

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 скоба**

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

_____ Олег ПЛАНТИЧ

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
Плантичу Олегу Івановичу**

Тема роботи:

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі скоба.

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: конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Скоба».

Завдання: виконати конструкторсько-технологічний аналіз деталі; вибрати та обґрунтувати оптимальний варіант маршрутної технології; розрахувати вихідну заготовку (зробити розгортку деталі); виконати розкрій листового прокату з оптимізацією розташування заготовки на штабі; розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання; визначити норми часу за операціями листового штампування; розробити карту технологічного процесу; спроектувати штамп суміщеної дії для вирубаня-пробивання деталі «Скоба». 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 _____ Олег ПЛАНТИЧ

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК

АНОТАЦІЯ

Плантич О. І. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі скоба : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. Я. Мірзак; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 38 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Скоба»..

Актуальність роботи полягає в необхідності розробки ефективного та економічно обґрунтованого процесу виготовлення скоби з урахуванням вимог до точності, жорсткості оснащення і продуктивності.

В роботі виконано конструкторсько-технологічний аналіз деталі; вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології; розраховано вихідну заготовку; виконано розкрій листового прокату з оптимізацією розташування заготовки на штабі; розраховано технологічні зусилля за операціями штампування та обрано обладнання; визначено норми часу за операціями листового штампування; розроблено карту технологічного процесу; спроектовано штамп суміщеної дії для вирубаня-пробивання деталі «Скоба».

Ключові слова: **технологічний процес, листове штампування, вирубування, пробивання, технологічне зусилля, штампове оснащення**

ANNOTATION

Oleh. PLANTYCH. Design and technological support for the manufacture of bracket parts. 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 – 3 sheets of A1 format in total.

The purpose of the work is the design and technological support for the manufacture of the “Stapler” part.

The relevance of the work lies in the need to develop an effective and economically justified process for manufacturing the staple, taking into account the requirements for accuracy, rigidity of the equipment and productivity.

The work includes a design and technological analysis of the part; the optimal route technology option is selected and substantiated; the initial workpiece is calculated; sheet metal cutting is performed with optimization of the workpiece location on the staff; technological efforts for stamping operations are calculated and equipment is selected; time standards for sheet stamping operations are determined; a technological process map is developed; a combined action stamp is designed for cutting-punching the “Stapler” part.

Keywords: **technological process, sheet stamping, cutting, punching, technological effort, stamping equipment**

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Підвищення продуктивності та якості
виготовлення деталі кулачок**

КРБ.ПМ.25.17.12.00.00

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

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

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Скоба».....	9
1.1 Опис і технічна характеристика деталі	9
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології.....	10
1.3 Розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування.....	11
1.4 Розкрій металопрокату.....	13
1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір устаткування.....	17
1.6 Технічне нормування.....	22
1.7 Технічний контроль якості продукції.....	25
1.8 Техніка безпеки при штампуванні.....	26
1.9 Складання карти технологічного процесу холодного штампування.....	27
Розділ 2 Проектування штампа для вирубання- пробивання деталі «Скоба».....	28
2.1 Опис штампа	28
2.2 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей та перевірка на міцність	28
Загальні висновки	32
Перелік джерел посилання	33
ДОДАТКИ	35
Додаток А. Кресленик деталі «Скоба».....	36
Додаток Б. Технологічна карта на виготовлення деталі «Скоба».	37
Додаток В. Специфікація до складального кресленника штампу суміщеної дії	38

ВСТУП

Актуальність теми

Деталь «Скоба» є компактим штампованим елементом, що використовується в різноманітних вузлах технічних виробів. Її виготовлення із холоднокатаної сталі марки 08 кп товщиною 1 мм передбачає застосування холодного листового штампування, зокрема кількох операцій гнуття. Незважаючи на відносну простоту форми, скоба має середню складність контуру й вимагає забезпечення високої точності геометрії при послідовному згинанні, що ускладнює технологічний процес.

У зв'язку з цим особливого значення набуває вибір раціонального технологічного маршруту та конструкції штампового оснащення, придатного для використання на універсальних кривошипних пресах. В умовах серійного виробництва це дозволяє досягти оптимального співвідношення між продуктивністю, собівартістю й надійністю виготовлення.

Таким чином, обґрунтування та впровадження ефективного конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення деталі «Скоба» є актуальним завданням сучасного машинобудівного виробництва.

Мета і задачі роботи

Мета роботи – конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі скоба.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- виконати конструкторсько-технологічний аналіз деталі;
- вибрати та обґрунтувати оптимальний варіант маршрутної технології;
- розрахувати вихідну заготовку (зробити розгортку деталі);
- виконати розкрій листового прокату з оптимізацією розташування загоаки на штабі;

- розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання;
- визначити норми часу за операціями листового штампування;
- розробити карту технологічного процесу;
- спроектувати штамп суміщеної дії для вирубаня-пробивання деталі «Скоба».

Практична цінність роботи полягає у:

- розробці раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Скоба» з урахуванням вимог серійного виробництва, що дозволяє забезпечити стабільну якість при мінімальних витратах;
- оптимізації розкрою вихідної заготовки за рахунок її раціонального розміщення на штабі в порівнянні з базовим варіантом (запропоновано зустрічний розкрій);
- проектуванні штампу суміщеної дії, який виконує вирубування та пробивання заготовки за одну операцію, що скорочує загальний цикл виготовлення та підвищує продуктивність;
- підвищенні економічної ефективності за рахунок зменшення кількості операцій, скорочення простоїв обладнання та зменшення витрат на обслуговування оснастки.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ СКОБА”

З урахуванням типу виробництва та річної програми виготовлення деталі “Скоба” приймаємо наступну технологію виготовлення деталі:

1. Відрізання.
2. Вирубання-пробивання.
3. Надрізання-гнуття.
4. Гнуття остаточне.

1.1 Опис і технічна характеристика деталі

Деталь “Скоба” входить до механізму привода куліси і виконує роль фіксації напрямних планок. Аналоги подібних деталей можна подивитись [1, 2]/ За даними конструкторської документації деталь виготовляється з вуглецевої якісної конструкційної сталі:

Лист $\frac{Б-ПН-0-1,0 \text{ ГОСТ } 19904-90}{4-IV-08кп \text{ ГОСТ } 16523-89}$

З урахуванням призначення використання сталі [3–5], робимо висновок, що матеріал конструктором обрано правильно і його призначення повністю відповідає вимогам по застосуванню. Хімічний склад і фізико-механічні властивості даної марки сталі наведені в табл. 1.1. і 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі

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

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості сталі

Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Межа текучості σ_T , МПа	Межа опору зрізу $\sigma_{зр}$, МПа	Відносне подовження δ_5 , %
324	196	250	35

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

По базовому варіанту деталь “Скоба” виготовлялась за наступним технологічним процесом:

1. Відрізання.
2. Вирубання.
3. Пробивання.
4. Надрізання-гнуття.
5. Гнуття попереднє.
6. Гнуття остаточне.

В запропонованому варіанті технологічного процесу об'єднані операції «Вирубання» і «Пробивання» в одну операцію «вирубання-пробивання» та також об'єднані операції “Надрізання-гнуття” і “Гнуття попереднє”. Це дозволяє скоротити кількість операцій технологічного процесу, вивільнити пресувальників та виключити дві одиниці устаткування. Також запропоновано комбінований розкрій штаби (рис. 1.1) замість того, що застосовувався у базовому варіанті (рис. 1.5.).

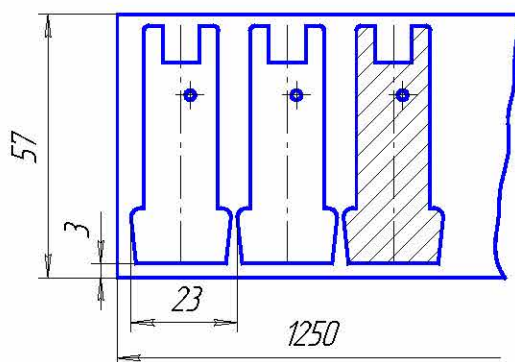


Рисунок 1.1 – Схема розкрою штаби по заводському варіанту.

Впровадження нового розкрою штаби при здійсненні операції “Вирубання - пробивання” дозволяє підвищити коефіцієнт використання металу і зменшити норму витрати матеріалу.

1.3 Розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування

Ескіз для розрахунку геометричних параметрів гнуття остаточного деталі “Скоба” зображено на рис. 2.9.

Довжину розгортки рахуємо за формулою:

$$L_1 = l_1 + l_2 + l_3$$

де $l_1 = 1,57 (r + xS)$

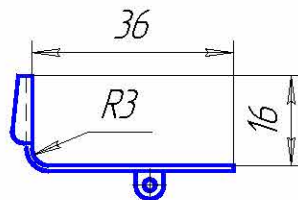


Рисунок 1.2 – До побудови розгортки.

де r – внутрішній радіус гнуття, $r = 3$ мм

x – коефіцієнт, що враховує місцезнаходження нейтрального шару [4], $x = 0,47$

S – товщина металу, $S = 1,0$ мм

$$l_1 = 1,57 (3 + 0,47 \times 1) = 5,45 \text{ мм}$$

l_2 – розмір прямої ділянки, мм

$$l_2 = 36 - 3 = 33 \text{ мм}$$

l_3 – розмір прямої ділянки, мм

$$l_3 = 16 - 3 = 13 \text{ мм}$$

$$L_1 = 5,45 + 33 + 13 = 51,45 \text{ мм}$$

Приймаємо $L = 51,5 \text{ мм}$

Ескіз для розрахунку розгортки гнуття попереднього зображено на рис.

1.3

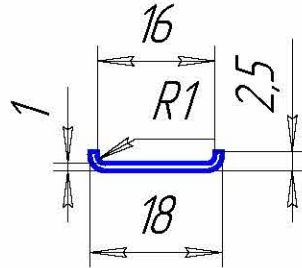


Рисунок 1.3 – До розрахунку розгортки.

Довжину розгортки рахуємо за формулою:

$$L_2 = 2 l_1 + 2 l_2 + l_3,$$

де l_1 – довжина прямої ділянки, мм

$$l_1 = 2,5 - 1 - 1 = 0,5 \text{ мм}$$

l_2 – довжина нейтрального шару [3, 4], мм

$$l_2 = 1,57 (r + xS)$$

$r = 1 \text{ мм}; \quad x = 0,42 \text{ мм}; \quad S = 1 \text{ мм}.$

$$l_2 = 1,57 (1 + 0,42 \times 1) = 2,23 \text{ мм}$$

$$l_3 = 16 - 1 - 1 = 14 \text{ мм}$$

де a_1 – найменша величина перемички, мм [3, 4], $a_1 = 1,2$.

З урахуванням надійності роботи приймаємо $a_1 = 3$ мм.

$$l_n = 2 \times 3 + 51,5 \text{ мм} = 57,5 \text{ мм}$$

Приймаємо $l_n = 57$ мм.

Крок штампування рахуємо за формулою:

$$L_{ш} = 2a_2 + b + k$$

де a_2 – величина перемички, яка дорівнює 3 мм. Приймаємо аналогічно;

b – розмір деталі, $b = 16$ мм;

k – розмір деталі, мм.

$$k = L_2 + 2 \times 12 \times \text{tg}6^\circ$$

$$k = 19,5 + 2 \times 12 \times \text{tg}6^\circ = 22,02 \text{ мм}$$

Приймаємо $k = 22$ мм.

$$L_{ш} = 2 \times 3 + 16 + 22 = 44 \text{ мм}$$

Схема розкрою листа зображена на рис. 1.6.

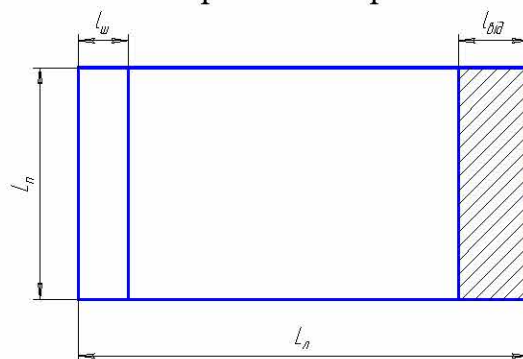


Рисунок 1.6 – Схема розкрою листа.

З урахуванням ГОСТ 19904-90 та угодою поставки металопрокату лист має габаритні розміри: $L_{\text{л}} = 1250$ мм, $L_{\text{л}} = 2500$ мм, $S = 1,0$ мм.

Кількість штаб з листа:

$$n_n = \frac{L_{\text{л}} - l_{\text{отх}}}{l_n}$$

де $l_{\text{отх}}$ – кінцевий відхід, $l_{\text{отх}} = 163$ мм

$$n_n = \frac{2500 - 163}{57} = 41 \text{ шт.}$$

Кількість заготовок з полоси:

$$n_3 = \frac{L_{\text{л}} - a_2}{L_{\text{ш}}} \times 2 - 1$$

$$n_3 = \frac{1250 - 3}{44} \times 2 - 1 = 55 \text{ шт.}$$

Кількість деталей з листа:

$$n = n_n \times n_3 = 41 \times 55 = 2255 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta = \frac{M_{\text{д}} \times n}{M_{\text{л}}}$$

де M_d – маса деталі, кг

$$M_d = V_d \times \rho$$

де V_d – об'єм деталі, мм^3

$$V_d = F_d \times S$$

F_d – площа поверхні деталі, мм^2

$$F_d = \sum F_i$$

де F_i – елементарні ділянки площі поверхні деталі.

$$F_1 = 16 \times 39,5 = 632 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 19,5 \times 12 = 234 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 12 \times 12 \times \text{tg}6^\circ = 15,14 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 8 \times 8 = 64 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 2^2}{4} = 3,14 \text{ мм}^2$$

$$F_d = 632 + 234 + 15,14 - 64 - 3,14 = 814 \text{ мм}^2$$

де ρ - густина, $\rho = 7,83 \text{ г/см}^3$ [5]

$$V_{\partial} = 814 \times 1 = 814 \text{ мм}^3$$

$$M_{\partial} = 814 \times 7,83 \times 10^{-6} = 0,0064 \text{ кг}$$

де M_n – маса листа, кг

$$M_n = V_n \times \rho$$

$$V_n = 1250 \times 2500 \times 1 = 3125000 \text{ мм}^3$$

$$M_n = 3125000 \times 7,83 \times 10^{-6} = 24,5 \text{ кг}$$

$$\eta = \frac{0,0064 \times 2255}{24,5} = 0,59$$

Норма витрати металу:

$$H = \frac{M_n}{n} = \frac{24,5}{2255} = 0,0108 \text{ кг}$$

1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір устаткування

Для операції “Відрізання” використовуємо комплекс устаткування для різання листів на ножицях з похилим ножем моделі АКНК 3416.02 з наступною технічною характеристикою [7]

Базова модель устаткування	НК 3416
Найбільші розміри листів, що подаються	$4 \times 2000 \times 2500$
Потужність приводу, кВт	9,5
Маса, т	5,1
Число рухів ножа у хвилину, хв^{-1}	25...68
Кут нахилу ножа	$1^{\circ}30'$
Габаритні розміри, мм	$2760 \times 7050 \times 1520$

Зусилля операції “Вирубання-пробивання” розраховуємо за формулою:

$$P = P_e + P_n + P_b + P_{np}$$

де P_e - зусилля вирубування, кН [8–11]

$$P_e = 1,2 \times L_e \times S \times \sigma_{cp}$$

L_e – периметр вирубування заготовки, мм

$$L_e = 19,5 + 2 \times 39,5 + 16 + 2 \times 8 + (22 - 19,5) + 2 \times \frac{12}{\cos 6^{\circ}} = 157,13 \text{ мм}$$

$$P_e = 1,2 \times 157,13 \times 1 \times 250 = 47130,9 \text{ Н}$$

де P_n – зусилля пробивання, Н [4]

$$P_n = 1,2 \times L_{np} \times S \times \sigma_{cp}$$

де L_{np} – периметр пробивання, мм

$$L_{np} = 3,14 \times 2 = 6,28 \text{ мм}$$

$$P_n = 1,2 \times 6,28 \times 1 \times 250 = 1880,4 \text{ Н}$$

де $P_б$ – зусилля буфера, Н [3, 4]

$$P_б = 0,06 P_B = 0,06 \times 47130,9 = 2820,8 \text{ Н}$$

де P_{np} – зусилля проштовхування відходів, Н [3, 4]

$$P_{np} = 0,1 \times P_{II} = 0,1 \times 1880,4 = 188,4 \text{ Н}$$

$$P = 47130,9 + 188,4 + 2820,8 + 188,4 = 52030,9 \text{ Н} = 52,04 \text{ кН}$$

На підставі отриманого зусилля на операцію і з урахуванням габаритів штампку обираємо для виконання даної операції відкритий непохилий однокривошипний прес моделі КД2126Е, технічна характеристика якого наведена нижче:

Номінальне зусилля преса, кН	400
Хід повзуна, мм	90
Частота ходів повзуна за хвилину, хв^{-1}	600 × 400
Розміри стола, мм	710×480
Потужність приводу, кВт	4,5
Габарит, мм	1330×1615×2745

Зусилля гнуття і надрізання рахуємо за формулою:

$$P = P_2 + P_{21} + P_n$$

де P_2 – зусилля гнуття, кгс [3, с.72]

$$P_2 = 3 \times B \times S \times \sigma_0 \times k_2$$

де B – довжина гнуття, мм

$$B = 2 \times \frac{12}{\cos 6^\circ} = 12,1 \text{ мм}$$

де k_2 – коефіцієнт, $k = 0,27$

$$P_2 = 3 \times 12,1 \times 1 \times 30 \times 0,27 = 294 \text{ кгс}$$

P_{21} – зусилля гнуття у місці розташування отвару [3, 4]

$$P_{21} = B \times S \times \sigma_0 \times k_1$$

де B – довжина гнуття, $B = 5$ мм

k_1 – коефіцієнт, який дорівнює 0,23

$$P_{21} = 5 \times 1 \times 30 \times 0,23 = 34,5 \text{ кгс}$$

де P_n – зусилля надрізання, кгс [3, 4]

$$P_n = 1,2 \times L_n \times S \times \sigma_{cp}$$

де L_n – периметр надрізання, мм

$$L_n = 2,5 \times 3,14 + 2 \times 2,5 = 12,85 \text{ мм}$$

$$P_n = 1,2 \times 12,85 \times 1 \times 25 = 385,5 \text{ кгс}$$

$$P = 294 + 34,5 + 385,5 = 714 \text{ кгс} = 7,14 \text{ кН}$$

З урахуванням отриманого зусилля, габаритів штампу і номенклатури устаткування обираємо для використання даної операції прес моделі КД2126Е, технічна характеристика якого наведена вище.

Зусилля операції “Гнуття остаточне” рахуємо за формулою [4]

$$P = \frac{BS^2}{r+S} \sigma_B,$$

де B – довжина гнуття, $B = 16 \text{ мм}$

r – внутрішній радіус гнуття, $r = 3 \text{ мм}$

$$P = \frac{16 \times 1^2}{3+1} \times 30 = 120 \text{ кгс} = 1,2 \text{ кН}.$$

З урахуванням отриманого зусилля, габаритів штапу і номенклатури устаткування, обираємо для виконання даної операції прес моделі КД2126Е, технічна характеристика якого наведена вище.

1.6 Технічне нормування [13]

Розрахунок операції “Відрізка” наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок норм штучного часу

№ карт	№ позиції	Найменування переходу	Час на 1 полюсу		
			Основний	Допоміжний, T_B , хв.	
				Перекритий	Неперекритий
59	1e	1. Застропити пакет листів вагою до 3 т.	-		$3,35: \frac{3000}{0,0108} = 0,000012$
60	39a 39б 39в	2. Транспортувати пакет на робоче місце до 30 м.		-	$(0,05+0,03+0,03) \times 30: \frac{3000}{0,0108} = 0,000012$
59	1e	Відчепити трос.	-	-	$2,35: \frac{3000}{0,0108} = 0,00001$
1	3	Увімкнути комплекс (6 вимикачів)	-	-	$0,018 \times 6: \frac{3000}{0,0108} = 0,0000004$
2	21a	Основний час (25 хв^{-1})	$1:25:10 = 0,004$	-	-
-	-	Час активного спостереження за роботою комплексу	-	$0,25T_0$	-
		Всього	0,004	0,001	0,000034

Штучний час :

$$T_{III} = (0,004 + 0,000034) \left(1 + \frac{13 + 4}{100}\right) = 0,0047 \text{ хв.}$$

Норма виробітку:

$$H = \frac{480}{0,0047} = 102127 \text{шт.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис. 1.7.

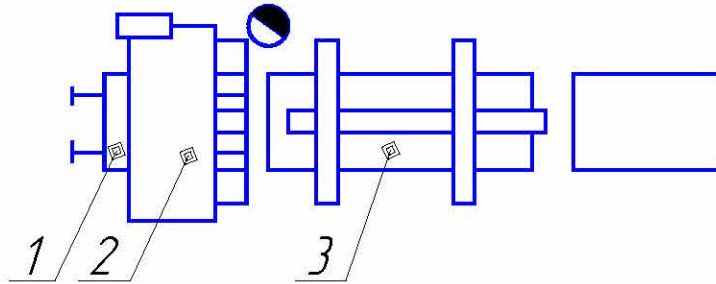


Рисунок 1.7 – Схема організації робочого місця: 1 – рейковий візок; 2 – ножиці; 3 – механізм подачі листа

Розрахунок операції “Вирубання - пробивання” наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахунок норм штучного часу

№ карт и	№ пози- ції	Найменування переходу	Час на 1 полюсу		
			Основний	Допоміжний, T_v , хв.	
				Перек- ритий	Неперекритий
4	1а	1. Взяти штабу і змастити.	-		$6,12:55:100 = 0,001$
6	4б	2. Покласти штабу до штамп.	-	-	$3,54:55:100 = 0,00064$
1	2а	3. Увімкнути прес.	-	-	0,015
2	47б	Штампувати	0,0058	-	-
7	3а	Проштовхнути штабу на крок	-	$0,55:55 = 0,01$	-
9	3а	Відкинути відход штаби	-	-	$1,54:55:100 = 0,00028$
		Всього	0,058	0,01	0,01702

Штучний час :

$$T_{шт} = (0,058 + 0,01702) \times 1,11 = 0,083 \text{ хв.}$$

Норма виробітку:

$$H = \frac{480}{0,083} = 5764 \text{шт.}$$

Схема організації робочого місця операції “Вирубання - пробивання” зображена на рис. 1.8.

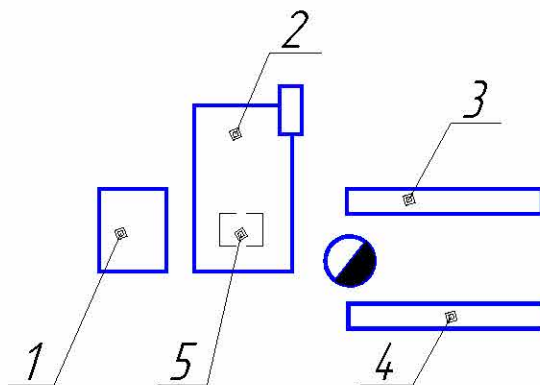


Рисунок 1.8 – Схема організації робочого місця: 1 – тара для деталей; 2 – прес; 3 – стелаж для штаб; 4 – стелаж для відходів штаби; 5 – тара для відходів

Розрахунок операції “Надрізання - гнуття” та “Гнуття остаточне” наведено в табл.1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок норм штучного часу

№ карт и	№ пози- ції	Найменування переходу	Час на 1 полюсу		
			Основний	Допоміжний, T_v , хв.	
				Перек- ритий	Неперекритий
28	1a	1. Змастити штамп.	-	-	$5:100:20 = 0,0025$
33	8a	2. Покласти заготовку до штамп.	-	-	$4,18:100 = 0,0418$
1	7a	3. Увімкнути прес.	-	-	0,022
2	476	4. Основний час	0,0058	-	-
36	20a	Зняти деталь зі штамп і відкинути в тару	-	-	$1,76:100 = 0,0176$
		Всього	0,058	-	0,1064

Штучний час:

$$T_{ш} = (0,058 + 0,1064) \times 1,11 = 0,182 \text{ хв.}$$

Норма виробітку:

$$H = \frac{480}{0,182} = 2637шт.$$

Схема організації робочого місця операцій “Надрізання-гнуття” і “Гнуття остаточне” зображена на рис. 1.9.

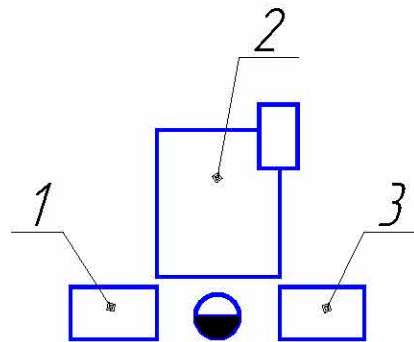


Рисунок 1.8 – Схема організації робочого місця; 1 – тара для заготовок; 2 – прес; 3 – тара для відходів

1.7 Технічний контроль якості продукції [7, 12]

Маючи багаторічний досвід обробки металів тиском і впровадження у виробництво нових прогресивних технологій, контроль якості продукції постійно повинен стояти при розробці нових технологічних процесів, устаткування, оснащення, вимірювальних шаблонів.

Враховуючи форму і застосування деталей, на які розроблені технологічні процеси в даному проекті, робимо висновок, що при виготовленні останніх можливе виявлення наступних видів браку:

- присутність задирок по периметру зрізу метала;
- зміщення симетрично розташованих отворів відносно осі гнуття;
- присутність пружистого пружинення при виконанні операції гнуття;
- присутність мікро- і макротріщин при гнутті деталі.

Для запобігання усіх цих видів браку при розробці технологічних процесів прийняті наступні заходи:

- більш якісне виготовлення оснащення, а точніше, робочого інструменту: зазор між матрицею та пуансоном;
- компенсуючих плит, дозволяючих більш точніше виставляти матриці та пуансони один навпроти одного;
- застосування фіксуєчих елементів при гнутті, що попереджає перетягнення бортів гнутих деталей;
- запобігання тріщин можливе при правильному виборі металу заготовки, який враховує його подальше використання і увесь цикл технологічного процесу;
- застосування автоматизації при штампуванні дозволяє більш точніше одержувати лінійні розміри в деталях та заготовках.

Однак, крім вищезгаданих засобів підвищення якості продукції, необхідно використовувати систему організацій технічного контролю, яка включає безпосередню перевірку виготовлених деталей і заготовок виробником. Це дозволяє на всіх етапах виробництва контролювати якість продукції.

1.8 Техніка безпеки при штампуванні

Техніці безпеки при розробці нових технологічних процесів слід приділяти чимало уваги, тому що зниження травматизму і його малий коефіцієнт є важливим фактором в показниках роботи цеху.

Враховуючи вищезгадане і з урахуванням ГОСТ 12.2.017-76 в цеху прийняті наступні заходи для запобігання травматизму:

- усі відкриті частини устаткування і оснащення, які обертаються, закрити огорожею, яка повинна бути оснащена кінцевими вимикачами;

- при відсутності впровадження попереднього пункту, застосовується включення на робочий рух за допомогою двох кнопок, що запобігає контакту працюючого з рухомими частинами устаткування і оснащення;
- для зниження дії шуму на штампувальників застосовуються навушники;
- на устаткуванні застосовується місцеве освітлення;
- усі металеві частини КПУ, які зможуть опинитися під напругою, яка перевищує 42 В, оснащені приладами заземлення;
- кожна одиниця КПУ повинна мати ввідний вимикач ручної дії;

Виконання усіх вищезгаданих вимог дозволяє забезпечити безпеку праці на усіх операціях маршрутної технології виготовлення деталей.

1.9 Складання карти технологічного процесу холодного штампування

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

2 ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПА ДЛЯ ВИРУБУВАННЯ-ПРОБИВАННЯ ДЕТАЛІ «СКОБА»

2.1 Опис штампа

В запроєктованому штампі для вирубаня-пробивання [9, 10, 12] запропоновано використати комбінований розкрій полоси, що дозволяє отримати на 6 деталей більше, ніж у розкрій, що використовується на базовому підприємстві.

Штамп (Рис. 2.1) складається з верхньої 1 і нижньої 12 плит, які з'єднані між собою напрямними вузлами 8, планки 3, виштовхувачів 4, штовхача 5, траверси 6, пуансона 7, матриці 9, пружин 11, пуансон-матриці 14, виштовхувача 15, упора 16, фіксатора 17, знімача 18.

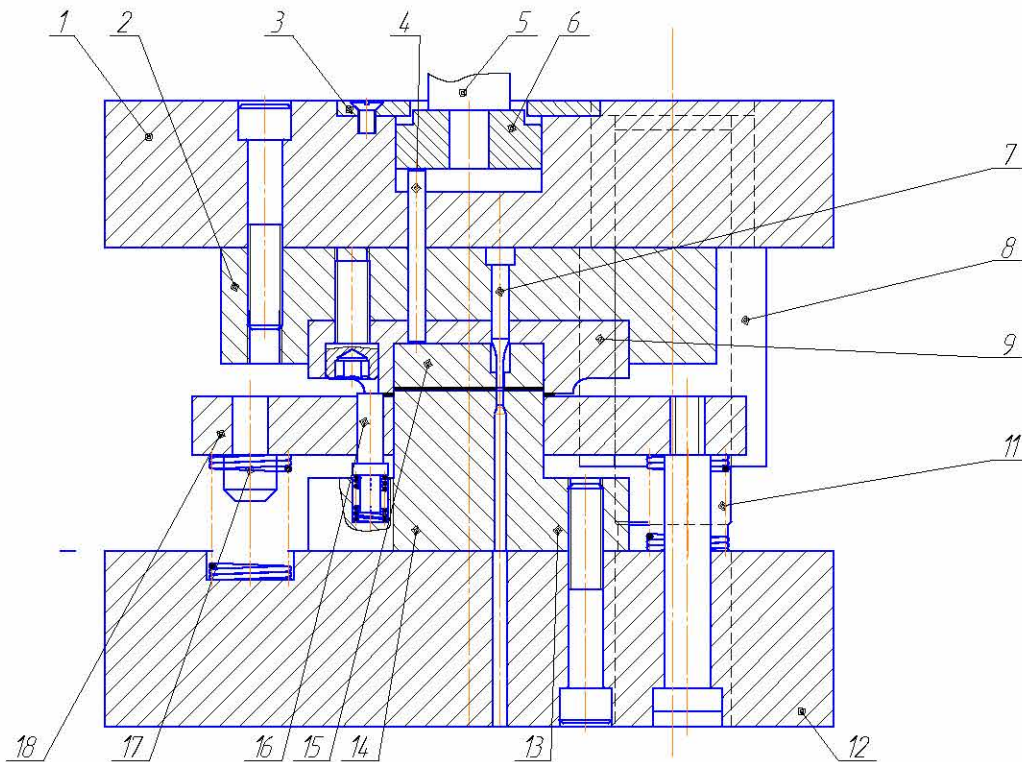


Рисунок 2.1 – Схема штампа для вирубаня-пробивання деталі „Скоба”

2.2 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей та перевірка на міцність

Діаметр робочої частини пробивного пуансону [4]

$$d_{\Pi} = (d + \Delta)_{-\delta_{\Pi}}$$

де d – діаметр отвору, що пробивається, $d = 2$ мм,

Δ - допуск на розмір d , $\Delta = 0,08$ мм

$-\delta_{\Pi}$ – допуск на виготовлення пуансону, $-\delta_{\Pi} = 0,015$ [3, 4]

$$d_n = (2 + 0,08)_{-0,015} = 2,08_{-0,015} \text{ мм}$$

Діаметр робочої частини матриці [3, с. 408]

$$d_M = (d + \Delta + z)_{+\delta_M}$$

де z – зазор між матрицею і пуансоном [3, с. 21], $z = 0,06$ мм

$+\delta_M$ – допуск на виготовлення матриці; $+\delta_M = 0,025$ [4]

$$d_M = (2 + 0,08 + 0,06)^{+0,025} = 2,14^{+0,025} \text{ мм.}$$

Напруження зім'яття опорної поверхні пуансону [4]

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F},$$

де P – зусилля пробивання отвору, $P = 188,4$ кгс

F – площа поверхні опорної частини пуансону, мм

$$F = \frac{3,14 \times 12^2}{4} = 113,04 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{188,4}{113,04} = 1,66 \text{ кгс/мм}^2$$

В зв'язку з тим, що $\sigma_{см} < [\sigma_{см}] = 10 \text{ кгс/мм}^2$, необхідне використання сталеві гартованої пластини.

Напруження стискання в найменшому перетині пуансону:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f},$$

де f – площа найменшого перетину пуансону, мм^2

$$f = \frac{3,14 \times 2,08^2}{4} = 3,4 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{сж} = \frac{188,4}{3,4} = 55,4 \text{ кгс/мм}^2$$

З урахуванням того, що $\sigma_{см} < [\sigma_{см}] = 160 \text{ кгс/мм}^2$, робимо висновок, що умова міцності виконується.

Вільна довжина пуансону на повздовжній вигін [3, 4].

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

де E – модуль пружності, $E = 2,2 \times 10^4 \text{ кгс/мм}^2$

I – момент інерції перетину [5].

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \times 2^4}{64} = 0,785 \text{ мм}^4$$

n – коефіцієнт безпеки, $n = 3$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \times 10^4 \times 0,785}{3 \times 188,4}} = 24,5 \text{ мм}$$

При діаметрі 2 мм вільна довжина пуансону не повинна перевищувати 24,5 мм. Вільна довжина спроектованого пуансону складає 10,5 мм, тобто умова виконується.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Деталь «Скоба» є компактним штампованим елементом, що використовується в різноманітних вузлах технічних виробів. Її виготовлення із холоднокатаної сталі марки 08 кп товщиною 1 мм передбачає застосування холодного листового штампування, зокрема кількох операцій гнуття. Незважаючи на відносну простоту форми, скоба має середню складність контуру й вимагає забезпечення високої точності геометрії при послідовному згинанні, що ускладнює технологічний процес.

У зв'язку з цим особливого значення набуває вибір раціонального технологічного маршруту та конструкції штампового оснащення, придатного для використання на універсальних кривошипних пресах. В умовах серійного виробництва це дозволяє досягти оптимального співвідношення між продуктивністю, собівартістю й надійністю виготовлення.

Таким чином, обґрунтування та впровадження ефективного конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення деталі «Скоба» є актуальним завданням сучасного машинобудівного виробництва.

2. Розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Скоба» з урахуванням вимог серійного виробництва, що дозволяє забезпечити стабільну якість при мінімальних витратах.
3. Оптимізований розкрій вихідної заготовки за рахунок її раціонального розміщення на штабі в порівнянні з базовим варіантом (запропоновано зустрічний розкрій);
4. Спроектований штамп суміщеної дії, який виконує вирубування та пробивання заготовки за одну операцію, що скорочує загальний цикл виготовлення та підвищує продуктивність;
5. Підвищена економічна ефективність за рахунок зменшення кількості операцій, скорочення простоїв обладнання та зменшення витрат на обслуговування оснастки.

Перелік джерел посилання

1. Металеві штамповані деталі, MYD Metal Products Co., Ltd. URL: https://www.mysheetmetalstamping.com/product_detailed/38.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjqWzBhAqEiwAQmtgT3WSL5npfYpA_y04jEOUpQvSAnUWOJ2NYn1u2On0mrbegDpNQG16cxoC11YQAvD_BwE (дата звернення: 16.05.2024).
2. Штамповані деталі, NANJING METALLI INDUSTRIAL CO., LIMITED. URL: https://www.metalli-china.com/products_detail/c-_detailId%3D1061242035751424000.html (дата звернення: 18.05.2024).
3. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. – [6-е изд.]. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. – 530 с.
4. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. –496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб. – М.:Машиностроение, 1980.-728 с.-Т.1.
6. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова. – Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.– М.: Машиностроение,1985.–567 с.
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. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Конструювання та виготовлення штампів». Частина 1 «Холодне штампування» для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка, спеціалізації «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. /Укл.: Матюхін А.Ю. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 58 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.
16. 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.
14. Мансуров И.З., Подрабинник И.М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы КГШП: Справочник,-М.: Машиностроение, 1990.-341 с.
15. Плеснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плеснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 236 с. ISBN 978-617-7188-69-7
16. 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.

Додатки