

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
«_____» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
**Конструкторсько-технологічне забезпечення
виготовлення деталі «Гайка»**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-23мб-2
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Олександр ПОДЕНЕЖНИЙ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир МІРЗАК

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Кропивницький 2026

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) рівнем вищої освіти
Поденежному Олександрову Володимировичу

Тема роботи:

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Гайка».

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир МІРЗАК

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

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

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

Завдання: виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі; виконати необхідні технологічні розрахунки (розкрій металопрокату, норми витрату матеріалу, зусилля пробивання-вирубубування, вибрати пресове обладнання), визначити норми часу на штампування, розробити карту технологічного процесу; спроектувати штамп для вирубубування-пробивання деталі «Гайка» та виконати кресленники основних робочих та допоміжних деталей з застосуванням сучасних комп'ютерних технологій. Тип виробництва – крупносерійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	20.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	27.04.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	04.05.2026 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2026 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2026 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2026 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	12.06.2026 р.	
8	Рецензування роботи	16.06.2026 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ПОДЕНЕЖНИЙ

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК

АНОТАЦІЯ

Поденежний О. В. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Гайка» : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. Я. Мірзак; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 38 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

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

Актуальність роботи полягає у необхідності розроблення більш продуктивного та економічно доцільного технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка» для умов серійного виробництва шляхом заміни базового процесу плазмового різання на процес листового штампування у штампі послідовної дії.

В роботі виконано конструктивно-технологічний аналіз деталі; виконано необхідні технологічні розрахунки (розкрій металопрокату, норми витрату матеріалу, зусилля пробивання-вирубування, вибрано пресове обладнання), визначено норми часу на штампування, розроблено карту технологічного процесу; спроектувано штамп для вирубування-пробивання деталі «Гайка» та виконано кресленники основних робочих та допоміжних деталей з застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Ключові слова: технологічний процес, розкрій матеріалу, пробивання, вирубування, технологічне зусилля, технологічна карта, штамп послідовної дії, пуансон, матриця

ANNOTATION

Oleksandr PODENEZHNYI. Design and technological support for the production of the "Nut" 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 – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a rational technological process and progressive equipment for the manufacture of the "Nut" part.

The relevance of the work lies in the need to develop a more productive and economically feasible technological process for the manufacture of the "Nut" part for serial production conditions by replacing the basic plasma cutting process with the sheet metal stamping process in a sequential action die.

The work includes a structural and technological analysis of the part; the necessary technological calculations (cutting of rolled metal, material consumption rates, punching-cutting forces, press equipment selected), time standards for stamping were determined, a technological process map was developed; a die for punching-punching the "Nut" part was designed and drawings of the main working and auxiliary parts were made using modern computer technologies.

Keywords: technological process, material cutting, punching, cutting out, technological effort, technological map, sequential action stamp, punch, matrix

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Конструкторсько-технологічне забезпечення
виготовлення деталі «Гайка»
КРБ.ПМ.26.67.22.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-23мб-2
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____Олександр ПОДЕНЕЖНИЙ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____Володимир МІРЗАК

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1. 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ГАЙКА”	10
1.1 Опис і технічна характеристика деталі.....	10
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології	12
1.3 Розкрій металопрокату.....	13
1.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання.....	16
1.5 Технічне нормування.....	19
1.6 Розробка карти технологічного процесу листового штампування.....	20
Розділ 2. 2 ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУ ПОСЛІДОВНОЇ ДІЇ	22
2.1 Призначення, будова та робота штампу	22
2.2 Розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриці	24
2.3 Визначення центру тиску штампа	26
2.4 Розрахунок пуансону на міцність	27
2.5 Визначення товщини матриці	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	31
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	32
ДОДАТКИ	35
Додаток А. Специфікація до складального кресленника штампу суміщеної дії	35
Додаток Б. Рекомендації для виробництва.....	37

ВСТУП

Актуальність роботи

Деталь «Гайка» є плоскою деталлю з листового прокату, яка має центральний круглий отвір $\varnothing 52$ мм та зовнішній восьмигранний контур. Матеріалом деталі є сталь 45 товщиною 6 мм. За конструктивно-технологічними ознаками ця деталь належить до групи плоских деталей, що можуть виготовлятися розділювальними операціями листового штампування, а саме пробиванням внутрішнього отвору та вирубанням зовнішнього контуру.

У базовому варіанті деталь виготовлялася на устаткуванні плазмового різання. Такий спосіб є достатньо доцільним для одиничного або дрібносерійного виробництва, оскільки не потребує виготовлення спеціального штампового оснащення, дозволяє швидко змінювати конфігурацію деталі та забезпечує технологічну гнучкість при невеликих обсягах випуску. Однак при переході до серійного виробництва переваги плазмового різання поступово втрачають своє значення, оскільки кожна деталь виготовляється шляхом індивідуального контурного різання, а машинний час залежить від довжини траєкторії різу, кількості врізань, товщини матеріалу та режимів роботи установки. У виробничій практиці плазмове різання часто розглядається як гнучкий спосіб для коротких серій і деталей з простою або змінною геометрією, тоді як для стабільного серійного випуску доцільніше використовувати більш продуктивні методи обробки тиском або штампування.

Для серійного виробництва деталі «Гайка» більш раціональним є застосування листового штампування на кривошипному пресі. Після виготовлення штампового оснащення продуктивність процесу визначається переважно циклом роботи преса, а не довжиною контуру деталі. У листовому штампуванні операції пробивання та вирубання виконуються за короткий проміжок часу внаслідок дії пуансона і матриці, що забезпечує високу повторюваність розмірів, стабільність форми та можливість значного підвищення продуктивності. У порівнянні з лазерним або плазмовим різанням штампування має вищу початкову вартість оснащення, однак у серійному та масовому виробництві ця вартість розподіляється на значну кількість деталей, що знижує собівартість одиниці продукції.

У пропонованому технологічному процесі листовий прокат зі сталі 45 товщиною 6 мм попередньо розрізається на штаби на гільйотинних ножицях.

Подальше виготовлення деталі передбачається виконувати у штампі послідовної дії на кривошипному пресі. На першій позиції штампа виконується пробивання центрального отвору $\varnothing 52$ мм, після чого штаб переміщується на крок подачі, і на наступній позиції виконується вирубання зовнішнього восьмигранного контуру. Така послідовність є технологічно обґрунтованою, оскільки внутрішній контур формується до остаточного відокремлення деталі від

штаби. Для подібних штабів характерним є те, що операція остаточного відокремлення готової деталі від смуги або штаби розміщується на кінцевій позиції технологічного процесу.

Особливістю даної деталі є значна товщина матеріалу — 6 мм — та використання сталі 45, що зумовлює підвищене технологічне зусилля пробивання і вирубування. Сумарне технологічне зусилля для виконання операцій пробивання отвору та вирубування зовнішнього восьмигранного контуру, за попередніми даними, становить близько 1,9 МН. Тому для реалізації процесу доцільно використати наявний на підприємстві стандартний кривошипний прес номінальним зусиллям 2,5 МН. Такий вибір дозволяє забезпечити необхідний запас за зусиллям, уникнути придбання нового пресового обладнання та використати існуючу виробничу базу.

Виготовлення деталі можна було б виконувати також у штабі суміщеної дії, де пробивання отвору та вирубування зовнішнього контуру здійснювалися б за один хід преса в одній робочій позиції. Однак для даних виробничих умов більш доцільним є застосування штаба послідовної дії. Він має простішу конструкцію, є дешевшим у виготовленні, зручнішим у налагодженні та обслуговуванні. Крім того, для деталі значної товщини і маси спрощується процес вилучення готової деталі: після вирубування восьмигранного контуру вона може видалятися з робочої зони через отвір у підштабовій плиті під дією власної ваги.

Отже, актуальність роботи полягає у необхідності розроблення більш продуктивного та економічно доцільного технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка» для умов серійного виробництва шляхом заміни базового процесу плазмового різання на процес листового штампування у штабі послідовної дії.

Мета роботи

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

Задачі роботи

1. Проаналізувати конструкцію деталі «Гайка», її матеріал, товщину, геометричні параметри, вимоги до точності та шорсткості.
2. Оцінити базовий технологічний процес виготовлення деталі методом плазмового різання та обґрунтувати його недоцільність для умов серійного виробництва.
3. Обґрунтувати можливість виготовлення деталі методами листового штампування з використанням розділовальних операцій.
4. Розробити маршрут технологічного процесу, що включає розкрій листового прокату на штаби, пробивання центрального отвору та вирубування зовнішнього восьмигранного контуру.

5. Розробити схему розташування деталей у штабі та визначити крок подачі з урахуванням перемичок і коефіцієнта використання матеріалу.

6. Визначити сумарне технологічне зусилля штампування та перевірити можливість використання наявного кривошипного преса номінальним зусиллям 2,5 МН.

7. Обґрунтувати вибір штампа послідовної дії замість штампа суміщеної дії з урахуванням конструктивної простоти, вартості виготовлення, зручності обслуговування та способу вилучення готової деталі.

8. Спроекувати складальний кресленик штампа послідовної дії для пробивання отвору та вирубування восьмигранного контуру.

9. Запропонувати рекомендації для виробництва по впровадженню розробленого технологічного процесу

Практична цінність роботи

Практична цінність роботи полягає у розробленні технологічного процесу, який може бути безпосередньо використаний на підприємстві для серійного виготовлення деталі «Гайка» зі сталі 45 товщиною 6 мм. Запропонований перехід від плазмового різання до листового штампування дозволяє підвищити продуктивність виготовлення деталей, зменшити машинний час, скоротити експлуатаційні витрати на роботу плазмового обладнання та забезпечити більш стабільну якість деталей.

Важливою практичною перевагою є використання наявного на підприємстві кривошипного преса номінальним зусиллям 2,5 МН. Це дозволяє впровадити новий технологічний процес без придбання нового основного обладнання, обмеживши витрати виготовленням спеціального штампа послідовної дії та підготовкою допоміжного оснащення.

Застосування штампа послідовної дії забезпечує раціональне поєднання продуктивності, простоти конструкції та зручності експлуатації. Порівняно зі штампом суміщеної дії такий штамп є простішим у виготовленні, налагодженні й ремонті. Крім того, запропонована схема дозволяє організувати просте вилучення готової восьмигранної гайки через провальне вікно у підштамповій плиті під дією власної ваги.

Результати роботи можуть бути використані при розробленні технологічної документації, проєктуванні штампового оснащення, виборі режимів штампування, розрахунку технологічних зусиль, підготовці креслень штампа та техніко-економічному обґрунтуванні заміни плазмового різання на листове штампування в умовах серійного виробництва.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ГАЙКА”

1.1 Опис і технічна характеристика деталі

Деталь “Гайка” застосовується в вузлах та комплектуючих зернових сівалок як опорний елемент в різного типу з’єднаннях [1-5]. Деталь працює в умовах великого навантаження. Технічні вимоги на деталь наведені на кресленні деталі. Параметрична твердотільна модель, яка виконана засобами SolidWorks, наведена на рис.1.1.

1.1.1 Короткі відомості про матеріал деталі

Гайка виготовляється із листового прокату за умовним позначенням $\text{Лист} \frac{B - \text{ПН} - 6 \times B \times L \text{ ГОСТ 19903} - 74}{45 - 2 - T \text{ ГОСТ 1577} - 81}$

Сталь 45 відноситься до вуглецевої якісної конструкційної сталі по ГОСТ 1050-74. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1, а механічні характеристики в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45

Хімічний склад, %							
C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	P	S
0,42-0,50	0,50-0,80	0,17-0,37	≤0,25	≤ 0,25	≤0,25	≤0,035	≤0,04

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу

Марка матеріалу	Механічні характеристики			
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_1 , %
Сталь 45	610	360	520	15

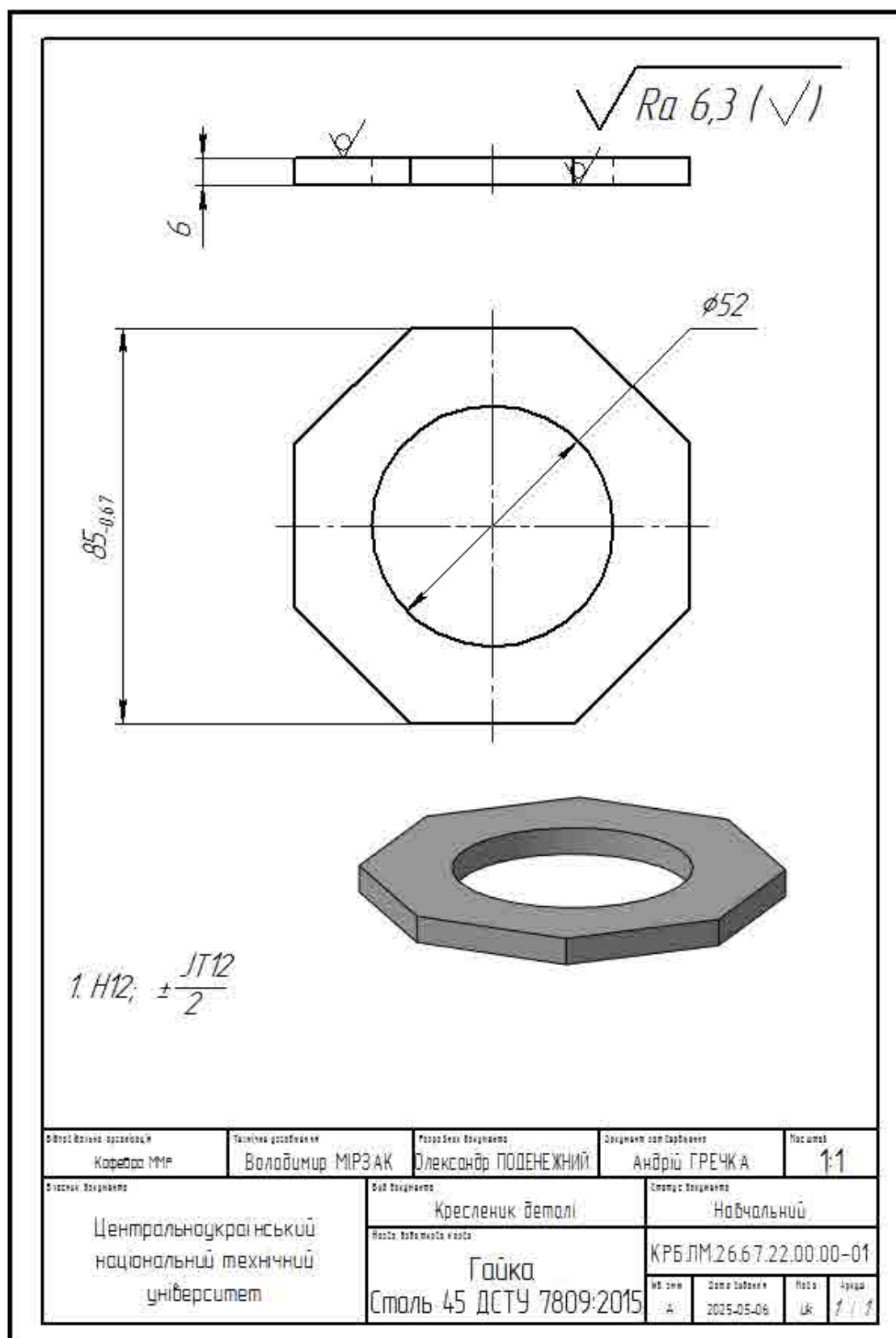


Рисунок 1.1 – Кресленик деталі «Гайка»

1.1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі

Деталь «Гайка» є плоскою деталлю з листового прокату, яка має центральний круглий отвір $\varnothing 52$ мм та зовнішній восьмигранний контур. Матеріалом деталі є сталь 45 товщиною 6 мм. За конструктивно-технологічними ознаками ця деталь належить до групи плоских деталей, що можуть виготовлятися розділовальними операціями листового штампування, а саме пробиванням внутрішнього отвору та вирубуванням зовнішнього контуру

По площині поверхні деталь відноситься до дрібних. Для її виготовлення в умовах серійного виробництва рекомендується використовувати спеціальні штампи, які встановлюються на універсальні преси. Технологічних обмежень при виготовленні деталі не існує.

Відхилення розмірів деталі задано по 12-ому квалітету, що не вимагає додаткових заходів по забезпеченню цих вимог. Діаметр отвору, що пробивається (52 мм) значно більше ніж товщина матеріалу ($s=6$ мм).

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології [6-8]

Для виготовлення деталі «Гайка» може бути запропоновано два варіанти технологічного процесу.

Перший варіант:

- різання листа на штаби
- пробивання отвору ($\varnothing 52$ мм) в штабі і вирубування деталі в штампі послідовної дії;

Другий варіант:

- різання листа на штаби
- пробивання отвору в штабі і вирубування деталі в штампі суміщеної дії .

По другому варіанту штампове оснащення буде складніше і, відповідно, дорожче, ніж по першому, а інші показники (два робочих місця, одні ножиці, один прес, один штамп), приблизно однакові. В кінцевому підсумку перший варіант можна вважати значно ефективнішим, в порівнянні з другим. В відповідності до вище викладеного до детальної проробки приймаємо перший варіант.

1.3 Розкрій металопрокату [10 -18]

Схема розкрою металопрокату наведена на рис.1.2

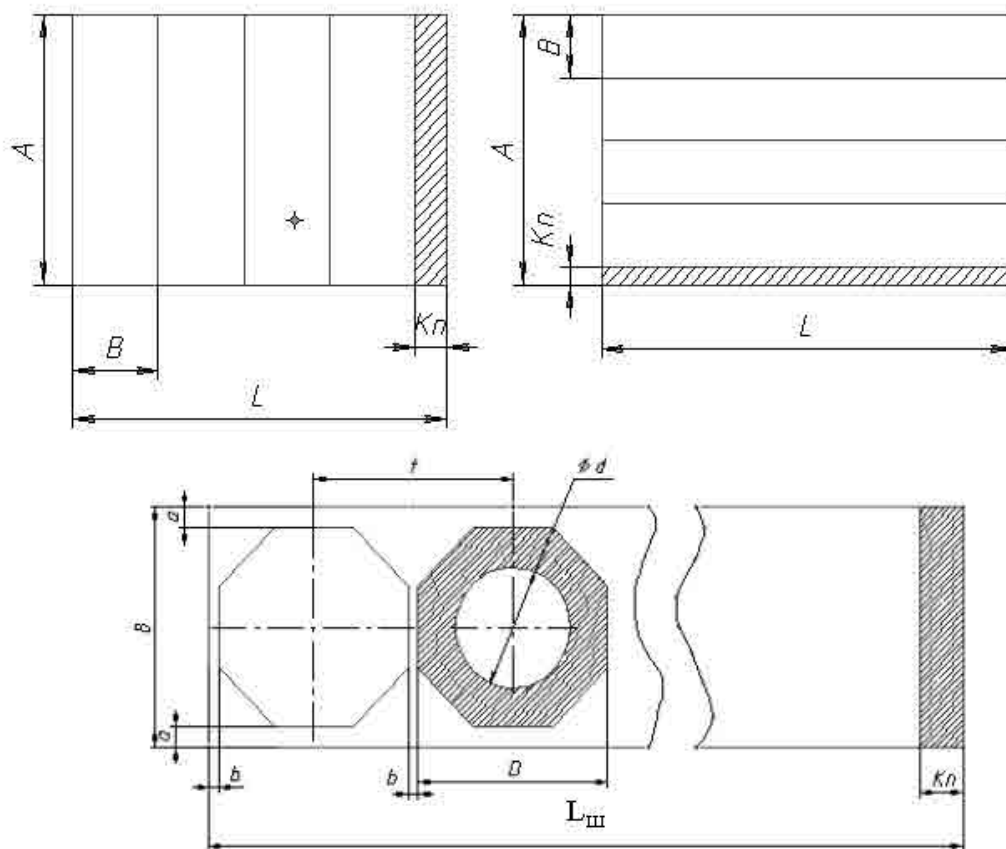


Рисунок 1.2 - Схема розкрою металопрокату

Визначення ширини штаби (для випадку вільного переміщення штаби у напрямних). Подальші розрахунки ведемо у математичній програмі Mathcad [9].

$$B=[D+2(a+\delta)+z_H+\delta']-\delta$$

де D - розмір деталі, що вирізається, мм,

a - найменша величина бокової перемички, мм;

δ - допуск на ширину штаби для випадку розкрою листів на штаби, мм.

z_n - гарантований найменший зазор між напрямними, мм;

δ' - допуск на відстань між напрямними планками

Дано:

$$D := 85 \quad a := 5.5 \quad z_n := 2 \quad \delta := 2 \quad \delta_1 := 0.35 \quad b := 4.5$$

$$B := \lceil D + 2(a + \delta) + z_n + \delta_1 \rceil - \delta \quad B = 102.350 \quad 2$$

Приймаємо $B = 102,5 \text{ } _{-2}$ мм.

Відстань між напрямними планками

$$B_{пл} := (B + z_n)^{+\delta_1} \quad B_{пл} = 104.350^{+0.35}$$

Приймаємо $B_{пл} = 104,5^{+0.35}$ мм.

Визначаємо крок подачі штаби

$$t = D + b$$

Кількість деталей з штаби

$$n = L_{ш}/t + K_n$$

де K_n - кінцевий залишок з штаби, мм

Кількість штаб з листа

$m_1 = L/B$ - при поперечному розкрої

$m_2 = A/B$ - при повздовжньому розкрої

Кількість деталей з листа

$$q = n * m$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$\eta = (F_d \times q \times 100)/F_{л}$$

де F_d - площа деталі, мм²;

$F_{л}$ - площа листа

Маса готового виробу, кг

$$M_d = F_d \times S \times P$$

де F_d - площа деталі, мм²;

P - густина матеріалу, г/мм³

H - норма витрати матеріалу на одну деталь, кг

$$H = M_{\text{л}} / q$$

де $M_{\text{л}}$ - маса листа, г

Маса листа $M_{\text{л}} = L \times A \times S \times P$

$$A := 1250 \quad L := 2000 \quad S := 6 \quad L1_{\text{ш}} := 2000 \quad L2_{\text{ш}} := 1250$$

$$t := D + b \quad t = 89.500$$

$$n1 := \frac{L1_{\text{ш}}}{t} \quad n1 = 22.346 \quad n2 := \frac{L2_{\text{ш}}}{t} \quad n2 = 13.966$$

Приймаємо $n1 = 22$ шт. $n2 = 13$ шт

$$m1 := \frac{A}{B} \quad m2 := \frac{L}{B} \quad m1 = 12.213 \quad m2 = 19.541$$

Приймаємо $m1 = 9$ шт. $m2 = 19$ шт

$$n1 := 22 \quad n2 := 13 \quad m1 := 12 \quad m2 := 19$$

$$q1 := n1 \cdot m1 \quad q2 := n2 \cdot m2 \quad q1 = 264.000 \quad q2 = 247.000$$

Площу деталі визначаємо з допомогою інструментарію графічного редактора "SolidWorks".

$$F_d := 3861.67 \quad P := 0.0079 \text{ - густина матеріалу, г/мм}^3$$

$$F_{\text{л}} := L \cdot A \quad F_{\text{л}} = 2.500 \times 10^6 \text{ мм}^2$$

$$\eta1 := F_d \cdot q1 \cdot \frac{100}{F_{\text{л}}} \quad \eta2 := F_d \cdot q2 \cdot \frac{100}{F_{\text{л}}}$$

$$\eta1 = 40.779 \quad \eta2 = 38.153$$

$$M_d := F_d \cdot S \cdot P \quad M_d = 183.043 \text{ г}$$

$$M_{\text{Л}} := A \cdot L \cdot P \cdot S \qquad M_{\text{Л}} = 1.185 \times 10^5 \text{ г}$$

$$H1 := \frac{M_{\text{Л}}}{q1} \qquad H2 := \frac{M_{\text{Л}}}{q2}$$

$$H1 = 448.864 \text{ г/дет} \quad H2 = 479.757 \text{ г/дет}$$

З перебраних трьох типорозмірів листового прокату приймаємо лист розмірами 1250 x 2000 мм.

По отриманим значенням коефіцієнта використання матеріалу та норми витрати матеріалу приймаємо повздовжний розкрій листового прокату

1.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями та вибір обладнання [10-18]

Повне зусилля штампування (див. креслення деталі “Гайка”)

$$P_{\Sigma} = P_{\text{проб}} + P_{\text{вир}} + P_{\text{пр}}$$

де $P_{\text{проб}}$ – зусилля пробивання отвору, кН;

$P_{\text{вир}}$ – зусилля вирубування, кН;

$P_{\text{пр}}$ – зусилля прогтовхування, кН

$$P_{\text{проб}} = 1,3 \times \pi \times d \times S \times \sigma_{\text{в}}$$

де d – діаметр отвору, що пробивається, мм

Дано:

$$d := 52$$

$$\sigma_{\text{зр}} := 520$$

$$S := 6$$

$$L_{\text{пер}} := 281.67 \text{ -периметр контуру, що вирубується, мм}$$

(визначається засобами КОМПАС-ГРАФІК)

Розрахунок зусилля пробивання

$$P_{\text{проб}} := 1.3 \cdot \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр}} \qquad P_{\text{проб}} = 6.626 \times 10^5 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля вирубання

$$R_{\text{вир}} := 1.3 \cdot L_{\text{пер}} \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр}} \quad R_{\text{вир}} = 1.142 \times 10^6 \text{ Н}$$

$$P_{\Sigma 1} := R_{\text{проб}} + R_{\text{вир}} \quad P_{\Sigma 1} = 1.805 \times 10^6 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля прошивування

$K_{\text{пр}} := 0.06$ -коефіцієнт зусилля прошивування деталі після штампування

$$R_{\text{пр}} := K_{\text{пр}} \cdot P_{\Sigma 1} \quad R_{\text{пр}} = 1.083 \times 10^5 \text{ Н}$$

Розрахунок зусилля зняття

$$K_{\text{зн}} := 0.05$$

$$R_{\text{зн}} := K_{\text{зн}} \cdot P_{\Sigma 1} \quad R_{\text{зн}} = 9.025 \times 10^4 \text{ Н}$$

Повне зусилля

$$P_{\Sigma} := P_{\Sigma 1} + R_{\text{пр}} \quad P_{\Sigma} = 1.913 \times 10^6 \text{ Н}$$

Вибір обладнання для різання листа на штаби вибираємо відповідно до товщини матеріалу та габаритів листа. Для листа $6 \times 1250 \times 2000$ підходять ножиці з похилим ножом моделі Н3218Б [19] .

Технічна характеристика ножиць Н 3218Б.

1. Максимальні габаритні розміри листа, що розрізається, мм:	
товщина	6,3
довжина	3200
2. Число ходів верхнього ножа в хвилину	60
3. Величина хода верхнього ножа в мм	105
4. Кут нахилу верхнього ножа в градусах	1°30'
5. Відстань між стійками, мм	3250
6. Відстань від кромки нерухомого ножа до станини, мм	500
7. Максимальна ширина штаби, яка розрізається до упору, мм	750
8. Потужність електродвигуна, кВт	10,0
9. Габаритні розміри, мм	
довжина	2175
ширина	2705
висота	1700
10. Маса, кг	10000

Остаточний вибір обладнання відбувається на основі розрахунку технологічних зусиль штампування та габаритів штампового оснащення, визначених внаслідок проектування та вибраного згідно завдання матеріалу.

Вибираємо для здійснення розробленого техпроцесу однокривошипний закритий прес простої дії моделі KB2534 з наступними технічними характеристиками [19].

1. Номінальне зусилля, кН	2500
2. Число ходів, хвил ⁻¹	45
3. Закрита висота пресу, мм	560
4. Товщина підштампової плити, мм	140
5. Розміри підштампової плити, мм	
довжина	800
ширина	800
6. Діаметр отвору в повзуні під хвостовик, мм	75

1.5 Технічне нормування

1.5.1 Розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з штаби

Початкові данні:

Пробити отвір в заготовці та вирубити деталь з штаби.

Розмір штаби – 6×102,5×2000 мм.

Крок подачі – 89,5 мм

Кількість деталей з штаби – 22 шт.

Прес зусиллям – 2500 кН.

Число подвійних ходів в хвилину – 45

Штамп послідовної дії, відкритий з упором.

Тип муфти включення – фрикційний, пневматичний

Робота виконується на провал, стоячи.

Розрахунок норм часу по переходам штампування зводимо у табл. 1.3

Таблиця 1.3 – Розрахунок операції “пробивання-вирубання”

№ карти	№ позиції	Найменування переходу	Основний час T_o , хв	Допоміжний час T_d , хв	
				Перекривасмий	Неперекривасмий
29	1	Взяти штабу, піднести і встановити в штамп	-	-	0.0033
1	2	Включити прес		-	0,015
2	29	Штампувати	0,022		
30	2	Просунути штабу на крок		0,0005	
45	3	Відкинути відход зі стола преса в тару			0,0015
Σ			0,022	0,0005	0.0165

Штучний час:

$$T_{шт} = (T_o + T_d) \times K;$$

де T_o – основний час, хвил;

T_d – допоміжний час, хвил;

K – коефіцієнт, що враховує витрати часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті справи.

$$T_{ш} = (0.022 + 0.0165) \times 1.14 = 0.044 \text{ хв.}$$

Норма виробітку:

$$N_{\%} = \frac{480}{0.044} = 10909 \text{ шт.}$$

Схема організації робочого місця зображена на рис.1.3.

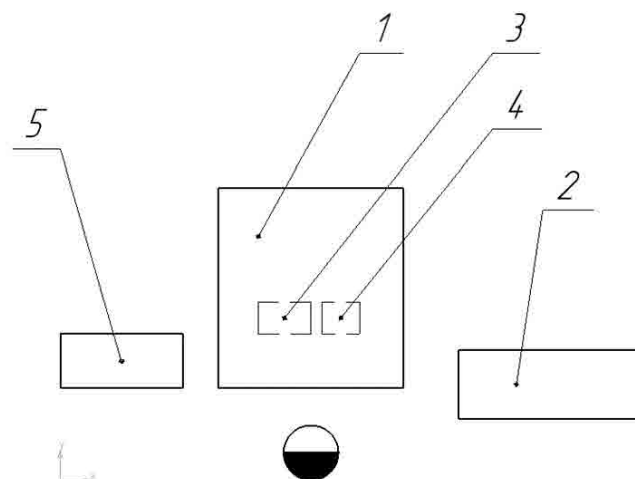


Рисунок 1.3 – Схема організації робочого місця: 1 – прес; 2 – стіл для заготовок; 3 – тара для готових деталей; 4 – тара для відходів; 5 – тара для відходів штаби

1.6 Розробка карти технологічного процесу листового штампування

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

Ескіз деталі	Міністерство освіти і науки України Центральноукраїнський національний технічний університет Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»										КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА (Листове шліфувальне)										Карта № 1			
	Деталь		КРБ ПМ 26.67.22.00.00 "Гайка"																		Кількість листів		1	
	Креслення		Кількість штук на виріб		2		Партія штук		250000		Укладач													
	Марка матеріалу		Сталь 45		Ширина стрічки						Студент		Підпис		Дата									
	Довжина листа		2000		Товщина стрічки						0.183		Група		ПМ4-23мб-2		10.05.26							
	Ширина листа		1250		Маса						0.448		Політехнік О. В.		Затверджено									
	Товщина листа		6		Норма витр. мат. на 1 дет.																			
	Кількість штабів із листа		9		Кількість дет. з рулону																			
	Кількість деталей із листа		22																					
	Кількість деталей із листа		264										Керівник		Підпис		Дата							
Коефіцієнт використання матеріалу		40,779										Міраха В. Я.				11.05.26								
№ № операцій		Найменування операцій та переходів										Обладнання		Інструмент		Норма часу на операцію		Спеціальність, розряд						
10		Різання листа на штаби										Ножи H3218Б		шаблон		0.0072		Різальник IV розряд						
20		Контроль												Штанген-циркуль ШЦ-I				Контролер IV розряд						
30		Пробивання - вирубання										Прес KB2534		Штамп послідовної дії		0,044		Штампувальник III розряд						
40		Контроль												Штанген-циркуль ШЦ-I				Контролер IV розряд						

Схема розкрою, операційні ескізи

2 ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУ ПОСЛІДОВНОЇ ДІЇ

2.1 Призначення, будова та робота штампу [10-17]

Штамп послідовної дії призначений для пробивання отвору та вирубання контуру з метою отримання деталі “Шайба”.

Штамп (Рис. 2.1) складається із верхньої плити 1, прямої втулки 2, хвостовика 6, пуансона для вирубання 5, пуансона для пробивання отвору 7, прямої колонки 3, пуансонотримача 12, жорсткого знімача 8, матриці 9, нижньої плити 10, пружини 14, тимчасового упору 13, торцевого упору 11.

Штамп працює наступним чином: заготовка (штаба) подається на першу позицію так, щоб її торець доходив до тимчасового упору 13, який висувається з бокової поверхні прямої втулки. Далі вмикається прес і при робочому ході повзуна пробивається отвір. В подальшому стрічка подається до торцевого упору 11 і при наступному робочому ході повзуна одночасно відбувається пробивання отвору пуансоном 7 і вирубання деталі пуансоном 16, вирубання контуру деталі пуансоном 5. Вирублена деталь та відходи через провальні отвори в нижній плиті під дією власної ваги падають в тару для деталей та відходів відповідно. Зняття стрічки з пробивного та вирубного пуансонів відбувається жорстким знімачем 8. Далі штаба нахиляється і просувається на крок вперед, фіксуючись упором 11. Направлення верхньої частини штампу відносно нижньої виконується за допомогою напрямних ковзання 2,3. Кріплення верхньої плити штампу здійснюється жорстким хвостовиком 6 а нижньої прихоплювачами.

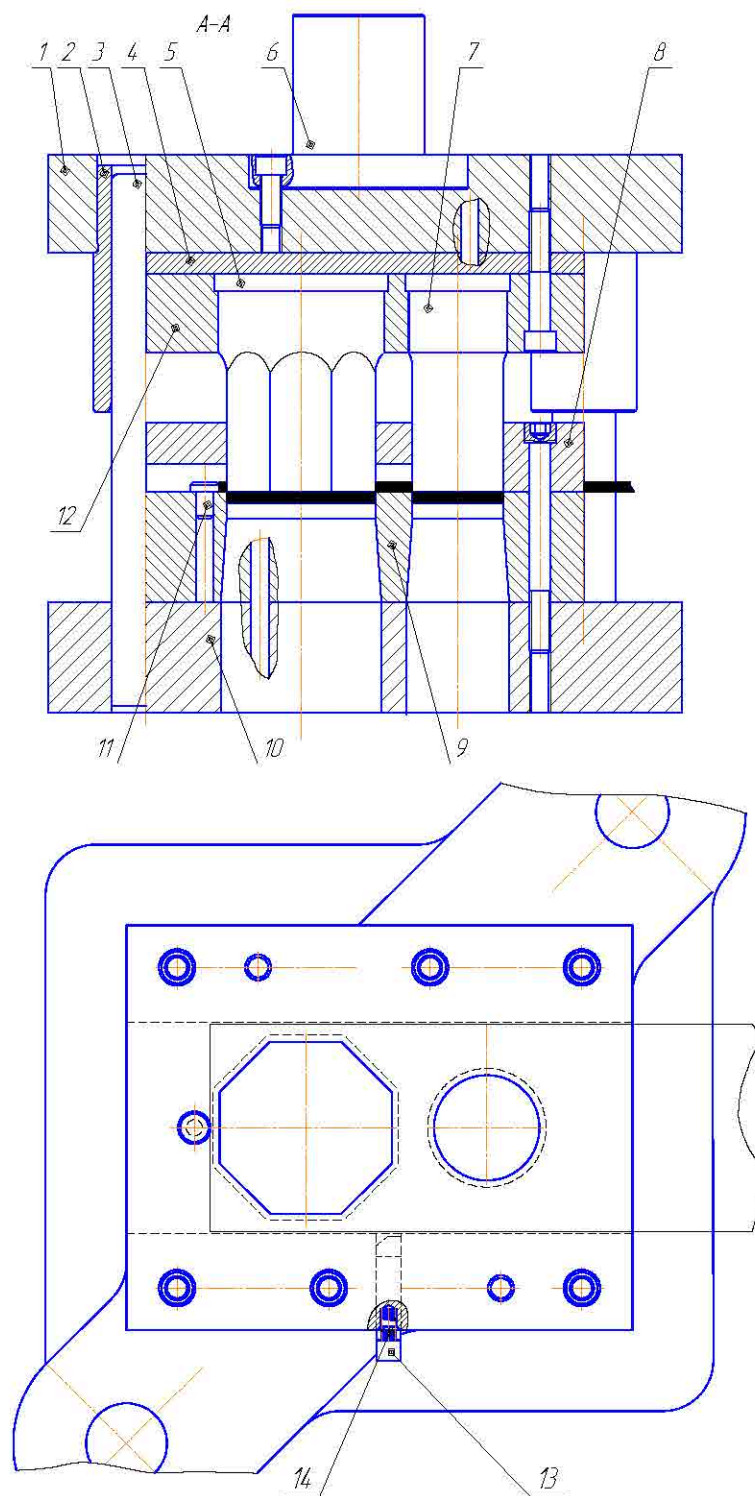


Рисунок 2.1 - Схема штампа послідовної дії

2.2 Розрахунок виконавчих розмірів пуансонів і матриці [10-12, 17]

Визначаємо виконавчі розміри пуансона і матриці для пробивання отвору діаметром 52 мм для випадку їх роздільного виготовлення. Схема розмірів і полей допусків наведена на рис. 2.2.

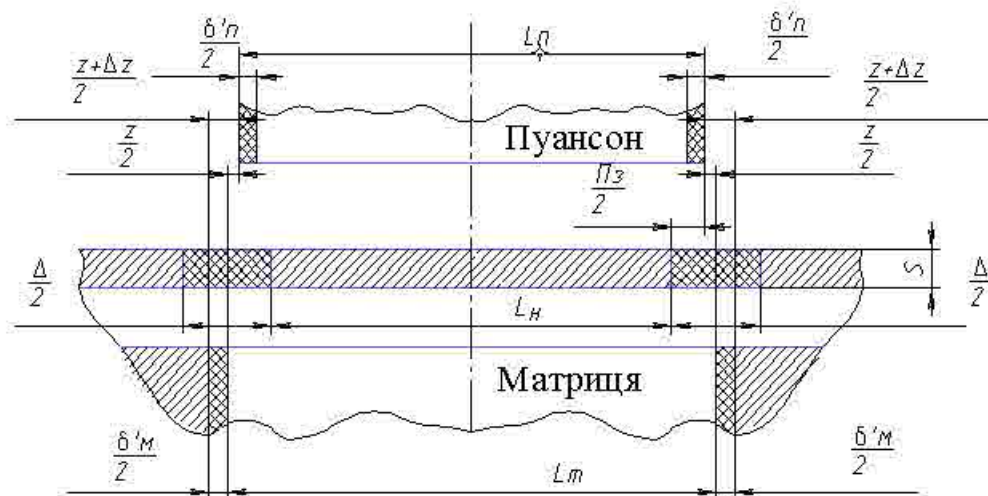


Рис. 2.4 Схема розмірів і полей допусків елемента, що штампується і робочих деталей штампа при їх роздільному виготовленні для операції пробивання отвору: L_n – номінальний розмір елемента, що штампується; L_m – номінальний розмір пуансона; Δ – допуск розміра елемента, що штампується; Π_n – припуск на знос пуансона і матриці; δ_n і δ_m – допуски розмірів пуансона і матриці; z і Δz – зазор і поле допуску зазора між матрицею і пуансоном.

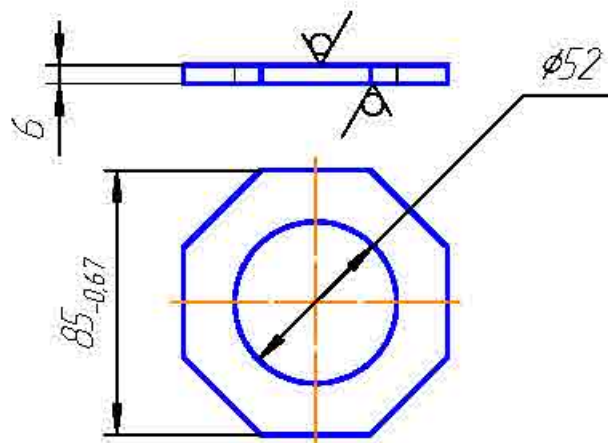


Рисунок 2.3 - До розрахунку виконавчих розмірів

Вихідні дані:

$$d=52H12^{(+0.35)}$$

$$S=6 \text{ мм}$$

По [2] таблиця 13 для поля допуску $\Delta = 0,35$ знаходимо $Пзн = 0,27\text{мм}$.

По [2] таблиця 14 при $\sigma_{зр} = 520 \text{ МПа}$ для $s=6 \text{ мм}$ $z=0.7 \text{ мм}$ і

$$\Delta z = +0.20 \text{ мм.}$$

По [2] таблиця 15 для $s = 6 \text{ мм}$ та розміра 52 мм знаходимо поля допусків - для матриці $H10(+0.12)$, для пуансону $h9(-0.074)$

Умова $\delta'_m + \delta'_n \leq \Delta z$ ($0.12+0.074=0.194 < 0.2$) виконується, тобто приймаємо роздільний спосіб виготовлення робочих деталей штамп.

При роздільному виготовленні виконавчий розмір пуансону $Lп$

$$Lн := 52 \quad Пзн := 0.27 \quad z := 0.7$$

$$Lп := (Lн + Пзн)_{-\delta_n} \quad Lп = 52.270_{-0.074}$$

Виконавчий розмір матриці

$$Lм := (Lн + Пзн + z)^{+0.12} \quad Lм = 52.970^{+0.12}$$

Виконавчі розміри матриці для вирубання контуру

Вихідні дані:

$$D=85_{-0.67}$$

$$S=6 \text{ мм}$$

По [2] таблиця 13 для поля допуску $\Delta = 0,67$ знаходимо $Пзн = 0,5\text{мм}$.

По [2] таблиця 14 при $\sigma_{зр} = 520 \text{ МПа}$ для $s=6 \text{ мм}$ $z=0.7 \text{ мм}$ і

$$\Delta z = +0.20 \text{ мм.}$$

По [2] таблиця 15 для $s = 6 \text{ мм}$ та розміра 85 мм знаходимо поля допусків - для матриці $H10(+0.14)$, для пуансону $h8(-0.054)$

Умова $\delta'_m + \delta'_n \leq \Delta z$ ($0.14+0.054=0.194 < 0.2$) виконується, тобто приймаємо роздільний спосіб виготовлення робочих деталей штамп.

При роздільному виготовленні виконавчий розмір пуансону $Lпв$

$$Lнв := 85 \text{ мм} \quad Пзнв := 0.5\text{мм}$$

$$Lпв := (Lнв - Пзнв - z)_{-0.054} \quad Lпв = 83.800_{-0.054} \text{ мм}$$

$$Lмв := (Lнв - Пзн)^{+0.14} \text{ мм} \quad Lмв = 84.730^{+0.14} \text{ мм}$$

2.3 Визначення центру тиску штамп

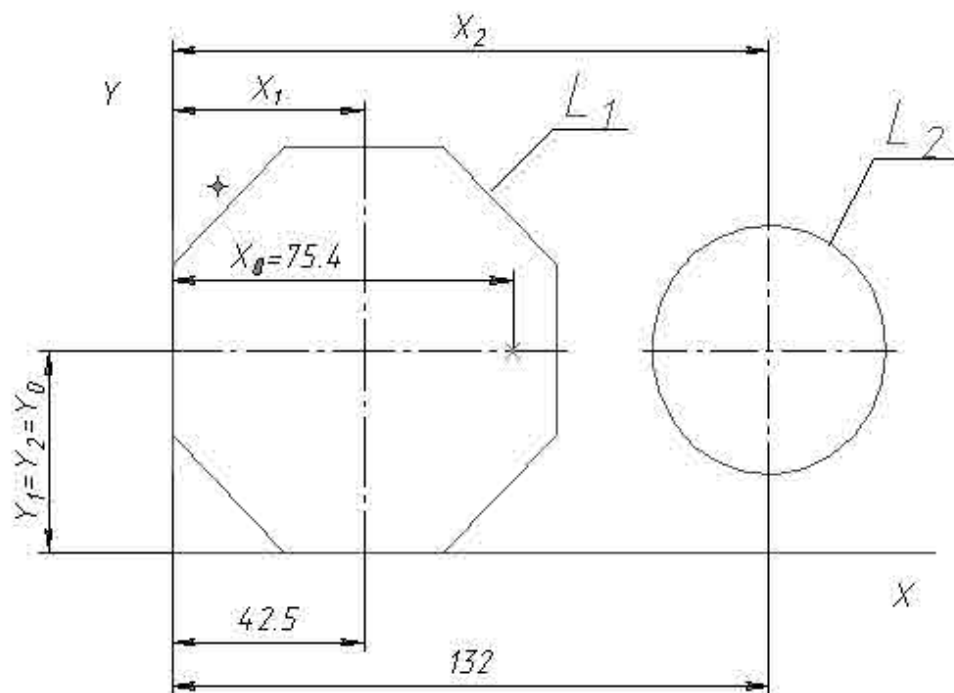


Рисунок 2.4 - До визначення центру тиску штамп

$$X_1 := 42.5 \text{ мм} \quad X_2 := 132 \text{ мм}$$

$$L_1 := 281.67 \quad L_2 := 163.363$$

$$X_0 := \frac{X_1 \cdot L_1 + X_2 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$X_0 = 75.354$$

Координата Y_0 знаходиться на осі симетрії стрічки, тобто $Y_0 = 42.5 \text{ мм}$

2.4 Розрахунок пуансону на міцність [10-12, 17]

Пуансони перевіряються на зм'яття опорною поверхнею головки пуансона поверхні плити і на стиснення і повздовжний вигин самого пуансону в найменшому перетині. Пуансон прийнятий по ГОСТ16626-80

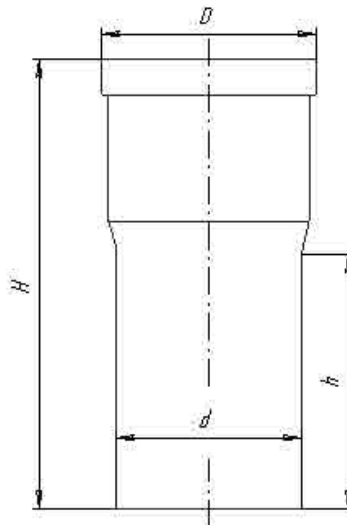


Рисунок 2.5 - Схема пуансону

Дано:

- $P := 662599$ - технологічне зусилля, Н;
 $D := 60$ - діаметр опорної частини пуансону, мм;
 $d := 52$ - діаметр робочої частини пуансону, мм;
 $s := 6$ - товщина матеріалу, мм;
 $h := 80$
 $z := 0.7$ - двосторонній технологічний зазор, мм

$$F_{\text{гол}} := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad - \text{площа опорної частини}$$

$$F_{\text{гол}} = 2.827 \times 10^3$$

$$\sigma_{\text{зм}} := \frac{P}{F_{\text{гол}}} \quad - \text{напруження зм'яття, МПа;}$$

$$\sigma_{\text{зм}} = 234.346 > 100 \text{ МПа} \quad - \text{потрібна сталева підкладна плитка}$$

Перевірка на стиснення здійснюється в наступній послідовності.

Спочатку визначається коефіцієнт ϕ зниження граничного напруження $\sigma_{ст}$, який залежить від умовної гнучкості пуансону і враховує можливу втрату сталості пуансону (його повздовжний вигін). Для пуансону круглого перетину цей коефіцієнт залежить від параметра:

$$\mu := 2.8 \cdot \left(\frac{h}{d} \right) \quad \mu = 4.308$$

μ	До 4	Св. 4 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12 до 16	Св. 16 до 23	Св. 23 до 30
ϕ	1,0	0,8	0,75	0,72	0,65	0,6

Приймаємо $\phi := 0.8$

Визначаємо площину F_k контакту робочого торця пуансону з матеріалом, що штампується. Якщо діаметр отвору, що пробивається, більше ніж товщина матеріалу, площину F_k потрібно приймати рівною площині кільцевого паску шириною a_k .

Ширина a_k залежить від відношення d/s , величини зазору і наявності нижнього притискувача. Значення a_k визначається по таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - До вибору кільцевого паску

d_{II}/s	a_k/d_{II} при относительном зазоре z/s			
	0,2—0,15	0,15—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005
Св. 0,8 до 1,2	0,35	0,40	0,45	0,50
» 1,2 » 2,0	0,30	0,35	0,40	0,45
» 2,0 » 5,0	0,25	0,30	0,35	0,40
» 5,0 » 10,0	0,20	0,25	0,30	0,35
» 10,0 » 20,0	0,15	0,20	0,25	0,30
» 20,0	0,10	0,15	0,20	0,25

$$\frac{z}{s} = 0.117 \quad \frac{d}{s} = 8.667 \quad a_k := 0.25 \cdot d \quad a_k = 13.000$$

Площина кільцевого паску

$$F_k := \pi \cdot a_k \cdot (d - a_k) \quad F_k = 1.593 \times 10^3$$

$$\sigma_{ст} := \frac{P}{\phi \cdot F_k} \quad \sigma_{ст} = 520.000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ст} = 520.000 \text{ МПа} < [\sigma_{ст}] = 1600 \text{ МПа} \quad \text{Умова виконана}$$

2.5 Визначення товщини матриці [10-12, 17]

Товщину матриці визначаємо з наступної емпіричної залежності, мм:
Дано:

- $S := 6$ - товщина матеріалу, мм;
 $K_M := 1.3$ - коефіцієнт, що приймається по табл. 2.2
 $P := 1913.4$ - потрібне технологічне зусилля штампування, кН.

Таблиця 2.2 - До вибору коефіцієнта K_M

σ_n^* , МПа	До 120	Св. 120 до 200	Св. 200 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000
K_M	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	1,5—2,0

* Тимчасовий опір матеріалу, що штампується,

- $a_p := 158$ - розмір робочої зони матриці (Рис.), мм;
 $b_p := 85$ - розмір робочої зони матриці, мм;

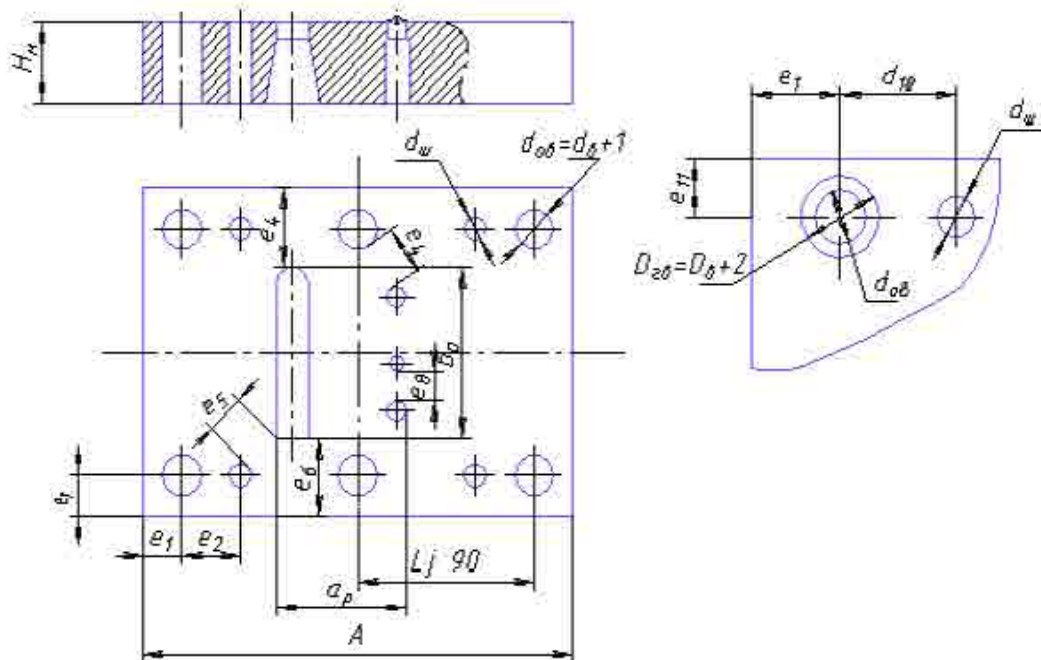


Рисунок 2.6 - До розрахунку матриці штампа послідовної дії (розміри приймати по табл. 2.3.)

Таблиця 2.3 – Найменші відстані між елементами сталюї матриці

Матеріал матриці	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7		e_8
					$d_{0, в} \leq 8,5$	$d_{0, в} > 8,5$	
У8А, У10А, 7ХЗ, 9ХС, 9ХВГ	$0,8d_{0, в}$	$1,2H_M$	$d_{0, в}$	$2,5H_M$	$1,2d_{0, в}$	$1,4d_{0, в}$	$2s$
Х12М, Х12Ф1	$0,6d_{0, в}$	H_M	$0,8d_{0, в}$	$2H_M$	$d_{0, в}$	$1,2d_{0, в}$	$1,5s$

Примечання: 1. Наименьшее расстояние e_8 для матриц из сталей У8А, У10А, 7ХЗ, 9ХС, 9ХВГ — 2 мм, для матриц из сталей Х12М, Х12Ф1 — 1,5 мм.

2. В случае размещения в матрице отверстий под головки винтов (см. рис. 9, б) расстояние $e_{11} = e_7 + (D_{0, в} - d_{0, в})/2$.

3. См. п. 2 примечаний к табл. 19.

4. Число винтов в одном ряду определяется из условия, что расстояние между двумя соседними винтами не должно превышать 90 мм.

$$H_M := S + K_M \cdot \sqrt{ap + bp} + 7 \quad H_M = 33.265 \text{ мм}$$

Додатково перевіряємо достатність товщини матриці по емпіричній формулі

$$H'_M := \sqrt[3]{100 \cdot P} \quad H'_M = 57.624 \text{ мм}$$

Приймаємо більше з отриманих значень, тобто $H_M = 57.624$ мм. Знайдене таким чином значення H_M округлюємо до найближчого більшого числа з наступного ряду чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80

Тоді остаточно приймаємо $H_M = 63$ мм

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Деталь «Гайка» є плоскою деталлю з листового прокату, яка має центральний круглий отвір $\varnothing 52$ мм та зовнішній восьмигранний контур. Матеріалом деталі є сталь 45 товщиною 6 мм. За конструктивно-технологічними ознаками ця деталь належить до групи плоских деталей, що можуть виготовлятися розділювальними операціями листового штампування, а саме пробиванням внутрішнього отвору та вирубуванням зовнішнього контуру.

У базовому варіанті деталь виготовлялася на устаткуванні плазмового різання. Для серійного виробництва деталі «Гайка» більш раціональним є застосування листового штампування на кривошипному пресі. У порівнянні з плазмовим різанням штампування має вищу початкову вартість оснащення, однак у серійному та масовому виробництві ця вартість розподіляється на значну кількість деталей, що знижує собівартість одиниці продукції.

Отже, актуальність роботи полягає у необхідності розроблення більш продуктивного та економічно доцільного технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка» для умов серійного виробництва шляхом заміни базового процесу плазмового різання на процес листового штампування у штампі послідовної дії.

1. Проаналізовано конструкцію деталі «Гайка», її матеріал, товщину, геометричні параметри, вимоги до точності та шорсткості.

2. Розглянуто базовий технологічний процес виготовлення деталі методом плазмового різання та обґрунтовано його недоцільність для умов серійного виробництва.

3. Обґрунтовано можливість виготовлення деталі методами листового штампування з використанням розділювальних операцій.

4. Розроблено маршрут технологічного процесу, що включає розкрій листового прокату на штаби, пробивання центрального отвору та вирубування зовнішнього восьмигранного контуру.

5. Розроблено схему розташування деталей у штабі та визначено крок подачі з урахуванням перемичок і коефіцієнта використання матеріалу.

6. Визначено сумарне технологічне зусилля штампування та перевірено можливість використання наявного кривошипного преса номінальним зусиллям 2,5 МН.

7. Обґрунтовано вибір штампа послідовної дії замість штампа суміщеної дії з урахуванням конструктивної простоти, вартості виготовлення, зручності обслуговування та способу вилучення готової деталі.

8. Спроектовано складальний кресленик штампа послідовної дії для пробивання отвору та вирубування восьмигранного контуру.

9. Запропоновано рекомендації для виробництва по впровадженню розробленого технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ASM Handbook. Volume 14B: Metalworking: Sheet Forming / ed. by S. L. Semiatin. Materials Park, Ohio : ASM International, 2006. 924 p. URL: https://www.asminternational.org/results/-/journal_content/56/05120G/PUBLICATION/ (дата звернення: 02.06.2026).
2. Samardzic V. ME-215 Engineering Materials and Processes. Chapter 17: Sheet-Forming Processes : lecture materials. New Jersey Institute of Technology. URL: https://mie.njit.edu/sites/mie/files/lcms/docs/me215_ch17.pdf (дата звернення: 02.06.2026).
3. Kumar S., Singh R. Automation of strip-layout design for sheet metal work on progressive die. Journal of Materials Processing Technology. 2008. Vol. 195, iss. 1–3. P. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.04.119>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924013607004736> (дата звернення: 02.06.2026).
4. Yang Y., Hinduja S. Sequence planning of sheet metal parts manufactured using progressive dies. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2023. Vol. 124. P. 2199–2214. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10389-8>. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-022-10389-8> (дата звернення: 02.06.2026).
5. Afshari M. et al. Automatic strip layout design in progressive dies using the grouping genetic algorithm. Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article 28289. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13328-1>. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-13328-1> (дата звернення: 04.06.2026).
6. Progressive Die Stamping: A Comprehensive Guide. Kenmode Precision Metal Stamping. URL: <https://www.kenmode.com/progressive-die-stamping-guide> (дата звернення: 02.06.2026).
7. Compound vs. Progressive vs. Transfer Die. Keats Manufacturing. 2022. URL: <https://www.keatsmfg.com/blog/compound-progressive-transfer-die/> (дата звернення: 05.06.2026).
8. Compound Dies vs. Progressive Die Stamping: Advantages and Applications. The Master Products Co. 2022. URL: <https://www.masterproducts.com/manufacturing-industry-news/2022/11/29/compound-dies-vs-progressive-die-stamping-advantages-and-applications> (дата звернення: 04.06.2026).

9. Сясєв А. В. Вступ до системи MathCAD: навч. посіб. – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2004. – 108 с. ISBN 966-551-134-3 ь
10. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Проектування та розрахунків 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.
11. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об’єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ “Імекс ЛТД”, 2005. – 236 с.
12. 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.
13. 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.
14. Методичні вказівки до практичних занять студентів кредитного модуля «Технологія холодного штампування та конструювання штампів 2» підготовки бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка спеціалізацій Системи комп’ютерних технологій машинобудування пластичним формоутворенням, Технології композиційних та наноструктурних конструкцій, Технології озброєння та засобів безпеки / Уклад.: Орлюк М.В., Вишневський П.С. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 43 с.
15. Чухліб В. Л., Юрченко О. А., Ашкелянєць А. В. Технологія процесів листового штампування : індивідуальні завдання : навч.-метод. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 76 с. URL: https://web.kpi.kharkov.ua/kmit/wp-content/uploads/sites/220/2024/03/06.Individualne-zavdannya_Tehnologiya-protsesiv-listovogo-shtampuvannya_3.pdf (дата звернення: 05.06.2026).
16. Убизький М. М., Кулик О. В., Фесенко А. Г., Шевчук Д. І. Холодне листове штампування : навч. посіб. Дніпро : РВВ ДНУ, 2008. 124 с. URL: <https://files.fti.dp.ua/wp-content/uploads/tainacan-items/1746/4736/kholodne-lystove-shtampuvannia.pdf> (дата звернення: 05.06.2026).

17. Орлюк М. В., Вишневський П. С. Технологія холодного штампування та конструювання штампів. Курсова робота : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 80 с. URL:

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48480/1/Shtampuvannia_2022_2.pdf (дата звернення: 05.06.2026).

18. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навч.-метод. посіб. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42747/1/Zagotovky_u_mashynobudivnomu_vyrobnutsvi.pdf (дата звернення: 06.06.2026).

19. Плєснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плєснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с. ISBN 978-617-7188-69-7

ДОДАТОК А

**Специфікація до складального кресленика
штампу послідовної дії**

А.1 Перший аркуш специфікації

Поз.	Познака	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.67.22.11.00	Складальне креслення			
		Деталі			
1	КРБ.ПМ.26.67.22.11.01	Плита верхня	1		
2	КРБ.ПМ.26.67.22.11.02	Втулка	2		
3	КРБ.ПМ.26.67.22.11.03	Колонка	2		
4	КРБ.ПМ.26.67.22.11.04	Плитка підкладна	1		
5	КРБ.ПМ.26.67.22.11.05	Пцансон	1		
6	КРБ.ПМ.26.67.22.11.06	Хвостовик	1		
7	КРБ.ПМ.26.67.22.11.07	Пцансон	1		
8	КРБ.ПМ.26.67.22.11.08	Знімач	1		
9	КРБ.ПМ.26.67.22.11.09	Матриця	1		
10	КРБ.ПМ.26.67.22.11.10	Плита нижня	1		
11	КРБ.ПМ.26.67.22.11.11	Упор	1		
12	КРБ.ПМ.26.67.22.11.12	Пцансоноутримач	1		
13	КРБ.ПМ.26.67.22.11.13	Упор тимчасовий	1		
14	КРБ.ПМ.26.67.22.11.14	Прцжина	1		
		Стандартні вироби			
		Гвинти DIN912			
18		M12x30	6		
Складальна організація		Замовник проектування	Розробник проектування	Складальна організація	Листов
Кафедра ММР		Володимир МРЗАК	Олександр ПОДЕНЕЖНИЙ	Андрій ГРЕЧКА	11
Власник документа		Вид документа		Складальна організація	
Центральноукраїнський національний технічний університет		Специфікація		Навчальний	
		Тема		Курс	
		Штамп послідовної дії		КРБ.ПМ.26.67.22.11.000	
		В.ЗМ.	Дата видання	Мова	Аркуш
		А	2025-05-05	ук	1/3

A.2 Другий аркуш специфікації

[illegible]

ДОДАТОК Б

Рекомендації для виробництва

Для впровадження запропонованого технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка» в умовах серійного виробництва рекомендується організувати виробництво за маршрутом: розкрій листового прокату зі сталі 45 товщиною 6 мм на штаби, подавання штаби в штамп послідовної дії, пробивання центрального отвору Ø52 мм, вирубування зовнішнього восьмигранного контуру та видалення готової деталі через провальне вікно у підштамповій плиті. Така схема дозволяє замінити малопродуктивне плазмове різання більш ефективним процесом листового штампування з використанням наявного на підприємстві кривошипного преса номінальним зусиллям 2,5 МН.

На першому етапі впровадження необхідно перевірити технічний стан пресового обладнання. Штамп послідовної дії рекомендується виконувати двопозиційним. При конструюванні штампа особливу увагу слід приділити вибору зазорів між пуансонами і матрицями. Для підвищення ресурсу штампа рекомендується виготовляти робочі деталі з інструментальної сталі з подальшою термічною обробкою до необхідної твердості. Оскільки процес передбачає ручну подачу штаби, необхідно забезпечити безпечну роботу оператора. Робоча зона преса повинна бути обладнана захисними пристроями, які унеможливають потрапляння рук оператора в небезпечну зону під час ходу повзуна. Доцільно використовувати дворучне керування пресом, захисні екрани, напрямні для штаби, обмежувачі ходу подачі та пристрої, що забезпечують віддалене утримання заготовки. Оператор повинен подавати штабу тільки по напрямних елементах штампа, без ручного виправлення її положення в зоні дії пуансонів. Перед запуском серійної партії необхідно провести інструктаж з охорони праці та відпрацювати порядок дій при заїданні штаби, неповному випаданні деталі або появі стороннього предмета в робочій зоні.

Видалення готової деталі рекомендується організувати через провальне вікно у підштамповій плиті під дією власної ваги. Для цього розміри провального отвору повинні забезпечувати вільне проходження восьмигранної гайки без заклинювання. Під пресом необхідно встановити тару або приймальний лоток для збору готових деталей. Конструкція лотка повинна виключати накопичення деталей у провальному каналі, оскільки це може призвести до аварійної ситуації або пошкодження штампа. Відходи після пробивання отвору Ø52 мм також

повинні надійно видалятися із зони штампування, не накопичуючись у матриці або підштамповій плиті.

Для забезпечення стабільної якості продукції необхідно організувати операційний контроль. На початку зміни та після кожного налагодження штампа слід контролювати діаметр отвору Ø52 мм, зовнішній габарит восьмигранного контуру, товщину деталі, величину задирки, якість поверхні зрізу та відсутність тріщин або деформацій. У процесі серійного виготовлення доцільно застосовувати періодичний контроль через встановлену кількість деталей. Особливу увагу слід приділяти взаємному розташуванню отвору і зовнішнього контуру, оскільки воно залежить від точності подачі штаби та правильності роботи фіксувальних елементів штампа.

Перед повним впровадженням технологічного процесу рекомендується виготовити дослідну партію деталей. За результатами дослідного штампування необхідно перевірити фактичне зусилля процесу, якість зрізу, величину задирки, стабільність випадання готової деталі, зручність ручної подачі штаби, роботу упорів та надійність видалення відходів. За потреби слід уточнити зазори між робочими елементами, форму провального вікна, розміри напрямних для штаби та конструкцію упорів. Лише після усунення виявлених недоліків процес доцільно передавати у серійне виробництво.

Впровадження запропонованого технологічного процесу дозволить підвищити продуктивність виготовлення деталі «Гайка», знизити собівартість порівняно з плазмовим різанням, зменшити завантаження плазмового обладнання та забезпечити стабільнішу якість деталей. Використання штампа послідовної дії є доцільним для заданих умов, оскільки поєднує достатню продуктивність, простішу конструкцію порівняно зі штампом суміщеної дії, зручність обслуговування та можливість використання наявного кривошипного преса зусиллям 2,5 МН.