

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

25 червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Розробка технологічного процесу та оснащення для
виготовлення деталі «Кутик»**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПТ-22-2
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Ігор ІСАЄВ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олег СІСА

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Віктор ПУКАЛОВ

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
13 квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівням вищої освіти
Ісаєву Ігорю Олеговичу

Тема роботи:

Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Кутик».

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олег СІСА

Затверджено наказом ЦНТУ від 01 квітня 2026 року № 199-02.

Строк подання роботи до захисту:

26 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка технологічного процесу холодного листового штампування деталі «Кутик».

Завдання: зробити опис деталі, що штампується, вибрати та обґрунтувати оптимальний варіант маршрутної технології, розрахувати довжину вихідної заготовки, виконати розкрій листового прокату, розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання, розробити плани організації робочих місць за операціями штампування та виконати технічне нормування, розробити карту технологічного процесу, спроектувати штамп для штампування деталі «Кутик», розробити кресленики на його робочі деталі, зробити опис штампа, розрахувати виконавчі розміри інструмента.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	19.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	25.04.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2026 р.	
4	Виконання конструкторської частини	25.05.2026 р.	
5	Розробка креслеників	18.06.2026 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	19.06.2026 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	20.06.2026 р.	
8	Рецензування роботи	24.06.2026 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	26.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Ігор ІСАЄВ

Керівник роботи _____ Олег СІСА

АНОТАЦІЯ

Ісаєв І. О. Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Кутик»: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. Ф. Сіса; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 39 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технологічного процесу холодного листового штампування деталі «Кутик».

Актуальність роботи полягає в зменшенні собівартості виготовлення деталі за рахунок використання прогресивної маршрутної технології штампування деталі «Кутик» за три технологічні операції, що дозволяє: скоротити одну операцію, скоротити один штамп, вивільнити одну одиницю обладнання, вивільнити одного пресувальника та підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 94,17 % за рахунок штампування без утворення перемичок.

В роботі зроблено опис деталі, що штампується, вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, виконано розкрій листового прокату, розраховано технологічні зусилля за операціями штампування та вибрано обладнання, розроблено план-схеми організації робочих місць за операціями штампування та виконано технічне нормування, спроектовано та розраховано штамп послідовної дії для пробивання, відрізування заготовки деталі «Кутик», розроблено кресленики на деталі штампа, зроблено опис штампа, розраховано виконавчі розміри інструмента та пробивний пуансон на міцність

холодне листове штампування, технологічний процес, пуансон, технологічні зусилля, матриця, штамп послідовної дії

ANNOTATION

Ihor ISAYEV. Development of a technological process and equipment for manufacturing the "Corner" part: qualifying bachelor's thesis: spec. 131 Applied mechanics / scientific director O. F. Sisa; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 39 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process for cold sheet metal stamping of the "Corner" part.

The relevance of the work is to reduce the cost of manufacturing the part by using the progressive route technology of stamping the "Corner" part in three technological operations, which allows: to reduce one operation, reduce one die, free up one unit of equipment, free up one presser and increase the material utilization rate to 94.17% due to stamping without the formation of jumpers.

The work describes the part being stamped, selects and justifies the optimal route technology, cuts sheet metal, calculates technological efforts for stamping operations and selects equipment, develops plans for organizing workplaces for stamping operations and performs technical standardization, designs and calculates a sequential action stamp for punching and cutting the "Corner" part blank, develops drawings for stamp parts, describes the stamp, calculates the tool dimensions and punching punch for strength

cold sheet stamping, technological process, punch, technological efforts, matrix, sequential action stamp

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Розробка технологічного процесу та оснащення для виготовлення
деталі «Кутик»**

КРБ.ПМ.26.24.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПТ-22-2
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Ігор ІСАЄВ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олег СІСА

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП		7
1	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КУТИК»	9
	1.1 Опис та технічна характеристика деталі	9
	1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології	10
	1.3 Розрахунок довжини вихідної заготовки	11
	1.4 Розкрій листового прокату	13
	1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання	21
	1.6 Технічне нормування	26
	1.7 Розробка карти технологічного процесу	29
2	ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА	30
	2.1 Призначення штампа	30
	2.2 Склад штампа	30
	2.3 Принцип роботи штампа	30
	2.4 Розрахунок виконавчих розмірів інструмента	31
	2.5 Розрахунок пуансона на міцність	32
ВИСНОВКИ		34
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		35
ДОДАТКИ		37
Додаток А Специфікація «Штамп суміщеної дії»		38
	А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	38
	А.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик	39

ВСТУП

Листове штампування застосовується для виготовлення деталей із листового матеріалу, наприклад деталей автомобілів, літаків, вагонів, сівалок, тракторів, електроприладів та багатьох деталей широкого вжитку.

Основними операціями холодного листового штампування є розділові (відрізування, вирубування, пробивання та інші) та формозмінні (гнуття, витягування, відборткування, правлення та інші). Суттєвий економічний ефект спостерігається при штампуванні в штампах послідовної та суміщеної дії, які об'єднують декілька операцій.

Листове штампування здійснюється, головним чином, на механічних кривошипних пресах простої та подвійної дії із застосуванням одиночних або автоматичних ходів. Крім того, широку популярність набуло листове штампування з використанням обладнання з числовим програмним керуванням, зокрема координатно-пробивних пресів та гідравлічних листогнуттєвих пресів.

В якості вихідного матеріалу для листового штампування застосовують листи, штаби або стрічки. Матеріал для штампування, що поступає в штампувальні цехи, поперед обробки іноді піддають спеціальній підготовці: правці, відпалу, знежиренню, травленню, промиванню, сушінню.

Найбільше розповсюдження холодне штампування отримало у багатосерійному та масовому виробництвах, де великі масштаби випуску дозволяють використовувати технічно більш сучасні, хоча й більш складні та багато коштовні штампи. Ряд виробів масового виробництва та широкого споживання виготовляються десятками та сотнями мільйонів штук в рік. В теперішній час холодне листові штампування широко використовується і у мало серійному та навіть у одиночному виробництвах.

Розробка технологічних процесів холодного листового штампування та проектування штампів нерозривно пов'язані між собою, хоча й можуть виконуватися різними особами. Технолог повинен добре знати конструкції

штампів, а конструктор повинен володіти основними технологічними знаннями щодо холодного штампування.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КУТИК»

1.1 Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Кутик» (рис. 1.1) з'єднується з рамою сівалки методом точкового зварювання і використовується для тримання ланцюга. Вона особливих навантажень не несе. Основна операція штампування – гнуття. Саме тому [1, 2] дану деталь доцільно виготовляти із м'якої листової сталі наступної марки:

$$\text{Лист} \frac{Б-ПН-2,0 \times 1000 \times 2000 \text{ ДСТУ 19903-05}}{5-III-Г-08 \text{ ДСТУ 16523-05}}.$$

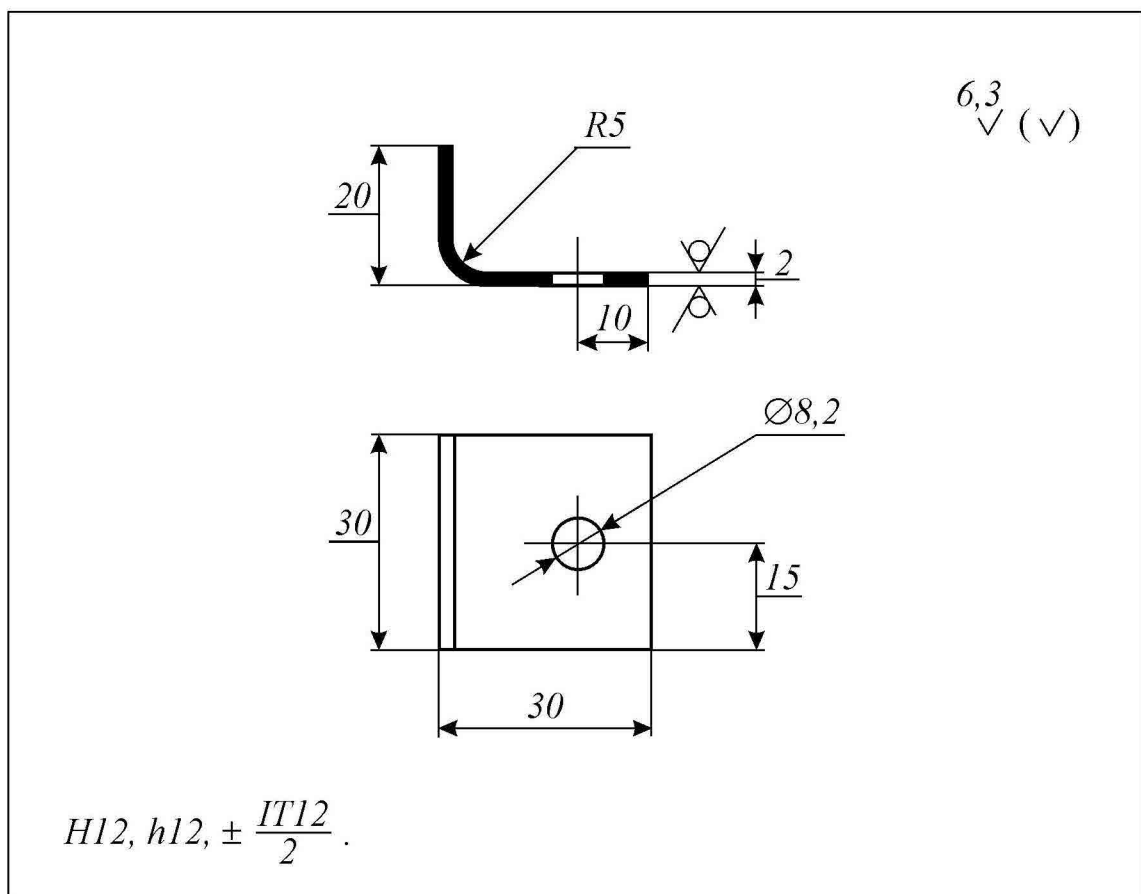


Рисунок 1.1 – Кресленик деталі «Кутик»

Таблиця 1.1 – Механічні та фізичні властивості матеріалу [1]

Матеріал	σ_{σ} , МПа	σ_{σ} , МПа	δ , %	γ , г/см ³
Сталь 08	380	250	30	7,85

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу [2]

Матеріал	C, %	Si, %	Mn, %	Cr не більш, %
Сталь 08	0,05-0,12	0,17-0,37	0,35-0,65	0,10

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

I варіант (базовий):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Відрізування заготовки.
3. Пробивання.
4. Гнуття.

II варіант (проектний):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Пробивання, відрізування у штампі послідовної дії.
3. Гнуття.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

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

1.3 Розрахунок довжини вихідної заготовки

Довжину вихідної заготовки (рис. 1.2) розраховуємо за формулою (1.1):

$$L_3 = l_1 + \cup l_2 + l_3, \quad (1.1)$$

де

$$l_1 = 20 - S - R5 = 20 - 2 - 5 = 13 \text{ мм};$$

$$\cup l_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_n \cdot n}{360},$$

R_n – радіус нейтрального шару;

$$R_n = r + x \cdot S. \quad (1.2)$$

При

$$\frac{r}{S} = \frac{5}{2} = 2,5, \quad x = 0,459 \text{ [1]}.$$

Тоді:

$$R_n = 5 + 0,459 \cdot 2 = 5,91 \text{ мм};$$

n – центральний кут $\cup l_2$. $n = 90^\circ$;

$$\cup l_2 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5,91 \cdot 90}{360} = 9,29 \text{ мм};$$

$$l_3 = 30 - S - R5 = 30 - 2 - 5 = 23 \text{ мм}.$$

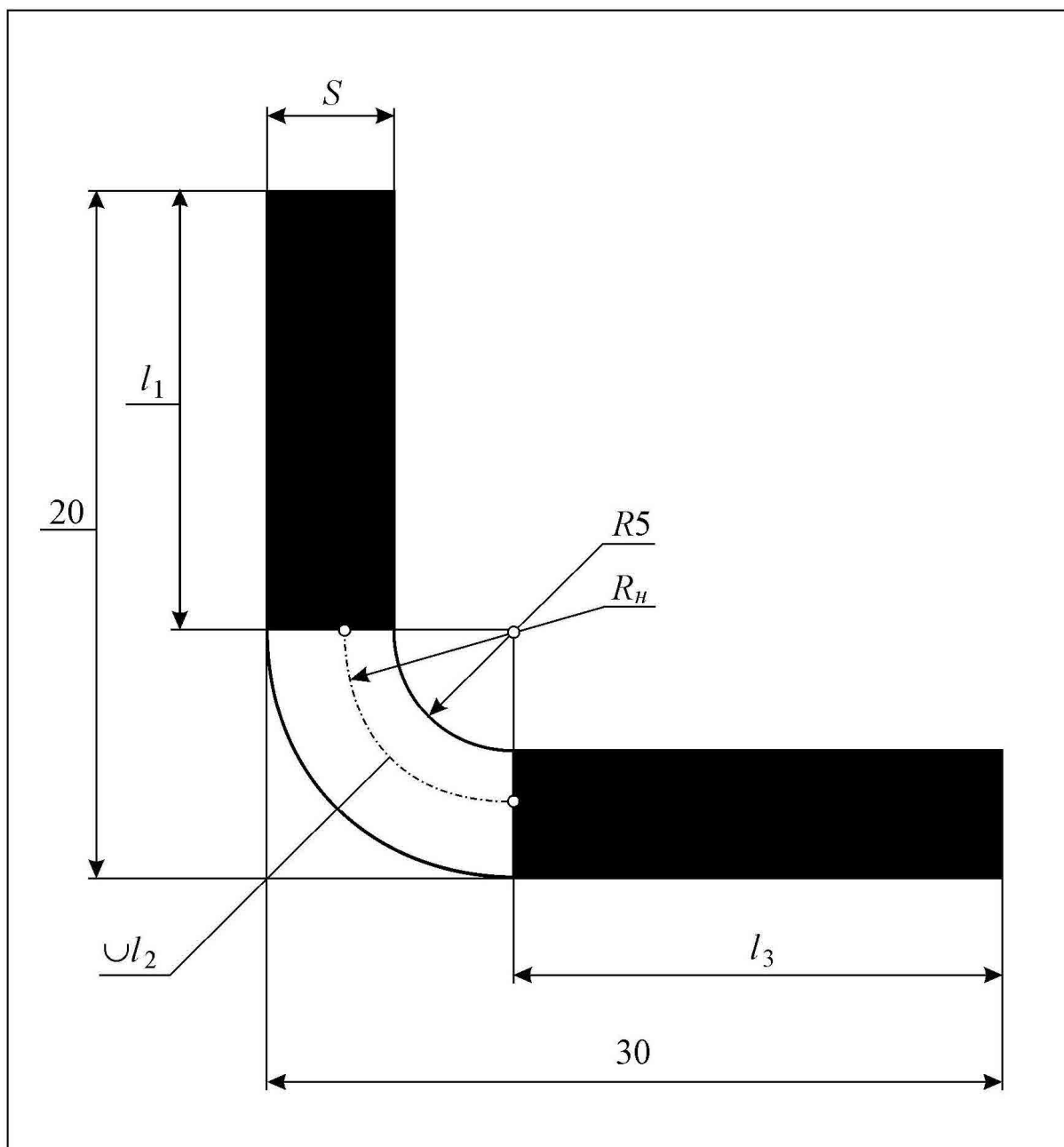


Рисунок 1.2 – До розрахунку довжини вихідної заготовки

Тоді:

$$L_3 = 13 + 9,29 + 23 = 45,29 \text{ мм.}$$

Приймаємо $L_3 = 45 \text{ мм.}$

1.4 Розкрій листового прокату

Деталь «Кутик» штампується із листа [1] розмірами в плані $A \times L = 1000 \times 2000 \text{ мм.}$ Оптимізація розкрою [3, 4] полягає у виборі більшого із значінь коефіцієнта використання матеріалу η при поперечному та поздовжньому видів розкрою.

Коефіцієнт використання матеріалу при поперечному виду розкрою (рис. 1.3) розраховуємо за формулою (1.1):

$$\eta_{non} = \frac{F_{\partial} \cdot q_{non} \cdot 100}{F_{л}}, \quad (1.3)$$

де F_{∂} – площа поверхні деталі (рис. 1.4), що визначається за формулою:

$$F_{\partial} = F_1 - F_2; \quad (1.4)$$

F_1 – площа прямокутника

$$F_1 = 30 \cdot 45 = 1350 \text{ мм}^2;$$

F_2 – площа круга

$$F_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8,2^2}{4} = 52,78 \text{ мм}^2.$$

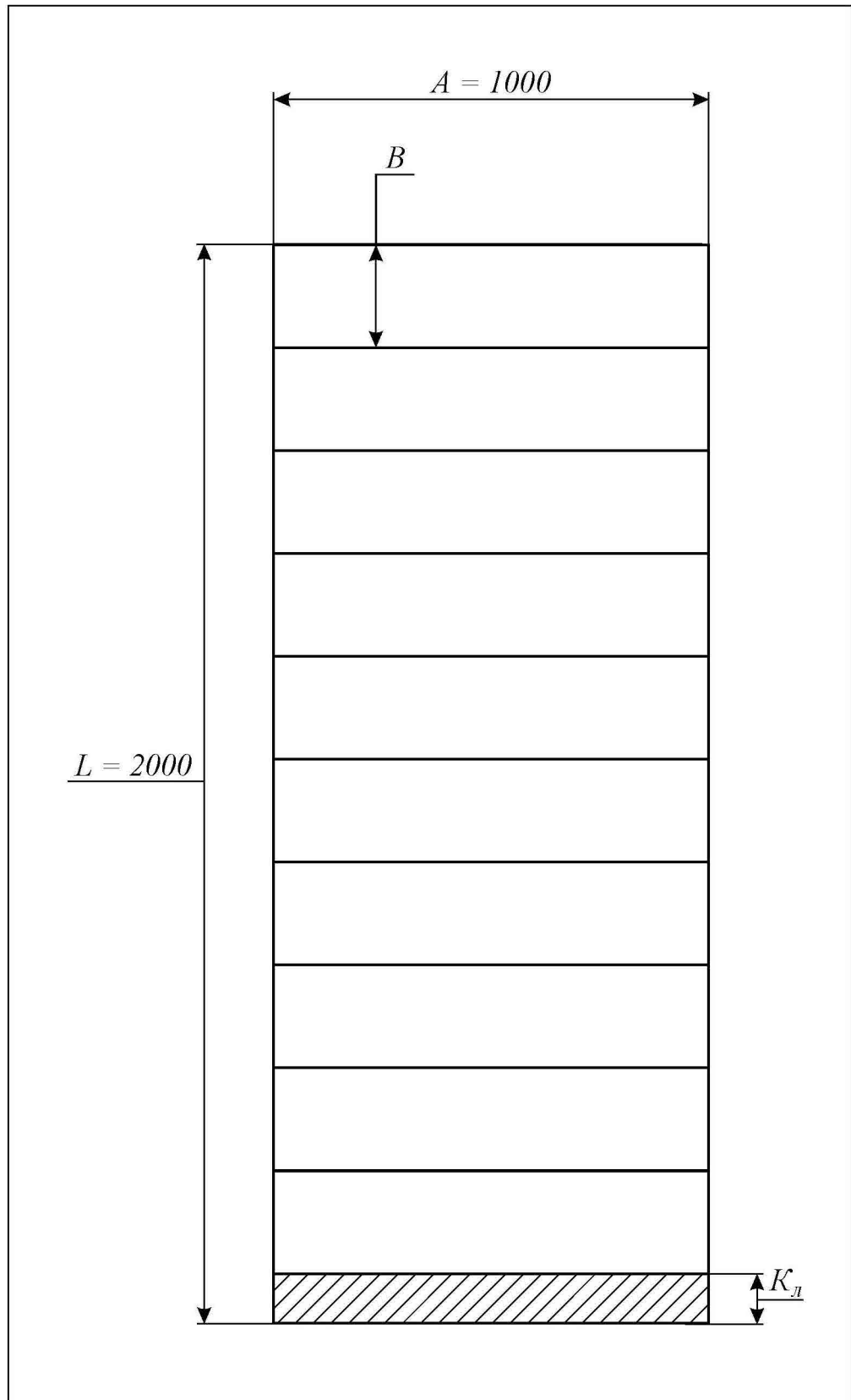


Рисунок 1.3 – Схема поперечного розкрою листа

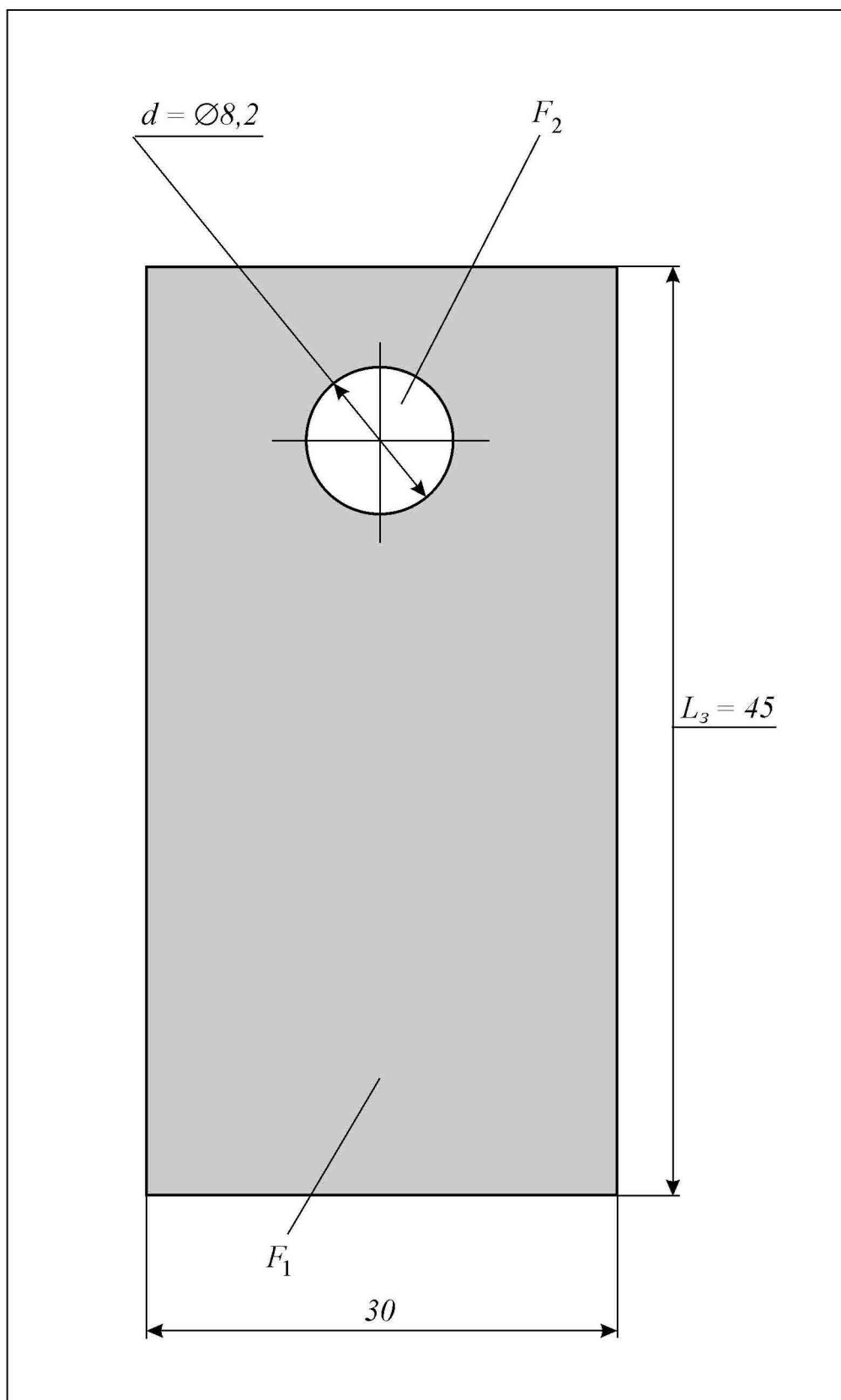


Рисунок 1.4 – До розрахунку площі поверхні деталі

Тоді:

$$F_{\partial} = 1350 - 52,78 - 56,72 = 1297,22 \text{ мм}^2;$$

q_{non} – кількість деталей із листа при поперечному розкрою;

$$q_{non} = n \cdot m \quad (1.5)$$

n – кількість деталей із штаби (рис. 1.5)

$$n = \frac{A}{t} = \frac{1000}{30} = 33 \text{ шт.};$$

t – крок штампування. $t = 30 \text{ мм}$;

m – кількість штаб із листа (рис. 1.5)

$$m = \frac{L}{B} = \frac{2000}{45} = 44 \text{ шт.};$$

B – ширина штаби [4, 6] (див. рис. 1.3). $B = L_3 = 45 \text{ мм}$.

Тоді:

$$q_{non} = 33 \cdot 45 = 1452 \text{ шт.};$$

F_{λ} – площа поверхні листа

$$F_{\lambda} = 1000 \cdot 2000 = 2\,000\,000 \text{ мм}^2.$$

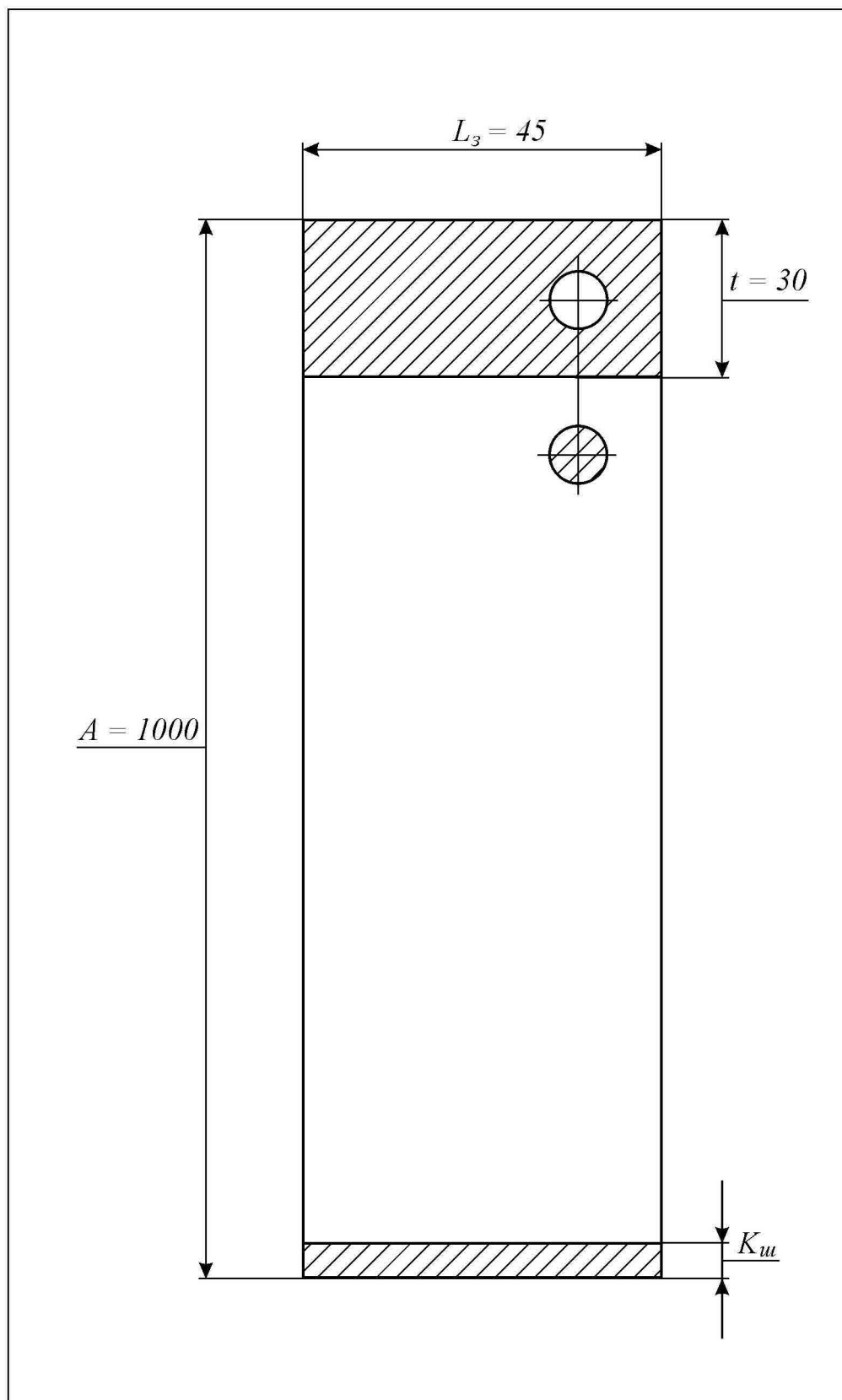


Рисунок 1.5 – Схема розкрою штаби
(поперечний розкрій листа)

Тоді коефіцієнт використання матеріалу при поперечному виду розкрою листа буде дорівнювати:

$$\eta_{\text{non}} = \frac{1297,22 \cdot 1452 \cdot 100}{2000000} = 94,17 \text{ \%}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу при поздовжньому виду розкрою листа (рис. 1.6) розраховуємо за формулою (1.2):

$$\eta_{\text{noz}} = \frac{F_{\delta} \cdot q_{\text{noz}} \cdot 100}{F_{\text{л}}}, \quad (1.6)$$

де: q_{noz} — кількість деталей із листа

$$q_{\text{noz}} = n_{\text{noz}} \cdot m_{\text{noz}}, \quad (1.7)$$

n_{noz} — кількість деталей із штаби (рис. 1.7)

$$n_{\text{noz}} = \frac{L}{t} = \frac{2000}{30} = 66 \text{ шт.};$$

m_{noz} — кількість штаб із листа

$$m_{\text{noz}} = \frac{A}{B} = \frac{1000}{L_3} = \frac{1000}{45} = 22 \text{ шт.}$$

Тоді

$$q_{\text{noz}} = 66 \cdot 22 = 1452 \text{ шт.}$$

$$\eta_{\text{noz}} = \frac{1297,22 \cdot 1452 \cdot 100}{2000000} = 94,17\%$$

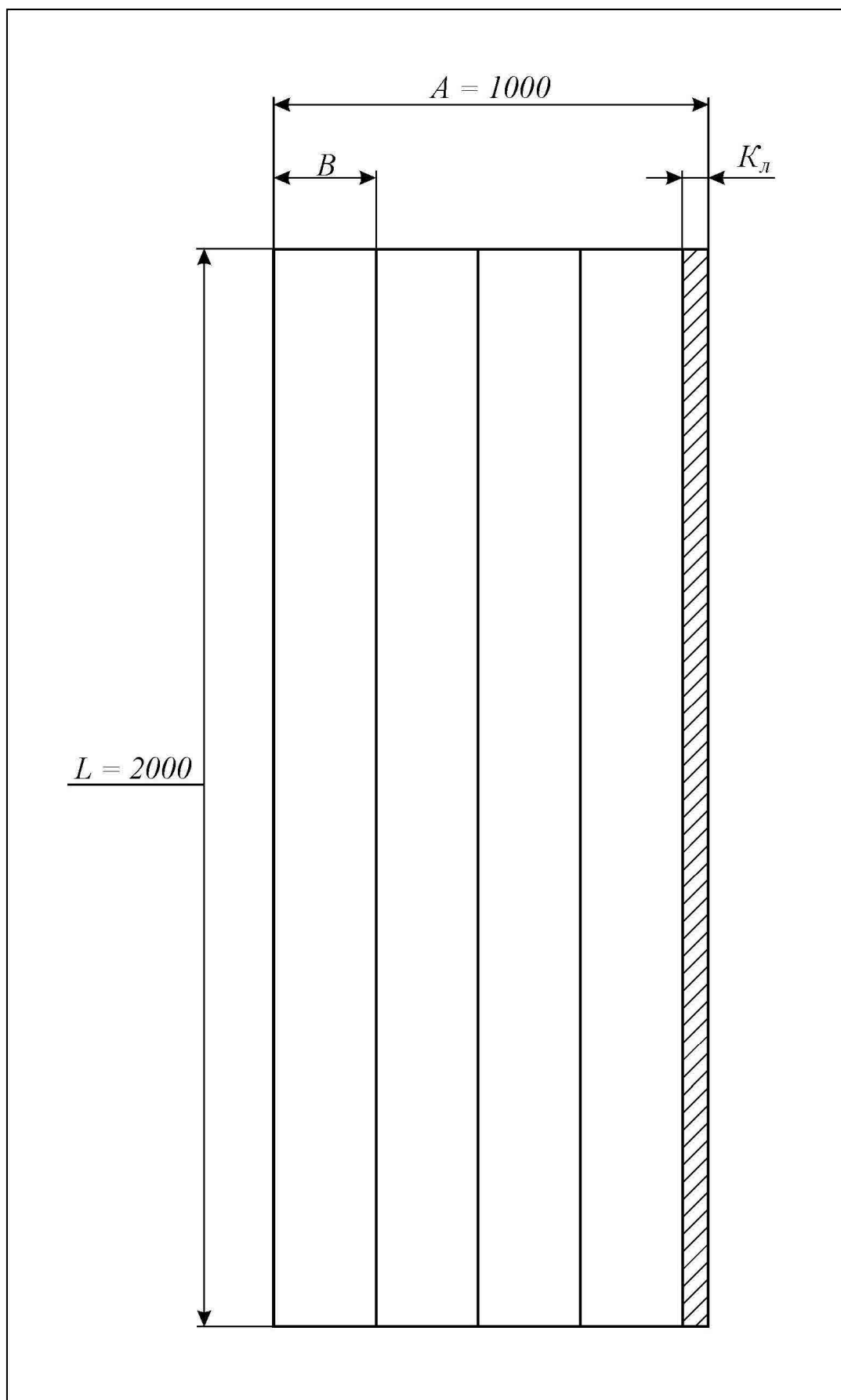


Рисунок 1.6 – Схема позовжнього розкрою листа

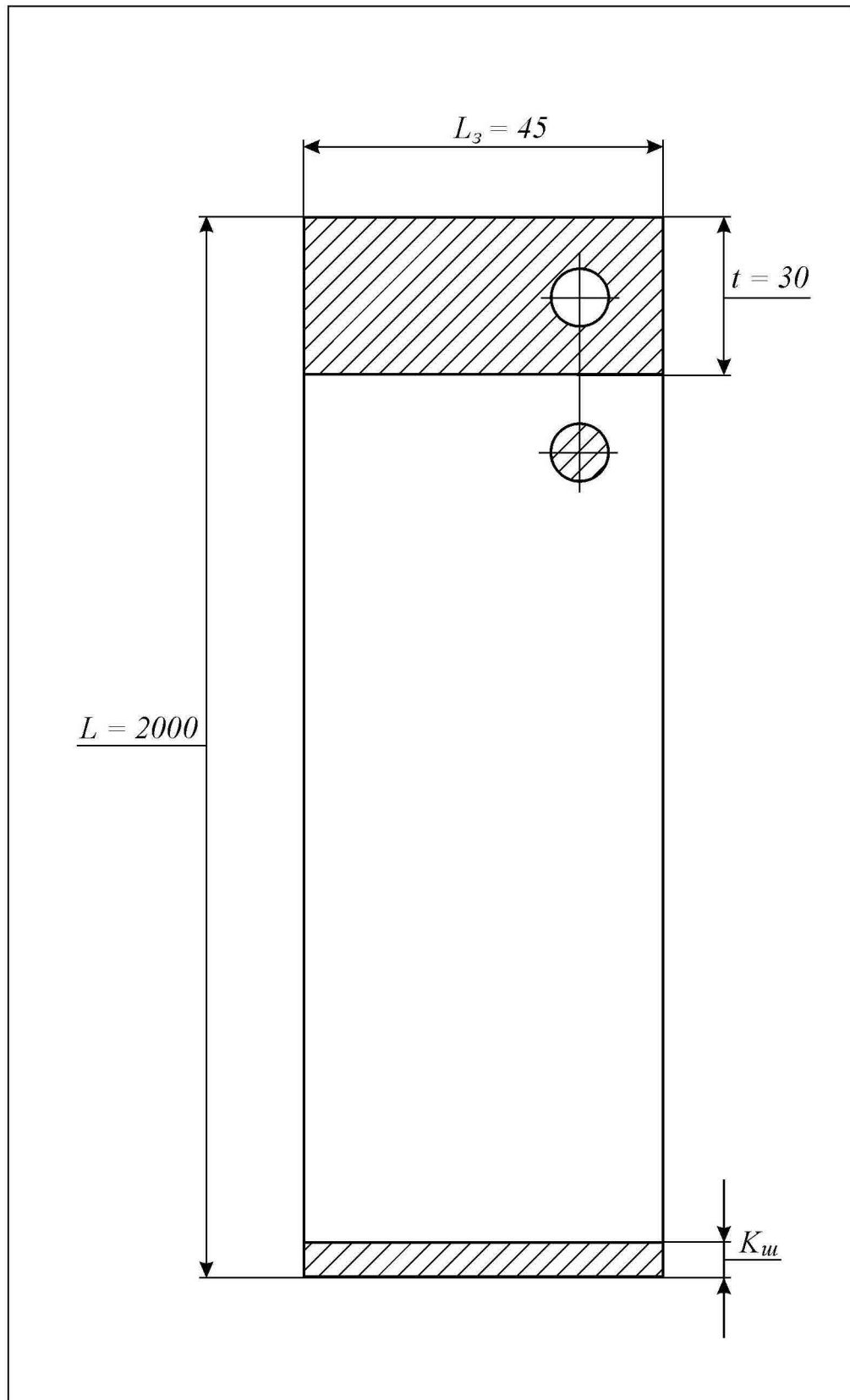


Рисунок 1.7– Схема розкрою штаби
(поздовжній розкрій листа)

При однаковому коефіцієнті використання матеріалу надаємо перевагу позовжньому розкрою листа, так як від дозволяє :

- збільшити кількість деталей із штаби, що зменшує допоміжний час штампування;
- зменшити кількість штаб з листа, що зменшує час його розкрою;
- зменшити собівартість виготовлення деталі.

Норму витрати матеріалу на 1 деталь для позовжнього виду розкрою листа розраховуємо за формулою:

$$H = \frac{M_{\text{л}}}{q_{\text{ноз}}} = \frac{L \cdot A \cdot S \cdot \rho}{q_{\text{ноз}}} = \frac{200 \cdot 100 \cdot 0,2 \cdot 7,85}{1452} = 21,6 \text{ г/шт.}$$

1.5 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання

1.5.1. Відрізування штаб від листа

Зусилля відрізування штаб від листа на листових ножицях визначаємо за формулою [6, с. 10]:

$$P = \frac{0,5 \cdot S^2 \cdot \sigma_{\text{з}}}{\text{tg}\varphi}, \quad (1.8)$$

де S – товщина листа. $S = 2 \text{ мм}$;

φ - кут нахилу верхнього ножа відносно нижнього. $\varphi = 3^\circ$.

Тоді:

$$P = \frac{0,5 \cdot 2^2 \cdot 250}{\text{tg}3^\circ} = 10000 \text{ Н} = 10 \text{ кН.}$$

Вибираємо листові ножиці моделі НК3416, виходячі із найбільшої товщини та довжини різу [6].

Технічна характеристика

Найбільша товщина листової сталі, що розрізується, мм	4,0
Найбільша ширина листової сталі, що розрізується, мм	2000
Число ходів ножа у хвилину	65
Кут нахилу рухомого ножа	1°30'
Потужність приводу, кВт	5,6
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	2700
- ширина	1595
- висота	1500
Маса, т	3,2

1.5.2. Пробивання, відрізування у штампі послідовної дії

Зусилля штампування [5, 6] визначаємо за формулою:

$$P = P_e + P_n + P_{np}, \quad (1.9)$$

де P_e – зусилля відрізування заготовки, яке визначаємо за формулою:

$$P_e = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s, \quad (1.10)$$

κ – коефіцієнт, що ураховує притуплення ріжучих кромek. Приймаємо $\kappa = 1,3$;

L – довжина різу:

$$L = 45 \text{ мм};$$

S – товщина листа. $S = 2 \text{ мм}$.

Тоді:

$$P_e = 1,3 \cdot 45 \cdot 4 \cdot 250 = 29250 \text{ Н} = 29,25 \text{ кН};$$

P_n – зусилля пробивання отвору діаметром 8,2 мм:

$$P_n = \kappa \cdot \Pi_1 \cdot S \cdot \sigma_3 + P_{np}, \quad (1.11)$$

Π_1 – периметр отвору діаметром 8,2 мм:

$$\Pi_1 = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 8,2 = 25,74 \text{ мм}.$$

Тоді:

$$P_n = 1,3 \cdot 2 \cdot 26,69 \cdot 4 \cdot 270 = 74845 \text{ Н};$$

$P_{прош}$ – зусилля проштовхування відходу від пробивання крізь поясок матриці, що визначається за формулою [6, с.21]:

$$P_{прош} = K_{np} \cdot P_n \cdot n, \quad (1.12)$$

де K_{np} – коефіцієнт, що встановлює співвідношення між $P_{прош}$ та P_n .

$$K_{прош} = 0,1 \text{ [6, с. 21]}$$

n – кількість відходів у пояску матриці:

$$n = \frac{h}{S} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ шт.}$$

Тоді зусилля прогтовхування:

$$P_{\text{прот}} = 0,1 \cdot 16731 \cdot 3,5 = 5855,85 \text{ Н.}$$

Тоді зусилля штампування:

$$P = 29,25 + 74,84 + 5,85 = 109,94 \text{ кН.}$$

Вибираємо однокривошипний двостояковий прес з нерухомим столом моделі КД2124Д [11, 12, 13].

Технічна характеристика

Номінальне зусилля, кН	250
Хід повзуна, мм	80
Число ходів повзуна у хвилину	75
Найбільша відстань між столом та повзуном у крайньому нижньому положенні, мм	300
Товщина нижньої плити, мм	75
Довжина плити стола, мм	630
Ширина плити стола, мм	460
Діаметр отвору під хвостовик, мм	40

1.5.3 Гнуття

Зусилля гнуття визначаємо за формулою [13, с. 72]:

$$P_z = \frac{B \cdot S^2}{r + S} \cdot \sigma_s,$$

де B – ширина заготовки. $B = L_3 = 30$ мм;

r – радіус гнуття.

Тоді:

$$P_z = \frac{45 \cdot 2^2}{5 + 2} \cdot 380 = 9771 \text{ Н.}$$

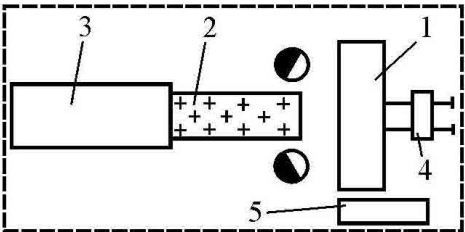
Вибираємо однокривошипний двостояковий ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2124Д, виходячи із габаритних розмірів штампа.

1.6 Технічне нормування

1.6.1 Відрізування штаб від листа

Результати технічного нормування операції відрізування штаб від листа на листових ножицях моделі НД3416 зведено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Карта технічного нормування

Операція: відрізування штаб від листа на листових ножицях Деталь: «Кутию»				
План-схема організації робочого місця				
1 – листові ножиці; 2 – стіл з кульовими опорами; 3 – стіл з листовим прокатом; 4 – візок з ручним приводом; 5 – тара для відходів.				
Вихідні дані				
Розміри листа – 1000 × 2000 × 2 мм. Площа листа – 2 м². Кількість штаб із листа – 22. Число ходів нижниць у хвилину – 65.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб вмикання – педаллю. Розміри штаби – 45 × 2000.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний <i>T_o</i>	Допоміжний <i>T_d</i>	
			Перекритий	Неперекритий
Узяти лист із стопи, покласти на стіл ножиць, встановити за заднім упором, відкласти заготовку	[14, с. 93]	-	-	0,0045
Увімкнути ножиці	[14, с. 21]	-	-	0,015
Відрізати штабу	[14, с. 23]	0,015	-	-
Просунути лист до упора	[14, с. 94]	-	-	0,013
Разом:		0,015	-	0,028
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,015 + 0,028) \cdot 1,11 = 0,047 \text{ хв.}; K = 1,11$ [6]				
Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з}}{n} = 0,047 + \frac{15}{220} = 0,115 \text{ хв.};$ <i>n</i> – кількість деталей у партії, шт.				
Норма виробітку $H_e = \frac{T_{ш}}{T_{ш-к}} = \frac{480}{0,115} = 4173 \text{ шт./зм.}$				

1.6.2 Пробивання, відрізування, у штампі послідовної дії

Результати технічного нормування операції пробивання, відрізування у штампі послідовної дії на пресі моделі КА2330 зведено в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Карта технічного нормування

Операція: відрізування, пробивання у штампі послідовної дії Деталь: «Кутик»				
План-схема організації робочого місця				
1 – прес кривошипний; 2 – стіл із штабами; 3 – бункер для деталей; 4 – бункер для відходів; 5 – тара для дрібних відходів.				
Вихідні дані				
Розміри штаби – 45 × 2000 × 2 мм. Крок штампування – 30 мм. Кількість деталей із штаби – 66. Число ходів преса у хвилину – 75.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Тип штампа – штамп послідовної дії. Зусилля преса – 250 кН. Спосіб видалення деталей – напровал.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний T_o	Допоміжний T_o	
			Перекритий	Неперекритий
Узяти штабу, піднести та встановити у штамп	[14, с. 79]	-	-	0,00136
Увімкнути прес	[14, с. 21]	-	-	0,015
Штампувати деталь	[14, с. 23]	0,014	-	-
Просунути штабу на крок	[14, с. 80]	-	-	0,042
Відкинути відхід від штаби у бункер	[14, с. 80]	-	-	0,0009
Разом:		0,014	-	0,059
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_o) \cdot K = (0,014 + 0,059) \cdot 1,12 = 0,081 \text{ хв.}; K = 1,12$ [6] Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з}}{n} = 0,081 + \frac{10}{1000} = 0,091 \text{ хв.};$ n – кількість деталей у партії, шт. Норма виробітку $H_e = \frac{T_{ш}}{T_{ш-к}} = \frac{480}{0,091} = 5274 \text{ шт./зм.}$				

1.6.3 Гнуття

Результати технічного нормування операції гнуття на пресі моделі КД2126 зведено в таблицю 1.5.

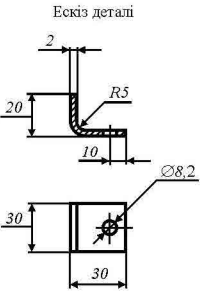
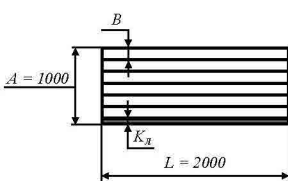
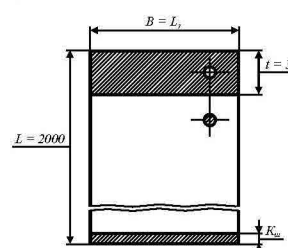
Таблиця 1.5 – Карта технічного нормування

Операція: чотирьох кутове гнуття Деталь: «Кутик»				
План-схема організації робочого місця				
1 – прес кривошипний; 2 – стіл із заготовками; 3 – бункер для деталей.				
Вихідні дані				
Площа заготовки – 0,0135 м ² . Тип штампа – простої дії. Спосіб видалення деталей – пінцетом.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Число ходів преса у хвилину – 75. Зусилля преса – 250 кН.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний T_o	Допоміжний T_d	
			Перекритий	Неперекритий
Узяти заготовку, піднести та встановити у штамп по упору	[14, с. 79]	-	-	0,029
Увімкнути прес	[14, с. 21]	-	-	0,022
Штампувати деталь	[14, с. 23]	0,009	-	-
Взяти деталь і відкинути в ящик (вільно)	[14, с. 80]	-	-	0,01
Разом:		0,009	-	0,061
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,009 + 0,061) \cdot 1,12 = 0,078 \text{ хв.}; K = 1,12 \text{ [6]}$ Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{нз}}{n} = 0,078 + \frac{10}{1000} = 0,088 \text{ хв.};$ n – кількість деталей у партії, шт. Норма виробітку $H_v = \frac{T_{ш}}{T_{ш-к}} = \frac{480}{0,088} = 5454 \text{ шт./зм.}$				

1.7 Розробка карти технологічного процесу

Результати розробки карти технологічного процесу виготовлення деталі «Кутик» представлено у вигляді таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Карта технологічного процесу

	Міністерство освіти і науки України Центральнотехнічний національний технічний університет Кафедра "ММ і Р"		КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ						Карта №																
			Деталь		Кутик					1															
			Кресленик		Кількість штук на виріб		4	Партія, штук	1000	Кількість карт 1															
			Див. пояснов. з-ку																						
	Марка матеріалу		Сталь 08		Ширина штаби		45		Укладач																
Довжина листа		2000		Товщина стрічки		-																			
Ширина листа		1000		Маса деталі		0,020		Студент	Група	Підпис	Дата														
Товщина листа		2		Н-ма вит. мат на 1 дет.		0,021 кг/шт.		Ісаєв І.	ПМ-22-2		08.05.26														
Кільк. штаб із листа		22		Кільк. дет із рулона		-		Затверджено																	
Кільк. дет. із штаби		66																							
Кільк. дет. із листа		1452						Керівник	Підпис	Дата															
Коефіцієнт використ. матеріалу, %		94,17						Сіса О. Ф.																	
Схема розкрою, операційний ескіз																									
																									
<table><tr><td>№ опер.</td><td>Найменування операції та переходів</td><td>Обладн.</td><td>Пристосування, шаблони</td><td>Інструм.</td><td>Н. часу, хв.</td><td>Спеціал. розряд</td></tr><tr><td>10</td><td>Відрізування штаб від листа</td><td>Листові ножиці НК3416</td><td>Лінійка</td><td>Ножі</td><td>0,115</td><td>Різальник III розряду</td></tr></table>												№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціал. розряд	10	Відрізування штаб від листа	Листові ножиці НК3416	Лінійка	Ножі	0,115	Різальник III розряду
№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціал. розряд																			
10	Відрізування штаб від листа	Листові ножиці НК3416	Лінійка	Ножі	0,115	Різальник III розряду																			
																									
<table><tr><td>№ опер.</td><td>Найменування операції та переходів</td><td>Обладн.</td><td>Пристосування, шаблони</td><td>Інструм.</td><td>Н. часу, хв.</td><td>Спеціал. розряд</td></tr><tr><td>20</td><td>Пробивання, відрізування в штампі послідовної дії</td><td>Прес КД2124Д</td><td>Штангенциркуль, шаблон</td><td>Штамп послідов. дії</td><td>0,091</td><td>Пресувальник III розряду</td></tr></table>												№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціал. розряд	20	Пробивання, відрізування в штампі послідовної дії	Прес КД2124Д	Штангенциркуль, шаблон	Штамп послідов. дії	0,091	Пресувальник III розряду
№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціал. розряд																			
20	Пробивання, відрізування в штампі послідовної дії	Прес КД2124Д	Штангенциркуль, шаблон	Штамп послідов. дії	0,091	Пресувальник III розряду																			
<table><tr><td>№ опер.</td><td>Найменування операції та переходів</td><td>Обладн.</td><td>Пристосування, шаблони</td><td>Інструм.</td><td>Н. часу, хв.</td><td>Спеціал. розряд</td></tr><tr><td>30</td><td>Гнуття</td><td>Прес КД2124Д</td><td>Штангенциркуль, шаблон</td><td>Штамп простої дії</td><td>0,088</td><td>Пресувальник III розряду</td></tr></table>												№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціал. розряд	30	Гнуття	Прес КД2124Д	Штангенциркуль, шаблон	Штамп простої дії	0,088	Пресувальник III розряду
№ опер.	Найменування операції та переходів	Обладн.	Пристосування, шаблони	Інструм.	Н. часу, хв.	Спеціал. розряд																			
30	Гнуття	Прес КД2124Д	Штангенциркуль, шаблон	Штамп простої дії	0,088	Пресувальник III розряду																			

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШТАМПА

2.1 Призначення штампа

Штамп послідовної дії (кресленик КРБ.ПМ.26.24.12.01.00) призначено для послідовного виконання операцій пробивання та відрізування заготовки деталі «Кутик».

2.2 Склад штампа

Штамп [8, 9, 10] складається із наступних основних деталей та вузлів (див. кресленик КРБ.ПМ.26.24.12.01.00):

- нормалізованого блоку з осьовим розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 7, 8, 23, 24, 25, 26);
- ніж-матриці (поз. 2);
- пробивного пуансона (поз. 5);
- ножа (поз. 6);
- противідтискача (поз. 3), який виконує функцію переднього упору;;
- пуансонотримача (поз. 4);
- напрямних планок (поз. 9, 10);
- знімача (поз. 1).

2.3 Принцип роботи штампа

Штаба подається в штампі в щілину між дзеркалом ніж-матриці 2 та знімачем 1 таким чином, щоб перекрити ніж-матрицю на 2-5 мм. Поперечне переміщення штаби обмежено напрямними планками 9, 10. Після натискання на педаль верхня частина штампа переміщується вниз, в результаті чого відбувається пробивання отвору в штабі пуансоном 5 та відрізування краю штаби. При ході повзуна вгору відбувається знімання штаби з пуансона 5

жорстким знімачем 1. Далі штаба подається до переднього упору (протівідтискача 3). При ході повзуна вниз відбувається одночасне пробивання отвору $\varnothing 8,2$ мм та відрізування заготовки від штаби. Відхід від пробивання вилучається із штамп крізь провальні отвори між протівідтискачем 3 та ніж-матрицею 2 та в нижній плиті 8.

2.4 Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

2.4.1 Діаметр пуансона d_n для пробивання отвору $\varnothing 8,2$ мм розраховуємо за формулою [7, 8]:

$$d_n = (d_n + \Pi_z)_{-\delta_n}, \quad (2.1)$$

де: d_n – номінальний діаметр пуансона. $d_n = 8,2$ мм;

Π_z – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 8,2$ Н14 $\Pi_z = 0,30$ мм [7,8];

δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. $\delta_n = 0,08$ мм [7,8].

Тоді

$$d_n = (8,2 + 0,30)_{-0,08} = 8,5_{-0,08} \text{ мм}$$

2.4.2 Діаметр матриці d_m для пробивання отвору $\varnothing 8,2$ мм розраховуємо за формулою [7,8]:

$$d_m = (d_n + z)^{+\delta_m}, \quad (2.2)$$

де z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $z = 0,14$ мм [7,8];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,05$ мм [7,8].

Тоді

$$d_m = (8,5 + 0,14)^{+0,05} = 8,64^{+0,05} \text{ мм.}$$

2.5 Розрахунок пробивного пуансона Ø8,2 мм на міцність

Розрахунок пуансона на міцність здійснюємо за методикою роботи [8, с. 71-74], виходячи із умови:

$$P_{don} \pm P_m,$$

де P_{don} – допустиме навантаження на стиснення

$$P_{don} = \varphi \cdot F_k \cdot [\sigma_{cm}]; \quad (2.3)$$

φ - коефіцієнт зниження допустимого напруження, який залежить від умовної гнучкості та характеризується співвідношенням:

$$\frac{\mu \cdot h}{i_{\min}};$$

μ - коефіцієнт приведеної довжини, що характеризує спосіб закріплення пуансона. Він приймається рівним 0,7;

h – довжина робочої частини пуансона $h = 13$ мм;

$i_{\min}$ – мінімальний радіус інерції робочого перерізу пуансона, мм. Для круглого пуансона

$$i_{\min} = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 8,2 = 2,05 \text{ мм.}$$

$$\text{При } \frac{\mu \cdot h}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 13}{2,05} = 4,43, \varphi = 0,8 \text{ [6, с. 71];}$$

F_k – площа контакту робочого торця пуансона із матеріалом, що штампується, мм^2 . За даними роботи [8, с. 71], при співвідношенні $S/d \geq 1$ площа контакту для круглого пуансона визначається за формулою:

$$F_k = \frac{\pi \cdot S \cdot (2d - S)}{4} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot (2 \cdot 8,2 - 2)}{4} = 22,6 \text{ мм}^2;$$

$[\sigma_{cm}]$ – допустиме напруження на стиснення матеріалу пуансона. Для сталі У10А $[\sigma_{cm}] = 1600 \text{ МПа}$ [8, с. 73].

Тоді

$$P_{don} = 0,8 \cdot 22,6 \cdot 1600 = 28\,928 \text{ Н};$$

P_m – технологічне зусилля, що діє на пуансон при пробиванні отвору $\varnothing 8,2 \text{ мм}$

$$P_m = k \cdot \pi \cdot d \cdot \sigma_3 = 1,3 \cdot 3,14 \cdot 8,2 \cdot 250 = 16\,736 \text{ Н}.$$

Як бачимо, умова усталеності пуансона виконується ($28\,928 > 16\,738$).

ВИСНОВКИ

1. Зроблено опис та наведено технічну характеристику деталі «Кутик» як об'єкта холодного листового штампування.
2. Вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, яка, порівняно з базовим варіантом, дозволяє: скоротити одну операцію, скоротити один штамп, вивільнити одну одиницю обладнання, вивільнити одного пресувальника та підвищити коефіцієнт використання матеріалу до 94,17 % за рахунок штампування без утворення перемичок.
3. Розраховано технологічні зусилля за операціями штампування та вибрано обладнання.
4. Розроблено план-схеми організації робочих місць за операціями штампування та виконано технічне нормування.
5. Спроектовано та розраховано штамп послідовної дії для пробивання , відрізування заготовки деталі «Кутик».
6. Розроблено кресленики на деталі штампа.
7. Зроблено опис штампа, розраховано виконавчі розміри інструмента та пробивний пуансон на міцність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Metal pressure processing Introduction (3rd Edition) General Higher Education second five planning materials / LI SHENG ZHI . LI LONG XU // 2014. Halmos G. T. Roll Forming Handbook / G. T. Halmos. – Boca Raton: Taylor&Francis, 2006. – 583 p.
2. ISO 12004-2:2008. Metallic Materials—Sheet and Strip—Determination of Forming-Limit Curves—Part 2: Determination of Forming-Limit Curves in the Laboratory; ICS: Geneva, Switzerland, 2008.
3. Теорія та проектування процесів холодного штампування [Текст] : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / уклад. М. В. Шепельський ; Кіровоградський національний технічний ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – 262 с.: рис., табл. – Бібліогр.: с. 249-253.
4. Боков В. М., Кришкін Б. Б., Мірзак В. Я., Шепельський М. В. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Навчально-методичний посібник / Під ред. М. В. Шепельського. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. – 210 с.
5. Tang D, Gao B (2007) Feature-based metal stamping part and process design. Part II: Stamping process planning. Int J Prod Res 45:2997–3015. <https://doi.org/10.1080/00207540600693556>
6. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., пере раб и доп. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1979. – 520 с., ил.
7. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штамків. Штамп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. – 216 с.

8. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Проектування розділових штампів: Навчальний посібник. [Текст] / В. М. Боков. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ «ІмексЛТД», 2006. – 274 с.
9. Швець С. В. Штampi та прес-форми, конструювання та технологія виготовлення : навч. посіб. [Текст] / С. В. Швець, Л. М. Сєдінкін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2005. – 118 с.
10. ДСТУ 3504-97 Штampi для холодного листового штампування. Блоки, плити блоків та пакетів із прокату [Текст] : Типи та основні розміри. – Введ. 1998.01.01.– Офіц. вид. – К. : Вид-во Держстандарту України, 1997. – Різн.паг. – (Державні стандарти України).
11. Роганов, Л.Л. Сучасне ковальсько-пресове обладнання: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090206, 7.090404. – Краматорськ: ДДМА, 2008.– Ч.1. – 56с. ISBN 978-966-379-236-1.
12. Плєснецов, Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси : навч. посіб. / Ю. О. Плєснецов, В. О. Маковей – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с.
13. Справочник по оборудованию для листовой штамповке / Л. И. Рудман, А. И. Зайчук, В. Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – К.: Техника, 1989. – 231 с.
14. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку. Изд. второе, допол. и перераб. – М.: Машиностроение , 1964. – 123 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Специфікація «Штамп послідовної дії»

А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз	Позначка	Найменування	Кіл	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.24.12.11.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.24.12.11.01	Знімач	1		
2	КРБ.ПМ.26.24.12.11.02	Ніж-матриця	1		
3	КРБ.ПМ.26.24.12.11.03	Противідтискач	1		
4	КРБ.ПМ.26.24.12.11.04	Плансонотримач	1		
5	КРБ.ПМ.26.24.12.11.05	Плансон пробивний	1		
6	КРБ.ПМ.26.24.12.11.06	Ніж	1		
7	КРБ.ПМ.26.24.12.11.07	Плита верхня	1		
8	КРБ.ПМ.26.24.12.11.08	Плита нижня	1		
9	КРБ.ПМ.26.24.12.11.09	Планка права	1		
10	КРБ.ПМ.26.24.12.11.10	Планка ліва	1		
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
		<u>Стандартні вироби</u>			
		Гвинти по DIN 7984			
18		M10x40-8gx16.56.05	12		
19		M12x30-8gx16.56.05	6		
20		Гвинт 7095-0021			
		ДСТУ 8922-05	2		
Відповідальна організація Кафедра ММР		Технічне узгодження Андрій ГРЕЧКА	Розробник документа Ігор ІСАЄВ	Документ затверджено Олег СІСА	Листової 1-1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація		Статус документа Набачальний	
		Назва Штамп послідовної дії		Позначення КРБ.ПМ.26.24.12.11.00	
				нд. змін А	Дата видання 2026-10-06
				Мова uk	Аркуш 1/2

A.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик

[illegible]