

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 «Кришка»»

Виконав здобувач вищої освіти 3 курсу

групи ПМ-23мбз-2

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D-друк»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Анна Кравчук

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

Кравчук Анна Миколаївна

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

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

Затверджено наказом ЦНТУ від 01.04.2026 року № 201-02

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

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:

Розробити оснащення для виготовлення деталі «Кришка»

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 «Кришка»
- 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 _____ Анна Кравчук
(підпис)

Анотація

Анна КРАВЧУК. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кришка» : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. М. Шмельов ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 45 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка оснащення для виготовлення деталі «Кришка» спрямованого на підвищення ефективності виробничого процесу та зниження витрат матеріальних і трудових ресурсів.

У ході виконання роботи проведено комплекс інженерних розрахунків, зокрема визначено геометричні параметри заготовки на всіх технологічних переходах штампування. Виконано розрахунок раціонального розкрою металопрокату з метою мінімізації відходів матеріалу. Окремо здійснено розрахунок технологічних зусиль для кожної операції штампування, що дозволило обґрунтувати вибір обладнання та конструктивних елементів штампового оснащення. На основі отриманих результатів розроблено конструкції технологічного оснащення для виготовлення деталі «Кришка», а також виконано технічне нормування виробничого процесу.

Практичне значення роботи полягає у розробці удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка» та створенні конструкцій спеціалізованого штампового оснащення. Запропоновані рішення забезпечують підвищення продуктивності виробництва, зменшення витрати матеріалів і трудомісткості операцій, що в підсумку дозволило знизити собівартість виготовлення деталі.

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

Annotation

Anna KRAVCHUK. Development of equipment for the manufacture of the "Lid" : qualifying bachelor's thesis: speciality 131 Applied mechanics / scientific director V. M. Shmelov; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 45 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop equipment for the manufacture of the "Lid" part aimed at increasing the efficiency of the production process and reducing the cost of material and labor resources. During the work, a set of engineering calculations was carried out, in particular, the geometric parameters of the workpiece were determined at all technological transitions of stamping. A calculation of rational cutting of rolled metal was performed in order to minimize material waste. A separate calculation of technological efforts was performed for each stamping operation, which allowed to justify the choice of equipment and structural elements of the stamping equipment. Based on the results obtained, designs of technological equipment for the manufacture of the "Lid" part were developed, and technical standardization of the production process was also performed.

The practical significance of the work lies in the development of an improved technological process for the manufacture of the "Lid" part and the creation of designs of specialized stamping equipment. The proposed solutions provide increased production productivity, reduced material consumption and labor intensity of operations, which ultimately allowed to reduce the cost of manufacturing the part.

Key words: stamp, punch, matrix, punch-matrix, lid part, 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 «Кришка»»

КРБ.ПМ.26.07.42.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 3 курсу
групи ПМ-23мбз-2

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

_____ Анна Кравчук

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Розділ 1. Розробка технологічного процесу штампування.....	12
1.1. Характеристика об'єкту виробництва.....	12
1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка»...	13
Розділ 2. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кришка».....	35
2.1. Штамп суміщеної дії	35
2.2. Штамп суміщеної дії	38
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42
ДОДАТКИ.....	45

ВСТУП

Холодне листове штампування належить до найсучасніших і найефективніших технологій обробки металів. Цей метод має суттєві переваги порівняно з іншими способами виготовлення металевих виробів як з технічної, так і з економічної точки зору.

Технічні переваги холодного штампування:

- можливість виготовлення деталей складної конфігурації, створення яких іншими методами є складним або взагалі неможливим;
- отримання легких, але водночас міцних і жорстких конструкцій за мінімальних витрат матеріалу;
- забезпечення високої точності розмірів і взаємозамінності деталей, що часто дозволяє обійтися без додаткової механічної обробки.

Економічні переваги холодного листового штампування:

- раціональне використання сировини та незначний обсяг відходів;
- висока продуктивність обладнання завдяки широкому впровадженню механізованих і автоматизованих процесів;
- можливість масового виробництва продукції при відносно низькій собівартості готових виробів.

Найвищої ефективності холодного штампування можна досягти за умови комплексного підходу до вирішення технічних завдань на всіх етапах підготовки виробництва. Особливу увагу при цьому приділяють розробці технологічних форм деталей, які забезпечують їх економічне та раціональне виготовлення.

Холодне листове штампування охоплює широкий спектр технологічних операцій, які класифікують за характером процесів деформування матеріалу. За цією ознакою всі операції поділяють на

дві основні групи: операції з розділенням матеріалу та операції пластичного деформування.

До першої групи належать процеси, під час яких відбувається локальне розділення матеріалу шляхом зрізання, у результаті чого одна частина заготовки відокремлюється від іншої.

Друга група включає операції пластичного деформування, що призначені для зміни форми листових заготовок. До них належать процеси виготовлення гнутих і порожнистих деталей без порушення суцільності матеріалу.

У холодному листовому штампуванні розрізняють чотири основні види деформацій:

- відрізування — процес відокремлення частини матеріалу по замкненому або відкритому контуру;
- гнуття — надання плоскій заготовці просторової форми шляхом її згинання;
- витягування — перетворення плоскої заготовки на порожнистий виріб певної форми або подальша зміна його геометричних параметрів;
- формування — зміна конфігурації заготовки чи готової деталі за рахунок локальних пластичних деформацій різного типу.

Холодне листове штампування знайшло широке застосування в машинобудуванні, приладобудуванні та багатьох інших галузях промисловості. Найбільш ефективно цей метод використовується в умовах великосерійного та масового виробництва, де значні обсяги випуску продукції виправдовують використання більш досконалих, хоча й складніших та дорожчих штамсів. Це забезпечує високу продуктивність, стабільну якість виробів і зниження собівартості продукції.

Чимало виробів масового виробництва та товарів широкого вжитку випускаються у надзвичайно великих обсягах — від десятків

до сотень мільйонів одиниць щороку. Водночас сьогодні холодне листове штампування ефективно використовується не лише в масовому та великосерійному виробництві, а й у дрібносерійному та навіть одиничному виготовленні продукції.

Сфера застосування холодного листового штампування постійно розширюється. З одного боку, це проявляється у можливості виготовлення великогабаритних деталей розміром понад 10 метрів, а з іншого — у виробництві надзвичайно малих елементів, що пов'язано з тенденцією до мініатюризації виробів. Така універсальність технології забезпечує її широке використання в різних галузях сучасної промисловості.

Важливим конструктивним показником, який свідчить про ефективність використання холодного листового штампування, є можливість зменшення маси деталей одночасно з підвищенням їхньої міцності та жорсткості порівняно з виробами, отриманими литтям, куванням або механічною обробкою сортового прокату.

Головним напрямом технологічного вдосконалення холодного листового штампування є виготовлення деталей, які після штампування не потребують додаткової механічної обробки. Це дозволяє отримувати повністю готові вироби без застосування операцій різання, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню виробничих витрат.

Рівень прогресивності певного технологічного процесу тісно пов'язаний із масштабами виробництва та конкретними умовами його організації. Тому оцінка ефективності того чи іншого методу залежить не лише від його технологічних можливостей, а й від організаційно-технічних особливостей підприємства та характеру виробничого процесу.

У великосерійному та масовому виробництві розвиток холодного листового штампування характеризується впровадженням

сучасних високопродуктивних технологій і обладнання. До основних напрямів належать:

- використання штампів складної дії — послідовних, суміщених і послідовно-суміщених;
- застосування багатопозиційного послідовного штампування зі стрічкових заготовок;
- широке впровадження механізації та автоматизації виробничих процесів;
- розробка і використання швидкодіючих автоматичних пресів та спеціалізованих автоматів;
- удосконалення технологій, що забезпечують високу точність і продуктивність обробки та дозволяють замінити механічну обробку різанням, зокрема чистове вирубування, обробку в штампах і холодне видавлювання.

Для дрібносерійного та одиничного виробництва характерним є використання універсальних, простих за конструкцією та економічно вигідних штампів, зокрема пластинчастих, листових і виготовлених із неметалевих матеріалів. Крім того, у таких умовах активно застосовуються сучасні альтернативні технології штампування, серед яких штампування за допомогою гуми, гідравлічне штампування, штампування вибухом, гідроелектричним розрядом, магнітно-імпульсна обробка та інші спеціальні методи формоутворення.

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

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

Розділ 1. Розробка технологічного процесу штампування

1.1. Характеристика об'єкту виробництва

- Причіп двовісний АМС-771 «Старконт» (рис. 1.1.) призначений для перевезення вантажу вагою з повною масою до 750 кг.



Рисунок 1.1. Причіп АМС-771 «Старконт»

Таблиця 1.1 Технічна характеристика причепа АМС-771 «Старконт»

Повна маса причепа, кг	750
Габаритні розміри кузова, мм	
- довжина	3000
- ширина	1600
- висота	500
- Максимальна швидкість руху причепа, км / ч	80
- Навантажувальна висота, мм	570 ± 40
- Дорожній просвіт, не менше, мм	170
- Колія коліс, мм	1870 ± 25
- Кількість осей / коліс, шт.	2/4
- База причіпа, мм	2620 ± 80
Габаритні розміри причіпа, мм:	
- довжина	4100 ± 10
- ширина	2080 ± 10
- Висота (з дугами та тентом), мм	1020 ± 10 (1225 ± 10)

1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка»

1.2.1. Опис та технічна характеристика деталі

Деталь «Кришка» застосовується в вузлі освітлення для огородження під'єднання дротів живлення до задніх ліхтарів. Суттєвого навантаження не несе. Головною операцією по виготовленню деталі є витягування, саме тому, доцільно виготовляти деталь із наступного м'якого листового прокату:

$$\text{Лист } \frac{Б-ПН-0-1,0 \text{ ГОСТ19904}-74}{4-111-0,8\text{кп} \text{ ГОСТ16623}-70}.$$

Таблиця 1.2 Механічні та фізичні властивості матеріалу

Матеріал	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{з}}$, 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 на листових ножицях без оптимізації розкрою.
2. Вирубування.
3. Витягування.
4. Обрізування.
5. Пробивання.

II варіант: проектний

1. Відрізування штаб від листа на листових ножицях з оптимізацією розкрою.
2. Вирубування, витягування в штампі суміщеної дії.
3. Обрізування, пробивання в штампі суміщеної дії.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити дві операції;
- скоротити два штампи;
- вивільнити двох пресувальників;
- підвищити коефіцієнт використання матеріалу;
- зменшити собівартість виготовлення деталі.

1.2.3. Розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування

З аналізу форми деталі „Кришка” (див. креслення деталі «Кишка») впливає, що формоутворення в правій і лівій частині деталі відбувається шляхом витягування, а середньої частини шляхом гнуття бортів. Для побудови креслення вихідної заготовки доцільно визначити:

- умовний діаметр вихідної заготовки правої частини D_3 ;
- максимальну ширину розгортки деталі по полкам A_L , що отримується в штампі за рахунок гнуття.

Діаметр умовної заготовки D_3 (рис. 1.2.) визначаємо за формулою [2, с. 91]:

$$D_3 = 1,13\sqrt{F} = 1,13\sqrt{F_1 + F_2 + F_3}$$

де F - загальна площа поверхні виробу по середній лінії, мм^2 ;

F_1 - площа циліндра

$$F_1 = \pi D_1 \cdot h_1 = \pi \cdot 79 \cdot (19 - 8) = 2730,04 \text{ мм}^2;$$

F_2 - площа сферичного кільця [2, с. 93]

$$F_2 = \pi(d \cdot 0,017r\alpha + 2rh) = \pi[(79 - 17) \cdot 0,017 \cdot 8,5 \cdot 90 + 2 \cdot 8,5 \cdot 8,5] = 2987,06 \text{ мм}^2;$$

F_3 - площа круга [2, с. 92]

$$F_3 = \frac{\pi}{4}(d^2) = \frac{\pi}{4}((78 - 16)^2) = 3019,07 \text{ мм}^2;$$

Тоді: $D_3 = 1,13\sqrt{2730,04 + 2987,06 + 3019,07} = 105,62 \text{ мм}.$

Приймаємо $D_3 = 106 \text{ мм}.$

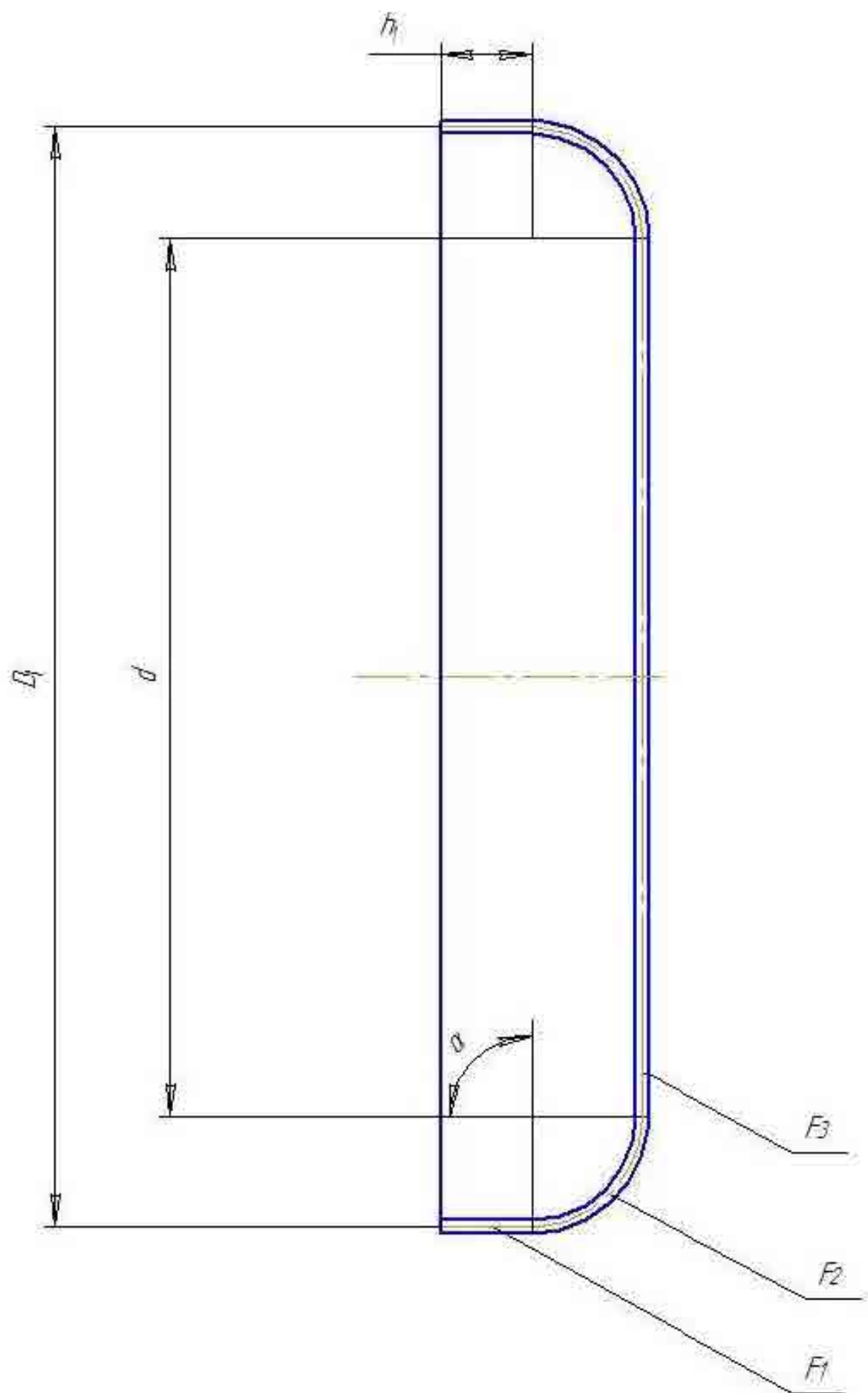


Рисунок 1.2. До розрахунку умовного діаметра вихідної заготовки D_s .

Максимальну ширину розгортки деталі по полкам A_r (рис. 1.3), що отримується в штампі шляхом гнуття, визначаємо за формулою:

$$A_r = 2L_r + 62,$$

де L_r – довжина розгортки полки;

$$L_r = L_1 + \cup L_2;$$

$$L_1 = 19 - 8 = 11 \text{ мм},$$

$$\cup L_2 = \frac{2\pi R_n \cdot h}{360},$$

R_n – радіус нейтрального шару.

$$R_n = R + xS$$

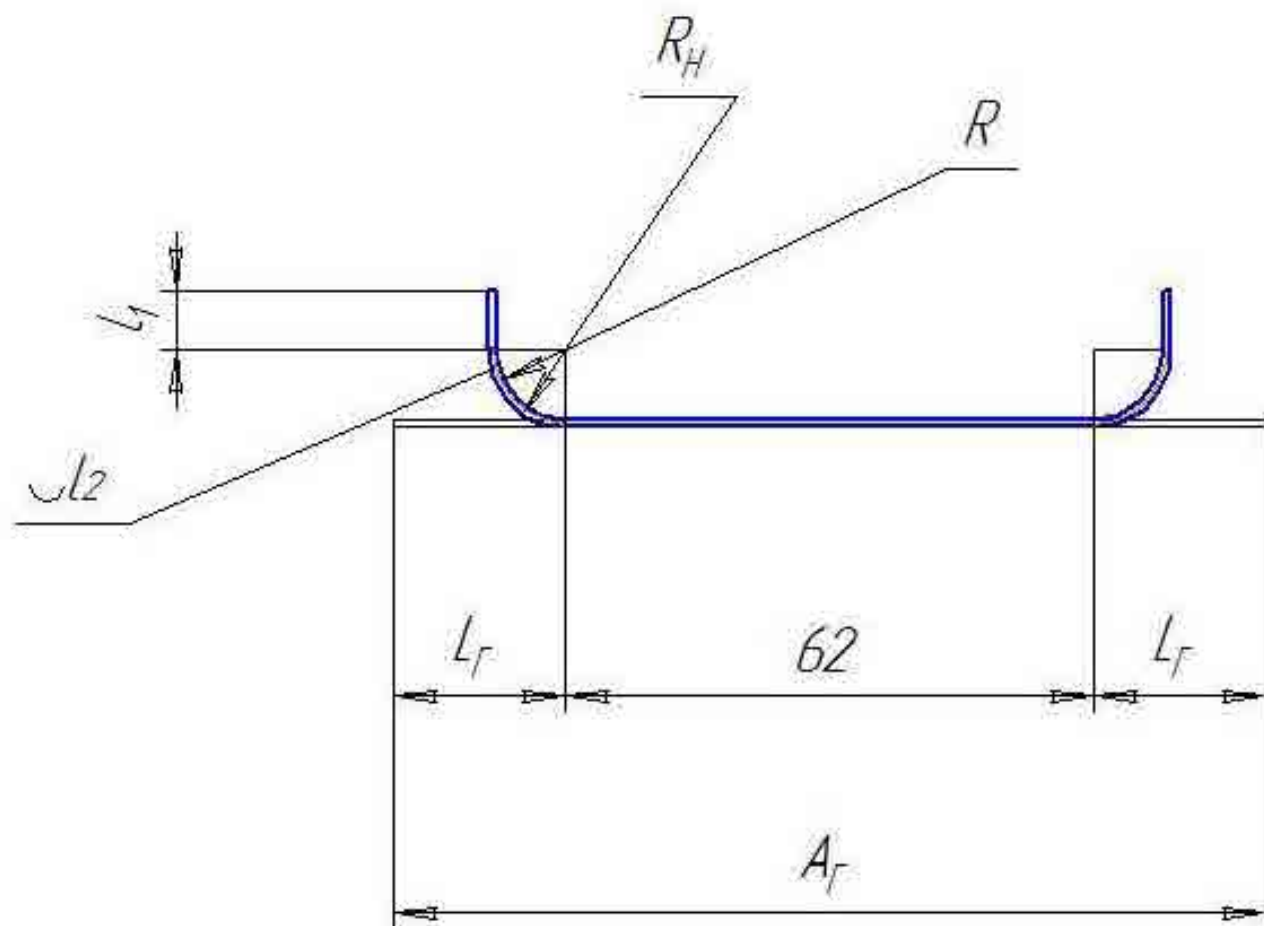


Рисунок 1.3. До розрахунку максимальної ширини розгортки деталі по полкам A_r , що отримується в штампі за рахунок гнуття

$$\text{При } \frac{R}{S} = \frac{8}{1} = 8 \quad x = 0,49,$$

Тоді

$$R_H = 8 + 0,49 \cdot 1 = 8,49 \text{ мм};$$

$$\cup L_2 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,49 \cdot 90^\circ}{360} = 13,32 \text{ мм}.$$

Тоді

$$L_T = 11 + 13,32 = 24,32 \text{ мм};$$

$$A_T = 2 \cdot 24,32 + 62 = 110,64 \text{ мм}.$$

Приймаємо $A_T = 111 \text{ мм}$.

Як видно з розрахунків, умовний діаметр (ширина) заготовки $D_3 = 106 \text{ мм}$ незначно відрізняється від максимальної ширини розгортки деталі по полицях $A_T = 111 \text{ мм}$. У зв'язку з цим, для спрощення конфігурації вихідної заготовки та полегшення подальших розрахунків, визначення її геометричних параметрів доцільно виконувати з урахуванням максимального габаритного розміру розгортки (рис. 1.3).

Тоді:

- довжина заготовки

$$L_p = A_T + 150 + 2H = 111 + 160 + 2 \cdot 5 = 271 \text{ мм};$$

- ширина заготовки

$$A_p = A_T + 2H = 111 + 2 \cdot 5 = 121 \text{ мм}.$$

1.2.4. Перевірка можливості витягування деталі за одну технологічну операцію

Перевірку можливості витягування здійснюємо за формулою:

$$m \geq [m]$$

де m – розрахунковий коефіцієнт витягування

$$m = \frac{d}{D_3} = \frac{79}{106} = 0,745$$

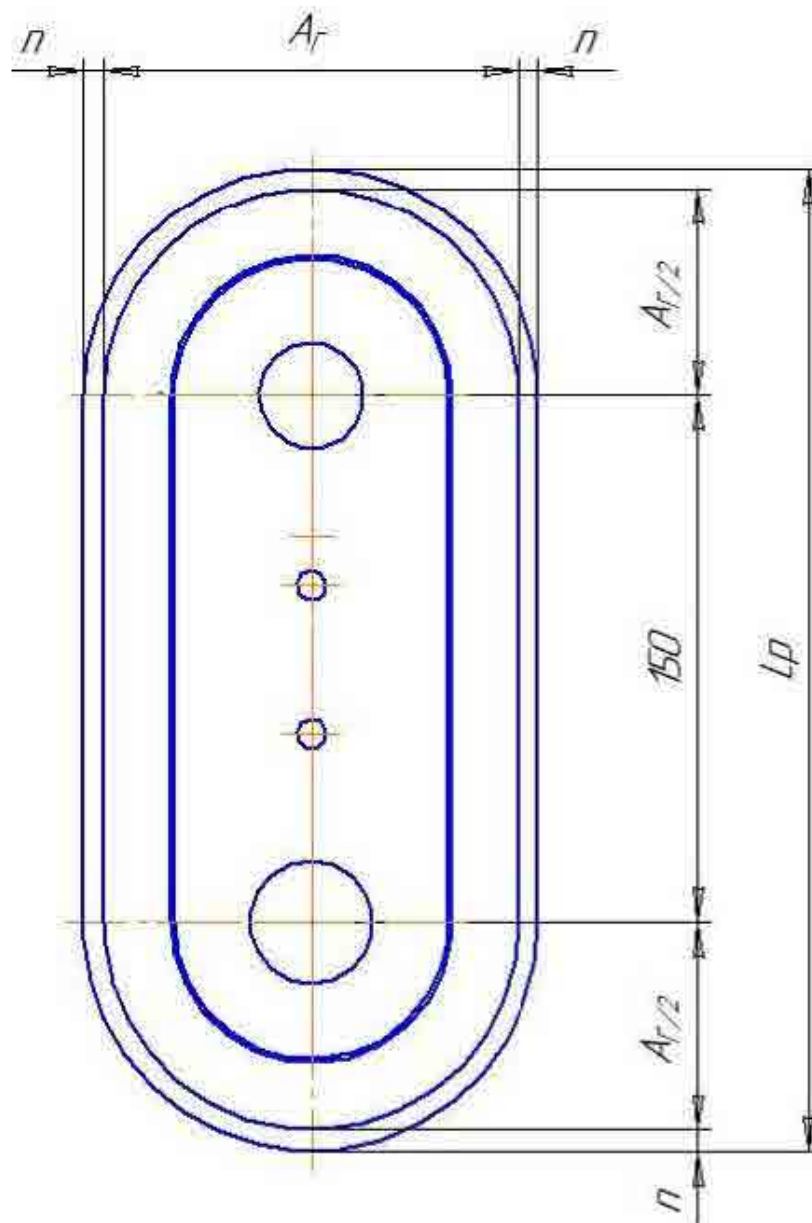


Рисунок 1.4. До розрахунку геометричних параметрів вихідної заготовки

$[m]$ – критичне значення коефіцієнта витягування для I операції [2]

$$m = \frac{d}{D_s}$$

при

$$\frac{S}{D_s} = \frac{1}{106} = 0,0094, [m] = 0,6 - 0,07\left(\frac{S}{D_s} \cdot 100\%\right) = 0,53 [2].$$

Як бачимо, умова (1.1) виконується, тому витягування за одну операцію можливе.

1.2.5. Розкрій металопрокату

Деталь „Кришка” виготовляється із листового прокату.
Промисловість випускає 17 типорозмірів сталевго листа товщиною 1,0 мм.

Для оптимізації розкрою листового прокату, скористуємося засобами автоматизованого розрахунку.

Вихідні дані для розрахунку:

- довжина листа L [3];
- ширина листа A [3];
- товщина листа $S=1$ мм;
- міжконтурна перемичка a , мм (рис. 1.4). $a=1,5$ мм [4.];
- ширина заготовки $c=121$ мм;
- ширина штаби B , мм

$$B = d + 2b;$$

$d=271 \text{ mm};$

b – перемичка.

$$b = 2_{\text{MM}}. [4];$$

$$B = 271 + 2 \cdot 2 = 275 \text{ мм};$$

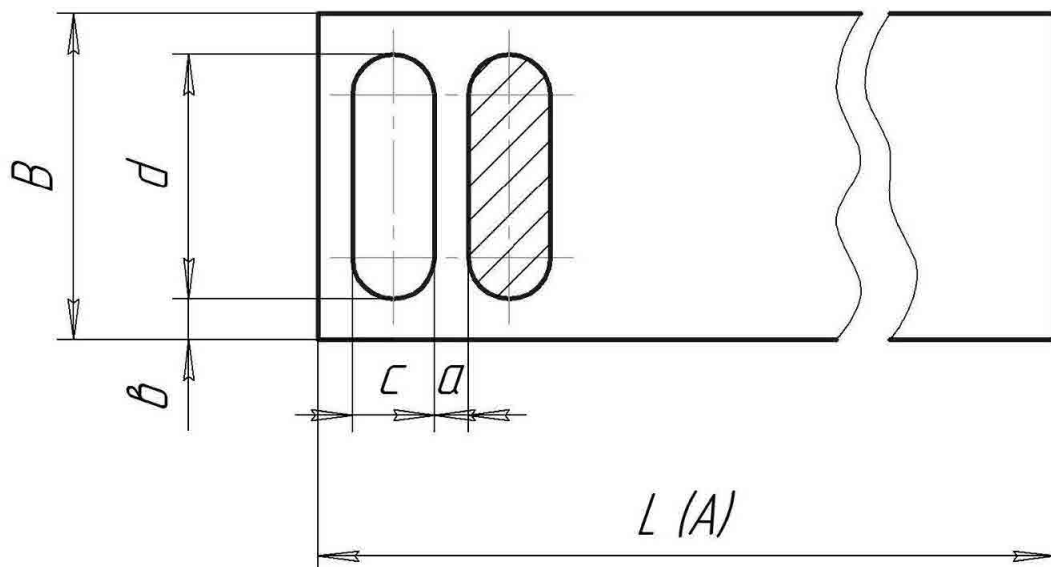
$$F_{\text{заг}}$$
 - площа поверхні заготовки, мм². (рис. 1.5)

Рисунок 1.5. Схема розкрою штаби

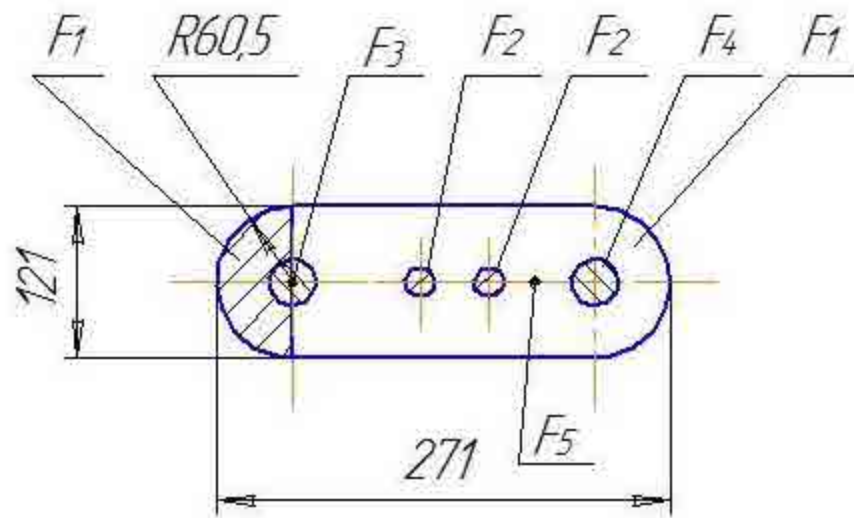


Рисунок 1.6. До розрахунку площі заготовки

$$F_{\text{заг}} = 2 F_1 - 2 F_2 - F_3 - F_4 + F_5$$

$2F_1$ - площа круга

$$2F_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 121^2}{4} = 11499,0 \text{ мм}^2$$

F_2 - площа отвору $\varnothing 8,5$ мм

$$F_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8,5^2}{4} = 56,7 \text{ мм}^2;$$

F_3 - площа отвору $\varnothing 35$ мм

$$F_3 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 35^2}{4} = 962,1 \text{ мм}^2;$$

F_4 - площа отвору $\varnothing 30$ мм

$$F_4 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 30^2}{4} = 706,9 \text{ мм}^2;$$

F_5 - площа прямокутника, мм^2 ;

$$F_5 = (271 - 121) \cdot 121 = 18150 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$F_{\text{заг}} = 11499,0 - 2 \cdot 56,7 - 962,1 - 706,9 + 18150 = 27866,6 \text{ мм}^2;$$

Густина матеріалу $\rho = 0,00785 \text{ г/мм}^3$.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.3

Таблиця 1.3. Результати розрахунку розкрою металопрокату

Розмір листа	n, шт.	m, шт.	η , %	N, г	Тип розкрою
1420x600	11	2	71,96	304,009	Повздовжній
2000x600	16	2	74,31	294,375	Повздовжній
2000x650	16	2	68,60	318,906	Повздовжній
1420x670	11	2	64,45	339,477	Повздовжній
1420x700	11	2	61,68	354,677	Повздовжній
2000x700	16	2	63,69	343,438	Повздовжній
1600x750	5	6	69,67	314	Поперечний
2000x750	7	6	78,03	280,357	Поперечний
1600x800	5	6	65,31	334,933	Поперечний
2500x800	9	6	75,24	290,741	Поперечний
1700x850	14	3	80,99	302,786	Повздовжній
1800x900	14	3	72,25	207,077	Повздовжній
2000x900	16	3	74, 31	294,375	Повздовжній
1900x950	7	7	75,65	289,168	Поперечний
1800x1000	6	8	74,31	294,375	Поперечний
2500x1000	20	4	66, 87	327,083	Повздовжній
2500x1250	9	10	80,25	272,569	Поперечний

Вибираємо лист 1700x850x1, який при повздовжньому розкрою забезпечує найбільший коефіцієнт використання матеріалу ($\eta = 80,99\%$).

При цьому:

- кількість деталей із штаби – 14 шт.;
- кількість штаб із листа – 3 шт.;
- норма витрати матеріалу на одну деталь – 302,786 г.

Схему розкрою листа представлено на рис.1.7.

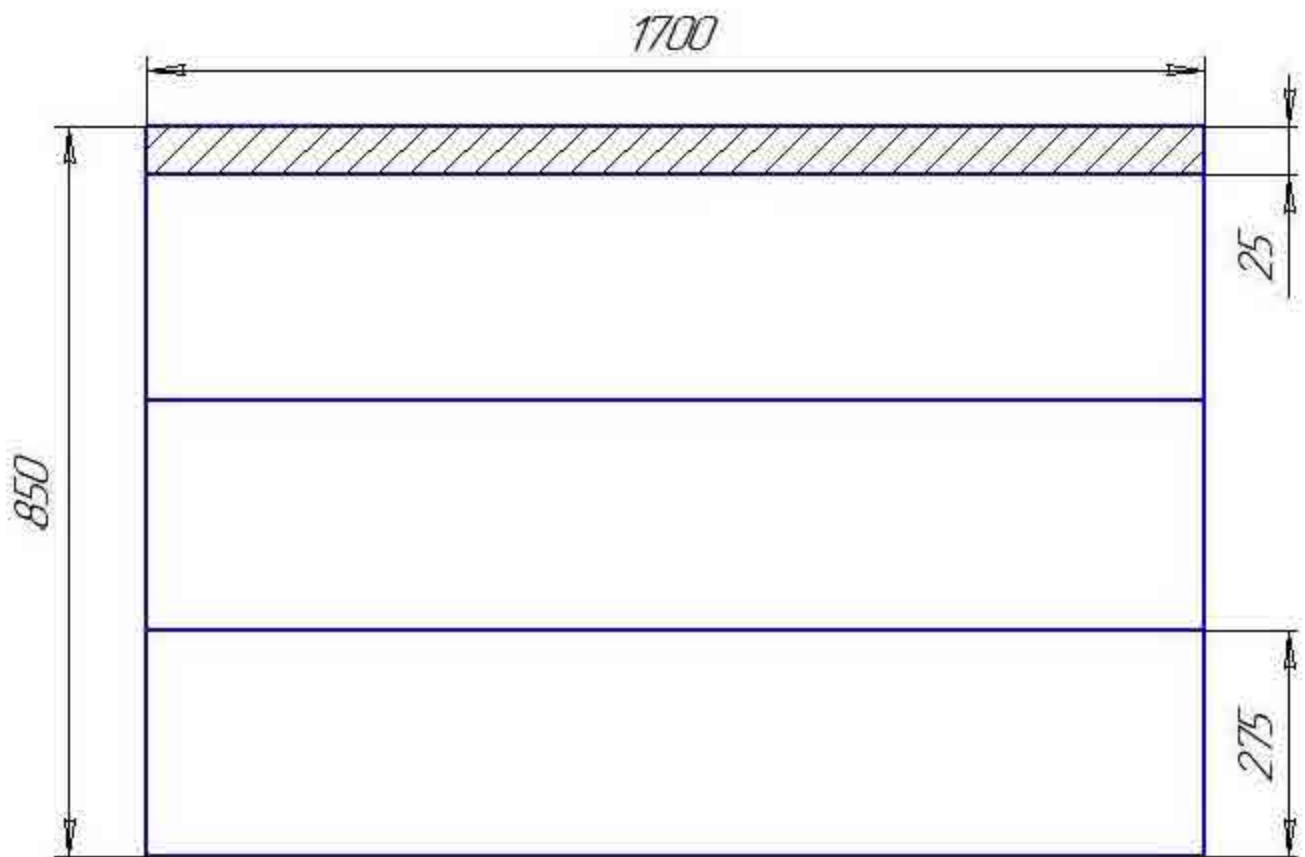


Рисунок 1.7. Схема повздовжнього розкрою листа

1.2.6. Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання

1.2.6.1. Відрізування штаб від листа

Зусилля відрізування штаб від листа на листових ножицях, згідно [2], визначаємо за формулою

$$P = 0,5 \frac{S^2}{\text{tg}\varphi} \cdot \delta, = 0,5 \frac{1^2}{\text{tg}5^\circ} \cdot 250 = 1430,2 \text{ Н}$$

де S – товщина листа, $S = 1 \text{ мм}$;

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

Вибираємо листові ножиці моделі НА 3218, виходячи із найбільшої товщини та довжини різь [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. Вирубання, витягування в штампі суміщеної дії

Загальне зусилля штампування визначаємо за формулою:

$$P = P_{\epsilon} + P_1 + P_{np},$$

де P_{ϵ} – зусилля вирубання заготовки по контуру

$$P_{\epsilon} = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \delta_s,$$

κ - коефіцієнт притуплення ріжучих кромок.

Приймаємо $\kappa = 1,3$;

L - довжина периметру різання.

$$L = \pi \cdot 121 + 2 \cdot 271 = 922,13 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$P_{\epsilon} = 1,3 \cdot 922,13 \cdot 1 \cdot 250 = 299693 \text{ Н} = 299,7 \text{ кН.}$$

P_1 – зусилля витягування розраховуємо за формулою [2]

$$P_{\text{внт}} = P_1 + P_{np}$$

$$P_1 = \pi d_{\text{сер}} S \delta_{\epsilon} k_1,$$

де $d_{\text{сер}}$ - середній діаметр деталі після витягування

$$d_{\text{сер}} = \frac{(150 + 39,5 + 39,5 + 10) + (79 + 10)}{2} = 164 \text{ мм}$$

$$k_I \text{ коефіцієнт. При } \frac{d_{\text{сер}}}{S} = \frac{164}{1} = 164 \quad m_1 = \frac{d_{\text{сер}}}{d_{\text{сер } 3-\kappa}} = \frac{164}{\frac{121+271}{2}} = 0,84,$$

$$k_I = 0,5 [2, \text{ с. 173}]$$

Тоді

$$P_1 = \pi \cdot 164 \cdot 1 \cdot 380 \cdot 0,5 = 97892,0 \text{ Н} = 97,9 \text{ кН.}$$

P_{np} – зусилля притиску фланця, що визначаємо за формулою [2];

$$P_{np} = F_{\phi} \cdot q$$

де F_{ϕ} – площа фланця (рис. 1.8):

$$F_{\phi} = F_3 - F_{\delta}$$

F_3 – площа заготовки, $F_3 = 29649,0 \text{ мм}^2$;

F_{δ} – площа деталі (рис. 1.8):

$$F_{\delta} = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F_1 = \frac{\pi R_1^2}{2} = \frac{\pi \cdot 40^2}{2} = 2513,27 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = F_1$$

$$F_3 = 2 \cdot R_1 \cdot h = 2 \cdot 40 \cdot 150 = 12000 \text{ мм}^2$$

h – висота прямокутника;

q – питоме зусилля притиску фланця, $q = 2 \text{ Н/мм}^2$ [2]

$$F_{\delta} = 2513,27 + 2513,27 + 12000 = 17026,54 \text{ мм}^2$$

$$F_{\phi} = 29649,0 - 17026,54 = 12622,46 \text{ мм}^2$$

$$P_{np} = 12622,46 \cdot 2 = 25244,92 \text{ Н} = 25,245 \text{ кН}$$

$$P = 299,7 + 97,9 + 25,3 = 422,9 \text{ кН.}$$

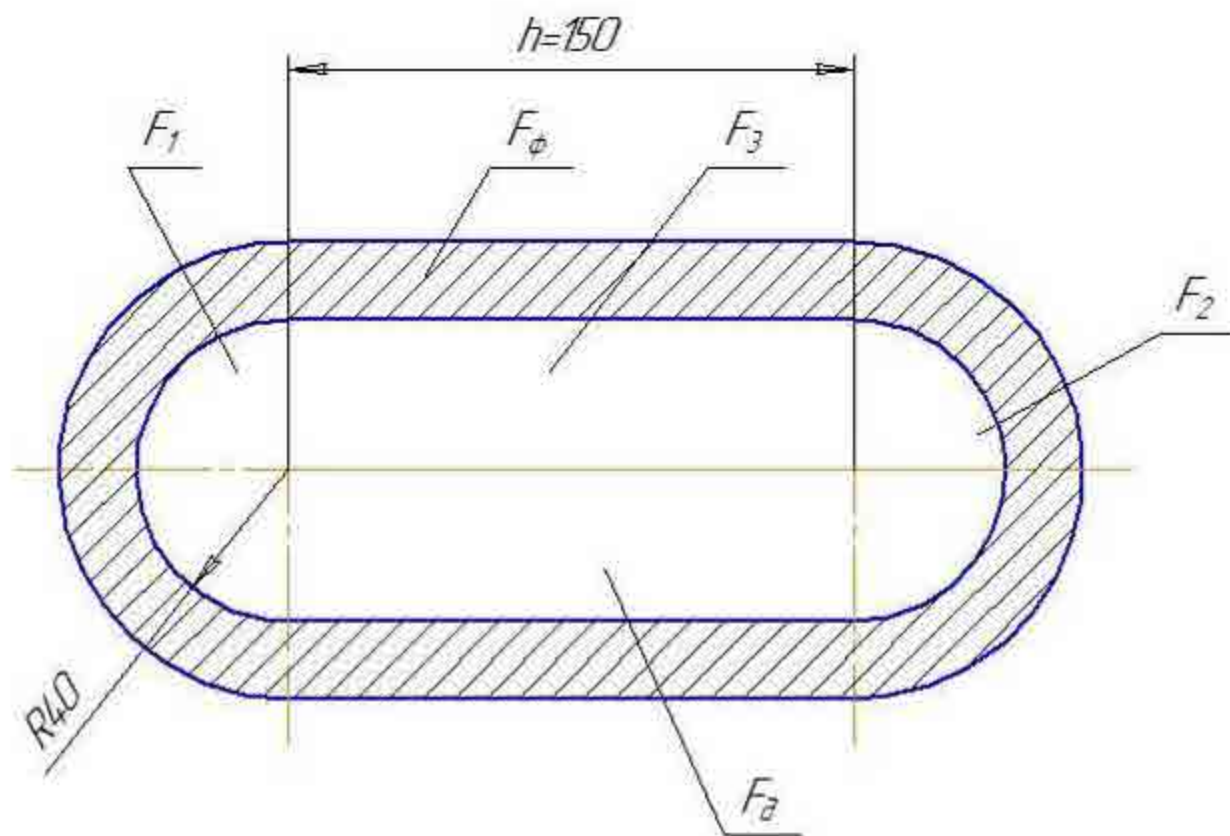


Рисунок 1.8. До розрахунку площі фланця

Вибираємо одно кривошипний відкритий прес простої дії моделі КМ 2134 виходячи із зусилля та габаритних розмірів штампа.

Технічна характеристика:

- номінальне зусилля, кН.2500
- хід повзуна, мм200
- число ходів повзуна в хвилину61
- найбільша відстань між столом повзуном в його нижньому положенні, мм560
- розміри стола, мм:
 - зліва на право850
 - спереду назад1120
- потужність двигуна привода, кВт25

1.2.6.3. Обрізування, пробивання в штампі суміщеної дії

Зусилля штампування визначаємо за формулою:

$$P = P_o + P_n + P_{np} + P_p$$

де P_o – зусилля обрізування деталі за контуром:

$$P_o = \kappa \cdot \Pi \cdot S \cdot \delta_s$$

κ – коефіцієнт, що ураховує притуплення ріжучих кромek.

Приймаємо $\kappa = 1,3$;

Π – периметр контуру, що обрізується, який розраховується за формулою (рис.1.8):

$$\Pi = \cup l_1 + 2L + \cup l_2$$

$$\cup l_1 = \pi R_1 = \pi \cdot 40 = 125,66 \text{ мм}$$

$L = 150 \text{ мм}$ (див. рис. 1.8);

$$\cup l_2 = \cup l_1$$

Тоді

$$\Pi = 125,66 + 2 \cdot 150 + 125,66 = 401,32 \text{ мм};$$

$$P_o = 1,3 \cdot 401,32 \cdot 1 \cdot 250 = 130429 \text{ Н} = 130,4 \text{ кН}$$

P_{np} – зусилля прошивування відходів від пробивання крізь поясок матриці [2]:

$$P_{np} = k_{np} \cdot P_n \cdot n$$

де k_{np} – коефіцієнт, що враховує співвідношення між P_{np} і P_n .

Приймаємо $k_{np} = 0,1$ [2];

P_n – зусилля пробивання отворів.

n – кількість деталей що знаходиться в пояску матриці

$$n = \frac{h}{S} = \frac{7}{1} = 7$$

h – висота пояска матриці. $h = 7 \text{ мм}$;

Тоді

$$P_{np} = 0,1 \cdot 83,7 \cdot 7 = 58,6 \text{ кН}$$

P_n – зусилля пробивання двох отворів

$$P_n = \kappa \cdot \Pi_1 \cdot S \cdot \delta_s$$

Π_1 – сумарний периметр двох отворів

$$\Pi_1 = \pi(D_1 + D_2 + 2d) = \pi(35 + 30 + 2 \cdot 8,5) = 257,61 \text{ мм}$$

Тоді

$$P_n = 1,3 \cdot 257,61 \cdot 1 \cdot 250 = 83723,25 \text{ Н} = 83,7 \text{ кН}$$

P_p – зусилля розрізування відходу на дві частини [2]:

$$P_p = 2 \left(0,5 \frac{S^2}{\text{tg}\varphi} \cdot \delta_s \right) = 2 \left(0,5 \frac{1^2}{\text{tg}50^\circ} \cdot 250 \right) = 209,90 \text{ Н} = 0,2 \text{ кН}$$

Тоді

$$P = 130,4 + 83,7 + 58,6 + 0,2 = 272,9 \text{ кН.}$$

Вибираємо однокривошипний відкритий прес простої дії моделі КД 2130В виходячи із зусилля та габаритних розмірів штампа.

Технічна характеристика:

- номінальне зусилля, кН.1000
- хід повзуна, мм130
- число ходів повзуна в хвилину90
- найбільша відстань між столом повзуном в його нижньому положенні, мм400
- розміри стола, мм:
 - зліва на право560
 - спереду назад850
- потужність двигуна привода, кВт7,8

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. 1.9.

Вихідні дані:

- довжина листа – 1700 мм;
- ширина листа – 850 мм;
- товщина листа – 1 мм;
- площа листа – $1,445 \text{ м}^2$;
- ширина штаби – 275 мм;
- кількість штаб із листа – 3 шт.;
- вид розкрою повздовжній;
- кількість ходів на хв. ножа листових ножиць - 65.

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
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			$0,015 \times 2=0,03$
2	18д	Відрізати заготовку	$0,015 \times 2=0,030$		
Разом:			0,030		0,131

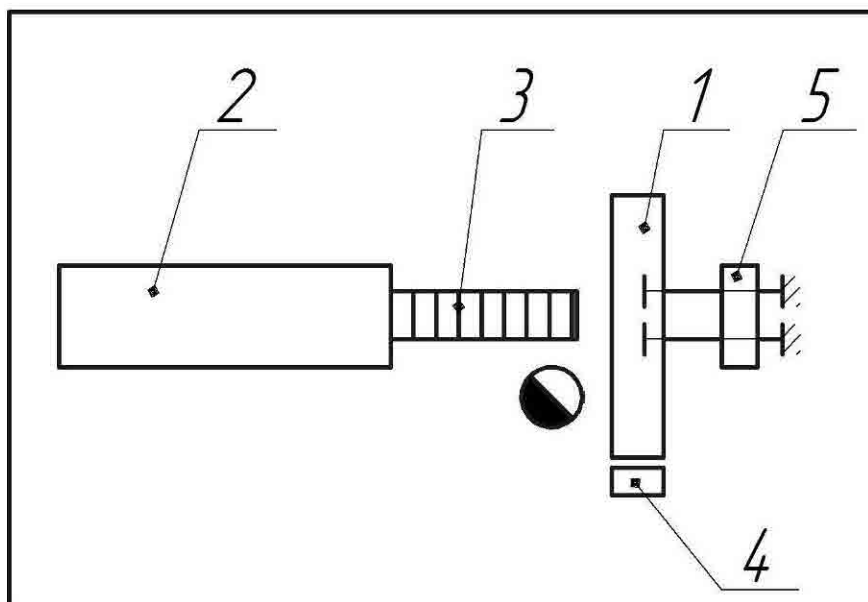


Рисунок 1.9. План-схема організації робочого місця різальника:

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

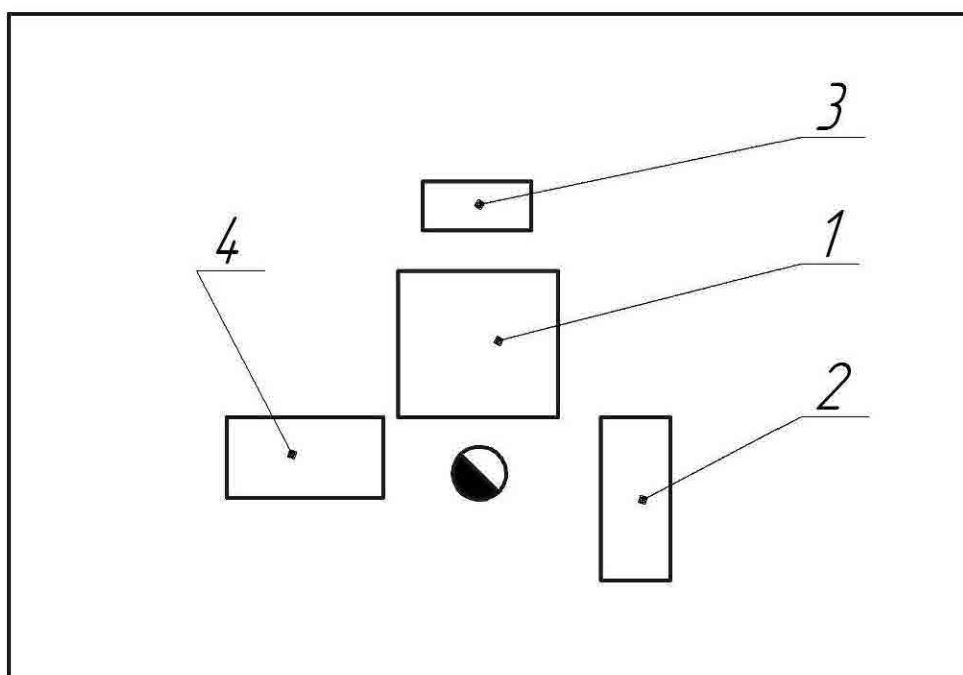


Рисунок 1.10. План-схема організації робочого місця штампувальника:

1 - прес КМ2134; 2 - стіл зі штабами; 3 - бункер для деталей; 4 - бункер для відходів

Визначаємо норму штучного часу за формулою:

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

де T_o – основний час, хв.;

T_δ – допоміжний час, хв.;

$a_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця у відсотках від оперативного часу $T_{on} = T_o + T_\delta$;

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

Тоді

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

Визначаємо норму штучного часу, за формулою:

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

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

$n_{ш}$ – кількість деталей в партії

Тоді

$$T_{ш.к} = 0,09 + \frac{15}{4400} = 0,093 \text{ хв.}$$

Визначаємо змінну норму виробітку.

$$H = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{420}{0,093} = 4516 \text{ шт./зміну.}$$

1.2.7.2. Вирубвання витягування в штампі суміщеної дії

План схема організації робочого місця штампувальника показана на рис. 1.10.

Вихідні данні:

- розмір штаби - 1х271х1700 мм;
- крок штампування – 122,5 мм;
- кількість деталей із штаби – 14 шт;
- число подвійних ходів преса в хв. – 17;

- тип штампу – суміщеної дії;
- положення штампувальника – стоячі

Таблиця 1.5. Розрахунок норми штучного часу [7.]

№ карти	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Час на 1 лист хв.		
			Основне T _о	Допоміжне T _д	
				перекрите	не перекрите
29	1а	Взяти полосу, піднести і встановити в штамп			$\frac{6,1 \cdot 1,025}{100 \cdot 15} = 0,0042$
1	2а	Увімкнути прес			0,015
2	13а	Штампувати	0,059		
-	-	Вилучити деталь зі штампа в тару гачком			0,066
30	3е	Продвинути полосу на крок			1,7/100=0,017
45	4у	Відкинути відхід зі стола преса в тару			4,9/100=0,049
Разом:			0,059		0,1812

Визначаємо норму штучного часу за формулою:

$$T_{ш} = (T_{о} + T_{д}) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100}\right) = (0,059 + 0,1812) \cdot \left(1 + \frac{3+9}{100}\right) = 0,269 \text{ хв. на одну}$$

деталь

Визначаємо норму штучного часу, за формулою:

$$T_{ш.к} = T_{ш} + \frac{T_{п.з}}{n_{ш}} = 0,269 + \frac{15}{4400} = 0,272 \text{ хв. на одну деталь}$$

Визначаємо змінну норму виробітку.

$$H = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к}} = \frac{420}{0,272} = 1544 \text{ шт./зміну.}$$

1.2.7.3. Обрізування, пробивання в штампі суміщеної дії

План схема організації робочого місця показана на рис. 1.11.

Вихідні данні:

- розмір заготовки 271x121x20 мм;

- площа заготовки – 0,0296 м²;
- прес зусиллям – 1000 кН;
- число подвійних ходів в хв. – 17;
- положення штампувальника – стоячи.

Таблиця 1.6. Розрахунок норми штучного часу [7.]

№ карти	№ позиції,	Найменування переходів	Час на 1 деталь		
			Основне Т _о	Допоміжне Т _д	
				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:

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

деталь

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу, за формулою:

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

Визначаємо змінну норму виробітку.

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

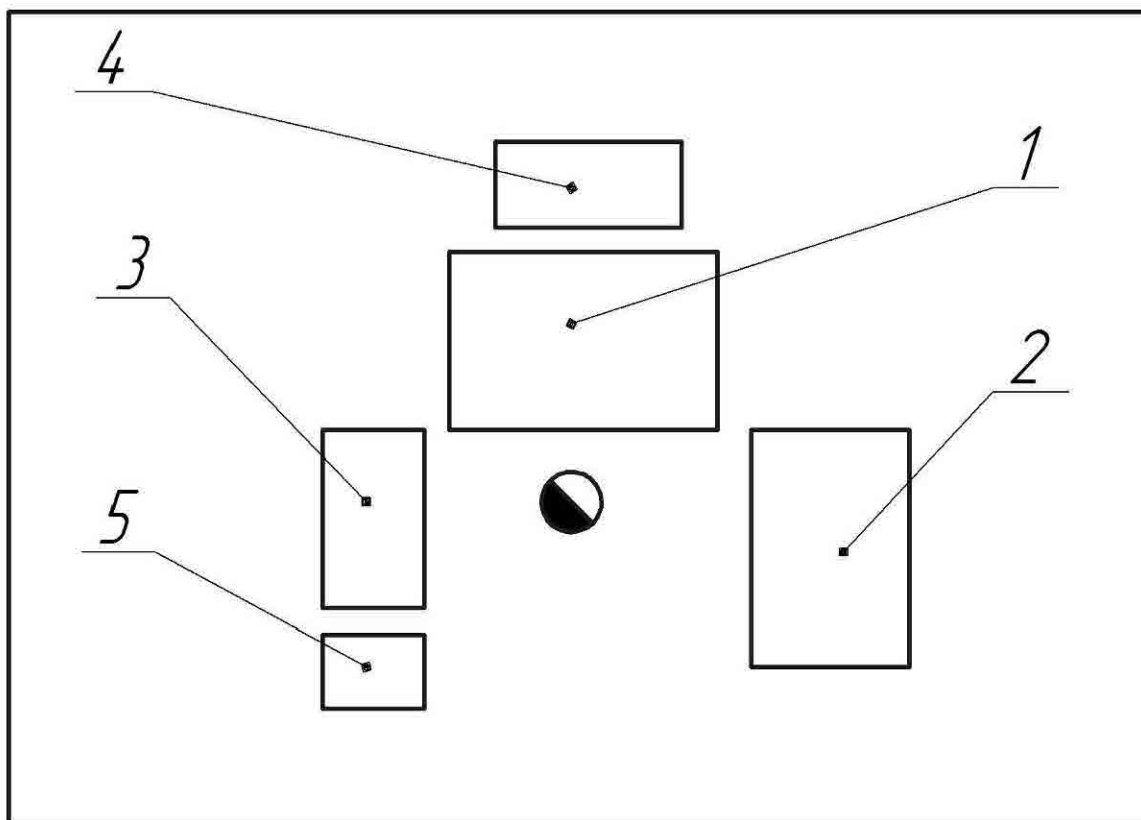


Рис. 2.10. План-схема організації робочого місця штампувальника:

1 - прес КД2130В;

2 - стіл з заготовками;

3 - бункер для деталей;

4 - бункер для відходів

5 - бункер для відходів

Розділ 2. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кришка»

2.1. Штамп суміщеної дії

2.1.1. Призначення штампа

Штамп суміщеної дії використовується для виконання двох операцій за один робочий хід: вирубування деталі «Кришка» по контуру та її наступного витягування.

2.1.2. Склад штампа

Штамп складається з наступних деталей і вузлів:

- блоку з чотирма напрямними вузлами ковзання (поз. 1,8,33,34);
- вирубної матриці (поз.21);
- пуансон-матриці (поз.16), що поєднує в собі функції вирубного пуансона і витяжної матриці.;
- витяжних пуансонів (поз.13,14);
- жорсткого знімача (поз. 6) який забезпечує відходу від штаби с пуансон-матриці поз.16;
- систему виштовхування деталі з верхньої частини штампа, до складу якої входять штовхач (поз. 4), траверса (поз. 3), чотири штовхачі (поз. 2) та матриця-виштовхувач (поз. 17).;
- притискача-виштовхувача поз. 15, штовхачів поз. 11, траверси поз. 10 та штовхачів поз. 9.

2.1.3. Робота штампа

Штамп працює таким чином. Штаба подається в штамп між напрямними планками (поз. 7 і 12) у зазор під знімачем (поз. 6) та фіксується в напрямку подачі переднім грибковим упором (поз. 22).

Під час руху повзуна вниз спочатку здійснюється вирубування заготовки деталі «Кришка» за контуром, після чого виконується її витягування. У процесі витягування фланець деталі надійно затискається між торцевою поверхнею пуансон-матриці (поз. 16) та торцевою поверхнею притискача-виштовхувача (поз. 15), який приводиться в дію пневматичною подушкою, змонтованою під столом преса. Такий притиск запобігає утворенню гофр і забезпечує високу якість штампування.

Під час руху повзуна вгору відбувається виштовхування деталі з нижньої частини штампа за допомогою притискача-виштовхувача (поз. 15), який переміщується у зворотному напрямку під дією пневматичної подушки преса через проміжні деталі (поз. 11, 10 і 9).

Після досягнення повзуном крайнього верхнього положення спрацьовує верхній жорсткий виштовхувач преса. Зусилля від нього передається через штовхач (поз. 4), траверсу (поз. 3), штовхачі (поз. 2) та матрицю-виштовхувач (поз. 17) до відштампованої деталі, внаслідок чого вона виштовхується з верхньої частини штампа.

Після виштовхування деталь падає на перемичку штаби та видаляється із робочої зони штампа за допомогою гачка.

2.1.4. Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

Розрахунок поздовжнього розміру вирубної матриці для вирубування заготовки з поздовжнім розміром $L_m=271\text{мм}$ виконується за формулою [1]:

$$L_{m(\text{розд})} = (L_n - P_i)^{+0,01},$$

де Π_i – припуск на знос матриці і пуансона. $\Pi_i=0,95$ мм [1];

δ_m – межове відхилення розміру матриці. $\delta_m=0,052$ мм [9].

Тоді

$$L_{m(nozd)} = (271 - 0,95)^{+0,052} = 270,05^{+0,052} \text{ мм}$$

Розрахунок поперечного розміру вирубної матриці для вирубання заготовки з поперечним розміром $L_m=121$ мм виконується за формулою [1]:

$$L_{m(non)} = (L_n - \Pi_i)^{+\delta_m} = (121 - 0,80)^{+0,040} = 120,2^{+0,040} \text{ мм}$$

Розрахунок поздовжнього розміру вирубного пуансона для вирубання заготовки з поздовжнім розміром $L_n=271$ мм виконується за формулою [1]:

$$L_{n(nozd)} = (L_{m(nozd)} - Z)_{-\delta_n}$$

де z - двобічний номінальний зазор між матрицею та пуансоном $z = 0,050$ мм [1];

$\delta_n = -0,032$ мм [9].

Тоді

$$L_{n(nozd)} = (270,05 - 0,050)_{-0,032} = 270_{-0,032} \text{ мм}$$

Розрахунок поперечного розміру пуансона для вирубання заготовки з поперечним розміром $L_n = 121$ мм виконується за формулою [1, с.62]:

$$(L_{m(non)} - z) = (120,2 - 0,050)_{-0,025} = 120,15_{-0,025} \text{ мм.}$$

2.2. Штaмп суміщеної дії

2.2.1. Призначення штампa

Штaмп суміщеної (Додaток В) призначений для одночасного виконання операції обрізування деталі за контуром пробивання двох отворів діаметром 8,5 та отворів діаметром 35мм та 30мм.

2.2.2. Склад штампa

Штaмп складається з наступних деталей та вузлів:

- блоку з діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання (поз. 1,18,37,38,39,40);
- обрізної матриці поз. 3;
- пуансон-матриці (поз. 12), призначеної для одночасного виконання функцій обрізного пуансона і пробивної матриці;
- пуансонів поз. 5,9,19 для пробивання отворів;
- трьох знімачів поз. 15 підпружинені пружинами поз. 17;
- двох ножів поз. 42 для розрізання відходів;
- системи виштовхування відштампованої деталі з верхньої частини штампa, яка складається зі штовхача (поз. 6), траверси (поз. 7), чотирьох штовхачів (поз. 8) та виштовхувача (поз. 4), що забезпечують видалення деталі після завершення операції штампування;
- лотка (поз. 14) для накопичення та видалення відходів, отриманих у результаті операції пробивання;
- двох кільцевих обмежувачів закритої висоти штампa поз.10.

2.2.3. Робота штампа

Штамп працює таким чином. Заготовка деталі «Кришка» встановлюється в штамп із позиціонуванням по пуансон-матриці (поз. 12). Під час руху повзуна вниз одночасно здійснюються обрізання деталі за контуром та пробивання отворів.

Відхід штаби, що утворюється при обрізанні, після штампування третьої та наступних деталей перерізається ножами (поз. 42) на дві частини. Відходи від пробивання видаляються через провальний отвір пуансон-матриці (поз. 12) на нижню плиту (поз. 18) та накопичуються в лотку (поз. 14), звідки періодично вилучаються в бункер для відходів.

Під час руху повзуна вгору здійснюється знімання деталі з пуансон-матриці (поз. 12) трьома знімачами (поз. 15). При досягненні повзуном крайнього верхнього положення відбувається виштовхування деталі з верхньої частини штампа.

При цьому зусилля від жорсткого виштовхувача преса передається через штовхач (поз. 6), траверсу (поз. 7), штовхачі (поз. 8) та виштовхувач (поз. 4), який безпосередньо забезпечує виштовхування відштампованої деталі. Після цього деталь падає на дзеркало штампа та видаляється з робочої зони за допомогою гачка.

2.2.4. Розрахунок пуансона для пробивання отвору діаметром 8,5 мм на міцність

У відповідності з ГОСТ16675-80 рекомендований розрахунок пуансона на міцність із умови

$$P_{дон} \geq P_n ,$$

де $P_{дон}$ - допустиме навантаження на стиснення;

P_n – потрібне технологічне зусилля штампування.

$$P_n = 1,3 \cdot \pi \cdot 8,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 250 = 8678,65 \text{ Н}$$

Допустиме навантаження на стиснення та усталеність робочої частини пуансона визначаємо за формулою [10]

$$P_{\text{дон}} = \varphi \cdot F_{\kappa} [\sigma]_{\text{ст}};$$

Де φ - коефіцієнт пониження допускаємого напруження що залежить від умов гнучкості. При співвідношенні

$$\frac{\mu h}{I_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 20}{2,25} = 6,22 \quad \varphi = 0,80 \text{ [10];}$$

F_{κ} - площа контакту робочого торця пуансона із матеріалом, що штамнують. При $S/d = \frac{1}{8,5} = 0,12 \leq 1$, площа контакту приймається рівною площі пояска шириною $0,5S$ по усьому периметру робочого торця пуансона [10].

Для круглого контуру

$$F_{\kappa} = \frac{\pi \cdot S \cdot (2d - S)}{4} = \frac{\pi \cdot 1 \cdot (2 \cdot 8,5 - 1)}{4} = 12,57 \text{ мм}^2;$$

$[\sigma]_{\text{ст}}$. – допускаєме напруження на стиснення $[\sigma]_{\text{ст}} = 1600 \text{ МПа}$ [10, с.33].

Тоді

$$P_{\text{дон}} = 0,80 \cdot 12,57 \cdot 1600 = 16089,6 \text{ Н.}$$

Так як $P_{\text{дон}} > P_n$, умова усталеності виконується.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічний процес виготовлення деталей «Кришка». Запропоновано оптимізацію розкрою металопрокату, а також суміщення операцій витягування та вирубування, обрізання та пробивання, що дозволяє зменшити норму витрати матеріалу на одну деталь, вивільнити двох пресувальників, скоротити кількість штамів, підвищити точність штампування та вивільнити дві одиниці обладнання.
2. Розроблено оснащення оригінальної конструкції для операцій вирубування-витягування та обрізання-пробивання деталі «Кришка».
3. Виконано розробку графічних матеріалів штампового оснащення.

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. 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.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб.-М.Машиностроение, 1980.-723 с.-Т1.
4. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування : навч.-метод. посібник / В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянecь ; 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. / 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

ДОДАТКИ