

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« » червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему:

**Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник»
з використанням розрахункових та графічних модулів САПР**

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

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

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Любов ОЛІЙНІЧЕНКО

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
01 квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Коваленку Олександрю Миколайовичу

Тема роботи:

Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» з використанням розрахункових та графічних модулів САПР.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир СВЯЦЬКИЙ

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

Строк подання роботи до захисту:

26 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення виготовлення деталі «Золотник».

Завдання: проаналізувати варіанти процесу штампування типових деталей; виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі та розрахувати розміри вихідної заготовки; розрахувати силовий режим за операціями штампування та вибрати обладнання, спроектувати оснащення для листового штампування деталі «Золотник». Тип виробництва – крупносерійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	02.05.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2026 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2026 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2026 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2026 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	22.06.2026 р.	
8	Рецензування роботи	24.06.2026 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	26.06.2026 р.	

Дата видачі завдання 02 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Олександр КОВАЛЕНКО

Керівник роботи _____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Коваленко О. М. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Золотник» з використанням розрахункових та графічних модулів САПР : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. В. Свяцький; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 32 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення виготовлення деталі «Золотник». Актуальність роботи полягає в необхідності розробки ефективного та економічно обґрунтованого процесу холоднолистового штампування деталі «Золотник» з урахуванням вимог до точності, жорсткості оснащення і продуктивності.

Виконано конструкторсько-технологічний аналіз деталі, вибрано та обґрунтовано оптимальний варіант маршрутної технології, розраховано вихідну заготовку, виконано розкрій листового прокату з оптимізацією розташування заготовки на стрічці, розраховано технологічні зусилля за операціями штампування та обрано штампувальне обладнання, спроектовано штамп суміщеної дії для вирубання-пробивання деталі «Золотник».

Ключові слова: **технологічний процес, листове штампування, штампове оснащення, силовий режим, автоматизований комплекс**

ANNOTATION

Oleksandr KOVALENKO. Design of the technological process for manufacturing the "Spool" part using computational and graphical CAD modules : qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr SVIATSKYI : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2026. 32 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a rational technological process, progressive equipment for the manufacture of the "Spool" part. The relevance of the work lies in the need to develop an effective and economically justified process for cold-sheet stamping of the "Spool" part, taking into account the requirements for accuracy, rigidity of the equipment and productivity.

A design and technological analysis of the part was performed, the optimal route technology option was selected and substantiated, the initial workpiece was calculated, sheet metal was cut with optimization of the workpiece location on the strip, , the technological efforts for stamping operations were calculated and stamping equipment was selected, a combined action stamp was designed for cutting-punching the "Spool" part.

Keywords: **technological process, sheet metal stamping, stamping equipment, power mode, automated complex**

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

Проект кривошипного кувально-штампувального пресу

КРБ.ПМ.26.27.12.00.00

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

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

Кропивницький 2026

Зміст

Вступ	6
1. Розрахунки заготовки і розкрою матеріалу	6
2. Розробка маршруту обробки	8
3. Розрахунки технологічних операцій	8
4. Аналіз можливого браку	12
5. Розробка конструкції штампа	14
6. Розрахунки на міцність деталей штампа	17
7. Складання і розбирання штампа, опис його роботи	21
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	26
ДОДАТКИ	28

Вступ

Золотник служить для ізоляції пружини головного циліндра від манжети поршня головного циліндра.

Золотник являє собою ковпачок із двома вусами. Зазначена деталь входить у комплект складальної одиниці «головний циліндр керування зчепленням».

Золотник установлений на кронштейні педалі зчеплення. У корпусі головного циліндра виконані циліндрична і компенсаційна порожнини, у яких перебуває робоча рідина. Дана деталь перебуває в циліндричній порожнині головного циліндра.

Деталь працює під дією циклічного тиску, внаслідок чого, вона може руйнуватися.

Вихідні дані:

Матеріалом для виготовлення служить: стрічка 08кп ГОСТ 503-81.

Стрічка сталева низьковуглецева холодної прокатки, товщина 0,5 мм, ширина 34 мм.

1. Розрахунки заготовки і розкрою матеріалу

1.1. Аналіз технологічності деталі

Для одержання даної деталі заготовку піддають пробивній, формувальній, вирубній і витяжній операціям.

Для формувальної операції величини радіусів закруглень матриці і пуансона визначені на кресленні і не вимагають уточнення.

При пробиванні отвору (діаметром 3,5мм) найменший діаметр отвору, що пробивається, $1,0 \times S$ [4, табл.162]. Технологічна вимога виконується. Найменша відстань від краю отвору до контуру деталі не менш $1,5 \times S$ [4, стор. 407].

$$1,5 \times 0,5 = 0,75 \text{ мм.}$$

Сполучення в кутах внутрішнього контуру матриці необхідно виконувати з радіусом закруглення:

$$r \geq 0,5 \times S \text{ [4, стор. 406].}$$

$$r = 0,3 \text{ мм (із креслення).}$$

$$0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ мм, умова виконується.}$$

Найменша відстань від краю отвору до прямолінійного зовнішнього контуру при вирубці:

$$a = 1 \text{ мм [4, табл. 166].}$$

$$a = 1,2 \text{ мм (див. розкрій) умова виконується.}$$

При витяжці деталі необхідно передбачити технологічні бази для фіксування заготовки.

Технологічні вимоги, пропоновані до конструкції деталі, виконується. Коректування креслення не потрібно. Кількість проєкцій досить для того, щоб зрозуміти конструкцію деталі.

1.2. Розкрій

Виготовлення заготовки ведеться в штампі сполученого дії зі стрічки.

Розрахунки коефіцієнта використання металу $K_{\text{и}}$ будемо вести на 300 метрів довжини стрічки.

[4, стор. 422]

$$K_{\text{и}} = \frac{f \cdot n}{L \cdot B} \times 100\%$$

де

f – площа деталі, без отворів, мм^2 ;

$$f = \pi((10,52) - (1,752)) + 2 \times 32 = 354,56 \text{ мм}^2.$$

n – кількість фактичних деталей, одержуваних із трьохсот метрів довжини стрічки з обліком невикористовуваних кінцевих відходів, шт;

$$n = (L - a)/h;$$

L – довжина, мм; $L = 300000$ мм;

a – величина перемички, мм; $a = 1,5$ мм;

h – крок розкрою, мм; $h = 22,2$ мм;

$$n = (300000 - 1,5)/22,2 = 13513,46 = 13513 \text{ шт};$$

B – ширина стрічки, мм; $B = 34$ мм;

$$K_u = \frac{354,56 \cdot 13513}{300000 \cdot 34} \times 100\% = 45,89\%.$$

2. Розробка маршруту обробки

Аналіз даної деталі показує, що для одержання форми, зображеної на кресленні відповідно до розмірів, а також виходячи з того, що кількість операцій для виготовлення повинна бути найменшою, маршрут виготовлення складається з наступних операцій:

- 1) формування;
- 2) пробивання;
- 3) вирубка;
- 4) отбортовка.

Операції пробивання, формування і вирубка виконуються в штампі сполученої дії. Отбортовка проводиться на окремому штампі.

3. Розрахунки технологічних операцій

3.1. Формування

Зусилля формування, кН;

$$P = \frac{F \cdot q \cdot K}{1000}, [2, \text{стор. } 298].$$

де

F – площа рельєфу, мм²;

q – питомий тиск, Н/мм²; $q = 350$ Н/мм², [2, стор.298];

k – коефіцієнт; $k = 0,8$;

Припустима глибина формування, мм:

$$h = (r_M + r_{II} + z) \cdot \operatorname{tg} \alpha, [4, \text{стор.276}]$$

де

r_M – радіус закруглення матриці, мм;

r_{II} – радіус закруглення пуансона, мм;

z – зазор, мм;

α – гранично припустимий кут, (градус).

Таблиця 1 – Основні параметри формування

Діаметр (зовнішній)рельєфу формування, мм	F , мм ²	q , Н/мм ²	k	P , кН	ΣP , кН	r_M , мм	r_{II} , мм	z , мм	α , градус	h , мм	вихідна висота, мм
11	94,98	350	0,8	26,59	35,12	1	1	1	40	2,5	1,5
6,23	30,46	350	0,8	8,528		0,5	0,5	1	20	0,727	0,5

3.2. Пробивання

Зусилля різання, кН:

$$P = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{ЗР}, [4, \text{стор.23}]$$

де d – діаметр отвору, мм; $d = 3,5$ мм;

S – товщина матеріалу, мм; $S = 0,5$ мм;

$\sigma_{ЗР}$ – опір матеріалу зрізу, Н/мм²; $\sigma_{ЗР} = 250$ Н/мм²;

$$P = \pi \times 3,5 \times 0,5 \times 250 = 1,373 \text{ кН}$$

Необхідне зусилля преса, кН:

$$P_{ПР} = k \cdot P, [4, \text{стор. 23}]$$

де

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність товщини матеріалу і затуплення ріжучих крайок, а також наявність побічних явищ при вирізці;
 $k = 1,3$;

$$P_{TP} = 1,3 \cdot 1,373 = 1,784 \text{ кН.}$$

Зусилля проштовхування, кН:

$$P_{ПШ} = k_{ПР} \cdot P_{TP} \cdot n, [4, \text{ стор. 26}]$$

де

$k_{ПР}$ – коефіцієнт проштовхування;

$$k_{ПР} = 0,1, [4, \text{ стор. 28}]$$

n – кількість деталей, що перебувають у шийці матриці, шт;

$$n = 1 \text{ шт.};$$

$$P_{ПР} = 0,1 \cdot 1,784 \cdot 1 = 0,1784 \text{ кН.};$$

Зусилля преса, кН:

$$P_{П} = P_{TP} + P_{ПР} = 1,784 + 0,1784 = 1,9624 \text{ кН.};$$

Робота різання при пробиванні, Нм:

$$A = x \cdot \frac{P_{П} \cdot S}{1000}, [4, \text{ стор. 28}]$$

де

x – коефіцієнт; $x = 0,7$, [4, табл. 10]

$$A = 0,7 \cdot \frac{1,9624 \cdot 0,5}{1000} = 0,0005 \text{ Нм.}$$

3.3. Вирубка

Зусилля різання, кН;

$$P = \frac{L \cdot S \cdot \sigma_{ЗР}}{1000}, [7, \text{ стор. 19}]$$

де L – периметр контуру вирубки, мм; $L = 77,94 \text{ мм.}$

$\sigma_{ЗР}$ – опір матеріалу зрізу, Н/мм²;

$$\sigma_{ЗР} = 250 \text{ Н/мм}^2;$$

$$P = \frac{77,94 \cdot 0,5 \cdot 250}{1000} = 9,7725 \text{ кН};$$

Необхідне зусилля преса, кН;

$$P_{\text{ТР}} = k \cdot P, [4, \text{ стор. 23}]$$

де

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність товщини матеріалу і затушення ріжучих крайок, а також наявність побічних явищ при вирізці;

$$k = 1,3;$$

$$P_{\text{ТР}} = 1,3 \cdot 9,7425 = 12,6625 \text{ кН.}$$

Зусилля зняття, кН:

$$P_{\text{ЗН}} = k_{\text{ЗН}} \cdot P_{\text{ТР}}, [4, \text{ стор. 26}]$$

де $k_{\text{ЗН}}$ – коефіцієнт зняття;

$$k_{\text{ЗН}} = 0,02, [4, \text{ табл. 9}]$$

$P_{\text{ТР}}$ – необхідне зусилля преса

$$P_{\text{ЗН}} = 0,02 \cdot 12,662 = 0,253 \text{ кН};$$

Робота різання при вирубці, Нм:

$$A = x \cdot \frac{P_{\text{П}} \cdot S}{1000}, [4, \text{ стор.28}]$$

де

x – коефіцієнт; $x = 0,7$, [4, табл.10]

$$A = 0,7 \cdot \frac{12,662 \cdot 0,5}{1000} = 0,0044 \text{ Нм.}$$

3.4. Отбортовка

Технологічне зусилля, кН:

$$P = \frac{1,1 \pi S \sigma_T (D_0 - d_0)}{1000} [7, \text{ стор. 39}]$$

де

σ_T – границя текучості матеріалу, МПа.

$$\sigma_T = 300 \text{ МПа};$$

Розмір отвору :

$$d_0 = D_0 + 0,8r - 2h_d - 0,6S \text{ [7, стор. 39]}$$

де D_0 – кінцевий діаметр отбортовки, мм; $D_0 = 18$ мм;

h_d – висота отбортовки, мм; $h_d = 2$ мм;

r – радіус вигину мм; $r = 0,5$

S – товщина матеріалу ; $s = 0,5$ мм

$$d_0 = 18 + 0,8 \cdot 0,5 - 2 \cdot 2 - 0,6 \cdot 0,5 = 14,1 \text{ мм}$$

$$P = \frac{1,1 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 300(18 - 14,1)}{1000} = 2,02 \text{ кН}$$

Коефіцієнт отбортовки :

$$K_{отб} = d_0 / D_0 = 14,1 / 18 = 0,78 \text{ (7, стор.39);}$$

Товщина матеріалу в торця :

$$S_1 = S \sqrt{K_{отб}} = 0,5 \sqrt{0,78} = 0,44 \text{ мм [7, стор.40].}$$

4. Аналіз можливого браку

При вирубці і пробиванні можуть утворюватися заусенці або рваний край по всій поверхні зрізу. Вони виникають, якщо ріжучі крайки пуансонів або матриці в результаті зношування затупилися. Затуплення ріжучих крайок теж викликає викривлення розмірів заготовки, що вирізьблюється.

Загальні заходи щодо попередження браку.

Для забезпечення високої якості деталей при операціях вирубання та пробивання необхідно:

- правильно вибирати технологічний зазор між пуансоном і матрицею;
- використовувати високоякісний листовий матеріал без поверхневих дефектів;
- забезпечувати високу точність виготовлення та складання штампового оснащення;
- своєчасно заточувати й контролювати стан ріжучих кромки;
- правильно вибирати пресове обладнання за номінальним зусиллям і

жорсткістю;

- застосовувати притискні пристрої, знімачі та виштовхувачі;
- регулярно очищати штамп від відходів і мастильних матеріалів;
- здійснювати операційний контроль якості деталей та профілактичне обслуговування штампового оснащення.

Дотримання цих вимог дозволяє значно зменшити кількість браку, підвищити довговічність штампового оснащення та забезпечити стабільну якість деталей у серійному й масовому виробництві.

Під час операцій формування та відбортовування (відбортовки) при холодному листовому штампуванні можуть виникати різні дефекти, які впливають на геометричну точність, зовнішній вигляд і експлуатаційні властивості деталей. Нижче наведено основні види браку, причини їх виникнення та способи запобігання.

Для забезпечення високої якості деталей під час формування та відбортовування рекомендується:

- правильно вибирати матеріал за пластичністю та товщиною;
- виконувати конструкторсько-технологічний аналіз деталі перед розробленням процесу;
- призначати оптимальні радіуси пуансона та матриці відповідно до товщини матеріалу;
- застосовувати ефективні притискні пристрої для запобігання утворенню зморшок;
- використовувати технологічні мастильні матеріали для зменшення тертя;
- забезпечувати високу точність виготовлення, складання та регулювання штампового оснащення;
- виконувати багатоперехідне формування при значних ступенях деформації;
- контролювати стан робочих поверхонь інструмента та своєчасно

усувати їх зношування;

- здійснювати постійний контроль геометричних параметрів деталей і технічного стану пресового обладнання.

Дотримання цих вимог забезпечує отримання деталей із високою точністю геометричних розмірів, якісною поверхнею та мінімальною кількістю дефектів, підвищує довговічність штампового оснащення і ефективність процесів холодного листового штампування.

5. Розробка конструкції штампа

5.1. Проектування штампа

Проводимо конструювання штампа суміщеної дії для виготовлення за допомогою операцій формування, пробивання і вирубки.

Штамп прямокутний з діагональним розташуванням вузлів, гладкими напрямними колонами і втулками.

У якості устаткування застосовується прес однокривошипний відкритий двостояковий простої дії, що нахиляється, модель К2320. Параметри преса: зусилля 100 кН; число ходів – 170 хв^{-1} ; закрита висота – 200 мм; габарити стола $360 \times 240 \text{ мм}^2$.

Розділові і формувальні операції здійснюються в матриці, запресованій в матрицетримачі. Матрицетримач установлений на нижній плиті штампа. Кріплення матрицетримача здійснюється чотирма гвинтами і двома штифтами, розташованими по периметру і у кутах відповідно. Розміри матрицетримача задаються виходячи з діаметра матриці.

Габаритні розміри нижньої плити визначаються по габаритах матрицетримача за ГОСТ 13110-75. Блок штампа вибирається по нижній плиті.

Блок 1004-1021 ГОСТ 13124-75. Розміри пуансонів по висоті задаються виходячи з величини ходу повзуна, закритої висоти штампа і величини регулювання довжини ходу.

Операції формування і вирубка проводяться одним пуансоном, усередині якого встановлюється пробивальний пуансон. Розміри стандартного пуансона під пробивання визначає ГОСТ 16621-80. Розміри багатоопераційного пуансона визначаються конструктивно.

Розміри матриці встановлюються виходячи з діаметра заготовки, що вирубується. Далі робимо визначення висоти пуансонотримача, матрицетримача. Висота пуансонотримача для забезпечення надійної фіксації пуансона береться 40% від розміру пуансона по висоті.

Розміри стандартних колонок визначається по нижній плиті:

Колонка 1030-1035 ГОСТ 13118-75;

Колонка 1030-1043 ГОСТ 13118-75.

Розміри стандартних втулок визначаються по верхній плиті:

Втулка 1032-1016 ГОСТ 13120-75;

Втулка 1032-1019 ГОСТ 13120-75.

Кріплення пуансонотримача здійснюється чотирма гвинтами і двома штифтами, розташованими по периметру і у кутах відповідно. Зняття заготівлі з пуансону здійснюється за допомогою двох відлипачів, встановлених у спеціальних отворах багатоопераційного пуансону. Відлипачі приводяться в дію за допомогою пружин стиснення.

Виштовхування відштампованої заготовки з матриці здійснюється також відлипачами, що діють від пружини стиску.

Розміри відлипачів визначається виходячи з діаметра заготовки, що вирубується.

Фіксація стрічки здійснюється за допомогою двох циліндричних упорів і одного колодкового притиску.

5.2. Розрахунки виконавчих розмірів

Виконавчі розміри матриць і пуансонів розраховуються по розмірах по розмірах штампованої деталі.

Відхилення розмірів деталі беруться по 11 квалітету, тому що деталь не вимагає великої точності виготовлення, чисельні відхилення по заданому квалітету беруться за ГОСТ 37.001.246-82.

Для матриць і пуансонів, розділових операцій, виконавчі розміри визначимо виходячи з того, що їх будуть виготовляти спільно.

Формування. Матриця і пуансон повторюють конфігурацію рельєфу.

Пробивання. Основний елемент – пуансон. Матриця допрацьовується по пуансону з урахуванням зазору $z = 0,030$ мм і допуском на зазор $\Delta z = +0,020$ мм.

$$L_{\Pi} = (L_{\text{Н}} + \Pi) - \delta_{\Pi} \text{ мм, [5, табл. 12]}$$

де

L_{Π} – виконавчий розмір пуансона, мм;

$L_{\text{Н}}$ – виконавчий розмір елемента, мм;

$L_{\text{Н}} = 3,5$ мм;

Π – припуск на зношування пуансона, мм;

$\Pi = 0,030$ мм, [5, табл.13];

δ_{Π} – граничне відхилення розмірів пуансона, мм;

$\delta_{\Pi} = 0,006$ мм, [5, табл. 13];

$$L_{\Pi} = (3,5 + 0,030) - 0,006 = 3,53_{-0,006} \text{ мм.}$$

Вирубка основний елемент – матриця. Пуансон допрацьовується по матриці з урахуванням зазору $z = 0,030$ мм і допуском на зазор $\Delta z = +0,020$ мм.

[5, табл. 14]

$$L_{\text{М}} = (L_{\text{Н}} - \Pi) + \delta_{\text{М}} \text{ мм, [5, табл. 12]}$$

де $L_{\text{М}}$ – виконавчий розмір матриці, мм;

$L_{\text{Н}}$ – виконавчий розмір елемента, мм;

$L_{\text{Н}} = 27$ мм; $L_{\text{Н}} = 21$ мм;

Π – припуск на зношування матриці, мм;

$\Pi = 0,052$ мм, [5, табл. 13];

$\delta_{\text{М}}$ – граничне відхилення розмірів матриці, мм;

$$\delta_M = 0,016 \text{ мм, [5, табл. 13];}$$

$$L_M = (27 - 0,052)^{+0,016} = 26,948^{+0,016} \text{ мм;}$$

$$L_M = (21 - 0,052)^{+0,016} = 20,948^{+0,016} \text{ мм.}$$

Відбортівка. Так як допуск на розмір виробу заданий по його внутрішньому розміру l , то

$$L_{\Pi} = (l + 0,5\Delta)_{-\delta_{\Pi}} \text{ мм, [5, стор. 287];}$$

де

L_{Π} – виконавчий розмір пуансона, мм;

l – внутрішній розмір виробу, мм; $l = 18 \text{ мм;}$

Δ – допуск на розмір виробу, мм;

$$\Delta = 0,130 \text{ мм, (5, табл.13);}$$

δ_{Π} – допуск на розмір пуансона, мм;

$$\delta_{\Pi} = 0,035 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$$L_{\Pi} = (18 + 0,5 \times 0,130)_{-0,035} = 18,065_{-0,035} \text{ мм,}$$

$$L_M = (l + 0,5\Delta + 2z_{BT})^{+\delta_M} \text{ мм, [5, стор. 287];}$$

де

L_M – виконавчий розмір матриці, мм;

z_{BT} – зазор при відбортівці, мм; $z_{BT} = z0,07\sqrt{10 \times S}$; де

S – номінальна товщина матеріалу, мм;

$$S = 0,5 \text{ мм;}$$

δ_M – допуск на розмір матриці, мм;

$$\delta_M = 0,035 \text{ мм, [5, табл.13];}$$

$$L_M = (18 + 0,5 \times 0,130 + 2 \times 0,6565)^{+0,035} = 19,378^{+0,035} \text{ мм.}$$

6. Розрахунки на міцність деталей штампа

6.1. Матриця

Розрахунки на міцність звичайно не роблять, а визначають їхні розміри по емпіричних формулах.

Товщина матриці, мм:

$$H_M = \sqrt[3]{100P} \text{ мм, [5, стор. 79];}$$

де

P – необхідне зусилля штампування, кН; $P = 49,57$ кН;

Конструктивно вибираємо матрицю висотою 28 мм.

6.2. Пуансони

Розрахунки пуансонів на зняття в найменшому перетині проводиться по формулі:

$$P_{\text{доп}} \geq P_C, [\text{ГОСТ 13124-75, стор. 459};]$$

де

$P_{\text{доп}}$ – припустиме навантаження на стиск, Н/мм²;

$$P_{\text{доп}} = \varphi \times FK \times [G]_{\text{ст}}, [\text{ГОСТ 13124-75, стор. 460};]$$

де

φ – коефіцієнт зниження припустимої напруги, залежить від відношення $\mu/i_{\min}$, [ГОСТ 13124-75, стор. 460];

де

μ – коефіцієнт наведеної довжини;

h_1 – довжина робочої частини пуансона, мм;

$i_{\min}$ – мінімальний радіус інерції робочого перетину пуансона, мм;

$$i_{\min} = 0,25d, [\text{ГОСТ 13124-75, стор. 460};]$$

де d – діаметр робочого пуансона, мм;

FK – площа контакту робочого торця пуансона зі штампуємим матеріалом, мм²;

$$FK = \pi S(2d - S)/4, [\text{ГОСТ 13124-75, стор. 460}]$$

за умови S/d

$[G]_{\text{ст}}$ – допустиме напруження на стиск, Н/мм²;

$$G_{\text{ст}} = 1600 \text{ Н/мм}^2 \text{ для В10А;}$$

$G_{CT} = 1900 \text{ Н/мм}^2$ для X12M;

P_C – необхідне технологічне зусилля для штампування, Н.

Таблиця 2 – Розрахунки пуансонів на міцність

вирубка	пробивання	формування	Вид операції
X12M	B10A	X12M	матеріал
0,7	0,7	0,7	μ
23	12	23	h_1 , мм
27	3,5	11	d , мм
6,75	0,875	2,75	i_{min} , мм
2,38	9,6	5,85	$\mu h_1 / i_{min}$
1	0,75	0,8	ϕ
21	2,55	8,5	FK , мм ²
47785	1962,4	47785	P_C , Н/мм ²
52820	3061,5	52820	$P_{доп}$, Н/мм ²
виконується	виконується	виконується	Умова міцності $P_{доп} \geq P_C$

6.3. Плита

Визначення критичної висоти нижньої плити. Пливу розглянемо як балку на двох опорах, навантажену умовно зосередженої силою.

$$h_p \geq \sqrt{3Pl/2(B-d)[\sigma_{изг}]}, [1, \text{стор. 285}]$$

де h_p – розрахункова товщина плити, мм;

P – деформуюче зусилля, Н; $P = 49570 \text{ Н}$;

l – відстань між опорами, мм, $l = 189 \text{ мм}$;

B – ширина плити, мм; $B = 172 \text{ мм}$;

d – діаметр провального отвору, мм; $d = 6 \text{ мм}$;

$[\sigma_{\text{изг}}]$ – допустиме напруження вигину матеріалу плити, Н/мм²;

$[\sigma_{\text{изг}}] = 130(\text{Н/мм}^2)$ (для сталі 20Л);

$$h_p \geq \sqrt{3 \times 49570 \times 189 / 2(172 - 6) \times 130} = 25,5(\text{мм}),$$

Конструктивно приймаємо $h = 40$ мм.

6.4. Хвостовик

Визначення напруги стиску хвостовика:

$$\sigma_{\text{ст}} = P/F_X < [\sigma_{\text{ст}}],$$

де

P – зусилля преса, Н; $P = 1\,000\,000$ Н;

F_X – площа перетину хвостовика, мм²; $F_X = 803,8$ мм²;

$[\sigma_{\text{ст}}]$ – допустиме напруження стиску, Н/мм²;

$[\sigma_{\text{ст}}] = 1225$ Н/мм²;

$$\sigma_{\text{ст}} = 1000000/803,8 = 124,4 < 125.$$

Умова міцності виконується.

6.5. Пружини

Максимально припустиме навантаження, кН:

$$P = \frac{\pi d^3}{8 \cdot D \cdot 100} \cdot [\tau], [4, \text{стор. 538}]$$

де

d – діаметр дроту, мм;

D – середній діаметр пружини, мм;

$[\tau]$ – допустиме напруження крутіння, Н/мм²;

$[\tau] = 600(\text{Н/мм}^2)$;

Максимальний припустимий стиск усієї пружини, мм:

$$F \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{d \cdot G} \cdot [\tau], [4, \text{стор. 538}]$$

де n – число витків пружини;

G – модуль пружності при крутінні, Н/мм²;

$G = 75000$ Н/мм²;

Довжина пружини у вільному стані, мм:

$L = (n + 1,5) \cdot d + n \cdot f$, [4, стор. 538]

де

f – повний прогин одного витка, мм.

Таблиця 3 – Розрахунки пружини на знімачі

d , мм	D , мм	$[\tau]$, Н/мм ²	P , кН	ΣP , кН	Умова, $\Sigma P > P_{CH}$	G , Н/мм ²	n	F , мм	f , мм	L , мм
1,5	5	600	0,15989	0,3178	$0,3178 > 0,15989$ виконується	75000	8	6	0,7	19,85

Таблиця 4 – Розрахунки пружин діючих на відлипачі

d , мм	D , мм	$[\tau]$, Н/мм ²	P , кН	G , Н/мм ²	n	F , мм	f , мм	L , мм
0,5	5	600	0,058	75000	9	11,3	2,1	26
0,5	3,5	600	0,008	75000	12	7,38	1	18,75

7. Складання і розбирання штамп, опис його роботи

Порядок збирання штамп:

- циліндричний паз матриці 1 вставити відлипач 14 і пружину 5;
- матрицю 1 запресувати в матрицеутримувач 13;

- упори 23 вставити в отвори матрицеутримувача 13;
- в паз матрицетримача 13 встановити притиск 19 та пружину 20;
- матрицетримач 13 за допомогою чотирьох гвинтів 7 скріпити з нижньою плитою 17;
- запресувати колонки 12 нижню плиту 17;
- в центральний отвір багатоопераційного пуансона 2 вставити пуансон для пробивання 22;
- циліндричні пази багатоопераційного пуансона 2 встановити відлипачі 14 і пружини 4;
- до пуансонодержателя 21 приєднати знімач 3;
- пуансонодержатель 21 встановити набірне з'єднання пуансонів 2 і 22;
- запресувати хвостовик 9 у верхню плиту 16 і закріпити гвинтом 8 і штифтами 11;
- запресувати втулки у верхню плиту;
- кріплення пуансонодержателя 21, до верхньої плити 18 встановлюється верхня плита 18 встановлюється верхня плита 18 встановлюється верхня плита 18 відповідно. Кріплення пуансонодержателя 21 підкладної плити 18 і верхньої плити 16 здійснюється гвинтами 7;
- кріплення штифтами 11 у нижній та верхній плиті проводити після попереднього складання.

Розбирання штампку здійснюється у зворотній послідовності.

Робота штампку здійснюється за один крок подачі стрічки. Фіксація стрічки на матриці забезпечується двома циліндричними упорами та одним колодочним притиском. Здійснюється робочий хід. Одночасно проводиться формування рельєфу заготівлі, пробивання отвору та вирубування заготовки. Відхід після пробивання йде "на провал". Відлипачі в пуансоні та матриці діють від стискаючої сили пружини. При здійсненні зворотного ходу отлипателі піднімає заготовку, розташовану на матриці. Якщо ж заготівля залишається на пуансоні, вона знята за допомогою відлипателів, встановлених в пуансоні.

Видалення стрічки з пуансону здійснюється знімачом.

Заготовка видаляється струменем повітря. За один хід повзуна виходить одна заготовка.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено технологічний аналіз конструкції деталі. Аналіз показав, що оптимальний варіант отримання деталі містить наступний маршрут:

- 1) формування;
- 2) пробивання;
- 3) вирубування;
- 4) відборткування.

Коригування креслення не потрібно.

Для виготовлення деталі розроблена конструкція штампу суміщеної дії для здійснення попередніх операцій формування, пробивки, вирубки, відборткування в технологічному процесі виготовлення деталі.

Коефіцієнт використання металу КИ = 45,89 %.

Розраховані зусилля, необхідні здійснення операцій:

- 1) зусилля пробивання 1,96 кН;
- 2) зусилля формування 35,12 кН;
- 3) напруга вирубки 12,66 кН;
- 4) зусилля відборткування 2,02 кН.

Аналіз можливого браку показав, що непереборний брак відбуватиметься при формуванні. Інші можливі види дефектів усуваються.

Виконавчі розміри матриць та пуансонів для роздільних операцій визначені за умови спільного виготовлення. Виконавчий розмір матриці при вирубці, (мм):

$$L_M = 26,948^{+0,016} \text{ мм.}$$

$$L_M = 20,948^{+0,016} \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір пуансону при пробиванні:

$$L_P = 3,53^{-0,006} \text{ мм.}$$

Виконавчі розміри пуансона і матриці при формуванні повторюють розміри рельєфу, що штампується.

Виконавчі розміри пуансону та матриці формозмінювальної операції встановлюють з урахуванням допуску на виріб.

Виконавчий розмір матриці при витяжці (мм):

$$L_M = 19,378^{+0,035} \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір пуансону при витяжці:

$$L_P = 18,065_{-0,035} \text{ мм.}$$

Зроблені розрахунки показали, що вибрані марки матеріалів для деталей забезпечують необхідну міцність.

1. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальностям «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением» – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

2. 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.

3. 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.

4. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. – [6-е изд.]. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. – 530 с.

5. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / под ред. Л.И. Рудмана. М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.

6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1980.-728 с. - Т.1.

7. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. Стеблюк В.И., Марченко В.Л., Белов В.В., Гривачевский А.Г. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 280 с.

8. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова. – Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.– М.: Машиностроение, 1985. – 567 с.
9. Ковка и штамповка : Справочник. В 4т. Т. 4. Листовая штамповка / Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов/пред./ и др. - М.: Машиностроение, 1985–1987. – 544 с.: ил.
10. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ “Імекс ЛТД”, 2005. – 236 с.
11. Боков В.М., Мірзак В.Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград. Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс-ЛТД". 2010. – 250 с.
12. Справочник по оборудованию для листовой штамповки / Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под ред. Л.И. Рудмана. – К.: Техніка, 1989.– 231 с.
13. Плєснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плєснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 236 с. ISBN 978-617-7188-69-7.

ДОДАТКИ