

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

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри ММіР

к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2026 р.

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

«Розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба»»»

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ-22-2
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»
_____ Ігор ШЕВЧЕНКО

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Рецензент: к.т.н., доцент
_____ Віктор ПУКАЛОВ

Кропивницький 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D-друк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

«_____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

Шевченко Ігор Григорович

1. Тема роботи: Розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба»

2. Керівник роботи: канд. техн. наук, доц. Віталій ШМЕЛЬОВ

Затверджено наказом ЦНТУ від 01.04.2026 року № 199-02

3. Строк подання роботи до захисту «20» червня 2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:

Розробити оснащення для виготовлення деталі
«Скоба»

Завдання:

- Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування
- Розрахувати розкрій металопрокату
- Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання
- Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Скоба»
- Виконати технічне нормування

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1	ВСТУП	Травень 2026	
2	Основні розділи	Травень 2026	
3	ВИСНОВКИ	Червень 2026	
4	ДОДАТКИ	Червень 2026	
5	Графічна частина та оформлення	Червень 2026	

Дата видачі завдання «____» _____ 2026 р.

Керівник роботи _____ Віталій ШМЕЛЬОВ
(підпис)

Завдання прийнято до виконання «____» _____ 2026 р.

Здобувач _____ Ігор ШЕВЧЕНКО
(підпис)

Анотація

Ігор ШЕВЧЕНКО. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба» : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. М. Шмельов ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 41 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба».

У процесі виконання роботи було проведено комплекс інженерно-технологічних розрахунків, що включають визначення геометричних параметрів заготовки на всіх переходах штампування з урахуванням особливостей операцій вирубування, пробивання та гнуття. Виконано розрахунок і оптимізацію розкрою листового металопрокату, що дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу та зменшити обсяг відходів.

Також визначено основні технологічні зусилля для кожної операції штампування, що дало можливість обґрунтовано підібрати відповідне пресове обладнання та перевірити працездатність штамсів у заданих умовах навантаження. На основі проведених розрахунків розроблено конструктивні рішення штампового оснащення для виготовлення деталі «Скоба», які забезпечують надійність роботи, точність формоутворення та стабільність технологічного процесу.

Окремо виконано технічне нормування операцій, що дозволило визначити витрати часу на кожен етап виготовлення та оцінити загальну продуктивність процесу.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Скоба», який характеризується підвищеною ефективністю та економічною доцільністю. Запропоновані конструкції штампового оснащення забезпечують раціональне використання матеріальних і виробничих ресурсів, скорочення кількості технологічних операцій і допоміжного обладнання, а також підвищення рівня механізації процесу.

У результаті впровадження розроблених рішень досягається зниження трудомісткості виготовлення, підвищення стабільності якості продукції та суттєве зменшення собівартості деталі «Скоба», що робить запропонований технологічний процес більш ефективним для умов серійного виробництва.

Ключові слова: штамп, пуансон, матриця, пуансон-матриця, скоба, переходи штампування, технологічний процес.

Annotation

Ihor SHEVCHENKO. Development of equipment for the manufacture of the "Bracket" part : qualifying bachelor's thesis: speciality 131 Applied mechanics / scientific director V. M. Shmelov; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 41 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop equipment for the manufacture of the "Bracket" part. In the process of performing the work, a set of engineering and technological calculations was carried out, including determining the geometric parameters of the workpiece at all stamping transitions, taking into account the features of the cutting, punching and bending operations. The calculation and optimization of sheet metal cutting was performed, which allowed to increase the material utilization rate and reduce the amount of waste. The main technological efforts for each stamping operation were also determined, which made it possible to reasonably select the appropriate press equipment and check the performance of the dies under given load conditions. Based on the calculations, design solutions for die equipment for the manufacture of the "Bracket" part were developed, which ensure reliability of operation, accuracy of shaping and stability of the technological process. Technical standardization of operations was separately performed, which allowed to determine the time spent on each stage of manufacturing and assess the overall productivity of the process.

The practical significance of the work lies in the fact that an improved technological process for manufacturing the "Bracket" part has been developed, which is characterized by increased efficiency and economic feasibility. The proposed designs of die equipment ensure the rational use of material and production resources, a reduction in the number of technological operations and auxiliary equipment, as well as an increase in the level of process mechanization. As a result of the implementation of the developed solutions, a reduction in the labor intensity of manufacturing, an increase in the stability of product quality and a significant reduction in the cost of the "Bracket" part have been achieved, which makes the proposed technological process more effective for serial production conditions.

Key words: stamp, punch, matrix, punch-matrix, bracket, transitions of stamping, technological process.

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба»»

КРБ.ПМ.26.33.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ-22-2

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Ігор ШЕВЧЕНКО

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Розділ 1. Розробка технологічного процесу штампування.....	10
1.1. Характеристика об'єкту виробництва.....	10
1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Скоба».....	12
Розділ 2. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба».....	33
2.1. Штамп суміщеної дії	33
2.2. Штамп для гнуття	35
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Листове штампування є одним із найбільш ефективних і поширених методів виготовлення деталей у сучасному машинобудуванні, приладобудуванні та інших галузях промисловості. Його широке застосування зумовлене високою продуктивністю процесу, можливістю автоматизації, а також економічною доцільністю при серійному та масовому виробництві.

З технічної точки зору листове штампування має низку суттєвих переваг. Воно дозволяє отримувати деталі складної просторової конфігурації з високою точністю геометричних розмірів та стабільною повторюваністю. При цьому забезпечується виготовлення конструкцій із високою міцністю та жорсткістю при відносно невеликій масі виробів. Це особливо важливо для сучасного машинобудування, де постійно висуваються вимоги до зменшення металоємності конструкцій без втрати їх експлуатаційних характеристик.

До основних переваг технології листового штампування належать:

- можливість отримання складних за формою деталей за один або кілька переходів;
- висока точність розмірів і стабільність якості при серійному виробництві;
- виготовлення легких конструкцій при мінімальних витратах матеріалу;
- зменшення потреби у подальшій механічній обробці або повна її відсутність.

З економічної точки зору листове штампування також має значні переваги. Насамперед це раціональне використання матеріалу, оскільки завдяки правильному розкрою та використанню штампів досягається мінімальна кількість відходів. Крім того, процес характеризується високою продуктивністю, що дозволяє виготовляти велику кількість деталей за короткий проміжок часу. Важливою перевагою є також можливість комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, що знижує вплив людського фактора та підвищує стабільність якості продукції. У результаті масового випуску деталей досягається суттєве зниження їх собівартості.

Технологія листового штампування включає широкий спектр операцій, які класифікуються за характером деформації матеріалу. У загальному вигляді їх поділяють на дві основні групи: операції з поділом матеріалу та операції пластичного формозмінення без порушення суцільності заготовки.

Операції першої групи передбачають руйнування матеріалу по заданому контуру шляхом зрізу, внаслідок чого відбувається відокремлення однієї частини заготовки від іншої. До таких процесів належать вирубування, пробивання та відрізування. Операції другої групи базуються на пластичній деформації матеріалу, в результаті якої змінюється форма заготовки без її руйнування.

Основні види операцій холодного листового штампування включають:

- відрізування — поділ листового матеріалу на частини за замкнутим або незамкнутим контуром із утворенням заготовок необхідних розмірів;
- вирубування та пробивання — отримання зовнішнього контуру деталі або внутрішніх отворів шляхом зрізу матеріалу;
- гнуття — формоутворення плоскої заготовки у просторову деталь шляхом пластичного згинання під дією зовнішніх сил;
- витягування — перетворення плоскої заготовки у порожнисті вироби складної форми або зміна їх геометричних параметрів;
- формування — локальна зміна форми заготовки або готової деталі шляхом прикладення зусиль у певних зонах.

Листове штампування широко застосовується в різних галузях промисловості завдяки своїй універсальності та високій ефективності. Найбільшого розвитку ця технологія досягає у великосерійному та масовому виробництві, де використання спеціалізованого штампового оснащення дозволяє забезпечити стабільність параметрів продукції та високу продуктивність процесів.

У цих умовах розвиток листового штампування характеризується такими основними напрямками:

- застосуванням штампів складної дії (послідовних, суміщених і послідовно-суміщених), що дозволяють виконувати кілька операцій за один хід преса;
- впровадженням багатопозиційного штампування з подачею матеріалу у вигляді стрічки або штаби;
- широкою механізацією та автоматизацією виробничих процесів;
- створенням швидкохідних автоматичних пресів і спеціалізованих штампувальних автоматів;
- удосконаленням технологій, що дозволяють підвищити точність і якість обробки, зокрема чистового вирубування, зачищення в штампах та холодного видавлювання.

У дрібносерійному та одиничному виробництві листове штампування застосовується переважно з використанням універсального або спрощеного штампового оснащення. У таких умовах особлива увага приділяється гнучкості технологічного процесу, швидкості переналагодження обладнання та економічній доцільності виготовлення невеликих партій деталей.

Мета роботи: розробити оснащення для виготовлення деталі «Скоба».

Для реалізації мети роботи необхідно виконати наступні *завдання*: Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування; Розрахувати розкрій металопрокату; Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання; Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Скоба»; Виконати технічне нормування.

Розділ 1. Розробка технологічного процесу штампування

1.1. Характеристика об'єкту виробництва

Двохвальний бетонозмішувач серії MSO 1500/1000 (рис. 1.1) призначений для приготування та інтенсивного перемішування бетонних сумішей різного складу. Робочий об'єм змішувача становить 1 м³ готової бетонної суміші, що забезпечує високу продуктивність і стабільну якість виготовлення бетону.



Рисунок 1.1 – Двохвальний бетонозмішувач серії MSO 1500/1000

Конструкція бетонозмішувача оснащена сучасною системою вагового контролю компонентів, яка працює на основі вбудованих тензометричних датчиків. Ця система забезпечує точне вимірювання маси матеріалів та контроль кількості готової суміші, що сприяє дотриманню заданої рецептури й підвищенню якості продукції.

Для контролю технологічного процесу в змішувальній камері встановлено датчик вологості бетонної суміші. Він дозволяє в режимі реального часу визначати фактичний вміст води та автоматично коригувати дозування води, забезпечуючи необхідну консистенцію та однорідність бетону.

Крім того, бетонозмішувач обладнаний системою промивання під високим тиском, яка призначена для очищення внутрішніх поверхонь змішувальної камери та робочих органів після завершення виробничого циклу. Використання такої системи значно скорочує час обслуговування обладнання, запобігає накопиченню залишків бетонної суміші та сприяє збільшенню терміну експлуатації змішувача.

1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Скоба»

1.2.1. Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Скоба» використовується як елемент кріплення люків двохвального бетонозмішувача серії MSO 1500/1000. Вона виконує функцію кронштейна, забезпечуючи надійне закріплення люків та їх стійкість під час експлуатації обладнання.

Основною технологічною операцією при виготовленні даної деталі є штампування з подальшим трикутниковим гнуттям. У процесі формоутворення заготовка зазнає значних пластичних деформацій, тому матеріал повинен мати високі показники пластичності, достатню в'язкість та добру здатність до холодної обробки тиском без утворення тріщин і розривів.

З огляду на умови роботи деталі та особливості технології її виготовлення, для виробництва скоби доцільно використовувати низьковуглецеву конструкційну сталь, наприклад сталь марки Ст08кп. Цей матеріал характеризується хорошою пластичністю, задовільною міцністю,

високою технологічністю при штампуванні та гнутті, а також доступністю і невисокою вартістю. Використання цієї сталі дозволяє забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики деталі та мінімізувати витрати на її виготовлення.

Таким чином, вибір низьковуглецевої конструкційної сталі для виготовлення деталі «Скоба» є технічно та економічно обґрунтованим, оскільки повністю відповідає вимогам технологічного процесу штампування і подальшим умовам експлуатації виробу.

$$\text{Лист } \frac{Б-ПН-0-3,0 \text{ ГОСТ19903-74}}{4-111-0,8\text{кп} \text{ ГОСТ16623-70}}.$$

Таблиця 1.1 Механічні та фізичні властивості матеріалу [1]

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

1.2.2. Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

I варіант: базовий

1. Відрізання штаб від листа без оптимізації розкрою.
2. Вирубубання заготовки за контуром.
3. Пробивання.
4. Гнуття.

II варіант: проектний

- 1.Відрізування штаб від листа з оптимізацією розкрою.
- 2.Вирубубання-пробивання.
- 3.Гнуття.

Для подальшого впровадження у виробництво обираємо II варіант технологічного процесу, оскільки він є більш раціональним як з технологічної, так і з економічної точки зору. Застосування цього варіанту забезпечує підвищення коефіцієнта використання матеріалу за рахунок більш ефективного розкрою заготовки та зменшення кількості відходів.

Крім того, II варіант дозволяє скоротити одну технологічну операцію, що сприяє спрощенню виробничого процесу та зменшенню тривалості виготовлення деталі. Одночасно усувається необхідність використання одного штампа, що знижує витрати на виготовлення, обслуговування та зберігання штампового оснащення.

Важливою перевагою є також вивільнення однієї одиниці пресового обладнання та одного пресувальника, що дає можливість раціональніше використовувати виробничі ресурси підприємства та підвищити ефективність організації праці. За рахунок скорочення кількості допоміжних переходів і зменшення часу на виконання підготовчо-завершальних операцій підвищується продуктивність процесу штампування.

У результаті впровадження II варіанта досягається зниження трудомісткості виготовлення деталі, зменшення виробничих витрат та, як наслідок, зниження собівартості готового виробу. Таким чином, обраний варіант є найбільш економічно доцільним і забезпечує підвищення загальної ефективності виробництва.

1.2.3. Розрахунок геометричних параметрів розгортки деталі

Для визначення розмірів заготовки необхідно попередньо розрахувати довжину розгортки деталі в поздовжньому перерізі (рис. 1.2). Значення довжини розгортки дає можливість встановити необхідні розміри вихідної

заготовки з урахуванням подальшого виконання операцій гнуття та забезпечення заданих геометричних параметрів готової деталі.

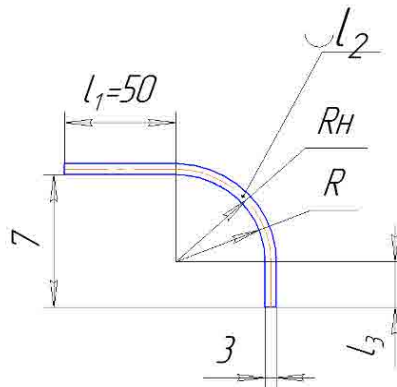


Рисунок 1.2 – До розрахунку довжини розгортки L_{pod}

При визначенні довжини розгортки враховуються геометричні розміри деталі, кількість згинів, радіуси гнуття та товщина матеріалу. Правильний розрахунок розгортки дозволяє забезпечити точність виготовлення деталі, мінімізувати відхилення її розмірів після штампування та зменшити витрати матеріалу. Після визначення довжини розгортки виконують розрахунок розмірів заготовки та розробляють схему її розкрою.

Довжину розгортки деталі в поздовжньому перерізі (рис. 1.2) визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$L_{np} = l_1 + \cup l_2 + l_3,$$

де $l_1 = 50 \text{ мм}$

$$\cup l_2 = \frac{2\pi \cdot R_H \cdot n^\circ}{360}$$

$$R_H = R + x \cdot S$$

При $\frac{R}{S} = \frac{3}{3} = 1$, $x = 0,421$.

Тоді

$$R_H = 3 + 0,421 \cdot 3 = 4,263$$

$$\cup l_2 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,263 \cdot 90}{360} = 6,69 \text{ мм}$$

$$l_3 = 7 - R = 7 - 3 = 4 \text{ мм}$$

Тоді

$$L_{np} = 50 + 6,69 + 4 = 60,69 \text{ мм}$$

Приймаємо $L_{np} = 61 \text{ мм}$

Для визначення ширини заготовки необхідно розрахувати довжину розгортки деталі в поперечному перерізі (рис. 1.3). Цей розрахунок дає можливість встановити фактичні розміри плоскої заготовки до виконання операцій гнуття та забезпечити отримання готової деталі із заданими геометричними параметрами.

Довжину розгортки деталі в поперечному перерізі (рис. 1.3) визначаємо за розрахунковою формулою:

$$L_{non} = 2l_1 + 2\cup l_2 + l_3,$$

де

$$l_1 = 35 - R = 35 - 3 = 32 \text{ мм},$$

$$\cup l_2 = \frac{2\pi \cdot R_H \cdot n^\circ}{360} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,263 \cdot 90}{360} = 6,69 \text{ мм}$$

$$l_3 = 12 - 2R = 12 - 2 \cdot 3 = 6 \text{ мм}$$

Тоді

$$L_{non} = 2 \cdot 32 + 2 \cdot 6,69 + 6 = 83,38 \text{ мм}.$$

Приймаємо $L_{non} = 84 \text{ мм}$.

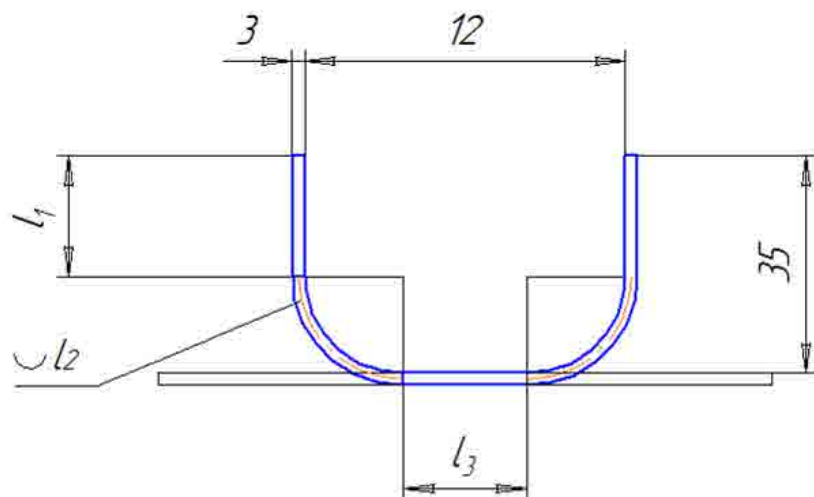


Рисунок 1.3 – До розрахунку довжини розгортки L_{unf}

Після визначення довжини розгортки деталі в поздовжньому та поперечному перерізах виконуємо розрахунок площі поверхні заготовки (рис. 1.4). Отримане значення необхідне для визначення коефіцієнта використання матеріалу, маси заготовки та подальшого розрахунку техніко-економічних показників процесу штампування.

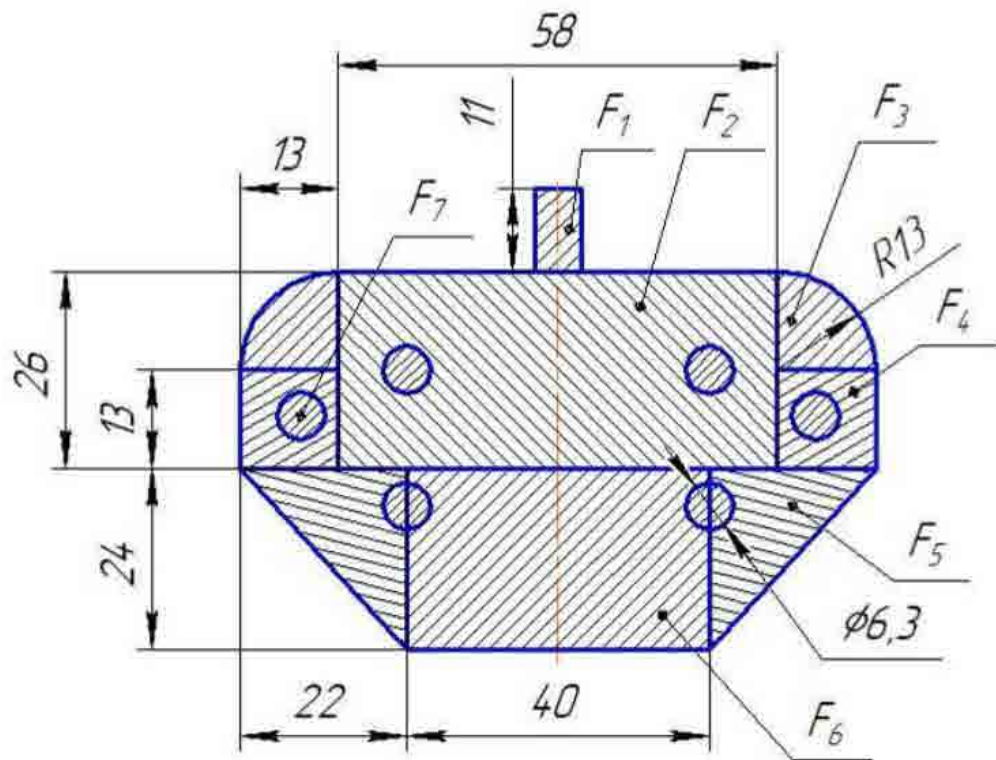


Рисунок 1.4 – До розрахунку площі поверхні заготовки.

Розрахована площа поверхні заготовки використовується для визначення витрат металу на виготовлення деталі, оцінки ефективності розкрою матеріалу та вибору найбільш економічно доцільного варіанта технологічного процесу. Це дозволяє зменшити кількість відходів матеріалу та підвищити загальну ефективність виробництва.

Площу поверхні заготовки (рис. 1.4) визначаємо за формулою:

$$F_s = F_1 + F_2 + 2F_3 + 2F_4 + 2F_5 + F_6 - 6F_7$$

$$F_1 = ab = 6 \cdot 11 = 66 \text{ мм}^2;$$

$$F_2 = ab = 58 \cdot 26 = 1508 \text{ мм}^2;$$

$$F_3 = \frac{\pi R^2 \alpha}{360} = \frac{\pi \cdot 13^2 \cdot 90}{360} = 132,73 \text{ мм}^2;$$

$$F_4 = ab = 13 \cdot 13 = 169 \text{ мм}^2;$$

$$F_5 = 0,5ah = 0,5 \cdot 22 \cdot 24 = 264 \text{ мм}^2;$$

$$F_6 = ab = 24 \cdot 40 = 960 \text{ мм}^2;$$

$$F_7 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 6,3^2}{4} = 31,17 \text{ мм}^2;$$

$$\text{Тоді } F_s = 66 + 1508 + 2 \cdot 132,73 + 2 \cdot 169 + 2 \cdot 264 + 960 - 6 \cdot 31,17 = 3478,44 \text{ мм}^2$$

1.2.4. Розкрій листового прокату

Деталь «Скоба» виготовляється з листового металопрокату методом холодного штампування. Як матеріал заготовки використовується листова сталь товщиною 3,0 мм, яка забезпечує необхідні показники міцності, жорсткості та технологічності під час виконання операцій вирубкування і гнуття.

Промисловістю випускається 27 типорозмірів сталевих листів зазначеної товщини, що відрізняються габаритними розмірами та площею поверхні. Правильний вибір формату листа має суттєвий

вплив на ефективність використання матеріалу, величину відходів та собівартість виготовлення деталі.

З метою визначення найбільш раціональної схеми розкрою листового прокату та вибору оптимального типорозміру листа використовуються програмні засоби автоматизованого проєктування і розрахунку. Застосування спеціалізованих програм дозволяє виконати аналіз різних варіантів розміщення заготовок на листі, визначити коефіцієнт використання матеріалу, кількість деталей, що отримуються з одного листа, а також обсяг технологічних відходів.

Вихідні дані для розрахунку:

- довжина листа L [4];
- ширина листа A [4];
- товщина листа $S=3$ мм;
- міжконтурна перемичка a_1 , мм (рис. 2.4). $a_1=4,5$ мм [5];
- ширина заготовки $l=84$ мм;
- ширина штаби $B = 94$, мм

a - перемичка.

$a = 5$ мм. [5];

Густина матеріалу $\rho=0,00785$ кг/мм².

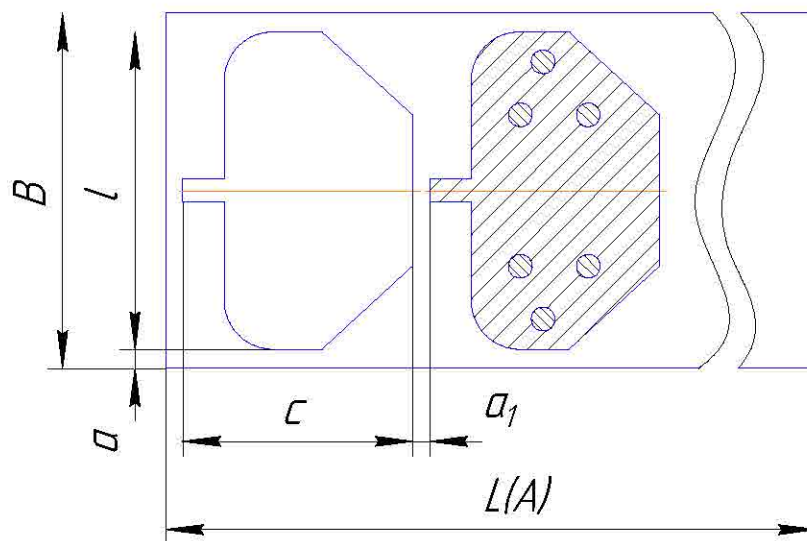


Рисунок 1.5 – Схема розкрою штаби

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.2

Таблиця 1.2. Таблиця варіантів розкрою

Розмір листа	n, шт.	m, шт.	η , %	H, г	Тип розкрою
2000x600	9	21	46,9	148,5	Поперечний
2000x650	9	21	43,3	160,9	Поперечний
2000x670	30	7	46,7	149,3	Повздовжній
2000x700	28	7	44,7	156	Повздовжній
2000x750	7	21	29,2	151,9	Поперечний
2000x800	12	21	46,9	148,5	Поперечний
2000x850	30	9	47,3	147,3	Повздовжній
2000x900	13	21	45,2	154,2	Поперечний
2000x950	14	21	46,14	148,2	Поперечний
2000x1000	14	21	46,9	148,5	Поперечний
2000x1100	16	21	45,5	153,2	Поперечний
2000x1250	19	21	48,5	146,6	Поперечний
2000x1400	21	21	46,9	148,5	Поперечний
2000x1500	22	21	45,9	146,8	Поперечний
2000x1600	24	21	46,9	146,8	Поперечний
6000x700	10	63	44,7	154,2	Поперечний
6000x750	11	63	45,9	151,9	Поперечний
6000x800	12	63	46,9	148,5	Поперечний
6000x850	91	9	47,8	145,7	Повздовжній
6000x900	91	9	45,2	154,2	Повздовжній
6000x950	91	10	47,6	146,5	Повздовжній
6000x1000	15	63	46,9	148,5	Поперечний
6000x1100	16	63	45,5	153,2	Поперечний
6000x1250	19	63	47,5	146,6	Поперечний
6000x1400	21	63	46,9	145,5	Поперечний
6000x1500	22	63	45,9	151,9	Поперечний
6000x1600	91	17	48,4	145,6	Поперечний

Вибираємо лист 2000x1250x3, який при поперечному розкрою забезпечує найбільший коефіцієнт використання матеріалу ($\eta = 48,5\%$).

При цьому:

- кількість деталей із штаби – 19
- кількість штаб із листа – 21
- норма витрати матеріалу на одну деталь - 1 46,6 г.

Схему розкрою листа представлено на рис. 1.6

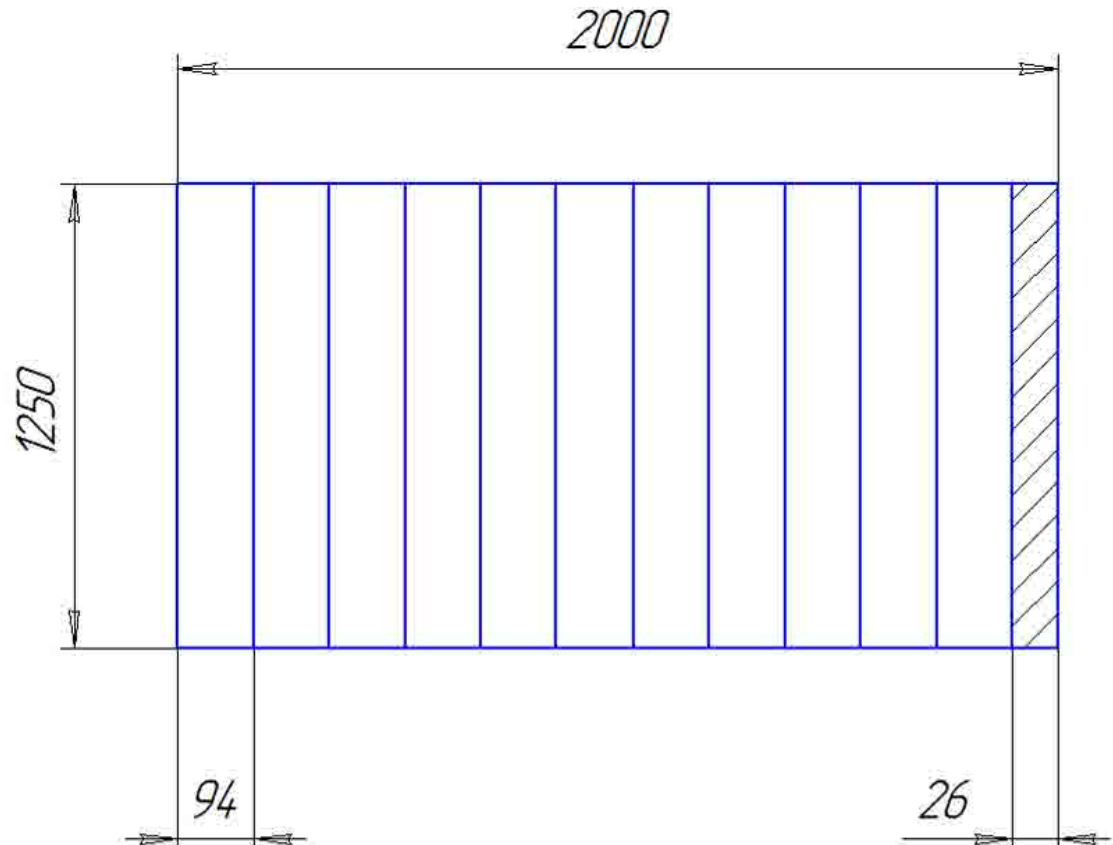


Рисунок 1.6 – Схема розкрою листа

1.2.6. Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання

1.2.6.1. Відрізування штаб від листа

Для підготовки заготовок до подальшого штампування необхідно виконати операцію відрізування штаби від листового прокату на листових ножицях. Одним із основних параметрів, що визначає можливість виконання даної операції та вибір відповідного обладнання, є зусилля різання.

Зусилля відрізування штаби від листа на листових ножицях визначаємо за формулою [2]:

$$P = 0,5 \frac{S^2}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \sigma_s = 0,5 \frac{3^2}{\operatorname{tg} 5^\circ} \cdot 250 = 12871,8 \text{ Н}$$

де S – товщина листа, $S = 3 \text{ мм}$;

φ – кут створа ножів ножиць $\varphi = 5^\circ$ [2].

Вибираємо листові ножиці моделі НА 3218, виходячи із найбільшої товщини та довжини різку [6].

Технічна характеристика:

- найбільша товщина листа, що розрізається, мм6,3
- найбільша ширина листа, що розрізається, мм2000
- число ходів повзуна в хв.65
- потужність приладу, кВт3
- габаритні розміри, мм2340x1920x1320
- маса, т2,8

1.2.6.2. Вирубкування пробивання в штампі суміщеної дії

Зусилля вирубкування пробивання визначаємо за формулою:

$$P = P_B + 6P_n ;$$

де P_B – зусилля вирубкування заготовки за контуром, що розраховуємо за формулою:

$$P_B = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s$$

κ – коефіцієнт, що враховує притуплення ріжучих кромek.

Приймаємо $\kappa = 1,3$;

L – довжина периметру різа.

$$L = 6 + 2 \cdot 11 + 2 \cdot 26 + \pi \cdot 13 + 2 \cdot 13 + 2 \cdot 32,56 + 40 = 251,96 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$P_{\epsilon} = 1,3 \cdot 251,96 \cdot 3 \cdot 250 = 245661 \text{ Н} = 245,66 \text{ кН.}$$

P_n - зусилля пробивання визначаємо за формулою:

$$P_{\epsilon} = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\epsilon} = 1,3 \cdot \pi \cdot 6,3 \cdot 3 \cdot 250 = 19297 \text{ Н} = 19,30 \text{ кН}$$

Зусилля штампування $P = 361,46 \text{ кН}$.

З урахуванням розрахованого зусилля вирубування (пробивання), а також габаритних розмірів штампа, для виконання технологічних операцій холодного штампування приймаємо однокривошипний закритий прес простої дії моделі К 2535.

Вибір даної моделі обґрунтовується тим, що прес забезпечує необхідне номінальне зусилля, достатнє для виконання операцій вирубування та пробивання листового матеріалу товщиною 3,0 мм із урахуванням коефіцієнта запасу. Конструкція преса дозволяє працювати зі штампами відповідних габаритів, що забезпечує їх правильне встановлення та надійну фіксацію в робочій зоні.

Однокривошипний закритий прес К 2535 характеризується достатньою жорсткістю станини, стабільністю роботи та високою точністю ходу повзуна, що є важливим для забезпечення якості штампованих деталей типу «Скоба». Крім того, конструкція преса забезпечує зручність обслуговування, безпеку експлуатації та можливість використання в умовах серійного виробництва.

Таким чином, вибір преса моделі К 2535 є технічно обґрунтованим і забезпечує надійне виконання технологічного процесу штампування з урахуванням вимог до продуктивності, точності та габаритів штамп.

Технічна характеристика:

- номінальне зусилля, кН.	3150
- хід повзуна, мм	200
- число ходів повзуна в хвилину	32
- найбільша відстань між столом повзуном в його нижньому положенні, мм	420
- розміри стола, мм:	
зліва на право	980
спереду назад	1000
- потужність двигуна привода, кВт	40

1.2.6.3. Гнуття

Зусилля гнуття визначаємо за формулою

$$P = P_1 + P_2$$

де P_1 – зусилля двох кутового гнуття

Зусилля двох кутового гнуття визначаємо за формулою [2]:

$$P_1 = 2,5 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_B \cdot K_2,$$

де B – ширина деталі (довжина лінії вигину).

$B = 50$ мм;

S – товщина деталі. $S = 3$ мм;

K_2 – коефіцієнт для двох кутового гнуття

$K_2 = 0,13$ [2, с.73].

Тоді

$$P_1 = 2,5 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 250 \cdot 0,13 = 12187,5 \text{ Н} = 12,19 \text{ кН.}$$

Зусилля одно кутового гнуття визначаємо за формулою [2]

$$P_2 = 1,25 \cdot B_1 \cdot S \cdot \sigma_s \cdot k_2$$

де B_1 – 6 мм (ширина гнуття)

k_2 – 0.27 коефіцієнт [2, с.73]

$$P_2 = 1,25 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 250 \cdot 0,27 \cdot 10^{-3} = 1,51 \text{ кН.}$$

Тоді

$$P = 12,19 + 1,51 = 13,7 \text{ кН.}$$

Для виконання операцій гнуття при виготовленні деталі «Скоба» приймаємо однокривошипний двостоечний ненахиляємий прес з нерухомим столом моделі КД2126Е.

Прес КД2126Е має нерухомий стіл, що підвищує його стійкість під час роботи та забезпечує збереження налаштувань штампа протягом тривалого часу експлуатації.

Завдяки своїм характеристикам прес моделі КД2126Е забезпечує необхідну точність формоутворення, стабільність технологічного процесу та високу якість виготовлення деталей при серійному виробництві. Таким чином, вибір даного обладнання є технічно обґрунтованим і відповідає вимогам технологічного процесу гнуття.

Технічна характеристика:

- номінальне зусилля кН.400
- хід повзуна, мм:
 - мінімальний10
 - максимальний80
- число ходів повзуна хв.⁻¹140
- найбільша відстань між столом повзуном

нижнього положення, мм	280
- товщина під штампової плити, мм	80
- розмір стола	
зліва на право	600
спереду назад	400

1.2.7. Технічне нормування

1.2.7.1. Відрізування листа на листових ножицях з оптимізацією розкрою.

План схема організації робочого місця різальника показана на рис. 1.7.

Вихідні дані:

- довжина листа – 2000 мм;
- ширина листа – 1250 мм;
- товщина листа – 3 мм;
- площа листа – 2,5 м² ;
- ширина штаби – 94 мм;
- кількість штаб із листа –21 шт.;
- вид розкрою поперечний;
- кількість ходів на хв. ножа листових ножиць - 65.

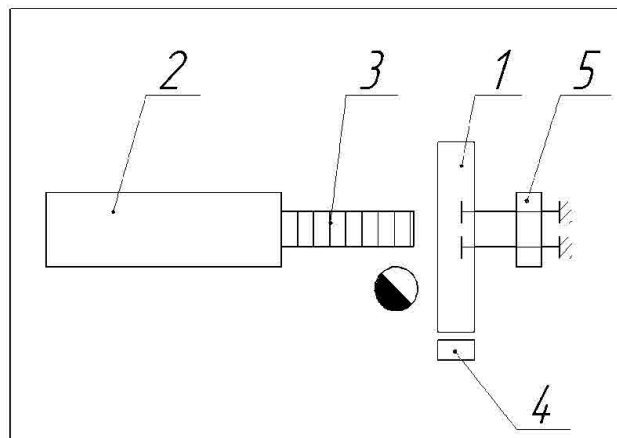


Рисунок 1.7 – План - схема організації робочого місця різальника:

1 - листові ножиці; 2 - стелаж з листами; 3 - рольганг; 4 - бункер для відходів; 5 - візок на рейках.

Таблиця 1.3. Розрахунок норми штучного часу [7.]

№ карти	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Час на 1 лист хв.		
			Основне T_o	Допоміжне T_d	
				перекрите	не перекрите
65	1г	Взяти лист зі стопи, встановити по задньому упору, відкласти чи проштовхнути заготовку за ножиці			$7,8:100=0,078$
66	5в	Про двинути лист до упору			$2,3:100=0,023$
1	2а	Увімкнути ножиці			$0,015 \times 2=0,030$
2	18д	Відрізати заготовку	$0,015 \times 2=0,030$		
Разом:			0,030		0,031

Визначаємо норму штучного часу за формулою:

$$T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100} \right),$$

де T_o – основний час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.;

$a_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця у відсотках від оперативного часу

$$T_{отл} = T_o + T_d;$$

$a_{отл}$ – час на відпочинок та особисті потреби у відсотках від оперативного часу.

$$\text{Тоді } T_{ш} = (0,030 + 0,131) \cdot \left(1 + \frac{3 + 9}{100} \right) = 0,180 \text{ хв. на 1 лист} = 0,09 \text{ хв./штабу}$$

Визначаємо норму штучного часу, за формулою:

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з}}{n_{ш}},$$

де $T_{н.з}$ – підготовчо заключний час на партію деталей в хв.;

$n_{ш}$ – кількість деталей в партії

Тоді $T_{ш.к} = 0,09 + \frac{15}{400} = 0,1275$ хв.

Визначаємо змінну норму виробітку.

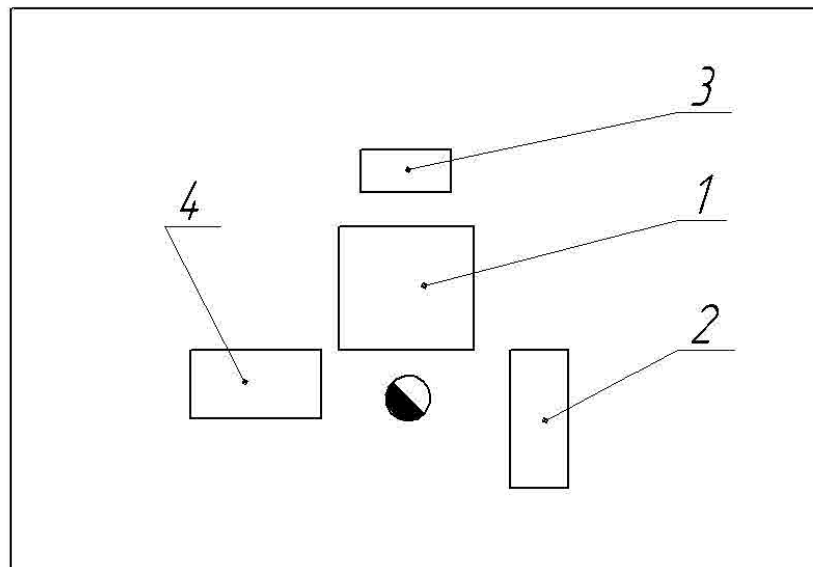
$$H = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{420}{0,1275} = 3294 \text{ шт./зміну.}$$

1.2.7.2. Вирубвання-пробивання в штампі суміщеної дії

План схема організації робочого місця штампувальника показана на рис. 1.8.

Вихідні данні:

- розмір штаби - 3х94х1250 мм;
- крок штампування – 65 мм;
- кількість деталей із штаби – 30 шт;
- число подвійних ходів преса в хв. – 32;
- тип штампу – простої дії;
- положення штампувальника – стоячі



Рисунк 1.8 – План-схема організації робочого місця штампувальника:

1 - прес; 2 - стіл зі штабами; 3 - бункер для деталей; 4 - бункер для відходів

Таблиця 1.4. Розрахунок норми штучного часу [7.]

№ карти	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Час на 1 лист хв.		
			Основне T_o	Допоміжне T_d	
				перекрите	не перекрите
29	1a	Взяти полосу, піднести і встановити в штамп			$\frac{6,1 \cdot 1,025}{100 \cdot 16} = 0,0039$
1	2a	Увімкнути прес			0,015
2	13a	Штампувати	0,059		
-	-	Вилучити деталь зі штампа в тару гачком			0,066
30	3e	Продвинути полосу на крок			$1,7/100=0,017$
45	4y	Відкинути відхід зі стола преса в тару			$4,9/100=0,049$
Разом:			0,059		0,1809

Визначаємо норму штучного часу за формулою:

$$T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100}\right) = (0,059 + 0,1809) \cdot \left(1 + \frac{3+9}{100}\right) = 0,268 \text{ хв. на одну деталь.}$$

Визначаємо норму штучного часу, за формулою:

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з}}{n_{ш}} = 0,268 + \frac{15}{4400} = 0,239 \text{ хв. на одну деталь}$$

Визначаємо змінну норму виробітку.

$$H = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{420}{0,239} = 1757 \text{ шт./зміну.}$$

1.2.7.3. Гнуття в штампі простої дії

План схема організації робочого місця показана на рис. 1.9.

Вихідні данні:

- розмір заготовки 84x61x3 мм;
- площа заготовки – 2731,2 мм²;
- прес зусиллям – 400 кН;

- число подвійних ходів в хв. – 140;
- положення штампувальника – стоячи.

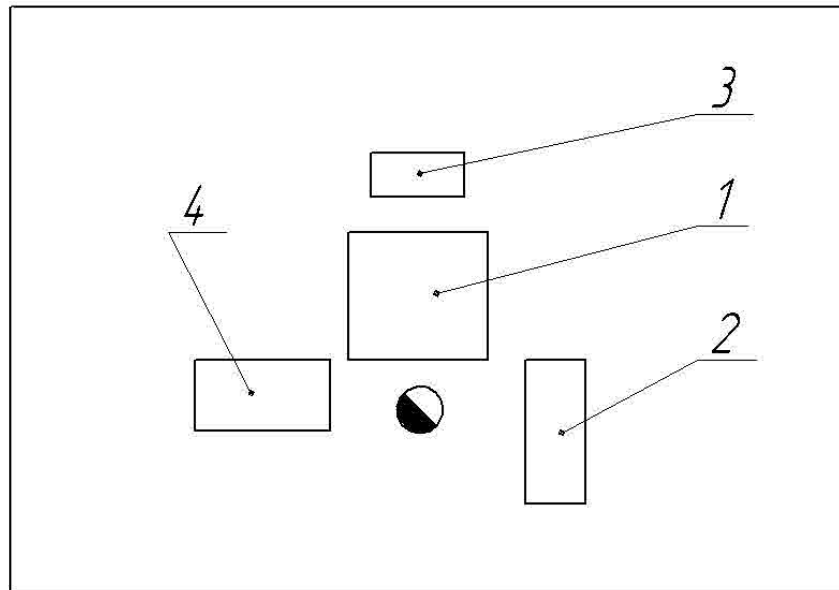


Рисунок 1.9 – План-схема організації робочого місця штампувальника:
1 - прес; 2 - стіл зі штабами; 3 - бункер для деталей; 4 - бункер для відходів

Таблиця 1.5. Розрахунок норми штучного часу [7.]

№ карти	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Час на 1 деталь		
			Основне T_o	Допоміжне T_d	
				перекрите	не перекрите
40	2ж	Взяти заготовку і встановити в штамп по шпильках			$6/100=0,06$
1	2а	Увімкнути прес			0,015
2	13а	Штампувати	0,059		
44	3ш	Зняти деталь, і скинути в ящик			$2,2/100=0,022$
45	1ф	Зіштовхнути відхід зі штампа			$0,78/500=0,00156$
Разом:			0,059		0,09856

Визначаємо норму штучного часу за формулою:

$$T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100} \right) = (0,059 + 0,09856) \cdot \left(1 + \frac{3 + 9}{100} \right) = 0,176 \text{ хв/дет}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу, за формулою:

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{н.з}}{n_{ш}} = 0,176 + \frac{15}{4400} = 0,179 \text{ хв/деталь}$$

Визначаємо змінну норму виробітку.

$$H = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{420}{0,179} = 2346 \text{ шт/зміну.}$$

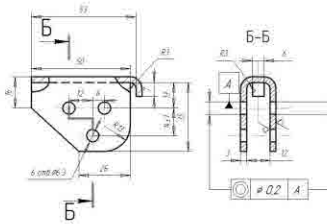
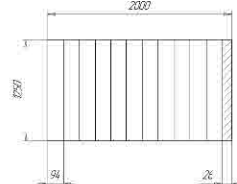
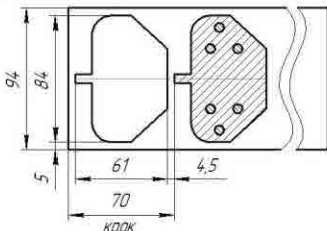
Ескіз деталі 	Міністерство освіти і науки України Центальноукраїнський національний технічний університет Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”		КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ						Карта №		
			Деталь	Скоба						1	
			Креслення		Кількість штук на виріб	4	Партія, шт.	17312	Кількість карт 1		
	Марка матеріалу		Сталь 08 кп	Ширина штаби		94		Укладач			
	Довжина листа		2000	Товщина стрічки							
	Ширина листа		1250	Маса деталі		0,558		Студент	Група	Підпис	Дата
	Товщина листа		3	Норма випр. мат. на 1 дет.		0,789		Шевченко	ПМ-22-2		
	Кількість штаб із листа		9	Кількість дет. із рулону				Затверджено			
	Кількість дет. із штаби		30								
Кількість дет. із листа		270					Керівник		Підпис	Дата	
Коефі. викор. Матер., %		48,5					Шмельов В.М.				

Схема розкрою, операційні ескізи	№ операції	Найменування операції та переходів	Обладнання	Пристосування, шаблони	Інструмент	Норма часу, хв.	Спеціальність, розряд
	10	Різання листа на штаби	Ножиці HA3218	Лінійка	Ножі	0,09	Різальник II розряду
	20	Вирубування - пробивання	Прес K2535	Штангенциркуль, шаблон	Штамп суміщеної дії	0,268	Штампувальник II розряду
-	30	Галтування	ST650	-	,	0.0115	Галтувальник II розряду
Див. ескіз деталі	40	Гнуття	Прес KJ2126E	Штангенциркуль, шаблон	Штамп Прост. дії	0,176	Штампувальник II розряду

Розділ 2. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Скоба»

2.1. Штамп суміщеної дії

2.1.1. Призначення штампа

Штамп суміщеної дії призначений для одночасного виконання двох технологічних операцій — вирубання зовнішнього контуру деталі «Скоба» та пробивання необхідних отворів. Використання такого типу штампа дозволяє об'єднати кілька переходів штампування в одному робочому циклі, що суттєво підвищує продуктивність процесу.

Застосування суміщеного штампа забезпечує високу точність взаємного розташування елементів деталі, оскільки всі операції виконуються за один хід преса без переустановлення заготовки. Це зменшує накопичення похибок, підвищує стабільність геометричних параметрів виробу та покращує якість готових деталей.

2.1.2. Склад штампа

Штамп складається з таких основних вузлів і деталей, які забезпечують виконання операцій вирубання та пробивання деталі «Скоба»:

- нормалізованого штампового блоку з двома напрямними вузлами ковзання (поз. 1, 2), який забезпечує точне взаємне базування рухомої та нерухомої частин штампа;
- вирубної матриці (поз. 9), що формує зовнішній контур деталі;
- пуансон-матриці (поз. 3), яка виконує одночасно функції вирубного пуансона та пробивної матриці, забезпечуючи суміщене виконання операцій;

- пробивних пуансонів (поз. 13, 14), призначених для утворення отворів у заготовці відповідно до креслення деталі;
- рухомого знімача (поз. 6), який забезпечує надійне знімання відходів штампування зі штампа та запобігає їх заклинюванню на пуансонах;
- системи виштовхування деталі з верхньої частини штампа (поз. 11), що полегшує видалення готового виробу після завершення робочого ходу;
- упорів (поз. 7, 10), які забезпечують точне позиціонування заготовки в робочій зоні штампа та стабільність процесу штампування.

2.1.3. Робота штампа

Штамп працює наступним чином.

Штаба подається в штамп і розміщується між направляючими упорами (поз. 7, 10) над знімачем (поз. 6). Подача заготовки фіксується переднім грибковим упором (поз. 15), що забезпечує правильне позиціонування матеріалу в робочій зоні штампа.

Під час руху повзуна преса вниз спочатку здійснюється вирубання заготовки деталі «Скоба» по зовнішньому контуру, після чого виконується пробивання отворів. Завдяки суміщеній конструкції штампа обидві операції відбуваються за один робочий хід, що підвищує точність та продуктивність процесу.

При зворотному ході повзуна (рух вгору) відбувається знімання штаби з нижньої частини штампа за допомогою рухомого штовхача (поз. 5), який приводиться в дію пружинами (поз. 6). Це запобігає налипанню матеріалу та забезпечує безперешкодне переміщення заготовки.

При досягненні повзуном крайнього верхнього положення спрацьовує верхній жорсткий виштовхувач преса, який передає зусилля через штовхач

(поз. 14) і штовхач (поз. 11) безпосередньо на відштамповану деталь. У результаті деталь виштовхується з верхньої частини штампа.

Після цього готова деталь падає на перемичку штаби та видаляється з робочої зони штампа за допомогою спеціального гачка. Така схема роботи забезпечує безперервність технологічного процесу, високу продуктивність та надійне видалення як відходів, так і готових виробів.

2.2. Штмп для гнуття

2.2.1. Призначення штампа

Штмп призначений для виконання операції гнуття деталі «Скоба». Він забезпечує формоутворення заготовки шляхом пластичної деформації листового матеріалу до заданої геометричної форми відповідно до конструкторської документації.

Застосування даного штампа дозволяє отримати деталь з необхідними кутами гнуття, радіусами заокруглення та стабільними розмірними характеристиками. Конструкція штампа забезпечує точне позиціонування заготовки в робочій зоні, рівномірний розподіл зусилля по лінії гнуття та мінімізацію пружного відпружинювання матеріалу.

2.2.2. Склад штампа

Штмп складається з таких основних вузлів і деталей, що забезпечують виконання операції гнуття деталі «Скоба»:

- нормалізованого штапного блоку з заднім розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 1, 2, 19, 20), який забезпечує точне спрямування рухомої частини штампа та стабільність його роботи;

- напівматриць (поз. 3, 5), що формують опорну поверхню та забезпечують необхідну геометрію згину;
- пуансона (поз. 10), який безпосередньо виконує операцію гнуття заготовки до заданого кута;
- рухомого знімача (поз. 6), призначеного для утримання заготовки під час гнуття та її подальшого знімання з робочих елементів штампа;
- системи виштовхування деталі з нижньої частини штампа, яка включає штовхач (поз. 7) та виштовхувач (поз. 8), що забезпечують видалення готової деталі з робочої зони після завершення операції.

2.2.3. Робота штампа

Штамп працює наступним чином.

Заготовка деталі «Скоба» встановлюється в штамп із позиціонуванням по напівматрицях, що забезпечує її точне розташування в робочій зоні перед виконанням операції гнуття. При русі повзуна преса вниз здійснюється безпосередньо процес гнуття заготовки пуансоном до заданого кута відповідно до конструкції штампа.

Під час зворотного ходу повзуна (рух вгору) виконується знімання деталі з пуансона за допомогою знімача (поз. 6), який запобігає її прилипанню та забезпечує безперешкодне вилучення із зони формоутворення.

При досягненні повзуном крайнього верхнього положення спрацьовує система виштовхування, яка забезпечує видалення готової деталі з нижньої частини штампа. Зусилля від жорсткого виштовхувача преса передається через штовхач (поз. 7) та штовхачі (поз. 8), у результаті чого деталь виштовхується з робочої зони.

Після цього готова деталь падає на дзеркало штампа та видаляється з нього за допомогою спеціального гачка. Така схема роботи забезпечує стабільність процесу гнуття, підвищує продуктивність та гарантує надійне видалення готових виробів із робочої зони штампа.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Скоба», у межах якого запропоновано заходи з оптимізації розкрою листового металопрокату та суміщення операцій пробивання і вирубування. Це дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу та зменшити його витрати на одну деталь. Крім того, впровадження суміщеної технології сприяло скороченню кількості штампового оснащення, зменшенню числа технологічних операцій, підвищенню точності штампування, а також вивільненню однієї одиниці обладнання та одного робочого місця пресувальника.

2. Розроблено штампи оригінальної конструкції для виконання операцій вирубування-пробивання та гнуття деталі «Скоба», які забезпечують стабільність технологічного процесу, високу продуктивність і необхідну точність виготовлення виробів у умовах серійного виробництва.

3. Виконано розробку графічних елементів штампового оснащення для виготовлення деталі «Скоба», що включає креслення основних вузлів та деталей штампів, необхідних для їх виготовлення, складання та подальшої експлуатації у виробничих умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боков В.М., Кришкін Б.Б., Мірзак В.Я., Носуленко В.І., Чумаченко О.С., Шепельський М.В. Дипломне проектування / Під ред. В.І. Носуленка. – Кіровоград: ТОВ «Імекс-ЛТД», 2005. – 148 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб.-М.Машиностроение, 1980.-723 с.-Т1.
3. Справочник по оборудованию для листовой штамповки / Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под ред. Л.И.Рудмана.-К. : Технжа, 1989. – 231 с.
4. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування : навч.-метод. посібник / В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянець ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2021. – 76 с..
5. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування : навч. посіб. / В. М. Боков, В. Я. Мірзак ; КНТУ - Кіровоград : Імекс, 2010 - 250 с.
6. Кузнечно-штамповочное оборудование / А.Н.Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.С. Добринский и др.: Под ред. А.Н.Банкетова, Б.Н.Ланского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982, -575 с.
7. ГОСТ 10026-75. Прессы однокривошипные закрытые простого действия. Основные параметры и размеры.
8. 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.
9. 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.

10. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штамів. Штамп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. – 236 с.

11. Боков В. М. Проектування штамів : підручник. Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. 364 с.

12. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штамів. Практикум : навч. посіб. Кіровоград : Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс – ЛТД», 2005. 132 с.

13. Дубина В. І. Технологія холодного штампування : конспект лекцій. Електронна версія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2007. 70 с.

14. Орлюк М. В. Вишневецький П. С. Технологія холодного штампування та конструювання штамів : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 80 с.

15. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навч. посіб. / Кухар В. В. та ін. Маріуполь : ПДТУ, 2017. 144 с.

16. Холодне листове штампування : навч. посіб. / Убізький М. М., Кулик О. В., Фесенко А. Г., Шевчук Д. І. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2008. 124 с.

17. Швець С. В., Сєдінкін Л. М. Штampi та прес-форми, конструювання та технологія виготовлення : навч. посіб. Суми : Вид-во СумДУ, 2005. 118 с.

18. Шепельський М. В. Теорія та проектування процесів холодного штампування : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2005. 262 с.

19. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навчальний посібник / В. В. Кухар, Б. С. Каргін, О. С. Аніщенко, С. Б. Каргін, А. Г. Присяжний. – Маріуполь : ПДТУ, 2017. – 144 с.

20. Боков, В. М. Витягування циліндричних деталей із не суцільного матеріалу / В.М. Боков, О.Ф. Сіса, І.І. Павленко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – Вип. 51. – С. 147-168.

21. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування

технологічного оснащення / В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.

22. Шмельов, В. М. Оптимізація якісних характеристик поверхонь робочих деталей розділових штампів в умовах розмірної обробки електричною дугою / В.М. Шмельов // Загальнодержавний міжвідомчий науковотехнічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – вип. 44, ч. І. – С. 170-176.

23. Шмельов, В. М. Електрична дуга як інструмент для розмірної обробки спряжених пар робочих деталей розділових штампів / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.25. Ч.1. Кіровоград: КНТУ 2012. – С. 140-144.

24. Шмельов, В. М. Особливості фізичного механізму електричної ерозії в умовах розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей розділових штампів / В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.24. Ч.1. Кіровоград: КНТУ 2011. – С. 111-114.

25. Шмельов, В. М. Розрахунок виконавчих розмірів електродів-інструментів для виготовлення способом розмірної обробки електричною дугою робочих деталей розділових штампів суміщеної дії / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – К.: НТУУ «КПІ». – 2011. Вип.62. – С. 125-129.

26. Шмельов, В. М. Розділовий штамп суміщеної дії з моноблочною матрицею-пуансоном / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.23. Кіровоград: КНТУ 2010. – С. 111-114.

27. Шмельов, В. М. Технологічні характеристики розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей штампів суміщеної дії / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов, О.С. Чумаченко // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.23. Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 3-7