

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 «Диск»»**

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу групи
ПМ-22-2
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Олександр МЕЛЬНИК

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

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

Кропивницький 2026

Факультет	Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра	Механіко-технологічний
Рівень вищої освіти	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Галузь знань	перший (бакалаврський)
Спеціальність	13 Механічна інженерія
Освітньо-професійна програма	131 Прикладна механіка
	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
Мельник Олександр Олександрович

- Тема роботи: Розробка оснащення для виготовлення деталі «Диск»
- Керівник роботи: канд. техн. наук, доц. Віталій ШМЕЛЬОВ
Затверджено наказом ЦНТУ від 01.04.2026 року № 199-02
- Строк подання роботи до захисту «20» червня 2026 р.

Розробити оснащення для виготовлення деталі «Диск»

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 «Диск»
- 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 « ____ » _____ 2006 р.

Керівник роботи

Віталій ШМЕЛЬОВ

(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2026 р.

Здобувач

Олександр МЕЛЬНИК

(підпис)

Анотація

Олександр МЕЛЬНИК. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Диск» : 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 «Диск».

У ході виконання роботи було здійснено комплекс інженерно-технологічних розрахунків, які охоплюють визначення геометричних параметрів заготовки на всіх стадіях штампування з урахуванням особливостей операцій вирубування, витягування та пробивання. Проведено також розрахунок та оптимізацію карти розкрою листового металопрокату, що дало змогу підвищити коефіцієнт використання матеріалу та зменшити кількість технологічних відходів.

Додатково визначено основні технологічні зусилля для кожної з операцій штампування, що забезпечило обґрунтований вибір відповідного пресового обладнання та перевірку працездатності штампового оснащення в умовах заданих навантажень. На основі отриманих результатів розроблено конструктивні рішення штампового оснащення для виготовлення деталі «Диск», які забезпечують надійність роботи, точність формоутворення та стабільність перебігу технологічного процесу.

Окремим етапом виконано технічне нормування операцій, у результаті чого визначено витрати часу на кожну технологічну операцію та оцінено загальну продуктивність виробничого процесу.

Практична цінність роботи полягає в розробці удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі «Диск», який характеризується підвищеною ефективністю та економічною доцільністю. Запропоновані конструкції штампового оснащення сприяють раціональному використанню матеріальних і виробничих ресурсів, скороченню кількості технологічних операцій і допоміжного обладнання, а також підвищенню рівня механізації виробництва.

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

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

Annotation

Oleksandr MELNYK. Development of equipment for the manufacture of the "Disk" 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 "Disk" part.

During the work, a set of engineering and technological calculations was carried out, which included determining the geometric parameters of the workpiece at all stages of stamping, taking into account the features of the cutting, drawing and punching operations. The sheet metal cutting map was also calculated and optimized, which made it possible to increase the material utilization rate and reduce the amount of technological waste.

Additionally, the main technological efforts were determined for each of the stamping operations, which ensured a reasonable selection of the appropriate press equipment and verification of the operability of the stamping equipment under specified loads. Based on the results obtained, design solutions for the stamping equipment for the manufacture of the "Disk" part were developed, which ensure reliability of operation, accuracy of shaping and stability of the technological process.

As a separate stage, technical standardization of operations was performed, as a result of which the time spent on each technological operation was determined and the overall productivity of the production process was assessed.

The practical value of the work lies in the development of an improved technological process for manufacturing the "Disk" part, which is characterized by increased efficiency and economic feasibility. The proposed designs of die equipment contribute to the rational use of material and production resources, reducing the number of technological operations and auxiliary equipment, as well as increasing the level of production mechanization. As a result of the implementation of the proposed 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 "Disk" part are achieved, which makes the developed technological process more effective for serial production conditions.

Key words: stamp, punch, matrix, punch-matrix, disk, 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.26.30.12.00.00

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

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

_____ Олександр МЕЛЬНИК

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
Розділ 1. Розробка технологічного процесу штампування.....	11
1.1. Характеристика об'єкту виробництва.....	11
1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Диск».....	13
Розділ 2. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Диск».....	32
2.1. Призначення штампа	32
2.2. Склад штампа.....	32
2.3. Принцип роботи штампа.....	33
2.4. Розрахунок виконавчих розмірів інструмента.....	34
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Холодне листове штампування є одним із найбільш ефективних і технологічно прогресивних методів виготовлення деталей. Воно має суттєві переваги порівняно з іншими способами обробки металів як з технічної, так і з економічної точки зору, зокрема забезпечує високу продуктивність, стабільну якість виробів та раціональне використання матеріалу.

Максимальний ефект від застосування штампувальних технологій досягається за умови комплексного підходу до вирішення інженерно-технологічних задач на всіх етапах підготовки виробництва, починаючи з розробки раціональної конструкції деталі з урахуванням вимог штампування.

Проектування технологічних процесів холодного штампування та розробка штампового оснащення є взаємопов'язаними процесами, які хоча й можуть виконуватися різними спеціалістами, однак потребують тісної координації. Технолог повинен володіти базовими знаннями конструкції штампів, тоді як конструктор має добре розуміти особливості технології холодного штампування та її обмеження.

Виготовлення деталей шляхом виконання окремих розділових операцій у багатьох випадках є економічно недоцільним, що зумовлює широке застосування комбінованих процесів штампування. У таких процесах одночасно поєднуються дві або більше операцій пластичної деформації та розділення матеріалу. Крім того, у виробничій практиці широко використовуються складально-штампувальні операції, що базуються на процесах гнуття, формоутворення, збирання та інших допоміжних деформаційних операціях, які підвищують ефективність виробництва та зменшують кількість переходів.

Холодне листове штампування широко застосовується в машинобудуванні та багатьох інших галузях промисловості. Найбільшого

поширення дана технологія набула в умовах багатосерійного та масового виробництва, де великі обсяги випуску продукції дозволяють економічно виправдано використовувати складне, високопродуктивне та технологічно досконале, хоча й капіталомістке штампувальне оснащення.

У ряді випадків вироби масового та широкого споживання виготовляються у надзвичайно великих обсягах — десятками і навіть сотнями мільйонів одиниць на рік, що додатково підкреслює ефективність застосування процесів холодного штампування. Водночас сучасні тенденції розвитку виробництва свідчать про розширення сфери використання цієї технології також у дрібносерійному та навіть одиничному виробництві, що стало можливим завдяки підвищенню гнучкості технологічних процесів та удосконаленню конструкцій штампового оснащення.

Розширення області застосування холодного листового штампування характеризується двома протилежними тенденціями: з одного боку — суттєвим збільшенням габаритних розмірів штампованих деталей, які в окремих випадках можуть досягати 10 м і більше, а з іншого — значною мініатюризацією виробів, що зумовлює виготовлення надзвичайно малих та точних деталей. Це свідчить про універсальність та високий технологічний потенціал даного методу обробки металів.

Листове штампування є самостійним видом технологічної обробки металів, який характеризується низкою суттєвих особливостей. Насамперед, до них належить висока продуктивність процесу виготовлення деталей, що забезпечує ефективне серійне та масове виробництво. Крім того, дана технологія дозволяє отримувати широкий спектр напівфабрикатів і готових виробів різноманітної форми та розмірів.

Важливою перевагою є також високий рівень автоматизації та механізації штампувальних процесів, що реалізується через використання комплексів обладнання, які забезпечують виконання всіх технологічних операцій у

автоматичному режимі. Це значно підвищує стабільність процесу та знижує трудові витрати. Окремо слід відзначити можливість виготовлення ідентичних деталей із високою точністю розмірів, часто без необхідності подальшої механічної обробки.

Технологічний процес холодного листового штампування включає комплекс взаємопов'язаних операцій. До них належать операції підготовки матеріалу, зокрема розкрій листів на смуги та смуг на штучні заготовки; деформувальні операції, які поділяються на розділові та формозмінні; а також термічну обробку, що може включати проміжний відпал для зняття наклепу, а також загартування і відпуск для формування необхідних механічних властивостей матеріалу.

Крім того, технологічний процес передбачає виконання оздоблювальних операцій, таких як видалення задирок, очищення, промивання, фарбування та нанесення декоративних покриттів. Обов'язковою складовою є також контрольні операції, які забезпечують перевірку розмірів, форми та якості як напівфабрикатів, так і готових деталей.

Розробка технологічного процесу листового штампування передбачає послідовне виконання ряду етапів, серед яких: аналіз технологічності деталі (оцінювання її форми, співвідношення розмірів, обсягу виробництва та властивостей матеріалу); визначення форми і розмірів заготовки; вибір методів підготовки матеріалу до штампування та режимів термічної обробки; встановлення послідовності операцій і переходів штампування; а також проєктування штампового оснащення, вибір типу обладнання, засобів механізації та автоматизації виробничого процесу.

З метою підвищення продуктивності виробництва, а також скорочення кількості штамів і пресового обладнання, замість традиційного роздільного штампування широко застосовують комбіновані технологічні процеси. Їх сутність полягає в об'єднанні кількох операцій формоутворення та розділення

матеріалу в одному штампі, що дозволяє значно оптимізувати виробничий цикл.

Поєднання операцій може реалізовуватися різними способами. У штампах послідовної дії всі необхідні операції виконуються поетапно в напрямку подачі смуги або штучної заготовки протягом кількох ходів преса, при цьому після встановлення робочого режиму за кожен робочий хід отримують готову деталь. Іншим варіантом є штампи суміщеної дії, в яких технологічні операції виконуються послідовно або одночасно під час одного ходу преса у напрямку руху повзуна. У деяких випадках застосовується комбінований підхід, коли на початкових етапах процес здійснюється за принципом послідовного штампування, а на завершальних стадіях — із поєднанням операцій.

Листове штампування загалом забезпечує високу економічну ефективність виготовлення деталей, а також стабільну точність при масовому виробництві виробів з однаковими геометричними параметрами. Саме тому тема даної роботи є актуальною та має практичне значення для сучасного машинобудівного виробництва.

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

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 «Диск»; Виконати технічне нормування.

Розділ 1. Розробка технологічного процесу штампування

1.1. Характеристика об'єкту виробництва

Тачка садовая двухколесная 150/240 л (вода/песок) 390 кг (рис. 1.1). Садова двоколісна тачка вантажопідйомністю до 390 кг і місткістю кузова 150 л (для сипучих матеріалів) / 240 л (для води) призначена для механізації ручних транспортних робіт у сільському господарстві, садівництві, будівництві та комунальному господарстві. Вона використовується для перевезення різноманітних вантажів, зокрема ґрунту, піску, щебеню, гравію, добрив, компосту, рослинних залишків, будівельних матеріалів, а також рідин.

Двоколісна конструкція забезпечує підвищену стійкість тачки під час руху, рівномірний розподіл навантаження і зменшує фізичні зусилля оператора під час транспортування важких вантажів. Завдяки великому об'єму кузова та значній вантажопідйомності тачка дозволяє перевозити великі обсяги матеріалів за один цикл, що підвищує продуктивність праці та скорочує витрати часу на виконання транспортних операцій.

Конструкція тачки забезпечує простоту експлуатації, маневреність і надійність у роботі на різних типах поверхонь. Вона може ефективно використовуватися як у присадибних господарствах, так і на фермах, у тепличних комплексах, садових господарствах та на будівельних майданчиках для виконання вантажно-транспортних робіт.



Рисунок 1.1 – Тачка садовая двухколесная 150/240 л

Таблица 1.1. Технічна характеристика

Тип	Садова тачка
Матеріал кузова	Метал
Кількість коліс	2 шт.
Об'єм кузова	240 л
Вантажопідйомність	390 кг
Діаметр коліс	39 см
Маса	18,5 кг
Висота	55 см
Ширина	46 см
Довжина	159 см
Довжина кузова (платформи)	99 см
Ширина кузова (платформи)	75 см

1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Диск»

1.2.1. Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Диск», що використовується у дзеркально-спареному виконанні, призначена для формування обода колеса тачки. У процесі експлуатації вона не зазнає значних механічних навантажень, оскільки основне навантаження сприймають інші елементи конструкції. До деталі висуваються вимоги щодо достатньої міцності, геометричної точності, стійкості до деформацій та корозійної стійкості після нанесення захисного покриття.

Основною технологічною операцією під час виготовлення цієї деталі є витягування, яке належить до процесів холодного листового штампування. Для успішного виконання цієї операції матеріал повинен мати високу пластичність, низьку твердість і добру здатність до пластичної деформації без утворення тріщин, розривів або складок. З огляду на технологічні особливості процесу та умови подальшої експлуатації, для виготовлення деталі доцільно використовувати м'яку низьковуглецеву листову сталь, яка характеризується високою штампованістю, добрими зварювальними властивостями та

економічністю. Найбільш доцільною є сталь марки 10кп, яка повністю задовольняє вимоги до процесу витягування та забезпечує отримання виробу належної якості.

$$\text{Лист } \frac{Б - ПН - 2,0 \text{ ГОСТ}19904 - 74}{5 - III - Г - 10 \text{ кп ГОСТ}4041 - 71}.$$

Таблиця 1.1 Механічні та фізичні властивості матеріалу [1]

Матеріал	σ_B , МПа	σ_s , МПа	δ_{10} , %	γ , г/см ³
Сталь 10	420	270	28	7,85

1.2.2. Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

I варіант (базовий):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Вирубубання.
3. Витягування.
4. Пробивання.

II варіант (проектний):

1. Відрізування штаб від листа.
2. Вирубубання, витягування та пробивання в штампі суміщеної дії.

Для подальшого впровадження обираємо II варіант технологічного процесу, оскільки він є більш раціональним як з технологічної, так і з економічної точки зору. Його застосування забезпечує оптимізацію виробничого процесу та підвищення ефективності виготовлення деталі.

Основними перевагами обраного варіанта є:

- скорочення технологічного процесу на дві операції, що зменшує тривалість виробничого циклу та підвищує продуктивність праці;
- зменшення кількості необхідного технологічного оснащення за рахунок виключення двох штампів, що знижує витрати на їх виготовлення, обслуговування та ремонт;
- вивільнення двох одиниць пресового обладнання, що дає можливість використовувати їх для виконання інших виробничих завдань і підвищує коефіцієнт завантаження устаткування;
- зменшення потреби у виробничому персоналі шляхом вивільнення двох пресувальників, що сприяє скороченню трудових витрат;
- зниження собівартості виготовлення деталі завдяки скороченню кількості технологічних операцій, використаного оснащення, часу обробки та експлуатаційних витрат.

Таким чином, II варіант технологічного процесу є найбільш економічно доцільним і технологічно ефективним, оскільки забезпечує зменшення матеріальних, трудових та енергетичних витрат при одночасному збереженні необхідної якості готового виробу.

1.2.3. Розрахунок геометричних параметрів деталі

Діаметр вихідної заготовки (рис. 1.2) визначається розрахунковим методом на основі геометричних параметрів готової деталі та з урахуванням умови збереження площі матеріалу під час пластичної деформації. Розрахунок здійснюється за відповідною залежністю, яка дозволяє визначити необхідний розмір плоскої круглої заготовки для подальшого виконання операції витягування. Отримане значення забезпечує достатній запас матеріалу для формування виробу заданої конфігурації без виникнення дефектів. Діаметр вихідної заготовки визначають за формулою [3]:

$$D = 1,13\sqrt{F} = 1,13\sqrt{\sum F_i},$$

де F – площа поверхні деталі по середній лінії, мм^2 ;

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4;$$

F_1 – чверть сферичного кільця, яку визначаємо за формулою [3, с. 93]:

$$F_1 = \frac{\pi}{4}(2\pi d_1 r - 8r^2),$$

де:

$$d_1 = 140 \text{ мм};$$

$$r = R10 + 0,5S = 10 + 0,5 \cdot 2 = 11 \text{ мм}$$

Тоді:

$$F_1 = \frac{\pi}{4}(2 \cdot \pi \cdot 140 \cdot 11 - 8 \cdot 11^2) = 6832,012 \text{ мм}^2$$

F_2 – площа циліндра, мм^2

$$F_2 = \pi d_2 h,$$

де:

$$d_2 = 116 + 0,5S = 116 + 0,5 \cdot 2 = 117 \text{ мм};$$

$$h = 30 - 2S - 2R10 = 30 - 2 \cdot 2 - 2 \cdot 10 = 6 \text{ мм};$$

Тоді:

$$F_2 = \pi \cdot 117 \cdot 6 = 2204,28 \text{ мм}^2;$$

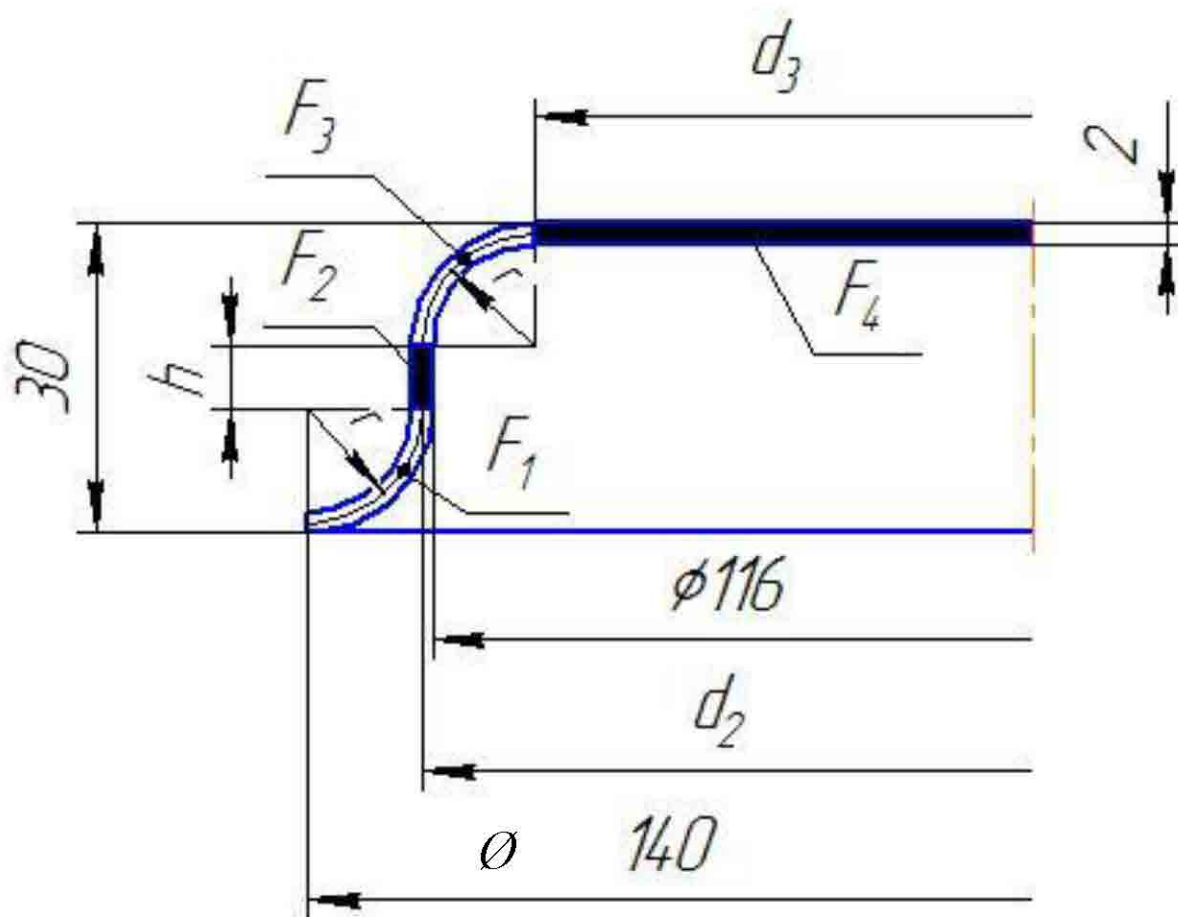


Рисунок 1.2 – До розрахунку діаметру вихідної заготовки D

F_3 – чверть сферичного кільця, яку визначаємо за формулою [3, с. 93]:

$$F_3 = \frac{\pi}{4} (2\pi d_3 r + 8r^2),$$

де:

$$d_3 = 116 + 2R10 = 116 + 2 \cdot 10 = 96 \text{ мм}^2;$$

Тоді:

$$F_3 = \frac{\pi}{4} (2\pi \cdot 96 \cdot 11 + 8 \cdot 11^2) = 5965,75 \text{ мм}^2;$$

F_4 – площа круга, мм²:

$$F_4 = \frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 96^2}{4} = 7234,56 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$F = 6832,012 + 2204,28 + 5965,75 + 7234,56 = 22236,6 \text{ мм}^2$$

$$D = 1,13\sqrt{F} = 1,13\sqrt{22236,6} = 168,5 \text{ мм}$$

Приймаємо $D = 168,5 \text{ мм}$.

1.2.4. Перевірка можливості витягування деталі за одну технологічну операцію

Можливість виконання витягування деталі за одну технологічну операцію визначається шляхом перевірки допустимого ступеня деформації матеріалу. Для цього порівнюють фактичний коефіцієнт витягування з його граничним допустимим значенням для вибраної марки матеріалу та умов штампування. Якщо розрахункове значення не перевищує допустимого, процес витягування може бути виконаний за один перехід без ризику утворення розривів, надмірного потоншення стінок або інших дефектів. Перевірку здійснюють за такою умовою:

$$m \geq [m_1],$$

де: m – розрахунковий коефіцієнт витягування, що дорівнює

$$m = \frac{D_c}{D} = \frac{118}{168,5} = 0,7,$$

D_c – середній діаметр витягнутої частини заготовки:

$$D_c = 116 + S = 116 + 2 = 118 \text{ мм};$$

$[m_1]$ – критичний коефіцієнт першого витягування. При $D/d =$

$$=168.5/118=1,43 \text{ та } S/D = 2/168.5 = 0.0119, \quad [m_1]=0,52 \text{ [3]}.$$

Як видно з результатів перевірки, встановлена умова виконується, тобто розрахункові параметри не перевищують допустимих значень для даного матеріалу та процесу штампування. Це свідчить про технологічну можливість виконання витягування деталі за одну операцію без порушення цілісності матеріалу та виникнення дефектів формоутворення. Таким чином, прийняте рішення щодо одностадійного витягування є обґрунтованим і може бути використане в технологічному процесі виготовлення деталі.

1.2.5. Розкрій листового прокату

Деталь “Диск” виготовляється з наступного листового прокату:

- довжина – 2000 мм;
- ширина – 1000 мм;
- товщина – 2 мм.

Розкрій листового прокату – повздовжній (рис.1.3).

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$\eta = \frac{F_o \cdot g \cdot 100}{F_p},$$

де F_o – площа поверхні деталі (рис.1.4):

$$F_o = F_1 - 8F_2 - F_3;$$

F_1 – площа круга Ø168,5 мм:

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 168,5^2}{4} = 22287,92 \text{ мм}^2.$$

F_2 – площа круга Ø9 мм:

$$F_2 = \frac{\pi \cdot 9^2}{4} = 63,59 \text{ мм}^2;$$

F_2 – площа круга Ø25 мм:

$$F_3 = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} = 490,63 \text{ мм}^2$$

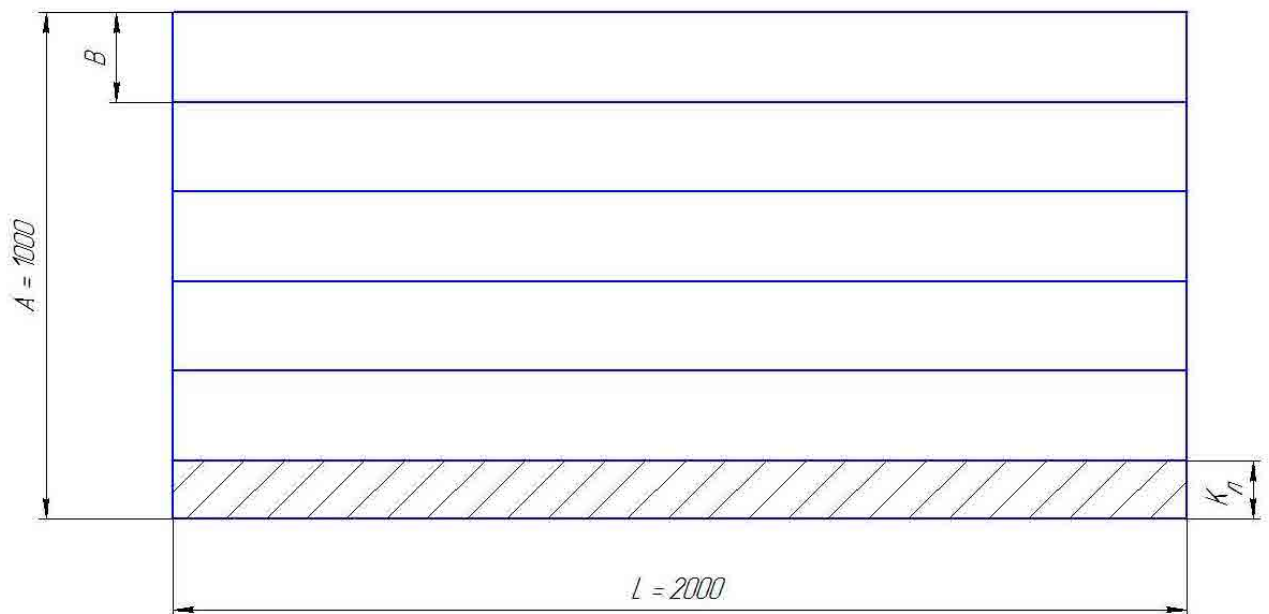


Рисунок 1.3 – Схема розкрою листа

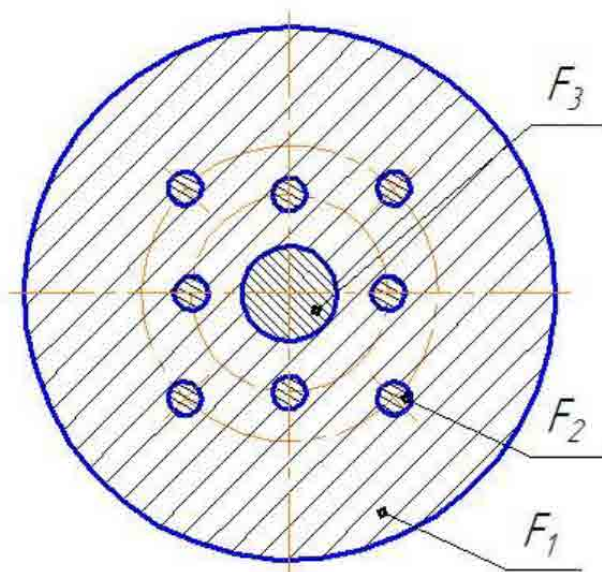


Рисунок 1.4 – До розрахунку площ поверхні заготовки

Тоді:

$$F_0 = 22287,92 - 4 \cdot 63,59 - 490,63 = 21542,93 \text{ мм}^2,$$

g – кількість деталей із листа, шт.:

$$g = n \cdot m,$$

де

n – кількість деталей із штаби, шт. (рис.1.5):

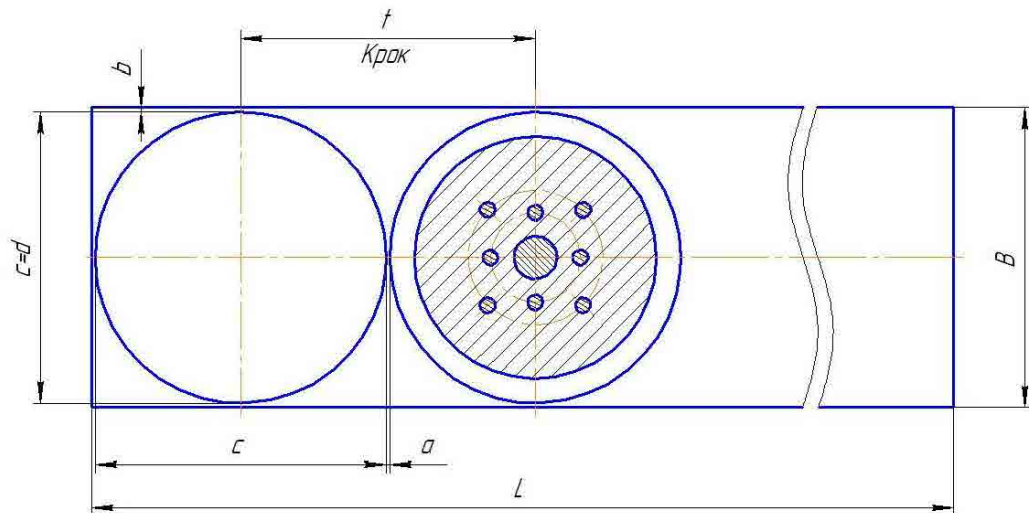


Рисунок 1.5 – Схема розкрою штаби

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

t – крок штампування:

$$t = c + a,$$

a – величина перемички. $a = 2,0$ мм [2].

Тоді:

$$t = 168,5 + 2 = 170,5 \text{ мм};$$

$$n = \frac{1000}{170,5} = 11 \text{ шт.};$$

m – кількість штаб із листа, шт.:

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

B – ширина штаби, мм:

$$B = B_p + 2\Delta u,$$

де

B_p – розрахункова ширина штаби, мм:

$$B_p = c + 2b$$

b – величина перемички. $b = 2,5$ мм [2].

z – гарантований зазор між перемичками штампа та максимально можливою шириною штаби, мм. $z = 2,5$ мм [2].

Δu – однобічний допуск по ширині штаби, мм. $\Delta u = 1,1$ мм [2].

Тоді:

$$B_p = 168,5 + 2 \cdot 2,5 = 173,5 \text{ мм};$$

$$B = 173,5 + 2 \cdot 1,1 + 1 = 176,7 \text{ мм}.$$

Приймаємо $B = 177$ мм.

Тоді:

$$m = \frac{1000}{177} = 5 \text{ шт.}$$

Тоді

$$g = 11 \cdot 5 = 55 \text{ шт.}$$

Тоді:

$$\eta = \frac{21542,93 \cdot 55 \cdot 100}{2000000} = 59,2\%.$$

1.2.6. Розрахунок технологічних зусиль за операціями

штампування та вибір обладнання

1.2.6.1. Відрізування штаб від листа

Зусилля відрізання штаби від листового матеріалу на листових ножицях визначають розрахунковим шляхом із урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу та геометричних параметрів заготовки. Даний параметр характеризує необхідну силу, яку повинне розвивати обладнання для здійснення процесу різання без утворення надмірних деформацій, задирок або викривлення кромки. Розрахунок виконується за відповідною аналітичною залежністю, що враховує товщину листа, довжину різу та опір матеріалу зсуву. Зусилля відрізання визначається за формулою [3]:

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

де S – товщина листа, мм. $S = 2$ мм;

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

Тоді:

$$P = \frac{0,5 \cdot 2^2 \cdot 270}{\operatorname{tg} 3^\circ} = 10305 \text{ Н.}$$

Для виконання операції відрізання листового матеріалу приймаємо до використання листові ножиці моделі НК 3416, які належать до класу гільйотинних кривошипних машин. Дане обладнання призначене для

прямолінійного різання листової сталі з товщиною до 4 мм і шириною до 2000 мм, що повністю відповідає заданим технологічним умовам виробництва.

Ножиці НК 3416 забезпечують достатню жорсткість конструкції, стабільність процесу різання та необхідну точність отримання заготовок. Завдяки наявності похилого рухомого ножа та автоматичного регулювання зазору між ножами досягається зменшення зусилля різання та покращення якості різі без значних деформацій крайок.

Таким чином, вибір моделі НК 3416 є обґрунтованим з точки зору відповідності технічних характеристик обладнання вимогам технологічного процесу та забезпечення ефективної й надійної роботи в умовах серійного виробництва [4].

Технічна характеристика

Найбільша товщина матеріалу, що розрізується, мм.....	4
Найбільша ширина листа, мм	2000
Число ходів ножа в хвилину	65
Кут нахилу рухомого ножа	1°30'
Потужність привода, кВт	5,6
Габаритні розміри (b x l x h) над рівнем підлоги, мм	2700x1595x1500
Маса, т	3,2

1.2.6.2. Вирубання, витягування та пробивання в штампі суміщеної дії

Загальне зусилля штампування визначається як сумарне навантаження, необхідне для виконання всіх елементів технологічного процесу формоутворення. До його складу входять зусилля основної операції, а також додаткові складові, зумовлені роботою допоміжних елементів штампа (наприклад, притисканням, зніманням, виштовхуванням тощо):

$$P = P_{\sigma} + P_{вит} + P_{пр} + P_n + P_{прош},$$

де P_{σ} – зусилля вирубування заготовки за контуром, яке визначається за формулою:

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

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

L – довжина периметру різа:

$$L = \pi \cdot D = \pi \cdot 168,5 = 529,09 \text{ мм};$$

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

Тоді:

$$P_{\sigma} = 1,3 \cdot 529,09 \cdot 2 \cdot 270 = 185711 \text{ Н} = 185,711 \text{ кН};$$

$P_{вит}$ – зусилля витягування, що визначаємо за формулою [3]:

$$P_{вит} = \pi d_1 S \sigma_s \kappa_{\phi},$$

d_1 – середній діаметр циліндричної частини деталі;

$$d_1 = 117 \text{ мм};$$

κ_{ϕ} – коефіцієнт. При $d_{\phi} / d_1 = 140 / 117 = 1,2$ та $m_1 = d_1 / D = 117 / 168,5 = 0,69$,

$$\kappa_{\phi} = 0,56 \text{ [3]}.$$

Тоді:

$$P_{вит} = \pi \cdot 117 \cdot 2 \cdot 420 \cdot 0,56 = 172816 \text{ Н} = 172,816 \text{ кН};$$

$P_{пр}$ – зусилля притиску фланця при витягуванні, що визначаємо за формулою [3]:

$$P_{np} = Fq,$$

де F – площа поверхні притиску;

$$F = \frac{\pi}{4}(168,5^2 - 140^2) = \frac{3,14}{4}(28392,25 - 19600) = 6902 \text{ мм}^2;$$

q – середній тиск притиску фланця при витягуванні. $q = 2,5 \text{ Н/мм}^2$ [3]

Тоді:

$$P_{np} = 6902 \cdot 2,5 = 17255 \text{ Н};$$

P_n – зусилля пробивання восьми отворів діаметром 9 мм та одного отвору діаметром 25 мм;

$$P_n = \kappa \cdot (L_1 + L_2) \cdot S \cdot \sigma_s,$$

L_1 – периметр чотирьох отворів діаметром 9 мм;

$$L_1 = 8 \cdot \pi \cdot d = 8 \cdot \pi \cdot 9 = 226,19 \text{ мм};$$

L_2 – периметр отвору діаметром 25 мм;

$$L_2 = \pi D = 3,14 \cdot 25 = 78,5 \text{ мм}.$$

Тоді:

$$P_n = 1,3 \cdot (226,19 + 78,5) \cdot 2 \cdot 270 = 213892,38 \text{ Н} = 213,89 \text{ кН};$$

$P_{прош}$ – зусилля проштовхування відходів від пробивання крізь вікна матриць, що визначається за формулою [3]:

$$P_{прош} = K_{np} \cdot P_n \cdot n,$$

де K_{np} – коефіцієнт, що встановлює співвідношення між $P_{прош}$ та P_n . $K_{np} = 0,1$ [3];

n – кількість відходів у вікні матриці;

$$n = \frac{h}{S} = \frac{8}{2} = 4 \text{ шт.}$$

Зусилля проштовхування:

$$P_{прош} = 0,1 \cdot 134461 \cdot 4 = 53784 \text{ Н} = 53,78 \text{ кН.}$$

Тоді зусилля штампування:

$$P = 18,57 + 172,82 + 17,26 + 213,89 + 53,78 = 476,32 \text{ кН}$$

Для виконання штампувальних операцій обираємо однокривошипний двостояковий прес, що не нахиляється, з нерухомим столом моделі K2130. Дане обладнання належить до класу універсальних кривошипних пресів і призначене для виконання різноманітних операцій холодного листового штампування, зокрема вирубубання, витягування та формоутворення деталей середньої складності.

Прес K2130 характеризується достатньою жорсткістю станини, стабільністю роботи та високою точністю забезпечення зусилля по всій площі робочого ходу. Нерухомий стіл і двостоякова конструкція забезпечують зручність встановлення штампового оснащення та рівномірний розподіл навантаження під час роботи.

Таким чином, вибір даної моделі є обґрунтованим, оскільки її технічні характеристики відповідають розрахунковому загальному зусиллю штампування та умовам технологічного процесу виготовлення деталі. [6].

Технічна характеристика

Номінальне зусилля, кН	1000
Хід повзуна, мм:	
мінімальний	25
максимальний	130
Число ходів повзуна в хвилину	80
Найбільша відстань між столом та повзуном в крайньому нижньому положенні, мм	400
Товщина нижньої плити, мм	100
Довжина плити стола, мм	850
Ширина плити стола, мм	560
Діаметр отвору під хвостовик, мм	60

1.2.7. Технічне нормування

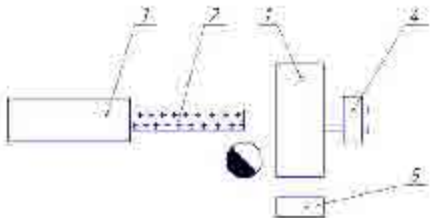
1.2.7.1. Відрізування штаб від листа

Результати технічного нормування операції відрізання смуги від листового матеріалу на листових ножицях моделі НК 3416 систематизовано та узагальнено у вигляді таблиці 1.2. У ній наведено основні розрахункові показники, що характеризують трудомісткість виконання операції, витрати часу, а також інші нормовані параметри виробничого процесу. Подані дані дозволяють оцінити ефективність виконання операції та слугують основою для подальшого планування виробництва й визначення економічної доцільності використання обраного обладнання.

1.2.7.2. Вирубкування, витягування та пробивання в штампі суміщеної дії

Результати технічного нормування операцій вирубкування, витягування та пробивання, що виконуються в штампі суміщеної дії на однокривошипному пресі моделі К2130, узагальнено та подано у вигляді таблиці 1.3.

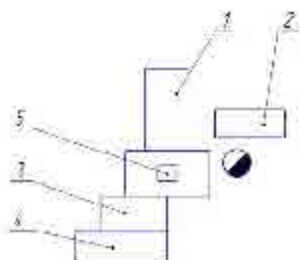
Таблиця 1.2 Карта технічного нормування

Операція: відрізування штаб від листа Деталь: КП.ХШ.18.07.00.00.01 “Диск”				
План-схема організації робочого місця				
		1 – листові ножиці; 2 – стіл із шаровими упорами; 3 – стілаж з листовим прокатом; 4 – рухомий візок з ручним приводом; 5 – бункер для відходів.		
Вихідні дані				
Розмір листа – 2000х1000х2 мм Площа листа – 2 м ² . Кількість штаб із листа – 5 шт. Число ходів ножиць в хвилину – 65.		Тип муфти вмикання – фрикційна. Спосіб вмикання – педальне.		
Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний <i>T_o</i>	Допоміжний <i>T_d</i>	
			Перекрит.	Не перекрит.
Узяти лист із стопи, установити по задньому упору, відложити або проштовхнути заготовку за ножиці.	[5, с.93]			$\frac{10}{100 \cdot 5} = 0,02$
Продвинути лист до упора	[5, с.94]			$\frac{1 \cdot 4}{100 \cdot 5} = 0,008$
Увімкнути ножиці	[5, с.94]			0,015
Відрізати заготовку		0,017		
Разом:		0,017	-	0,043
Норма штучного часу $T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,017 + 0,043) \cdot 1,12 = 0,0672$ хв; $K = 1,12$ [5] Норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{п.з}}{n} = 0,0672 + \frac{15}{175} = 0,1529$ хв; n – кількість деталей в партії, шт. Норма виробітку $H_s = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{480}{0,1529} = 3139$ шт./зм.				

Таблиця 1.3 Карта технічного нормування

Операція: вирубування, витягування, пробивання
Деталь: КП.ХШ.18.07.00.00.01. "Диск"

План-схема організації робочого місця



- 1 – прес кривошипний;
- 2 – стіл із штабами;
- 3 – бункер для деталей;
- 4 – бункер для відходів;
- 5 – тара для дрібних відходів.

Вихідні дані

Розмір штаби – 177х2000х2 мм
Крок штампування – 170,5 мм
Кількість деталей із штаби – 11 шт.
Тип штампа – штамп суміщеної дії.

Зусилля пресу – 1000 кН.
Кількість ходів у хвилину – 80.
Тип муфти вмикання – фрикційна
Спосіб видалення деталі – гачком

Найменування переходів	Література	Час на 1 штабу в хвилинах		
		Основний T_o	Допоміжний T_d	
			Перекрит.	Не перекрит.
Узяти штабу, піднести та встановити в штамп	[5, с.79]	-	-	$\frac{0,08}{11}=0,073$
Увімкнути прес	[5, с.21]	-	-	0,015
Штампувати деталь	[5, с.23]	0,014	-	-
Вилучити деталь зі штампа гачком в бункер	-	-	-	0,1
Просунути штабу на крок	[5, с.80]	-	-	$\frac{0,027 \cdot 10}{11}=0,0245$
Відкинути відхід штаби в бункер	[5, с.89]	-	-	$\frac{0,016}{11}=0,014$
Разом:		0,014	-	0,2265

Норма штучного часу

$$T_{ш} = (T_o + T_d) \cdot K = (0,014 + 0,2265) \cdot 1,12 = 0,2694 \text{ хв}; \quad K = 1,12 [5]$$

Норма штучно-калькуляційного часу

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{п.з}}{n} = 0,2694 + \frac{15}{350} = 0,3123 \text{ хв};$$

n – кількість деталей в партії, шт.

$$\text{Норма виробітку } H_s = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{480}{0,3123} = 1537 \text{ шт./зм.}$$

Розділ 2. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Диск»

2.1. Призначення штампа

Штамп суміщеної дії призначений для одночасного виконання комплексу технологічних операцій під час виготовлення деталі «Диск». У межах одного робочого ходу забезпечується вирубання заготовки, витягування форми деталі, а також пробивання центрального отвору діаметром Ø25 мм і восьми периферійних отворів діаметром Ø9 мм.

Застосування штампа такого типу дозволяє поєднати кілька операцій в єдиному технологічному циклі, що сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню кількості переходів, скороченню часу обробки та підвищенню точності взаємного розташування елементів деталі.

2.2. Склад штампа

Штамп суміщеної дії має складну конструкцію і складається з ряду взаємопов'язаних вузлів та деталей, що забезпечують виконання всього комплексу технологічних операцій у єдиному циклі.

Основою конструкції є нормалізований блок із діагональним розташуванням напрямних елементів ковзання (поз. 1, 16, 37, 38, 39, 40), який забезпечує базування та взаємну координацію всіх робочих органів штампа.

Робочі операції виконуються за допомогою вирубної матриці (поз. 14), а також спеціальних комбінованих елементів – пуансон-матриць (поз. 10 і 12), що поєднують функції вирубного пуансона, витяжної матриці та пробивної матриці, забезпечуючи компактність і багатофункціональність конструкції.

Пробивання отворів здійснюється пробивними пуансонами (поз. 5, 8), які формують відповідні елементи геометрії деталі з необхідною точністю.

Для забезпечення стабільного технологічного процесу передбачено низку допоміжних механізмів. Зокрема, механізм виштовхування деталі з верхньої частини штампа включає виштовхувач (поз. 9), систему штовхачів (поз. 20), траверсу (поз. 6) та штовхач (поз. 7), що забезпечує надійне видалення готового виробу після штампування.

Механізм притиску фланця деталі представлений притискачем-виштовхувачем (поз. 13) та комплектом пружин (поз. 15), які забезпечують стабільне фіксування заготовки під час витягування та запобігають утворенню дефектів.

До складу штампа також входять пуансонотримачі (поз. 2, 3), що забезпечують надійне закріплення робочих інструментів, а також знімач (поз. 11) і напрямні планки (поз. 18, 19), які позиціонують штабу на дзеркалі штампа, підвищують точність роботи та стабільність процесу.

2.3. Принцип роботи штампа

Штаба подається в робочу зону штампа через зазор між дзеркалом вирубної матриці (поз. 14) та знімачем (поз. 11) до переднього упора (поз. 17), який забезпечує точне позиціонування заготовки. Поперечне зміщення штаби обмежується напрямними планками (поз. 18, 19), що гарантує стабільність подачі та правильне базування матеріалу в процесі штампування.

Після натискання на педаль преса відбувається опускання верхньої частини штампа, у результаті чого здійснюється послідовне виконання технологічних операцій. Спочатку виконується вирубання контуру деталі, після чого заготовка піддається витягуванню із постійним притиском фланця, який забезпечується притискачем-виштовхувачем (поз. 13). На завершальному етапі робочого ходу здійснюється пробивання отворів за допомогою пуансонів (поз. 5, 8).

Відходи після пробивання видаляються зі штампа через спеціальні провальні отвори в пуансон-матриці (поз. 12) та нижній плиті (поз. 16), що забезпечує безперервність роботи та запобігає накопиченню відходів у робочій зоні.

Під час зворотного ходу повзуна преса відбувається виштовхування готової деталі з нижньої частини штампа на дзеркало матриці (поз. 12). У подальшому, при досягненні крайнього верхнього положення, спрацьовує верхній жорсткий виштовхувач преса, який передає зусилля через штовхач (поз. 7), траверсу (поз. 6) та систему штовхачів (поз. 20) до виштовхувача (поз. 9). Це забезпечує зняття відштампованої деталі з пуансонів (поз. 5, 8) та її подальше виштовхування на дзеркало штампа.

Остаточне вилучення готової деталі зі штампа здійснюється за допомогою гачка, що забезпечує безпечне та зручне видалення виробу з робочої зони.

2.4. Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

Схема розташування розмірів і полів допусків деталі, що штампується, а також робочих елементів штампа за умови їх окремого виготовлення.

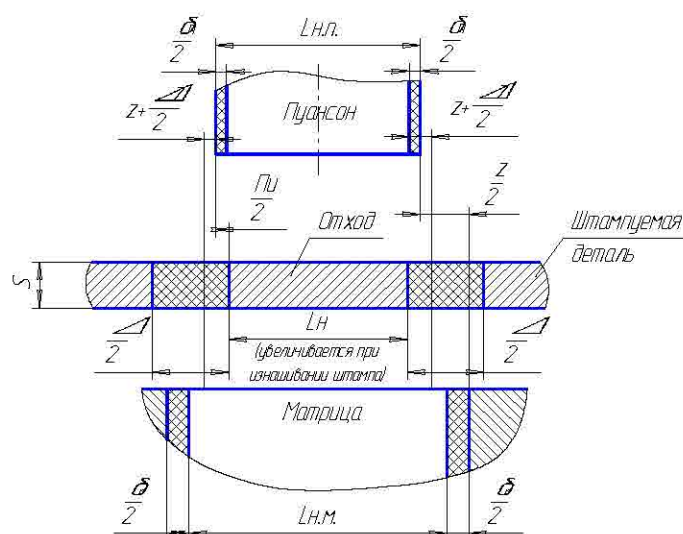


Рисунок 2.1 – Схема розмірів і полів допусків

2.4.1. Діаметр отвору вирубної матриці визначається розрахунковим шляхом з урахуванням геометричних параметрів деталі, властивостей матеріалу та умов технологічного процесу вирубання [1]:

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

де D_n – номінальний діаметр матриці. $D_n = 168,5$ мм;

Π_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 168,5$ Н12, $\Pi_i = 0,30$ мм;

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,080$ мм.

Тоді

$$D_m = (168,5 - 0,30)^{+0,080} = 168,2^{+0,080} \text{ мм.}$$

2.4.2. Діаметр робочої частини вирубного пуансона D_n розраховуємо за формулою [1]:

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

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

δ_n – граничне відхилення виконавчого розміру пуансона. $\delta_n = 0,080$ мм.

Тоді

$$D_n = (168,2 - 0,12)_{-0,080} = 168,08_{-0,080} \text{ мм.}$$

2.4.3. Діаметр робочої частини пуансона d_n для пробивання отвору $\varnothing 25$ мм розраховуємо за формулою [1]:

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

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

Π_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 25$ H12, $\Pi_i = 0,17$ мм;

δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. мм. $\delta_n = 0,035$ мм.

Тоді

$$d_n = (25 + 0,17)_{-0,035} = 25,17_{-0,035} \text{ мм.}$$

2.4.4. Діаметр отвору матриці d_m для пробивання отвору $\varnothing 25$ мм розраховуємо за формулою [1]:

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

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $Z = 0,12$ мм [1];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,035$ мм.

Тоді

$$d_m = (25,17 + 0,12)^{+0,035} = 25,29^{+0,035} \text{ мм.}$$

2.4.5. Діаметр робочої частини пуансона d_n для пробивання отвору $\varnothing 9$ мм розраховуємо за формулою [1]:

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

де d_n – номінальний діаметр пуансона. $d_n = 9$ мм;

H_i – припуск на знос інструмента. Для $\varnothing 9$ Н12, $H_i = 0,13$ мм;

δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. мм. $\delta_n = 0,030$ мм.

Тоді

$$d_n = (9 + 0,13)_{-0,030} = 9,13_{-0,030} \text{ мм.}$$

2.4.6. Діаметр отвору матриці d_m для пробивання отвору $\varnothing 9$ мм розраховуємо за формулою [1]:

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

де Z – двобічний нормальний зазор між матрицею та пуансоном. $Z = 0,12$ мм [1];

δ_m – граничне відхилення виконавчого розміру матриці. $\delta_m = 0,035$ мм.

Тоді

$$d_m = (9,13 + 0,12)^{+0,035} = 9,25^{+0,035} \text{ мм.}$$

ВИСНОВКИ

1. У межах роботи розроблено технологічний процес виготовлення деталей типу «Диск», у якому запропоновано заходи з оптимізації розкрою металопрокату. Впровадження удосконаленого варіанту дозволило скоротити кількість технологічних операцій на дві, зменшити кількість штампового оснащення на два штампи, а також вивільнити дві одиниці обладнання і двох працівників-пресувальників. У результаті досягнуто зниження трудомісткості виробництва та зменшення собівартості виготовлення деталі.

2. Розроблено штамп суміщеної дії оригінальної конструкції, призначений для виготовлення деталі «Диск». Запропоноване конструктивне рішення забезпечує поєднання декількох технологічних операцій в одному робочому циклі, що підвищує продуктивність процесу, точність виготовлення та загальну ефективність виробництва.

3. Виконано комплекс робіт з розробки графічної документації штампового оснащення для виготовлення деталі «Диск», що включає конструктивні схеми, складальні креслення та елементи деталювання. Розроблена документація забезпечує можливість виготовлення, складання та подальшої експлуатації штампового оснащення 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. Вишневський 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. / Убизький М. М., Кулик О. В., Фесенко А. Г., Шевчук Д. І. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2008. 124 с.
17. Швець С. В., Седінкін 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 : КНТУ, 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. I. – 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