

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**Конструкторсько-технологічне забезпечення
виготовлення деталі рамка**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Олексій ХАРКЕВИЧ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир МІРЗАК

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Кропивницький 2025

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
31 січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Харкевичу Олексію Юрійовичу

Тема роботи:

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі рамка.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир МІРЗАК

Затверджено наказом ЦНТУ від 31 січня 2025 року № 130-02.

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка раціонального технологічного процесу та прогресивного оснащення для виготовлення деталі «Рамка».

Завдання: виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі; проаналізувати варіанти процесів штампування типових деталей; виконати розкрій листового прокату з визначенням показників його ефективності; розрахувати силовий режим за операціями штампування та вибрати обладнання; визначити норми часу за операціями листового штампування; розробити карту технологічного процесу; спроектувати оснащення для листового штампування деталі «Рамка». Тип виробництва – серійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.04.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	02.05.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2025 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	12.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	16.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олексій ХАРКЕВИЧ

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК

АНОТАЦІЯ

Харкевич О. Ю. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі рамка : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. Я. Мірзак; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 36 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу та прогресивного оснащення для виготовлення деталі «Рамка».

Актуальність роботи полягає у пошуку раціонального балансу між конструктивною складністю оснащення і його продуктивністю в умовах серійного виробництва з використанням універсального пресового обладнання.

В роботі виконано конструктивно-технологічний аналіз деталі; проаналізовано варіанти процесів штампування типових деталей; виконано розкрій листового прокату з визначенням показників його ефективності; розраховано силовий режим за операціями штампування та вибрано обладнання; визначено норми часу за операціями листового штампування; розроблено карту технологічного процесу; спроектовано оснащення для листового штампування деталі «Рамка».

Ключові слова: **листоове штампування, технологічний процес, вирубування, пробивання, силовий режим, штампове оснащення**

ANNOTATION

Oleksii KHARKEVYCH. Design and technological support for the manufacture of frame part. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr MIRZAK : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025. 38 p.

Drawings – a total of 3 sheets of A1 format.

The aim of the work is to develop a rational technological process and progressive tooling for manufacturing the "Frame" part.

The relevance of the study lies in finding a reasonable balance between the structural complexity of the tooling and its productivity under conditions of batch production using universal press equipment.

The work includes a design and technological analysis of the part; an overview of stamping process options for typical parts; sheet metal layout with calculation of efficiency indicators; calculation of force parameters for stamping operations and equipment selection; determination of time standards for sheet stamping operations; development of the technological process chart; and design of the tooling for sheet metal stamping of the "Frame" part.

Keywords: **sheet metal stamping, technological process, blanking, punching, force parameters, stamping tooling**

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Проект автоматизованого штампувального комплексу
для виготовлення деталі кришка**

КРБ.ПМ.25.19.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Олексій ХАРКЕВИЧ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Володимир МІРЗАК

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Рамка»..	8
1. 1.1 Конструктивно-технологічний аналіз деталі.....	8
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології.....	10
1.3 Розкрій листового прокату.....	10
1.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання.....	17
1.5 Технічне нормування.....	20
1.6 Технічний контроль якості продукції.....	23
1.7 Розробка карти технологічного процесу.....	23
Розділ 2 Проектування штампу послідовної дії.....	24
2. 2.1 Призначення штампа.....	24
2.2 Склад штампа.....	24
2.3 Принцип роботи штампа	24
2.4 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей	25
Загальні висновки.....	28
Перелік джерел посилання	30
ДОДАТКИ	32
Додаток А. Кресленик деталі «Рамка».....	33
Додаток Б. Технологічна карта на виготовлення деталі «Рамка».	34
Додаток В. Специфікація до складального кресленника штампу послідовної дії дії	35

ВСТУП

Актуальність теми

Плоска деталь типу «Рамка» з трьома наскрізними повздовжніми пазами, виготовлена з тонколистової сталі 08кп товщиною 1,4 мм, є характерним прикладом деталей, що масово використовуються в машинобудівних і приладобудівних конструкціях як елементи з'єднань, кріплень або напрямних. Незважаючи на компактні габарити (30×28 мм), така деталь містить елементи підвищеної точності – зокрема, витягнуті прямокутні отвори з малими радіусами заокруглень, що підвищує вимоги до точності й якості штампування.

Раціональний технологічний процес із використанням послідовного штампа дозволяє виконати всі операції в межах одного циклу: пробивання пазів і вирубування зовнішнього контуру. Це дає змогу досягти високої продуктивності, знизити собівартість виготовлення та мінімізувати похибки, пов'язані з додатковим базуванням.

Урахування конфігурації пазів та їх розміщення вимагає точного позиціонування штаби під час штампування, що обґрунтовує застосування прогресивного оснащення з фіксованим подаванням. Крім того, обмежена серійність підвищує вимоги до універсальності та зносостійкості штапного інструмента, а також до простоти переналагодження.

Тому пошук раціонального балансу між конструктивною складністю оснащення і його продуктивністю є завданням практичного значення, що визначає актуальність розробки такого процесу.

Мета і задачі роботи

Мета роботи – розробка раціонального технологічного процесу та прогресивного оснащення для виготовлення деталі «Рамка»– .

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

– виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі;

- проаналізувати варіанти процесів штампування типових деталей;
- виконати розкрій листового прокату з визначенням показників його ефективності;
- розрахувати силовий режим за операціями штампування та вибрати обладнання;
- визначити норми часу за операціями листового штампування;
- розробити карту технологічного процесу;
- спроектувати оснащення для листового штампування деталі «Рамка».

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

- запропоновано прогресивний технологічний процес штампування деталі «Рамка», в якому обґрунтовано доцільність поєднання двох елементарних операцій в одну. Це дає змогу зменшити кількість робочих місць і оснащення, підвищити якість продукції та скоротити терміни підготовки виробництва;
- розроблено складальне креслення прогресивного штампа послідовної дії, призначеного для виконання операцій вирубання та пробивання деталі «Рамка» з використанням холоднокатаної штаби розрахункової ширини як заготовки замість листового матеріалу. Після завершення розробки повного комплексу конструкторської документації штамп може бути впроваджений у виробництво або використаний для прискореної підготовки подібних виробів.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «РАМКА»

1.1 Конструктивно-технологічний аналіз деталі

Деталь «Рамка» (кресленик деталі наведено у додатку А) застосовується у рамі сівалки як підтримуючий елемент. Основна операції штампування – розділові. Деталь працює в умовах помірних навантажень. Саме тому дану деталь доцільно виготовляти із м'якої листової сталі марки 08кп (Табл.1.1, 1.2) [1, 2]. Деталь містить елементи підвищеної складності – зокрема, витягнуті прямокутні отвори з малими радіусами заокруглень, що підвищує вимоги до точності й якості штампування. Особливо проблемними, з точки зору технологічності, є два пази шириною 2 мм, хоча ця ширина і знаходиться в межах рекомендацій на технологічність (отвори не повинні бути менше товщини матеріалу – 1,4 мм [3]). Але оскільки це значення наближається до граничної межі, рекомендується збільшити неробочу частину пробивних пуансонів в межах вільного простору та перевірити їх на повздовжню сталість. Наведена на кресленику шорсткість матеріалу по поверхні зрізу та точність розмірів також може бути досягнута з використанням звичайного штампового оснащення.

Враховуючи вище наведене можна зробити висновок, що деталь «Рамка» є технологічною для застосування розділових операцій холодного листового штампування.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад

Вуглець С, %	Кремній Si, %	Марганець Mn, %	Хром Cr, %
0,05...0,11	до 0,03	0,25.....0,50	не більш 0,1

Таблиця 1.2 – Механічні та фізичні властивості матеріалу [1, с. 478]

Матеріал	σ_B , МПа	σ_s , МПа	δ_{10} , %	γ , г/см ³
Сталь 08	380	250	30	7,85

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

I варіант (базовий):

1. Відрізування штаб від листа;
2. Вирубубання;
3. Пробивання.

II варіант (проектний):

1. Використання замовленої штаби.
2. Вирубубання та пробивання в штампі послідовної дії.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити одну операцію;
- скоротити один штамп;
- вивільнити одну одиницю обладнання;
- вивільнити одного пресувальника;
- зменшити собівартість виготовлення деталі.

1.3 Розкрій листового прокату

Деталь “Рамка” виготовляється з наступного листового прокату: лист холоднокатаний 1,4x1000x2000 08кп [4, 5];

$$\text{Лист } \frac{Б - ПН - 1,4 \text{ ГОСТ} 19904 - 74}{5 - III - Г - 08 \text{ кп ГОСТ} 4041 - 71}$$

- довжина – 2000 мм;
- ширина – 1000 мм;
- товщина – 1,4 мм.

Розкрій листового прокату – повздовжній (рис.1.1).

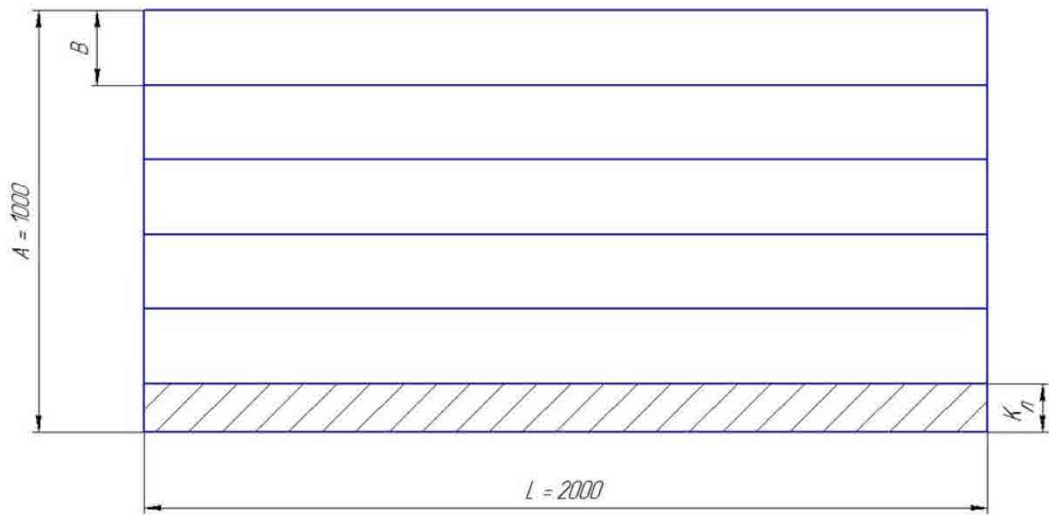


Рисунок 1.1 – Схема розкрою листа

Визначаємо площу деталі

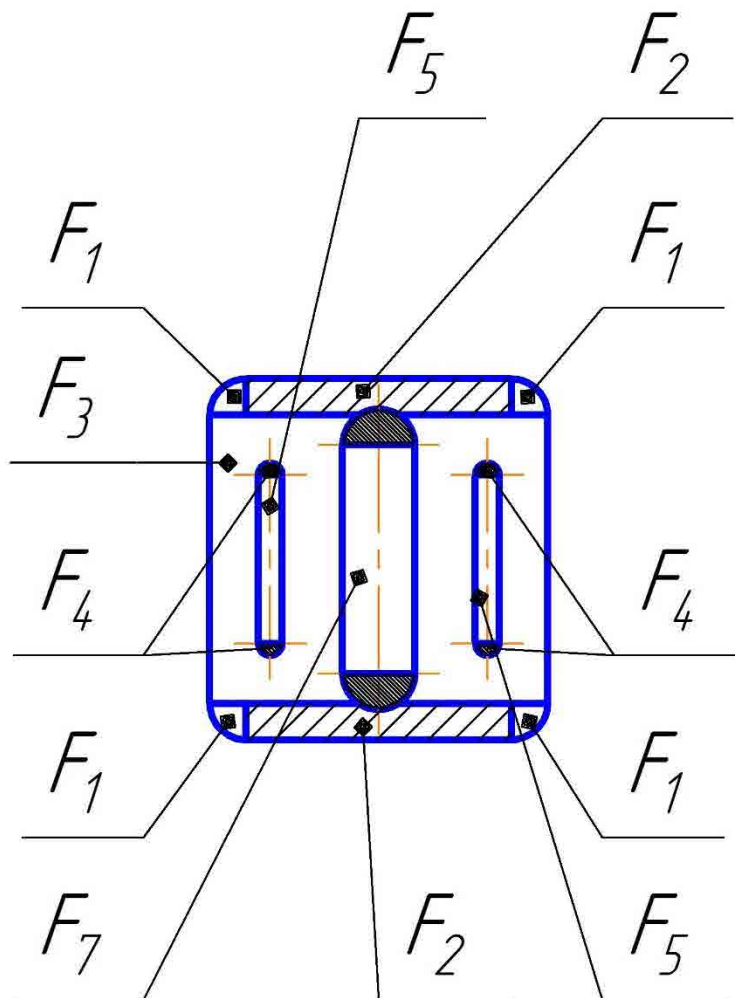


Рисунок 1.2 – До розрахунку площі поверхні деталі

$$F_d = (4F_1 + 2F_2 + F_3) - (4F_4 + 2F_5 + 2F_6 + F_7) = \text{мм}^2.$$

$$F_1 = \frac{\pi R^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,065 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = 28 - 6 = 22 \cdot 3 = 66 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = 24 \cdot 28 = 672 \text{ мм}^2;$$

$$F_4 = \frac{\pi R^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 1,57 \text{ мм}^2;$$

$$F_5 = 16 - 2 = 14 \cdot 1 = 14 \text{ мм}^2;$$

$$F_6 = 14 \cdot 2 = 28 \text{ мм}^2;$$

$$F_7 = \frac{\pi R^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 14,13 \text{ мм}^2;$$

Розміри див. на креслені деталі.

Тоді:

$$\begin{aligned} F_d &= (4 \cdot 7,07 + 2 \cdot 66 + 672) - (4 \cdot 1,57 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 28 + 14,13) = \\ &= 627,7 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Довжину лінії різку (рис.1.3) L (мм) визначаємо за формулою:

$$L = 4L_1 + 2L_2 + 2L_3 + 4L_4 + 4L_5 + 2L_6 + 2L_7;$$

$$\text{де } L_1 = \frac{2\pi R}{2} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 3}{2} = 9,42 \text{ мм};$$

$$L_5 = \frac{\pi R}{2} = \frac{3,14 \cdot 1}{2} = 1,57 \text{ мм};$$

$$L_5 = \frac{\pi R}{2} = \frac{3,14 \cdot 3}{2} = 9,42 \text{ мм};$$

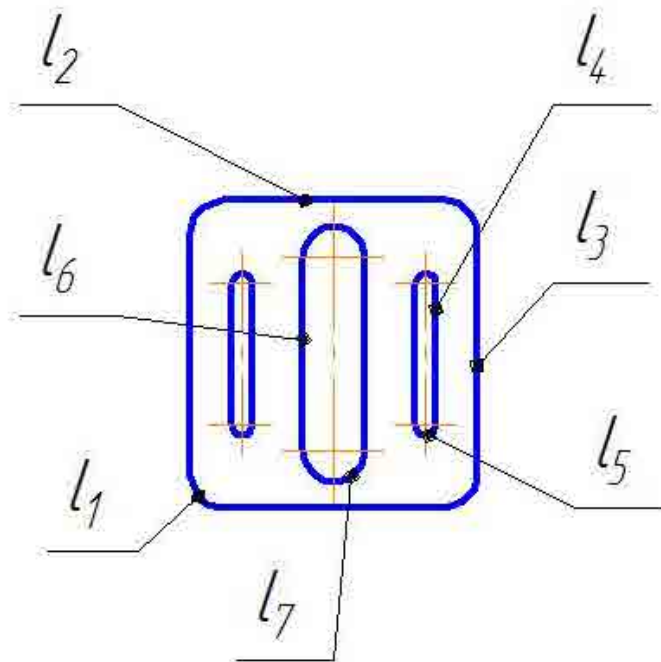


Рисунок 1.3 – Схема визначення периметра розділення матеріалу

$$L = 4 \cdot 24 + 22 \cdot 2 + 18,84 + 14 \cdot 4 + 4 \cdot 3,14 + 2 \cdot 19 + 2 \cdot 9,42 = 235,36 \text{ мм.}$$

Кількість деталей із листа

$$g = n \cdot m,$$

де n – кількість деталей із штаби, шт. (рис.1.4):

m – кількість штаб із листа, шт.

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

t – крок штампування, мм:

$$t = c + a,$$

a – величина перемички, мм; $a = 1,9$ мм [3, 6].

Тоді:

$$t = 28 + 1,9 = 29,9 \text{ мм};$$

$$n = \frac{2000}{29,9} = 66 \text{ шт.};$$

$$m = \frac{A}{B}$$

де B – ширина штаби, мм:

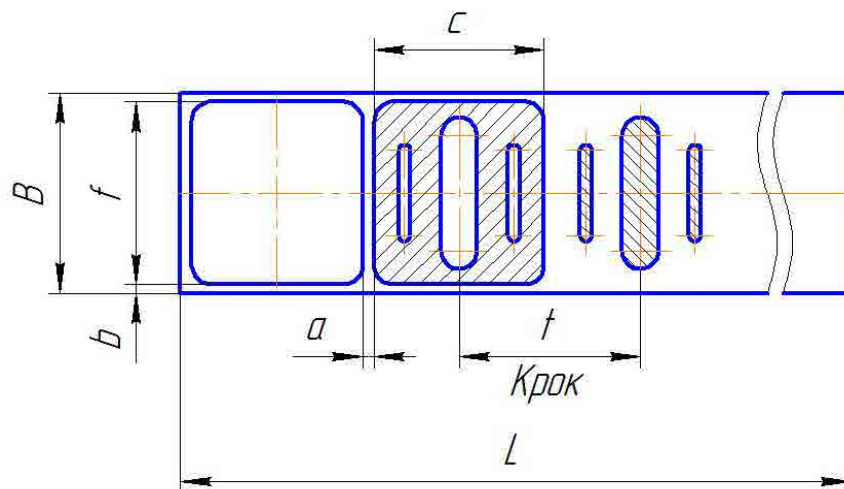


Рисунок 1.4 – Схема розкрою штаби

$$B = B_p + 2\Delta_{\text{ш}} + z,$$

де B_p – розрахункова ширина штаби, мм:

$$B_p = f + 2b$$

b – величина перемички. $b = 1,4$ мм [3, 6, 7, 8];

z – гарантований зазор між напрямними штампа та максимально можливою шириною штаби, мм. $z = 0,5$ мм [3, 6];

$\Delta_{\text{ш}}$ – однобічний допуск по ширині штаби, мм. $\Delta_{\text{ш}} = 0,7$ мм [3, 6];

Тоді:

$$B_p = 30 + 2 \cdot 1,4 = 32,8 \text{ мм};$$

$$B = 32,8 + 2 \cdot 0,5 + 0,7 = 33,7 \text{ мм}.$$

Приймаємо $B = 34$ мм.

Тоді:

$$m = \frac{1000}{34} = 29 \text{ шт.}$$

Тоді:

$$g = 66 \cdot 29 = 1914 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою [3, 6]:

$$\eta = \frac{F_d \cdot g \cdot 100}{F_l},$$

де F_d – площа поверхні деталі, мм² (рис.1.2):

F_l – площа поверхні листа, мм²:

$$F_l = 1000 \cdot 2000 = 2000000 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$\eta = \frac{627,7 \cdot 1914 \cdot 100}{2000000} = 60,1 \text{ \%}.$$

Маса деталі $m = 6,91$ г.

Визначаємо норму витрат матеріалу на одну деталь за формулою:

$$H = \frac{G_1}{g};$$

де G_1 – маса листа, г:

$$G_1 = L \cdot A \cdot s \cdot \rho = 1000 \cdot 2000 \cdot 1,4 \cdot 0,007871 = 22038,7 \text{ г};$$

де ρ – щільність матеріалу, $\rho = 0,007871$ г/мм³.

Тоді:

$$H = \frac{22038,7}{1914} = 11,51 \text{ г}.$$

1.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання

1.4.1 Відрізування штаб від листа

Зусилля відрізування штаб від листа на листових ножицях визначаємо за формулою [3, с. 10]:

$$P = \frac{0,5S^2\sigma_s}{\operatorname{tg}\varphi},$$

де S – товщина листа, мм. $S = 1,4$ мм;

φ – кут нахилу верхнього ножа відносно нижнього. $\varphi = 4^\circ$.

Тоді:

$$P = \frac{0,5 \cdot 1,4^2 \cdot 280}{\operatorname{tg}4^\circ} = 3920 \text{ Н.}$$

Вибираємо однопозиційний комплекс для різання листів моделі АКНК 3414.03, виходячи з найбільшої товщини та довжини різку [7].

Технічна характеристика

Товщина матеріалу, що розрізується, мм:

Найбільша 2,5

Найменша..... 0,25

Розмір листа, мм:

Найбільший..... 1250x2500

Найменший..... 512x712

Число ходів ножа в хвилину 68

Вантажопідйомність підйомного столу, т 5

Сумарна потужність привода, кВт	7,07
Габаритні розміри (b x l x h) над рівнем підлоги, мм	2155x8600x1375
Маса, кг.....	4000

1.4.2 Вирубівання та пробивання в штампі послідовної дії

Зусилля штампування визначаємо за формулою:

$$P = P_e + P_{np},$$

де P_e – зусилля вирубівання заготовки за контуром, яке визначається за формулою, Н:

$$P_e = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s,$$

κ – коефіцієнт, що враховує притуплення ріжучих кромки. Приймаємо $\kappa = 1,25$;

Тоді:

$$P_e = 1,25 \cdot 235,36 \cdot 1,4 \cdot 250 = 115326,44 \text{ Н};$$

Для циліндричної робочої частини матриці $P_{прош}$ визначається за формулою:

$$P_{прош} = K_{прош} \cdot P_e = 0,08 \cdot 115326,4 = 9226,112 = 9,226 \text{ кН}$$

де $K_{прош}$ – коефіцієнт проштовхування при вирубіванні та пробиванні
 $K_{прош} = 0,08$.

P_{np} – зусилля пробивання заготовки за контуром, яке визначається за формулою, Н:

$$P_{np} = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s,$$

де κ – коефіцієнт, що враховує притуплення ріжучих кромки.
 Приймаємо $\kappa = 1,25$;

Тоді:

$$P_{np} = 1,25 \cdot 91,1 \cdot 1,4 \cdot 250 = 39856,25 \text{ Н};$$

Для внутрішньої робочої частини матриці $P_{прош}$ визначається за формулою:

$$P_{прош} = K_{прош} \cdot P_{np} = 0,08 \cdot 39856,25 = 3188,5 = 3,2 \text{ кН}$$

Тоді зусилля штампування:

$$P_0 = 115326,4 + 9226,112 + 39856,25 + 3188,5 = 167597,262 \text{ Н}.$$

Вибираємо однокривошипний двостояковий прес, що не нахилиється, з нерухомим столом моделі КД2124 [13, 14, 15, 16].

Технічна характеристика

Номинальне зусилля, кН	250
Хід повзуна, мм	
мінімальний	5
максимальний	65
Число ходів повзуна в хвилину	120
Найбільша відстань між столом та повзуном в крайньому нижньому положенні, мм	450
Товщина нижньої плити, мм	55

Довжина плити стола, мм	500
Ширина плити стола, мм	340
Діаметр отвору під хвостовик, мм	40
Габарити преса, мм:	
ширина,мм	1170
довжина,мм	1190
висота,мм	2100
Потужність електродвигуна, кВт	2,7

1.5. Технічне нормування

1.5.1. Відрізування штаб від листа

Результати технічного нормування [13] операції відрізування штаб від листа на листових ножицях зведено до таблиці 1.2.

1.5.2. Вирубуння та пробивання в штампі послідовної дії

Результати технічного нормування [13] операції вирубуння, витягуння та пробивання в штампі суміщеної дії на однокривошипному пресі моделі КД2126 наведено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Карта технічного нормування

<p>Операція: відрізування штаб від листа Деталь: КПХП.17.05.100.00.00 “Рамка”</p>				
		<p>План-схема організації робочого місця План схема робочого місця 1– листові ножиці 2– стіл з кульовим упором 3– стелаж з листовим прокатом 4– висувний візок з ручним керуванням 5– тара для відходів</p>		
Вихідні дані				
<p>Розмір листа – 2000x1000x1,4 мм. Площа листа – 2 м². Кількість штаб із листа – 29 шт. Число ходів ножиць в хвилину – 68.</p>		<p>Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб вмикання – кнопкою чи автоматично.</p>		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний T _o	Допоміжний T _o	
			Перекрит.	Не перекрит.
Взяти лист із стопи автоматизованим переключачем із використанням вакуумних захватів, встановити за заднім упором, проштовхнути останню штабу за ножиці	-	-	-	0,1:4=0,025
Увімкнути ножиці	[8,с.21]	-	-	0,018
Відрізати штабу	[8,с.23]	$\frac{0,014 \cdot 4}{3} = 0,0187$	-	-
Просунути лист до упора	[8,с.94]	-	-	$\frac{2,4 \cdot 3}{100 \cdot 4} = 0,018$
Разом:		0,0187	-	0,061
<p>Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,0187 + 0,061) \cdot 1,12 = 0,0893$ хв; $K = 1,12$ [5] Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з.}}{п} = 0,0893 + \frac{15}{400} = 0,1268$ хв; п – кількість деталей в партії, шт. Норма виробітку $H_e = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к.}} = \frac{480}{0,1268} = 3785$ шт./зм</p>				

Таблиця 1.3 – Карта технічного нормування

Операція: пробивання-вирубубання Деталь: КПХШ.17.05.100.00.00 “Рамка”				
		План схема робочого місця 1– прес кривошипний 2– стіл із штабами 3– тара для деталей 4– тара для відходів		
Вихідні дані				
Розмір штаби – 34x2000x1,4 мм. Крок штампування – 29,9 мм. Кількість деталей із штаби – 66 шт. Тип штампа – штамп послідовної дії.		Зусилля пресу – 250 кН. Кількість ходів у хвилину – 120. Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб видалення деталі – на провал.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний T_o	Допоміжний T_δ	
			Перекрит.	Не перекрит.
Узяти штабу, піднести та встановити в штамп		-	-	$0,008:66 = 0,00012$
Увімкнути прес		-	-	0,015
Штампувати деталь		0,009	-	-
Просунути штабу на крок				$\frac{0,008 \cdot 65}{66} = 0,007$
Відкинути відхід штаби в бункер				$\frac{0,012}{66} = 0,00018$
Разом:		0,009		0,0223
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_\delta) \cdot K = (0,009 + 0,0223) \cdot 1,12 = 0,25984$ хв.; $K = 1,12$ [5]				
Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з.}}{п} = 0,25984 + \frac{15}{2000} = 0,2673$ хв.; п – кількість деталей в партії, шт.				
Норма виробітку $H_g = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к.}} = \frac{480}{0,26734} = 1795$ шт./зм				

1.6 Технічний контроль якості продукції

Враховуючи форму і застосування деталі “Рамка”, на яку розроблений технологічний процес в даному проекті, робимо висновок, що при виготовленні останньої можливе виявлення наступних видів браку:

- зміщення осі отвору відносно осі деталі;
- наявність задирки на операції вирубаня-пробивання;

Для запобігання цих видів браку при розробці технологічного процесу треба вжити наступні заходи:

- більш якісне виготовлення оснащення (дотримання оптимального зазору між пуансоном і матрицею, дотримання заданої якості поверхні робочих деталей) ;
- використання обладнання, яке відповідає нормам точності по ГОСТ;
- контролювати величину задирки по контуру отвору, що пробивається;
- проводити вхідний контроль якості матеріалу заготовки;
- проводити поопераційний контроль розмірів заготовок і деталей;
- правильно налагоджувати прес і оснащення перед виконанням технологічної операції.

Однак окрім вищезгаданих заходів підвищення якості продукції, необхідно використовувати систему організацій технологічного контролю, яка включає безпосередньо перевірку виготовлених деталей і заготовок виробником. Це дозволяє на всіх деталях виробництва контролювати якість продукції.

1.7 Розробка карти технологічного процесу

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу (наведена у додатку Б).

2 ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУ ПОСЛІДОВНОЇ ДІЇ

2.1 Призначення штампа

Штамп послідовної дії (креслення КРБ.ПМ.25.22.12.01.00) призначено для виконання операцій пробивання (3 пази) та вирубування деталі «Рамка».

2.2 Склад штампа

Штамп складається із наступних деталей та вузлів (див. креслення КП.ХІІІ.17.05.100.00.00 СК):

- нормалізованого блоку з діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 3, 4, 21, 22, 23, 24);
- матриці для пробивання та вирубування (поз. 1);
- пробивних пуансонів (поз. 8, 9);
- вирубного пуансона (поз. 7);
- пуансонотримача (поз. 10);
- плиток підкладних (поз. 5,6);
- знімача (поз. 11);
- напрямних планок (поз. 2);
- торцевого упору (поз. 25);
- тимчасового упору (поз. 27);
- хвостовика (поз. 26).

2.3 Принцип роботи штампа

Штаба подається в штамп в щілину між дзеркалом матриці для пробивання і вирубування 1, та знімачем 11 до тимчасового упору 27. Поперечне переміщення штаби обмежено напрямними планками 2. Після натиснення на педаль відбувається переміщення верхньої частини штампа

униз, в результаті чого в заготовці вирубуються фігурні отвори, при ході повзуна преса вгору заготовка знімається із прибивних пуансонів знімачем 11, відходи провалюються через провальні отвори у матриці в тару для відходів. Заготовка подається до торцевого упору 25 і після натискання на педаль при переміщенні верхньої частини вниз відбувається пробивання наступних фігурних отворів та вирубання деталей з попередньо сформованими фігурними отворами. Деталь вилучається через провальні отвори в матриці та нижньої плити в тару для деталей. Кріплення верхньої частини штампа до повзуна преса здійснюється хвостовиком 26, кріплення нижньої плити 4 штампа до підштампової плити здійснюється прихватами.

2.4 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей

2.4.1 Розмір вирубної матриці D_m розраховуємо за формулою [8–12]:

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

де D_n – номінальний діаметр матриці. $D_n = 30$ мм;

Π_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 30$, $\Pi_i = 0,4$ мм;

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,12$ мм.

Тоді

$$D_m = (30 - 0,4)^{+0,12} = 29,6^{+0,12} \text{ мм.}$$

2.4.2 Розмір вирубного пуансона D_n розраховуємо за формулою [8–12]:

$$D_n = (D_m - Z)_{-\delta_n},$$

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. Z
 $= 0,030$ мм [8–12];

δ_n – граничне відхилення виконавчого розміру пуансона. $\delta_n = 0,12$ мм.

Тоді

$$D_n = (29,6 - 0,030)_{-0,12} = 29,57_{-0,12} \text{ мм.}$$

2.4.3 Розмір пуансона d_n для пробивання отвору 2×16 мм розраховуємо за формулою [8-12]:

$$d_n = (d_n + \Pi_i)_{-\delta_n},$$

де d_n – номінальний розмір пуансона. $d_n = 16$ мм;

Π_i – припуск на знос інструмента. Для розміра 16, $\Pi_i = 0,35$ мм;

δ_n – граничне відхилення розміра пуансона, мм. $\delta_n = 0,1$ мм.

Тоді

$$d_n = (16 + 0,35)_{-0,1} = 16,35_{-0,1} \text{ мм.}$$

2.4.4 Розмір матриці d_m для пробивання отвору 2×16 мм розраховуємо за формулою [8–12]:

$$d_m = (d_n + Z)^{+\delta_m},$$

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. Z
 $= 0,030$ мм [8–12];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,1$ мм.

Тоді

$$d_m = (16,35 + 0,030)^{+0,1} = 16,38^{+0,1} \text{ мм.}$$

2.4.5 Розмір пуансона d_n для пробивання отвору 6x25 мм розраховуємо за формулою [8-12]:

$$d_n = (d_n + \Pi_i)_{-\delta_n},$$

де d_n – номінальний діаметр пуансона. $d_n = 25$ мм;

Π_i – припуск на знос інструмента. Для розміра 25 мм, $\Pi_i = 0,4$ мм;

δ_n – граничне відхилення розміру пуансона. мм. $\delta_n = 0,12$ мм.

Тоді

$$d_n = (25 + 0,4)_{-0,12} = 25,4_{-0,12} \text{ мм.}$$

2.4.6 Розмір матриці d_m для пробивання отвору 6x25 мм розраховуємо за формулою [8-12]:

$$d_m = (d_n + Z)^{+\delta_m},$$

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном $Z = 0,030$ мм [8-12];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,12$ мм.

Тоді

$$d_m = (25,4 + 0,030)^{+0,12} = 25,43^{+0,12} \text{ мм.}$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Плоска деталь типу «Рамка» з трьома наскрізними повздовжніми пазами, виготовлена з тонколистової сталі 08кп товщиною 1,4 мм, є характерним прикладом деталей, що масово використовуються в машинобудівних і приладобудівних конструкціях як елементи з'єднань, кріплень або напрямних. Незважаючи на компактні габарити, така деталь містить елементи підвищеної точності – зокрема, витягнуті прямокутні отвори з малими радіусами заокруглень, що підвищує вимоги до точності й якості штампування.

Раціональний технологічний процес із використанням послідовного штампа дозволяє виконати всі операції в межах одного циклу: пробивання пазів і вирубування зовнішнього контуру. Це дає змогу досягти високої продуктивності, знизити собівартість виготовлення та мінімізувати похибки, пов'язані з додатковим базуванням.

Урахування конфігурації пазів та їх розміщення вимагає точного позиціонування штаби під час штампування, що обґрунтовує застосування прогресивного оснащення з фіксованим подаванням. Крім того, обмежена серійність підвищує вимоги до універсальності та зносостійкості штампового інструмента, а також до простоти переналагодження.

Тому пошук раціонального балансу між конструктивною складністю оснащення і його продуктивністю є завданням практичного значення, що визначає актуальність розробки такого процесу.

2. Розроблено прогресивний технологічний процес штампування деталі «Рамка», у якому обґрунтовано об'єднання двох операцій в одну та застосування універсального відкритого кривошипного пресу. Запропоноване рішення дає змогу скоротити кількість робочих місць і оснастки, підвищити якість виробу та зменшити тривалість підготовки виробництва.

3. Розроблено складальне креслення прогресивного штампа послідовної дії, призначеного для виконання операцій вирубування та пробивання деталі «Рамка» з використанням холоднокатаної штаби розрахункової ширини як заготовки замість листового матеріалу. Після завершення розробки повного комплексу конструкторської документації штамп може бути впроваджений у виробництво або використаний для прискореної підготовки подібних виробів.

Перелік джерел посилання

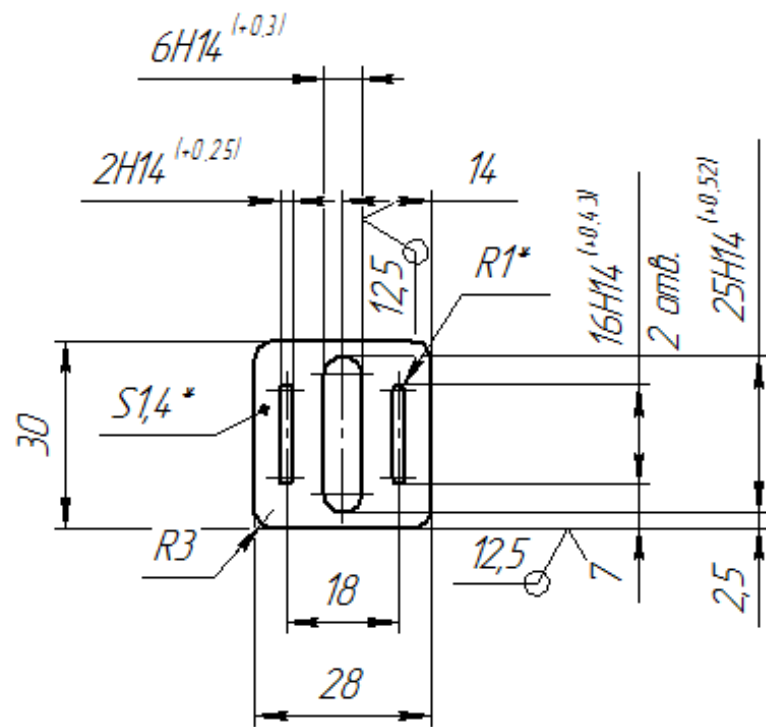
1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб. – М.:Машиностроение, 1980.-728 с.-Т.1.
2. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова. – Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.– М.: Машиностроение,1985.–567 с.
3. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. – [6-е изд.]. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. – 530 с.
4. Металобаза. URL: <https://www.time-steel-group.com.ua/product-category/%d1%87%d0%be%d1%80%d0%bd%d0%b8%d0%b9-%d0%bc%d0%b5%d1%82%d0%b0%d0%bb-%d0%bb%d0%b8%d1%81%d1%82-%d0%bb%d0%b8%d1%81%d1%82-%d1%85%d0%be%d0%bb%d0%be%d0%b4%d0%bd%d0%be%d0%ba%d0%b0%d1%82%d0%b0%d0%bd/> (дата звернення: 16.05.2025).
5. Metinvest-smc.. URL: https://metinvest-smc.com/ru/mykolayiv/product/list-kholodnokatanyu-1kh1000kh2000-08kp/?gad_source=1&gad_campaignid=21596123037&gbraid=0AAAAADj78rp1tmd-GoX-sUA0Qeh0v4uSH&gclid=Cj0KCQjwpf7CBhCfARIsANIETVrwQ7tddiNv8EG_QgM8TTfnawgWyNyX3ABFe-Xx62HFAlr6ffM6pbEaAu7tEALw_wcB (дата звернення: 18.05.2025).
6. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. –496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
7. Ковка и штамповка : Справочник. В 4т. Т.4 Листовая штамповка/Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов/пред./ и др.-М.: Машиностроение. 1985–1987.–544 с.: ил.
8. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Проектування та розрахунок штампового оснащення для холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, спеціалізації «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання Частина II /Укл. В.І. Дубина, В.В. Широкобоков. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка», 2020. – 24 с.

9. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ "Імекс ЛТД", 2005. – 236 с.
10. Боков В.М., Мірзак В.Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград. Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс-ЛТД".2010. – 250 с.
11. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спец. 131 «Прикладна механіка» / [уклад. : К. Щербина, В. Шмельов, О. Скрипник, А. Гречка, О. Кузик] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки, каф. матеріалознавства і ливарного виробництва. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024 – 16 с.
12. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи : спец. 131 Прикладна механіка / [уклад. : В. А. Мажара, А. І. Гречка, В. В. Свяцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 40 с.
13. Общемашиностроительные нормативы на холодную штамповку, резку, высадку и обрезку. Массовое, крупносерийное, серийное и мелкосерийное производство. М.: НИИ труда. 1978.-231с., ил.
14. Справочник по оборудованию для листовой штамповки /Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под ред. Л.И. Рудмана.–К.: Техніка, 1989.–231 с.
15. Мансуров И.З., Подрабинник И.М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы КГШП: Справочник,-М.: Машиностроение, 1990.-341 с.
16. Плєснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плєснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 236 с. ISBN 978-617-7188-69-7

Додатки

ДОДАТОК А
Кресленик деталі «Рамка»

✓ (✓)



1. *Разміри для довідок
2. $H14; h14; \pm \frac{IT14}{2}$.

Облаштована організація Кафедра ММФ	Технічне дослідження Володимир МІРЗАК	Розробник документа Олексій ХАРКЕВИЧ	Заказник зам'явки Андрій ГРЕЧКА	Масштаб 1:1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет	Назва документа Кресленик деталі		Статус документа Набчальний	
	Назва відповідної часті Рамка		КРБ.ЛМ.25.22.12.00.00	
	Мат. частина Сталь 08кп ГОСТ 9045-93	Ід. частина А	Дата видання 2025-03-06	Лист ук

