 76,4) + (1,16 * 76,4) + (28,04 * 76,4) + (28,04 * 76,4) + (84,4 * 33,6) + (101,5 * 33,6) + (92,95 * 33,6) + (92,95 * 33,6) + (96,8 * 4) + (96,8 * 4)) / (12 * 80,5 + 4 * 33,6 + 2 * 4) = 32,7$$

$$y_{\text{(ц. т.)}} = ((48,5 * 76,4) + (97 * 76,4) + (0 * 76,4) + (90,9 * 76,4) + (6,1 * 76,4) + (12,2 * 76,4) + (84,8 * 76,4) + (48,5 * 76,4) + (1,16 * 76,4) + (95,84 * 76,4) + (95,84 * 76,4) + (1,16 * 76,4 + (48,5 * 33,6) + (48,5 * 33,6) + (72,8 * 33,6) + (24,2 * 33,6) + (93 * 4) + (4 * 4)) / (12 * 80,5 + 4 * 33,6 + 2 * 4) = 48,6$$

Знаючи координати центра тиску штампа, ми знаємо де буде розташований хвостовик.

### 2.1.6. Вибір блока штампа

Для забезпечення високоточного співпадіння робочих частин верха штампу з робочими частинами низу штампу використовуємо блок з направляючими колонками та втулками. Для штампування точних деталей із смуги на вирубних та послідовних штампах характерно використання блока з діагональним розміщенням колонок.

Блок штампа вибираємо по ГОСТ 13124-83 та габаритам матриці і по висоті штампного пакета. По розмірам мого штампного пакета підходить блок 1004-3327.

З ГОСТ 13124-83 виписуємо позначення верхньої та нижньої плити, колонок та втулок знайти їх параметри можна в гості.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плита нижня в ГОСТ 13124-83 виписуємо позначення 1022-4083 та шукаємо параметри в ГОСТ 13110-83. Плита верхня 1022-4243 шукаємо параметри в ГОСТ 13111-83 .

З госту ГОСТ 13124-83 виписуємо позначення для колонок 1030-6074 та 1030-6061, колонки направляючі гладкі з госту ГОСТ 13118-83 колонки 1030-6074 та 1030-6061 замінюємо на колонки направляючі ступеневі ГОСТ 13119-81 1030-5471 та 1030-5411.

По ГОСТ 13124-83 позначення для втулок 1032-2696 та 1032-2669, втулки направляючі гладкі ГОСТ 13120-83 1032-2696 та 1032-2669 замінюємо на втулки направляючі ступінчасті ГОСТ 13121-83 1032-3106 та 1032-3079.

## 2.2. Проектування штампу для гнуття

(ДП.МД-п8106.05.200.00 СК)

### 2.2.1. Проектування матриці

Так як товщину матриці визначили в розділі «моделювання процесу гнуття», с конструємо матрицю з габаритами 120×190.

Діаметри гвинтів і штифтів для кріплення матриці беремо з таблиці залежності від зусилля та найбільшому розміру матриці [1, ст. 77], в моєму випадку приймаємо гвинти М10, штифти приймаємо діаметром 10 мм. Координати розміщення гвинтів і штифтів на матриці беремо з таблиці [1, ст. 77].

$l_1 = 15$  – найменша відстань від краю матриці до осі кріпильного отвору, при умові що в матриці немає отворів під головку гвинтів.

$l_2 = 20$  – мінімальна відстань між осями гвинта та штифта.

Визначимо найменшу відстань від робочої зони до отворів під штифт та гвинти:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



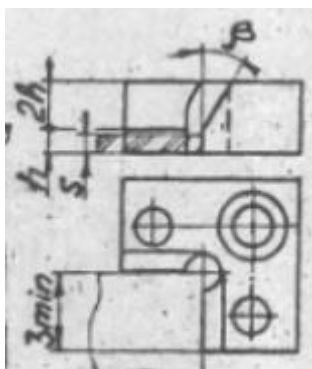


Рис. 2.5. Схема фіксатора.

Висота  $h$  визначаємо з таблиці [4, ст. 79]  $h=3$  мм, кут вибираємо з рекомендованого  $\beta = (15 - 30)$ . Заготовка фіксується по зовнішньому контуру.

Висоту пуансона вибираємо конструктивно 80 мм, довжина посадочної частини дорівнює 25 мм.

Висота пуансонотримача визначаємо по посадочній частині пуансона, висота повинна бути 1-5 менша ніж посадкова частина пуансона, висота пуансоно тримача дорівнює 20 мм.

Підкладна плита матрицю її габарити такі же самі як у матриці внутрішній діаметр дорівнює більшому діаметру притискача 87,2 мм. Розрахуємо висоту:

$$H_{\text{плт}} = 3 + h_{\text{зап}} + h_x \quad (2.39)$$

$h_{\text{зап}}$  – висота заплечиков виштовхувач;

$h_x$  – хід притискача;

$$H_{\text{плт}} = 3 + 4 + 13 = 20$$

Габарити притискача дорівнюють 6,26×92.

Розрахуємо притискач. Виконавчі виштовхувача.

Знайдемо максимальний та мінімальний розмір:

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмір  $6,26e8 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,047 \end{pmatrix}$ .

$$Td_{max} = d + es = 6,26 - 0,025 = 6,235 \text{ мм} \quad (2.40)$$

$$Td_{min} = d + ei = 6,26 - 0,047 = 6,213 \text{ мм} \quad (2.41)$$

Розрахуємо для даного розміру мінімальний зазор між матрицею та притискачем:

$$z = TD_{min} - Td_{max} = 6,235 - 6,213 = 0,022 \text{ мм} \quad (2.42)$$

Розмір  $92e8 \begin{pmatrix} -0,072 \\ -0,126 \end{pmatrix}$ .

$$Td_{max} = d + es = 92 - 0,072 = 91,928 \text{ мм} \quad (2.43)$$

$$Td_{min} = d + ei = 92 - 0,126 = 91,874 \text{ мм} \quad (2.44)$$

Розрахуємо для даного розміру мінімальний зазор між матрицею та притискачем:

$$z = TD_{min} - Td_{max} = 91,928 - 91,874 = 0,054 \text{ мм} \quad (2.45)$$

Розрахуємо висоту виштовхувача:

$$H_{\text{виш}} = h_{\text{зп}} + H_{\text{м}} \quad (2.46)$$

$h_{\text{зп}}$  – висота за плечиків;

$H_{\text{м}}$  – висота матриці;

$$H_{\text{виш}} = 23 + 4 = 27 \text{ мм}$$

#### 2.2.4. Вибір блока штампа

Для забезпечення високоточного співпадіння робочих частин верха штампу з робочими частинами низу штампу використовуємо блок з направляючими колонками та втулками. Для штампування точних деталей із смуги на вирубних та послідовних штампах характерно використання блока з діагональним розміщенням колонок.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок штампа вибираємо по ГОСТ 13124-83 та габаритам матриці і по висоті штампового пакета. По розмірам мого штампового пакета підходить блок 1004-4931.

З ГОСТ 13124-83 виписуємо позначення верхньої та нижньої плити, колонок та втулок знайти їх параметри можна в гості.

Плита нижня в ГОСТ 13124-83 виписуємо позначення 1022-4711 та шукаємо параметри в ГОСТ 13110-83. Плита верхня 1022-4708 шукаємо параметри в ГОСТ 13111-83.

З госту ГОСТ 13124-83 виписуємо позначення для колонок 1030-6046 та 1030-6033, колонки направляючі гладкі з госту ГОСТ 13118-83 колонки 1030-6046 та 1030-6033 замінюємо на колонки направляючі ступеневі ГОСТ 13119-81 1030-8446 та 1030-8435.

По ГОСТ 13124-83 позначення для втулок 1032-2642 та 1032-2607, втулки направляючі гладкі ГОСТ 13120-83 1032-2642 та 1032-2607 замінюємо на втулки направляючі ступінчасті ГОСТ 13121-83 1032-3052 та 1032-3017.

### 2.2.5. Проектування буфера

Визначаємо діаметр буфера, при розмішені буфера в отворі в столі преса потрібно урахувати випучиваніє гумового буфера. Так як діаметр отвору в столі преса 100 мм, за формулою визначаємо діаметр буфера [1, ст. 44]:

$$D'_{\text{бф}} \cong 1,3D_{\text{бф}} \quad (2.47)$$

$D'_{\text{бф}}$  – діаметр випученого буфера;

$D_{\text{бф}}$  – діаметр буфера не випученому стані;

$$D_{\text{бф}} \cong \frac{D'_{\text{бф}}}{1,3} = \frac{80}{1,3} = 61 \text{ мм} \quad (2.48)$$

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але для розміщення буфера потрібно в отворі стола преса потрібно зменшити діаметр буфера:

$$D_{\text{бф}} = 60 \text{ мм}$$

Вибираємо схему буфера, я вибрав схему буфера с центральним розміщенням шпильки тому тому гумового буфер буде с отвором по центру діаметром 14 мм.

З діаграми напруженого стану знайдемо напруження стиску гумового буфера. Криву стиску знайдемо за формулою [2, ст. 421]:

$$\frac{D - d}{h_0} \quad (2.49)$$

$D$  – зовнішній діаметр буфера;

$d$  – діаметр отвору;

$h_0$  – висота буферних кілець;

$$\frac{60 - 14}{20} = 2,3$$

С цієї діаграми дізнаємось напруження стискання на поверхню та відносну деформацію стискання.

Визначимо кількість кілець. З моделювання визначення зусилля притискач  $P_{\text{пр}} = 360 \text{ Н} = 36 \text{ кгс}$ . Дізнаємось на скільки потрібно здеформувати буферне кільце, щоб воно створило зусилля 36 кгс. Знайдемо напруження стискання на поверхні:

$$\sigma_p = \frac{P_1}{F} \quad (2.50)$$

$P_1$  – 5% зусилля витягування;

$F$  – площа буфера;

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.51)$$

$D$  – зовнішній діаметр буфера;

$d$  – внутрішній діаметр буфера;

$$F = \frac{3,14 * 60^2}{4} - \frac{3,14 * 14^2}{4} = 2672,14 \text{ мм}^2 \approx 26 \text{ см}^2$$

$$\sigma_p = \frac{36}{26} = 1,38 \text{ кгс/см}^2$$

З діаграми дізнаємось що мій буфер створює зусилля 36 кгс, при відносній деформація стискання 2%. Розрахуємо наскільки стиснеться буфер:

$$h_1 = \frac{h_0 * \varepsilon}{100} \quad (2.51)$$

$h_0$  – висота буферного кільця;

$\varepsilon$  – відносна деформація стискання;

$$h_1 = \frac{20 * 2}{100} = 0,4 \text{ мм}$$

Рекомендоване стискання буфера для виконання операцій дорівнює відносному деформуванню стискання 30%. Розрахуємо на скільки стиснеться буфер.

$$h_2 = \frac{h_0 * \varepsilon}{100} \quad (2.52)$$

$$h_2 = \frac{20 * 25}{100} = 5 \text{ мм}$$

Визначимо кількість буферів.

$$n_{\text{буф}} = \frac{h}{h_x} \quad (2.53)$$

$h$  – хід притискача;

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$h_x$  – висота стискання буфера між 2% та 25%;

$$h_x = h_2 - h_1 = 5 - 0,4 = 4,6 \quad (2.54)$$

$$n_{\text{буф}} = \frac{10}{4,6} = 2,17$$

Для виконання моєї операції необхідно 3 кільця.

### 2.3. Матеріали для деталей штампа

Матеріали які використовуються для деталей штампа приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2. Матеріали для деталей штампа

Деталі штамів	Марка сталей та матеріалів	Твердість
Пуансони та матриці вирубні та пробивні	Сталь У10А	HRC 55...59
Пуансони та матриця витяжні	Сталь У10А	HRC 55...59
Плити	Чавун СЧ21-40	-
Хвостовики	Сталь 40	-
Колонки направляючі	Сталь 20	HRC 58...62
Втулки направляючі	Сталь 20	HRC 58...62
Пуансонотримачі	Сталь 45	-
Підкладки під пуансон	Сталь 45	HRC 40...45
Знімач	Ст 3	-
Прижими, направляючі планки, виштовхувачі	Сталь 45	HRC 50...54
Упори	Сталь 45	HRC 40...45

Штифти	Сталь У8	HRC 45...50
Гвинти	Сталь 45	HRC 40...45
Буферні кільця	Гума	-
Уловлювач	У8А	51...55

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

### 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1. Вибір пресу для вирубування та пробивання

При розрахунку зусилля операції попередньо обраний прес КД2122. Перевіримо прес чи підходить даний прес по габаритам стола, габарити стола даного преса дорівнюють 420×280, габарити штампа 435×312, тому даний прес не підходить.

Обираємо інший прес КД2328 з номінальним зусиллям 630 кН, з габаритами стола преса 710×480 та провальним отвором 170 мм а менший 140 мм. Перевіримо чи підходить даний прес за габаритами стола преса, габарити стола преса 710×480, габарити мого штампа 435×312, тому штамп може бути встановлений на даний прес.

Проведемо перевірку закритої висоти штампа для пресу кд2338.

Розрахуємо найбільшу закриту висоту штампа яка може бути встановлена на даний прес [3, ст. 22]:

$$H_{\max} = H - H_{\text{пл}} + \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} \quad (3.1)$$

де  $H = 340$  мм – закрита висота пресу;

$H_{\text{пл}} = 80$  мм – товщина підштампової плити;

$h_{\max} = 100$  мм,  $h_{\min} = 10$  мм – відповідно величини найбільшого і найменшого ходів;

$$H_{\max} = 340 - 80 + \frac{100 - 10}{2} = 305 \text{ мм}$$

Розрахуємо найменшу закриту висоту штампа яка може бути встановлений на даний прес [3, ст. 22]:

$$H_{\min} = H - H_{\text{пл}} - \Delta_{\text{ш}} \quad (3.2)$$

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\Delta_{шт} = 80$  мм – величина регулювання положення за рахунок розгвинчування гвинта шатуна (регулювання закритої висоти пресу).

$$H_{min} = 340 - 80 - 80 = 180 \text{ мм}$$

Закрита висота штампу (в нижньому робочому положенні)  $H_{шт}$  повинна знаходитись між найбільшою  $H_{max}$  і найменшою  $H_{min}$  закритою висотою пресу.

$H_{min} \leq H_{шт} \leq H_{max} \rightarrow 180 \text{ мм} \leq H_{шт} = 226,6 \leq 305 \text{ мм}$	(3.3)
---	-------

Тому обраний прес підходить.

Перевіримо чи підходить провальний отвір преса для мого штампа. Менший діаметр провального отвору в столі преса 140, діагональ деталі 100,53 заготовка буде провалюватись тому менший отвір підходить. Більший отвір діаметр 170 конструкції провальних отворі мого штампа, відходи від пробивання будуть потрапляти провальний отвір в столі преса, тому прес підходить.

### 3.2. Конструювання хвостовика для штампа

Для вибування та пробивання вибираємо хвостовик с буртіком, так як забезпечує найкраще центрування штампа. Хвостовик проектуємо с ГОСТ 16715-71 відповідно діаметру в шатуні, та ширині верхньої плити штампа. Діаметр отвору в шатуні мого преса дорівнює 50 ширина верхньої плити штампа 56 ГОСТ 16715-71 підходить 1034-0633.

### 3.3. Вибір преса для гнуття

Обираємо прес КД2122 з номінальним зусиллям 160 кН, з габаритами стола преса 420×280 та провальним отвором 110 мм а менший 80 мм. Перевіримо чи підходить даний прес за габаритами стола преса, габарити стола преса 420×280, габарити мого штампа 370×175, тому штамп може бути встановлений на даний прес.

Проведемо перевірку закритої висоти штампа для пресу кд2122.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ

Арк.

75

Розрахуємо найбільшу закриту висоту штампа яка може бути встановлена на даний прес [3, ст. 22]:

$$H_{\max} = H - H_{\text{пл}} + \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} \quad (3.4)$$

де  $H = 220$  мм – закрита висота пресу;

$H_{\text{пл}} = 40$  мм – товщина підштампової плити;

$h_{\max} = 55$  мм,  $h_{\min} = 5$  мм – відповідно величини найбільшого і найменшого ходів;

$$H_{\max} = 220 - 40 + \frac{55 - 5}{2} = 205 \text{ мм}$$

Розрахуємо найменшу закриту висоту штампа яка може бути встановлений на даний прес [3, ст. 22]:

$$H_{\min} = H - H_{\text{пл}} - \Delta_{\text{ш}} \quad (3.5)$$

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

$$H_{\min} = 220 - 40 - 45 = 135 \text{ мм}$$

Закрита висота штампу (в нижньому робочому положенні)  $H_{\text{шт}}$  повинна знаходитись між найбільшою  $H_{\max}$  і найменшою  $H_{\min}$  закритою висотою пресу.

$$H_{\min} \leq H_{\text{шт}} \leq H_{\max} \rightarrow 135 \text{ мм} \leq H_{\text{шт}} = 194,8 \leq 220 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Тому обраний прес підходить.

### 3.4. Конструювання хвостовика для штампа

Для гнуття вибираємо хвостовик с різьбою і бурті ком по ГОСТ 16717-71.

Хвостовик проектуємо за гостом ГОСТ 16717-71 відповідно діаметр в повзуні, та за шириною верхньої плити штампа. Діаметром отвора в повзуні

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мого преса дорівнює 40 мм, ширини верхньої плити штампа 40 мм. В верхній плиті штампа робимо отвір та нарізаємо М30×2.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Вимоги безпеки перед початком роботи

Надягти спецодяг, волосся ретельно заправити під берет.

Підготувати інструмент, устаткування і матеріали, забрати з робочого місця все зайве.

Переконатися в наявності і надійності з'єднання захисного заземлення з корпусом ковальсько – штампувального обладнання.

Оглянути штампувальне обладнання і перевірити справність його роботи.

Ввімкнути витяжну вентиляцію.

Про виявленні несправності обладнання, пристосувань, пристроїв, інструментів, засобів захисту необхідно повідомити керівника робіт.

### 4.2. Вимоги безпеки під час роботи

Не лишати працюючим штампувальне обладнання без спостереження.

Працювати тільки на справному ковальсько – штампувальному обладнанні.

Використовувати справний, добре налагоджений інструмент.

Використовувати інструмент за призначенням. Інакше можна не тільки зіпсувати його, але й отримати травму.

Не відволікатись під час роботи і не заважати працювати іншим.

Щоб запобігти травмуванню і виникненню травмонебезпечних ситуацій при роботі на обладнанні:

- не очищувати робочу поверхню пресу без його повної зупинки;
- знімати, поправляти, вимірювати, перевертати виріб на робочій поверхні пресового обладнання, яке увімкнене, суворо заборонено;

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- не допускати захаращеності на робочому місці;
- не відволікатись під час роботи і не заважайте працювати іншим.

### 4.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Відключити прес від мережі електропостачання і після упорядкувати робоче місце.

Інструмент і пристосування очистити і прибрати у відведене для них місце. Скласти на місце інструмент, заготовки, штампувальне оснащення і т.д.;

Почистити прес від внутрішніх та зовнішніх забруднень;

Провести вологе прибирання приміщення і виключити витяжну вентиляцію.

Зняти спецодяг і ретельно вимити руки з милом.

По закінченні робочого дня вимкнути вимикач на електроспоживачі та від'єднати провід живлення від розетки електромережі.

Доповісти керівнику робіт про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

### 4.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку виникненні пожежі негайно повідомити про пожежу адміністрацію установи та найближчу пожежну частину, приступити до гасіння загоряння за допомогою первинних засобів пожежогасіння.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно припинити роботу штампувального обладнання, огородити небезпечну зону, не допускати в неї сторонніх осіб, доповісти про те, що сталося, керівнику робіт.

При пошкодженні обладнання, кабелів, дротів, несправності заземлення, появі запаху горілого, появі незвичного шуму та інших

					<b>ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ</b>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

несправностях, негайно вимкнути електроживлення обладнання та сповістити про те, що сталося, безпосереднього керівника робіт.

При виявленні ознак горіння (дим, запах горілого) відімкнути електроживлення, знайти джерело загорання та вжити заходів щодо гасіння пожежі за допомогою наявних первинних засобів пожежогашіння, сповістити про ситуацію безпосереднього керівника робіт та не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб.

Забороняється застосовувати воду та пінні вогнегасники для гасіння електрообладнання. Використовувати для цих цілей лише вуглекислотні або порошкові вогнегасники.

При одержанні травми надати першу допомогу потерпілому, при необхідності викликати швидку медичну допомогу і відправити його в найближчу лікувальну установу. При ураженні електричним струмом надати потерпілому першу допомогу, при відсутності у постраждалого подиху і пульсу зробити йому штучне дихання або непрямий масаж серця до відновлення подиху і пульсу і викликати швидку медичну допомогу.

#### **4.5. Вимоги безпеки під час розкрювання металу**

Гільйотинні ножиці з похилим верхнім ножом для розрізання листового матеріалу повинні бути обладнані:

- пристосуванням і пристроями для подавання, укладання і підтримання листів (столи, рольганги, кронштейни, підставки) на рівні нерухомого ножа та механізмами для виведення заготовок з робочої зони ножиць;
- напрямними і запобіжними лінійками для позначення місця різання;
- запобіжними пристроями, заблокованими з пусковими механізмами;
- роз'єднувальними пристроями для відключення електродвигуна для унеможливлення пуску ножиць сторонніми працівниками;

					<b>ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

- противагами для запобігання мимовільному опусканню ножової балки під дією власної ваги і ваги інструмента;

- пристроєм для утримання ножової балки у верхньому положенні під час проведення налагоджувальних робіт.

Циліндричні притиски гільйотинних ножиць повинні мати спеціальні огороження з регулюванням по висоті залежно від товщини матеріалу, що розрізається.

Заміна інструмента під час розкроювання металу на гільйотинних ножицях повинна виконуватися за допомогою спеціальних пристосувань, зазначених у технологічній документації.

Під час роботи на гільйотинних ножицях не дозволяється пересувати матеріал на столі ножиць після натискання на педаль та різати матеріал, не притиснутий притискними пристроями.

Для різання на гільйотинних ножицях малих за розмірами заготовок необхідно застосовувати спеціальні накладки.

Біля устаткування для розкроювання листового матеріалу повинні бути розміщені пристосування для укладання листів, напрямні елементи і упор для обмеження подавання листів.

Під час розкроювання тонколистового матеріалу із застосуванням заднього упору необхідно застосовувати підтримувальні пристрої.

Не дозволяється працівникам приймати, підтримувати відрізані кінці заготовки та скидати заготовки на підлогу.

Відходи і обрізки металу необхідно прибирати від ножиць і пилок при вимкненому двигуні і повному зупиненні приводного механізму.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
2. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с., ил.
3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія холодного штампування та конструювання штампів» для студентів, що навчаються за програмою підготовки бакалавра 6.050502 – Інженерна механіка спеціальності «Обладнання для обробки металів тиском» / Уклад.: Орлюк М.В., Добровлянський С.М., Вишневецький П.С., Калантир С.Ф. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 80 с.
4. Руководящий технический материал. Проектирование штампов для холодной штамповки (РТМ-890).
5. 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. Режим доступа:  
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27990>,  
[http://www.dgma.donetsk.ua/science\\_public/omd/omd\\_2\(45\)\\_2017/article/6.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/omd/omd_2(45)_2017/article/6.pdf)
6. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977.

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПЕЦИФІКАЦІЇ

					ДП.МД-п81.05.000.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83