

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 «Планка»»

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

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
Топор Євгеній Олегович

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

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

Затверджено наказом ЦНТУ від 01.04.2026 року № 199-02

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

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:
Розробити оснащення для виготовлення деталі «Планка»

Завдання:

- Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування
- Розрахувати розкрій металопродукту
- Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання
- Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Планка»

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

Євгеній ТОПОР

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Топор Є.О. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Планка» : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. М. Шмельов ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 40 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою даної роботи є розробка оснащення для виготовлення деталі «Планка».

У даній кваліфікаційній роботі виконано комплекс інженерно-технологічних розрахунків, спрямованих на розробку ефективного процесу виготовлення деталі «Планка». Зокрема, проведено визначення геометричних параметрів заготовки на всіх технологічних переходах штампування з урахуванням особливостей пластичної деформації матеріалу та вимог до кінцевої точності виробу. Виконано обґрунтування та оптимізацію розкрою металопрокату, що дозволило підвищити коефіцієнт використання матеріалу та зменшити кількість відходів.

Окремо проведено розрахунок технологічних зусиль для кожної операції штампування, що є необхідною умовою для правильного вибору обладнання та забезпечення стабільної роботи штампового оснащення. На основі отриманих розрахункових даних розроблено конструкцію штампа для виготовлення деталі «Планка», яка відповідає вимогам точності, жорсткості та надійності, а також забезпечує стабільність технологічного процесу в умовах серійного виробництва.

Розроблена конструкція штампового оснащення враховує вимоги технологічності виготовлення, зручності складання та обслуговування, а також можливості ремонту та заміни окремих елементів без повного демонтажу штампа.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні ефективності виробничого процесу виготовлення деталі «Планка» за рахунок впровадження удосконаленого технологічного процесу та раціональної конструкції штампового оснащення. Запропоновані технічні рішення забезпечують зменшення витрат матеріалу завдяки оптимізації розкрою, скорочення трудомісткості виготовлення, підвищення продуктивності обладнання та стабільності технологічного процесу.

У результаті впровадження розроблених рішень досягається зниження собівартості виготовлення деталі при одночасному забезпеченні необхідної точності, якості поверхні та відповідності виробу технічним вимогам. Це підтверджує доцільність використання запропонованої технології у серійному виробництві.

штамп, пуансон, матриця, пуансон-матриця, планка, переходи штампування, технологічний процес.

ANNOTATION

Yevhenii TOPOR Development of equipment for manufacturing the "Plank" part : qualifying bachelor's thesis: speciality 131 Applied mechanics / scientific director V. M. Shmelov; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 40 p.

Drawings – a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of this work is to develop equipment for the manufacture of the "Plank" part.

In this qualification work, a set of engineering and technological calculations was performed aimed at developing an effective process for manufacturing the "Plank" part. In particular, the geometric parameters of the workpiece were determined at all technological transitions of stamping, taking into account the features of plastic deformation of the material and the requirements for the final accuracy of the product. The cutting of rolled metal was justified and optimized, which allowed to increase the material utilization rate and reduce the amount of waste.

A separate calculation of technological efforts was performed for each stamping operation, which is a necessary condition for the correct selection of equipment and ensuring stable operation of the stamping equipment. Based on the obtained calculation data, a stamp design was developed for the manufacture of the "Plank" part, which meets the requirements of accuracy, rigidity and reliability, and also ensures the stability of the technological process in conditions of mass production.

The developed design of the stamping equipment takes into account the requirements of manufacturability, ease of assembly and maintenance, as well as the possibility of repairing and replacing individual elements without complete dismantling of the stamp.

The practical significance of the work lies in increasing the efficiency of the production process of the "Plank" part by implementing an improved technological process and rational design of the stamping equipment. The proposed technical solutions ensure a reduction in material consumption due to optimization of cutting, reduction of labor intensity of manufacturing, increase in equipment productivity and stability of the technological process.

As a result of the implementation of the developed solutions, a reduction in the cost of manufacturing the part is achieved while ensuring the necessary accuracy, surface quality and compliance of the product with technical requirements. This confirms the feasibility of using the proposed technology in serial production.

stamp, punch, matrix, punch-matrix, plank, stamping transitions, 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 «Планка»»

КРБ.ПМ.26.32.12.00.00

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

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

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Розділ 1. Конструктивно - технологічний аналіз деталі, вибір заготовки та схеми штампування	11
1.1 Конструкція деталі та аналіз її технологічності.....	11
1.2 Оптимальна схема розкрою стандартного листа.....	13
1.3 Зусилля штампування.....	17
Розділ 2. Проектування штампа.....	16
2.1 Вибір схеми штампа.....	21
2.2 Розрахунок деталей штампа на міцність.....	21
2.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа	24
2.4 Конструкція штампа, послідовність виготовлення штампку та його складання.....	32
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

Вступ

Понад 50% деталей в авіабудуванні виготовляються методами штампування, що свідчить про високу ефективність та широке застосування даної технології у сучасному машинобудуванні. Особливо значного поширення набули штампи послідовної дії, які забезпечують виготовлення деталей різноманітної конфігурації з високою точністю та стабільними якісними показниками. У даній дипломній роботі розглядається проектування саме такого типу штампа.

Холодне штампування є одним із найбільш прогресивних методів виготовлення деталей із листового матеріалу, що широко застосовується в різних галузях машинобудування. Його основними перевагами є висока продуктивність, незначні втрати матеріалу, забезпечення взаємозамінності деталей, а також сприятливі умови для механізації та автоматизації виробничих процесів. У сукупності ці фактори зумовлюють низьку собівартість продукції при відносно безпечних умовах праці.

При виготовленні деталей із листового матеріалу застосовуються основні операції холодного штампування, зокрема:

- різання (розкрій) – відділення частини матеріалу від заготовки;
- гнуття – зміна форми плоскої заготовки шляхом її пластичного деформування;
- витяжка – перетворення плоскої заготовки у просторову форму складної геометрії за рахунок об'ємної пластичної деформації;
- формоутворення – зміна конфігурації заготовки шляхом локальної деформації окремих її ділянок.

З технічної точки зору холодне штампування дозволяє:

- отримувати деталі складної форми, виготовлення яких іншими методами є ускладненим або неможливим;
- забезпечувати високу міцність і жорсткість конструкцій при малій масі та економному використанні матеріалу;
- виготовляти взаємозамінні деталі з високою точністю розмірів, як правило, без подальшої механічної обробки.

З економічної точки зору холодне штампування характеризується:

- раціональним використанням матеріалу та мінімальними відходами виробництва;
- високою продуктивністю обладнання при широкому застосуванні механізації та автоматизації;
- низькою собівартістю виготовлюваних виробів.

Максимальний ефект від впровадження технологій холодного штампування досягається лише за умови комплексного вирішення технічних питань на всіх етапах підготовки виробництва. Для цього необхідно:

- розробляти технологічні конструкції деталей, які є придатними до штампування;
- використовувати матеріали з необхідними механічними та технологічними властивостями для пластичної деформації;
- проєктувати раціональні технологічні процеси штампування відповідно до умов виробництва;
- розробляти конструкції штампів, що забезпечують необхідну точність, продуктивність, довговічність та безпечність роботи;
- правильно підбирати тип і потужність пресового обладнання.

Вихідними даними для проєктування технологічного процесу, штампа та вибору обладнання є креслення деталі, її функціональне призначення та технічні вимоги до виготовлення.

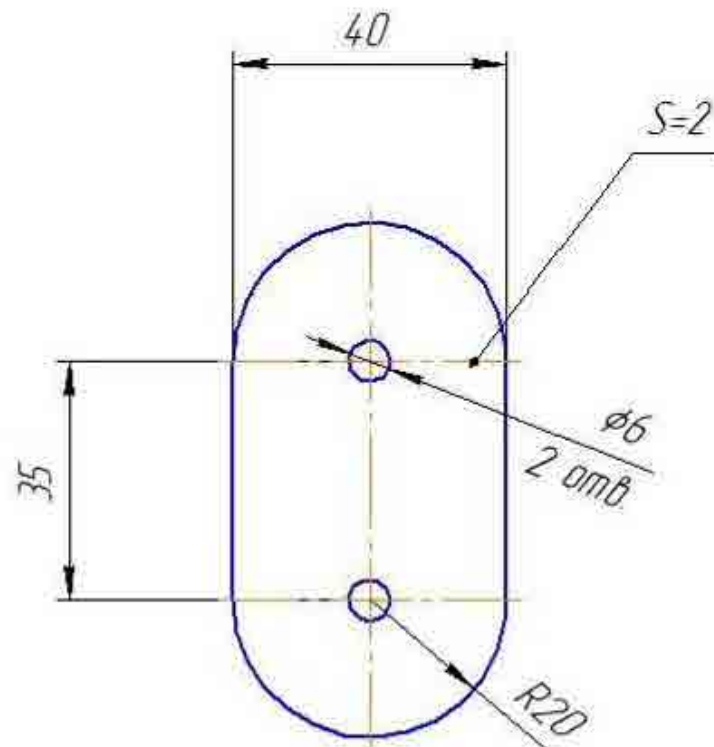
Мета роботи: розробити оснащення для виготовлення деталі «Планка».

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 «Планка».

Розділ 1. Конструктивно-технологічний аналіз деталі, вибір заготовки та схеми штампування

1.1 Конструкція деталі та аналіз її технологічності

На рисунку показано ескіз деталі



Матеріал: сталь 30Х ГОСТ 4543-71

$H12, h12, \pm IT \frac{12}{2}$

Рисунок 1.1– Ескіз деталі

Технологічність — це сукупність конструктивних особливостей і властивостей виробу, які забезпечують його виготовлення з мінімальними економічними витратами за умови дотримання встановлених технологічних та експлуатаційних вимог.

До основних показників технологічності деталей, виготовлених методом холодного штампування, належать:

- раціональне та економне використання матеріалу;
- мінімальна кількість технологічних операцій і низька трудомісткість їх виконання;

- відсутність необхідності в подальшій механічній обробці;
- скорочення потреби в обладнанні та виробничих площах;
- зменшення кількості технологічної оснастки, а також витрат і часу на підготовку виробництва;
- підвищення продуктивності окремих операцій та виробництва загалом.

До загальних технологічних вимог, що висуваються до конструкції листових штампованих деталей, належать:

- відповідність механічних властивостей листового матеріалу не лише вимогам міцності та жорсткості готового виробу, а й особливостям процесу формоутворення та характеру пластичних деформацій;
- забезпечення такої конфігурації деталі або її розгортки, яка сприяє найбільш ефективному використанню листового матеріалу.

Практичний досвід листового штампування дозволив сформувати низку критеріїв технологічності, які використовуються технологами під час оцінювання конструкції деталей. Ці критерії визначають граничні параметри виробів, відхилення від яких призводить до зростання трудомісткості штампувальних операцій, а також ускладнення конструкції та підвищення вартості штампового оснащення.

При чистовій вирубці нашої деталі шорсткість поверхні зрізу Ra 0,1...0,4.

Мінімальні радіуси заокруглень прямих ділянок плоских деталей визначаються у частках товщини матеріалу. Для даної деталі значення радіусів перебувають у межах 0,3–0,65 товщини матеріалу, що відповідає технологічним вимогам.

Мінімальні розміри отворів, які можуть бути отримані пробиванням у штампах без застосування спеціальних напрямних пристроїв для пуансонів, також відповідають нормативним вимогам. Діаметр круглого отвору становить 6 мм, що перевищує допустиме мінімальне значення 1,5 мм. Розмір квадратного отвору дорівнює 75 мм, що значно більше за мінімально допустиме значення 1,10 мм.

Мінімальна відстань між пробивними отворами та краєм деталі визначається залежно від товщини матеріалу. У даному випадку відстань від круглого отвору до краю деталі становить 7 мм, що перевищує мінімально допустиме значення 1,0 мм.

Проведений аналіз креслення показує, що деталь має досить складну геометричну форму. Її виготовлення може здійснюватися у два технологічні переходи: спочатку виконується пробивання внутрішнього отвору, після чого здійснюється вирубування зовнішнього контуру. Водночас деталь характеризується відносно невеликими габаритними розмірами.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що конструкція деталі відповідає основним вимогам технологічності та є придатною для ефективного виготовлення методом холодного листового штампування.

Матеріал вихідної заготовки *Лист* $\frac{ПН - 0 - 2,0 \text{ ГОСТ } 19904 - 90}{30X \text{ ГОСТ } 1577 - 93}$

Таблиця 1.1. Механічні та фізичні властивості матеріалу [4]

Матеріал	σ_B , МПа	σ_s , МПа	δ_{10} %	γ , г/см ³
Сталь 30Х	685	490	11	7,85

1.2 Оптимальна схема розкрою стандартного листа

Для забезпечення раціонального використання матеріалу необхідно обрати оптимальну схему розміщення заготовок в штабі, а також визначити найбільш ефективне розташування штаб на листі стандартного формату. Під час штампування деталей зі штаби між суміжними заготовками передбачається наявність технологічних перемичок, які забезпечують необхідну жорсткість штаби та надійність процесу штампування.

Визначаємо розміри перемичок: для товщини деталі $S = 2$ мм, $a = 2,52$ мм, $b = 2,2$ мм.

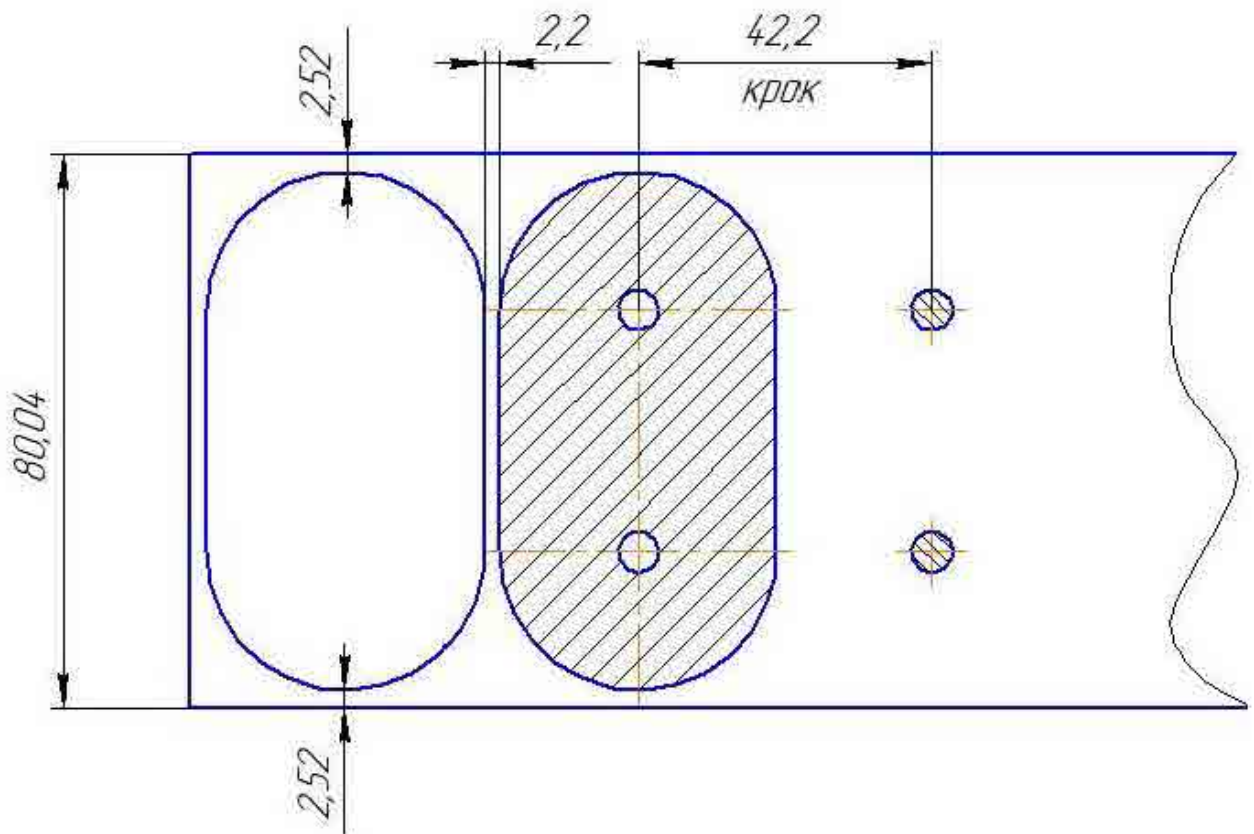


Рисунок 1.2 – Операційний ескіз

Ширину штаби визначаємо за формулою:

$$B = (A + 2a);$$

$$A = 35 + 2 \cdot R = 35 + 2 \cdot 20 = 75 \text{ мм}$$

$$B = (75 + 2 \cdot 2,52) = 80,04 \text{ мм}$$

Крок штампування визначаємо за формулою:

$$t = l + b = 40 + 2,2 = 42,2 \text{ мм}$$

а) Розглянемо два варіанти розкрою листа 600 мм x 1420 мм

Горизонтальний розкрій листа:

Кількість штаб, що вміщуються на лист:

$$\frac{600}{80,04} = 7,4$$

Кількість заготовок в штабі:

$$\frac{1420}{42,2} = 33,6$$

Кількість заготовок з листа:

$$7 \cdot 33 = 231$$

Вертикальний розкрій листа:

Кількість штаб, що вміщуються на лист:

$$\frac{1420}{80,04} = 17,7$$

Кількість заготовок в штабі:

$$\frac{600}{42,2} = 14,23$$

Кількість заготовок з листа:

$$17 \cdot 14 = 238$$

При горизонтальному розкрії листа отримуємо найбільшу кількість заготовок.

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{N \cdot F}{B \cdot L},$$

де N – кількість заготовок;

F – площа заготовки:

$$F = F_1 + 2F_2 - 2F_3;$$

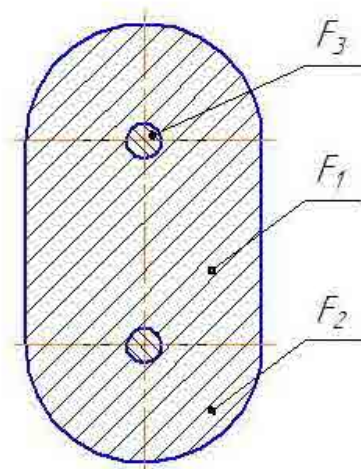


Рисунок 1.3 – До розрахунку площі поверхні заготовки

$$\text{Тоді } F = 35 \cdot 40 + \pi \cdot 20^2 - 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 6^2}{4} \right) = 2600,09 \text{ мм}^2$$

B, L - ширина і довжина листа, що розрізається.

$$\text{Відповідно } \eta = \frac{238 \cdot 2600,09}{1420 \cdot 600} = 0,73$$

б) Розглянемо два варіанти розкрою листа 800 мм x 1500 мм

Горизонтальний розкрій листа:

Кількість штаб, що вміщуються на листі:

$$\frac{800}{80,04} = 9,99$$

Кількість заготовок з штаби:

$$\frac{1500}{42,2} = 35,5$$

Кількість заготовок з листа:

$$9 \cdot 35 = 315$$

Вертикальний розкрій листа:

Кількість штаб, що вміщуються на листі:

$$\frac{1500}{80,04} = 18,74$$

Кількість заготовок в штабі:

$$\frac{800}{42,2} = 18,9$$

Кількість заготовок з листа:

$$18 \cdot 18 = 324$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{324 \cdot 2851}{800 \cdot 1500} = 0,76 \quad \eta = \frac{324 \cdot 2600,09}{1500 \cdot 800} = 0,70$$

Кращим розташуванням заготовок є варіант з розміром листа 600мм×1420мм із вертикальним розкром листа на штаби на з коефіцієнтом використання матеріалу = 0,73.

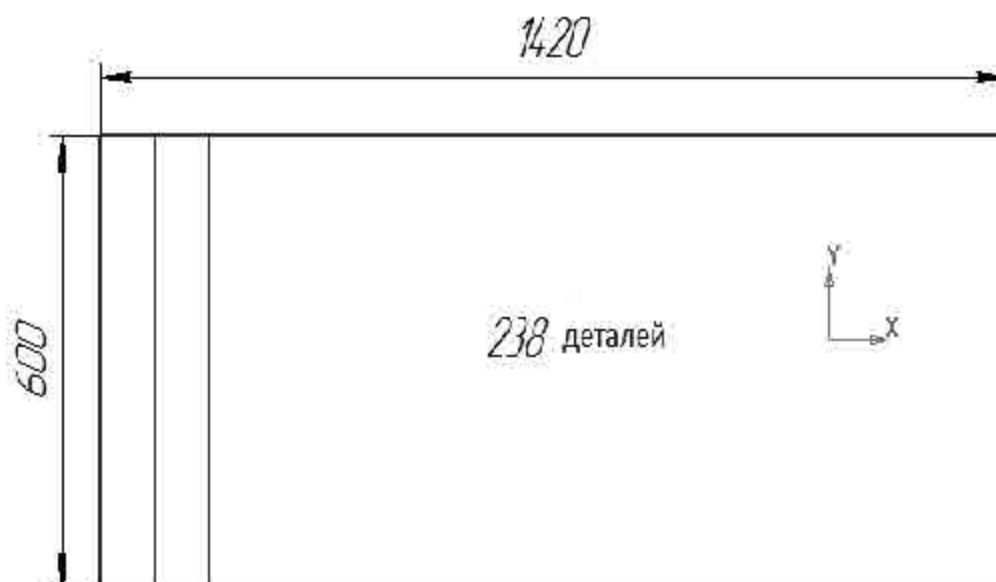


Рисунок 1.4 – Схема розкрою листа

Під час розроблення технологічного процесу виготовлення деталі необхідно визначити схему штампування, тобто встановити послідовність виконання операцій і вибрати конструкцію штампа. Оптимальний вибір цих параметрів можливий лише за умови врахування всіх чинників, що впливають на процес виготовлення.

Для виробництва даної деталі застосовується схема штампування послідовної дії. У цьому випадку виготовлення здійснюється за два переходи між сусідніми пуансонами при послідовному переміщенні заготовки в горизонтальному напрямку. Вибір такого типу штампа зумовлений також вимогами до точності деталі, яка відповідає 12-му квалітету. Для деталей 12-го квалітету та нижчої точності доцільно використовувати саме штампи послідовної дії.

1.3 Зусилля штампування

Відрізування штаб від листа

Зусилля, яке необхідно прикласти для відрізання штаби від листового матеріалу на листових ножницях, визначається за розрахунковою формулою. При цьому враховуються механічні характеристики матеріалу, товщина

листа, довжина лінії різку, а також конструктивні особливості використовуваного обладнання [2]:

$$P = 0,5 \frac{S^2}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \sigma_s = 0,5 \frac{2^2}{\operatorname{tg} 5^\circ} \cdot 490 = 11201,5 \text{ Н}$$

де

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

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

Вибір листових ножиць моделі НА3218 обумовлений параметрами оброблюваного матеріалу, зокрема максимальною товщиною листа та необхідною довжиною різання. Технічні можливості цієї моделі дозволяють виконувати різання листового металу завтовшки до 6,3 мм при довжині різку до 2000 мм, що повністю задовольняє вимоги розробленого технологічного процесу та забезпечує якісне й надійне виконання операції відрізання заготовок [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

Зусилля штампування деталі з штаби

Сумарне зусилля для виготовлення деталі можна визначити за формулою:

$$\sum P_{\text{вигот}} = P_{\text{вир}} + P_{\text{проб}} + P_{\text{прош}}, \quad (1.2)$$

де $P_{\text{вир}}$ – зусилля, необхідне для вирубування деталі;

$P_{\text{проб}}$ – зусилля, необхідне для пробивання деталі;

$P_{\text{прош}}$ – зусилля, необхідне для проптовхування деталі.

Зусилля пробивання та вирубки можна визначити за формулою:

$$P = \kappa \cdot L \cdot S \cdot \sigma_s, \quad (1.3)$$

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

L – периметр деталі, що вирубується, або пробивається:

$$L_{\text{вир}} = 2 \cdot 35 + 2 \cdot \pi \cdot 20 = 195,66 \text{ мм};$$

$$L_{\text{проб}} = 2 \cdot \pi \cdot 6 = 37,7 \text{ мм};$$

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

Отже, зусилля вирубки:

$$P_{\text{вир}} = 195,66 \cdot 2 \cdot 490 = 191750 \text{ Н} = 191,75 \text{ кН}$$

Зусилля пробивання:

$$P_{\text{проб}} = 37,7 \cdot 2 \cdot 490 = 36946 \text{ Н} = 36,95 \text{ кН}$$

Зусилля проптовхування деталі та відходу визначимо за наступною залежністю:

$$P_{\text{прош}} = k_{\text{прош}} \cdot P_{\Sigma} \cdot \frac{h}{S}, \quad (1.4)$$

де $k_{\text{прош}} = 0,06$ коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу;

P_{Σ} - зусилля вирубки та пробивання:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{вир}} + P_{\text{проб}} = 191,75 + 36,95 = 228,7 \text{ кН};$$

h - висота циліндричного пояса матриці: $h = 6$

$$P_{\text{проб}} = 0,06 \cdot 228,7 \cdot \frac{6}{2} = 41,17 \text{ кН}$$

Отже, сумарне зусилля, яке необхідне для виготовлення деталі рівне:

$$\sum P_{\text{вигот}} = 228,7 + 41,17 = 269,87 \text{ кН}$$

Значення потрібного сумарного зусилля, що потрібно під час добору пресового устаткування.

$$P_{\text{преса}} = 1,25 \cdot \sum P_{\text{вигот}} = 1,25 \cdot 269,87 = 337,74 \text{ кН}$$

Вибір однокривошипного відкритого преса простої дії моделі K2124 здійснюється на основі розрахункового зусилля штампування та габаритних розмірів штампа. Технічні параметри цього преса забезпечують необхідний запас за зусиллям, а також достатні розміри робочої зони – стола та повзуна. Це дає змогу безперешкодно встановити штамп, забезпечити стабільне виконання операцій штампування та дотриматися вимог технологічного процесу й норм безпеки під час роботи обладнання.

Таблиця 1.2. Параметри преса K2124

Номінальне зусилля P преса, кН		600
Ход повзуна, мм		16-100
Число ходів повзуна на хв	швидкоходного	90
	тихоходного	
Найбільша відстань між столом и повзуном в його нижньому положенні при нормальному ході, мм.		340
Регулювання відстані між столом и повзуном, мм.		80
Відстань від осі повзуна до станини, мм.		260
Розміри столу, мм.	B	500
	L	340
Розмір отвору в столі, мм.	B1	100
	d	-
Розміри отвору в повзуні для кріплення штампа	d'	50
	l	650
Кут нахилу станини α , град.		30
Вага преса нормальним(тихоходним) числом ходів(не більше), кг		6650

Розділ 2. Проектування штампа

2.1 Вибір схеми штампу

На підставі виконаних розрахунків і прийнятої схеми штампування для виготовлення деталі обираємо штамп послідовної дії, призначений для виконання операцій пробивання отвору та подальшого вирубування деталі по зовнішньому контуру. Така конструкція штампа забезпечує послідовне виконання технологічних переходів під час переміщення заготовки між робочими позиціями. Відповідно до прийнятої схеми штампування, обраний штамп має такі конструктивні особливості:

- за родом виконуваної операції - для вирубки-пробивки;
- за спільністю операції – двоопераційний;
- за способом впливу на заготівлю – послідовної дії;
- за кількістю одночасно штампованих деталей – одна;
- за способом фіксації заготовки у штампі – за допомогою упорів.

2.2 Розрахунок деталей штампа на міцність

Матриця та пуансон є головними робочими елементами штампа, від конструкції та якості виготовлення яких залежать ефективність роботи, надійність, точність обробки та довговічність штампового оснащення.

Розрахунок пуансонів.

Розрахунок опорної поверхні головки пуансона на стиск.

Пробивний пуансон. Приймаємо пуансон за ГОСТ 16625-80 і приймаємо, що він працює без додаткових направляючих пристроїв.

Визначаємо коефіцієнт, який залежить від умовної гнучкості пуансона і враховує можливу втрату стійкості пуансона. Для пуансонів некруглого перерізу цей коефіцієнт залежить від параметра:

$$\mu = \frac{0,7 \cdot h_n \cdot \sqrt{F_{роб}}}{\sqrt{I}}, \quad (2.1)$$

де $F_{роб}$ - площа перерізу робочої частини пуансону, мм²;

I - мінімальний осьовий момент інерції поперечного перерізу робочої частини пуансону, мм⁴;

h_n - довжина робочої частини пуансону, мм.

$$F_{роб} = 3,14 \cdot 6 = 18,84 \text{ мм}^2,$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 6^4}{32} = 127,23 \text{ мм}^4,$$

$$h_n = 91 - 36 = 57 \text{ мм}$$

$$\text{Тоді } \mu = \frac{0,7 \cdot 57 \cdot \sqrt{18,84}}{\sqrt{127,23}} = 15,35$$

З огляду на це значення отримуємо $\varphi = 0,6$

$$\sigma_{стис} = \frac{P}{\varphi \cdot F_k}, \quad (2.2)$$

де P – технологічне зусилля, що сприймається пуансоном, що перевіряється, Н.

F_k – площа контакту робочого торця пуансона зі матеріалом, що штампується, мм²: $F_k \approx F_{роб}$

$$\text{Тоді } \sigma_{стис} = \frac{18475}{0,6 \cdot 18,84} = 1634,38 \text{ МПа} \quad \sigma_{стис} \leq [\sigma]$$

Пуансон для вирубання:

$$F_{роб} = 2600,09 \text{ мм}^2,$$

$$I = 1123304,5 \text{ мм}^4$$

$$h_n = 57 \text{ мм}$$

$$\mu = \frac{0,7 \cdot h_n \cdot \sqrt{F_{роб}}}{\sqrt{I}} = \frac{0,7 \cdot 57 \cdot \sqrt{2600,09}}{\sqrt{1123304,5}} = 1,92$$

З огляду на це значення отримуємо $\varphi = 1$

$$\sigma_{стис} = \frac{191750}{1 \cdot 2600,09} = 73,75 \text{ МПа} \quad \sigma_{стис} \leq [\sigma]$$

Розрахунок опорної поверхні головки пуансона на зминання.

Розрахунок проводять за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{F_{гол}}, \quad (2.3)$$

де P – зусилля, яке сприймається пуансоном;

$F_{гол}$ – площа опорної поверхні головки.

Пуансон для пробивання:

$$F_{гол} = \frac{\pi \cdot 14^2}{4} = 153,94 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{зм} = \frac{18475}{153,94} = 120 \text{ МПа}; \quad \sigma_{зм} \leq [\sigma]$$

Пуансон для вирубання:

$$F_{\text{зол}} = 3165,43 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{191750}{3165,43} = 60,57 \text{ МПа}; \sigma_{\text{зм}} \leq [\sigma]$$

Оскільки $\sigma_{\text{зм}} > 100 \text{ МПа}$, між верхньою плитою і пуансонотримачем встановлюємо загартовану підкладну плитку.

2.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штамп

Виконавчі розміри робочих деталей штамп.

Робочі елементи штампів для вирубування та пробивання можуть виготовлятися як спільно, так і окремо. У разі спільного виготовлення одну з робочих деталей підганяють до іншої. Під час виготовлення штамп для вирубування пуансон підганяють до матриці, оскільки саме матриця є основною деталлю та визначає розміри елемента, що підлягає штампуванню. Виконавчі розміри основної деталі (L_m або L_n) визначаються за відповідними таблицями, тоді як розміри спряженої деталі встановлюють шляхом підгонки до основної з урахуванням зазору z та допуску на зазор Δz .

При окремому виготовленні пуансона і матриці для пробивання отворів кожна деталь обробляється до кінцевих розмірів незалежно одна від одної, без взаємної підгонки. У цьому випадку виконавчі розміри пуансона та матриці визначаються розрахунковим шляхом за відповідними формулами:

$$L_n = (L_n + \Pi_u)_{-\delta_n}, \quad (2.4)$$

$$L_m = (L_n + \Pi_u + z)_{+\delta_m}, \quad (2.5)$$

де L_n, L_m - відповідно розміри пуансону та матриці;

L_n - номінальний розмір елемента, що штампується;

Π_u - припуск на знос матриці та пуансона;

z - величина двостороннього зазору між матрицею та пуансоном;

δ_n, δ_m - допуски розмірів пуансону та матриці;

δ'_n, δ'_m - абсолютні значення полів допусків.

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

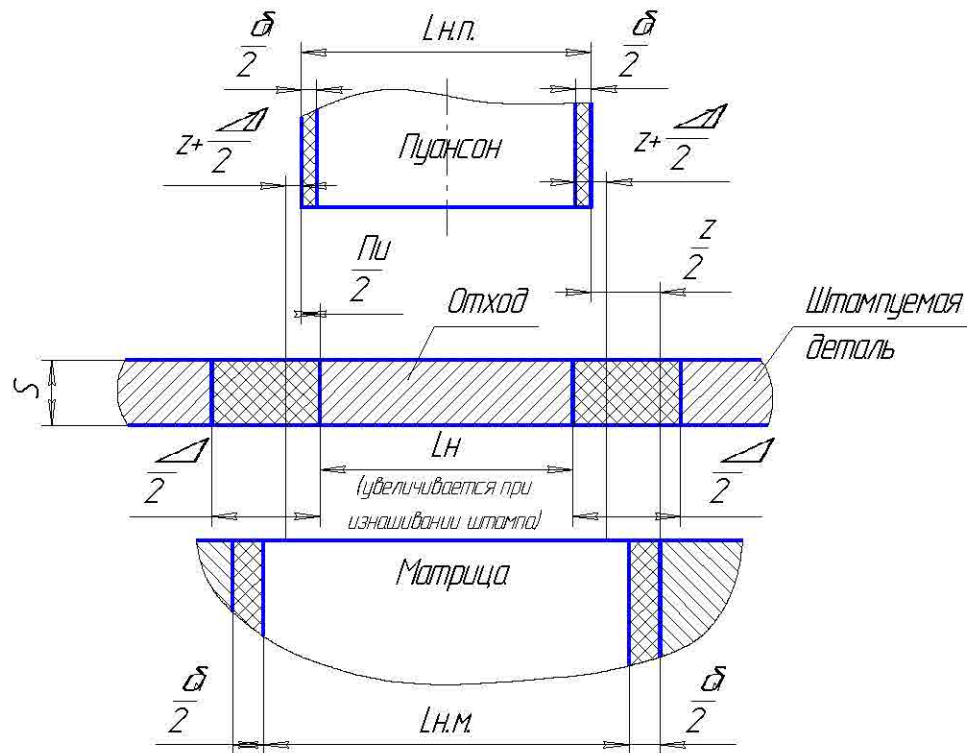


Рисунок 2.2 – Схема розмірів і полів допусків

Вибір двостороннього зазору між матрицею та пуансоном під час штампування металів у штампах із металевими робочими елементами здійснюється відповідно до рекомендованих нормативних значень. [1, стр.67].

$$z = 0,21 \text{ мм}; \Delta z = +0,030 \text{ мм (при } \sigma_{зр} = 942 \text{ МПа, } S = 2 \text{ мм)}$$

«6» Для Н12 и h12 припуск на знос $\Pi_u = 0,13 \text{ мм}$

$$\delta_m = 0,035 \text{ мм}, \delta_n = 0,022 \text{ мм}, \delta'_n = 0,030 \text{ мм}, \Delta = +0,15 \text{ мм}.$$

Підбираємо поля допусків, так щоб виконувалася умова: $(\delta'_m + \delta'_n) \leq \Delta z$

$$\delta_m = 0,035 \text{ мм}, \delta_n = 0,022 \text{ мм}, \delta'_m = +0,036 \text{ мм}, \delta'_n = -0,015 \text{ мм} \quad (\delta'_m + \delta'_n) = (0,036 - 0,015) = 0,021 \leq 0,03 \text{ мм}$$

Пробивання отвору 6мм:

$$L_m = (6 - 0,13 + 0,21)^{+0,036} = 6,08^{+0,036} \text{ мм},$$

$$L_n = (6 - 0,13)_{-0,015} = 5,87_{-0,015} \text{ мм}.$$

Вирубання деталі:

Для розмірів «R20»

$$L_m = (20 - 0,15/2)^{+0,033} = 19,93^{+0,036} \text{ мм},$$

$$L_n = (20 - 0,21/2 - 0,13/2)_{-0,021} = 19,83_{-0,021} \text{ мм}.$$

Для розміру «40»

$$L_m = (40 - 0,2)^{+0,039} = 39,8^{+0,039} \text{ мм},$$

$$L_n = (40 - 0,2 - 0,21)_{-0,016} = 39,59_{-0,016} \text{ мм}.$$

Для розміру «35»

$$L_m = (35 - 0,2)^{+0,039} = 34,8^{+0,039} \text{ мм},$$

$$L_n = (35 - 0,2 - 0,21)_{-0,016} = 34,59_{-0,016} \text{ мм}.$$

Вибір матриці.

Форма матриці визначається конфігурацією та геометричними розмірами деталі, що підлягає штампуванню. Під час її проєктування

враховують не лише контур виробу, а й технологічні вимоги до процесу штампування, зокрема забезпечення необхідної жорсткості, міцності та довговічності інструмента. Габаритні розміри матриці встановлюють на основі розмірів робочої зони, яка повинна забезпечувати вільне розміщення робочого контуру, кріпильних елементів, напрямних, а також необхідний запас матеріалу навколо робочої порожнини для сприйняття навантажень, що виникають під час роботи.

Для розроблюваної деталі розміри робочої зони становлять 40×75 мм. З урахуванням цих параметрів, а також вимог до міцності й конструктивного виконання штампа, обрано матрицю з габаритними розмірами 160×160 мм (A×B). Такі розміри забезпечують достатню жорсткість конструкції, можливість надійного кріплення матриці в плиті штампа та рівномірний розподіл навантаження під час виконання операції штампування, що позитивно впливає на точність обробки та ресурс інструмента.

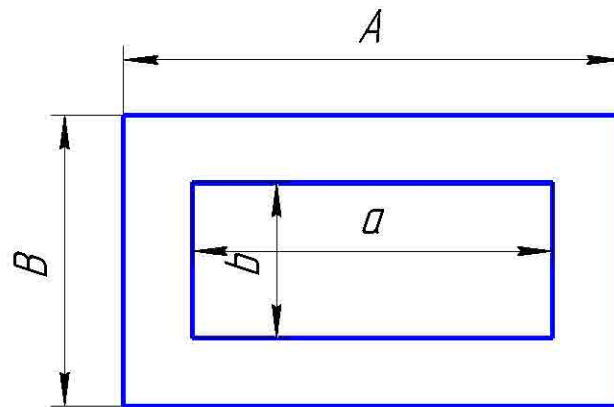


Рисунок 2.3 – Матриця

Товщину матриці H_m визначаємо з емпіричної залежності[1]:

$$H_m = S + K_m \sqrt{a_p + b_p} + 7, \quad (2.6)$$

S - товщина матеріалу, що штампується;

a_p, b_p - довжина та ширина робочої зони матриці;

K_m - коефіцієнт, що залежить від матеріалу.

$S = 2$ мм, $a_p = 40$ мм, $b_p = 75$ мм, для сталі 30Х при $\sigma_B = 685$ МПа $K_m = 1,3$.

$$H_m = 2 + 2\sqrt{75 + 40} + 7 = 30,45 \text{ мм}$$

Перевіримо достатність товщини матриці за формулою:

$$H_m = \sqrt[3]{100P} \quad (2.7)$$

де P - сумарне зусилля у кН; $P = 338$ кН.

$$H_m = \sqrt[3]{100P} = \sqrt[3]{100 \cdot 338} = 32,33 \text{ мм.}$$

Таким чином, на підставі проведених розрахунків встановлено, що товщина обраної матриці повинна становити не менше 32 мм. Для забезпечення достатньої міцності, жорсткості та довговічності інструмента приймаємо товщину матриці відповідно до стандартного ряду типорозмірів.

Із нормативного ряду стандартних значень обираємо матрицю товщиною $H_m = 32$ мм, що повністю відповідає розрахунковим вимогам і забезпечує надійну роботу штампа в процесі експлуатації. Блок №30 [1, стр.448]

$$d_{nn} = 32 \text{ мм}, d_{nn}' = 28 \text{ мм}, h_1 = 56 \text{ мм}, h_2 = 50 \text{ мм}, l_{ent} = 45 \text{ мм}, l_1 = 40 \text{ мм}, l_2 = 25 \text{ мм} \\ L_2 = 253,8 \text{ мм}, L_3 = 205 \text{ мм}, L_4 = 250 \text{ мм}, L_5 = 250 \text{ мм}, r = 30 \text{ мм}$$

Відстань між напрямними планками визначається з урахуванням ширини штаби $A_{шт}$, гарантованого зазору z_i між штабою та напрямними планками, а також допуску на цей розмір. Наявність гарантованого зазору забезпечує вільне переміщення заготовки в зоні штампування, запобігає її заклинюванню та зменшує тертя між штабою і напрямними елементами.

Водночас величина зазору не повинна бути надмірною, оскільки це може призвести до погіршення точності позиціонування заготовки та зниження якості штампованих виробів.

Розрахунок відстані між напрямними планками виконують залежно від ширини штаби $A_{шт}$, гарантованого зазору z_i та допуску на цей розмір відповідно до рекомендацій нормативної літератури [1]:

$$B_{пл} = (A_{шт} + z_i)^{+0,06} = (80,04 + 1,0)^{+0,06} = 81,04^{+0,06}$$

Після визначення габаритних розмірів матриці можна перейти до вибору елементів її кріплення. Типорозміри кріпильних деталей встановлюють відповідно до габаритів матриці та рекомендацій нормативної літератури [1]. Для забезпечення надійного закріплення матриці приймаємо кріпильні гвинти з метричною різьбою M10 та установчі штифти діаметром 8 мм. Координати розташування елементів кріплення визначаються конструктивними вимогами і становлять: $e_1 = 15$ мм та $e_2 = 20$ мм. Таке розташування забезпечує надійне фіксування матриці в плиті штампа та запобігає її зміщенню під дією робочих навантажень.

Наступним етапом є вибір форми та конструктивного виконання отворів у матриці для операцій вирубування та пробивання. Конфігурація отворів повинна відповідати формі робочих елементів штампа та забезпечувати безперешкодне видалення відходів із робочої зони. При товщині заготовки $S = 2$ мм висоту калібрувального пояса матриці приймаємо $h = 6$ мм, що відповідає рекомендованим значенням для даної товщини матеріалу та забезпечує необхідну точність штампування.

Для видалення відходів зі смуги після завершення операції використовується нерухомий знімач. Його призначення полягає у зніманні відходу з пуансона після виконання робочого ходу без додаткового впливу на заготовку. Отвір у нерухомому знімачі повторює контур відповідного

пуансона, але виконується із технологічним зазором z_c , величина якого забезпечує вільне проходження пуансона та надійне відокремлення відходу без заклинювання або пошкодження робочих поверхонь.

при $S=2\text{ мм}$ і $\sigma_b=685\text{ МПа}$ $z_c=2\text{ мм}$.

Висота зйомника $H_c = 0,8 H_m = 0,8 \cdot 32 = 25,6 = 26\text{ мм}$

Висоту прямої планки та висоту грибкового упору визначаємо залежно від товщини матеріалу $S=2\text{ мм}$ і довжини прямих планок:

$$h_{nl} = 6\text{ мм}, h_y = 3\text{ мм}$$

По висоті прямої планки виберемо разовий упор:

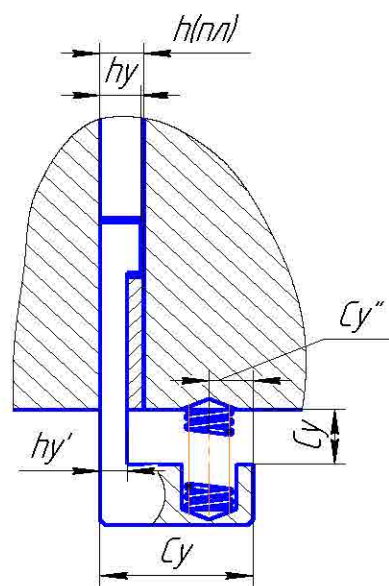


Рисунок 2.4 – Розміри рухомого упору

$h_{nl}=6\text{ мм}$, $h_y=3\text{ мм}$, $h_y'=5\text{ мм}$, $B_y=8\text{ мм}$, $C_y=4\text{ мм}$, $C_y'=18\text{ мм}$, $L_y'=6\text{ мм}$, $L_y''=10\text{ мм}$, $C_y''=5\text{ мм}$, $D_{прж}=5\text{ мм}$

Визначимо відстань від осі отвору в матриці до розового (разового) упору. Ця відстань є важливим конструктивним параметром штампа, оскільки забезпечує правильне позиціонування заготовки перед виконанням операції штампування. Вона впливає на точність подачі матеріалу, стабільність роботи штампа та якість отриманих деталей. Розрахунок

виконується з урахуванням геометричних параметрів робочої зони матриці, положення отвору та конструктивних особливостей упорного елемента:

$$a_y = \left(\frac{L_n}{2} + b - 0.2 \right)^{+0.1}$$

$$L_n = 40 \text{ мм}, a_y = \frac{40}{2} + 2.4 - 0.2 = 22.2 \text{ мм}$$

З урахуванням висоти напрямної планки приймаємо грибковий упор. Такий тип упора забезпечує надійне фіксування та стабільне позиціонування заготовки в процесі подачі, а також відзначається простотою конструкції та зручністю в експлуатації.

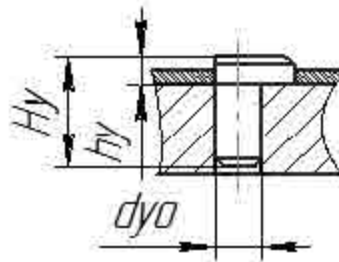


Рисунок 2.5 – Розміри не рухомого упору

$$h_y = 4 \text{ мм}, d_{yp} = 6 \text{ мм}, H_y = 10 \text{ мм}.$$

Відстань між осями отворів у матриці та постійного упора повинна відповідати встановленим конструктивним і технологічним вимогам. Вона визначається з урахуванням забезпечення точного базування заготовки, стабільності її положення під час штампування та виключення можливих зміщень у процесі роботи штампа.

$$l_y = \left(\frac{L_n}{2} + \frac{d_y}{2} + b - 0.2 \right)_{-0.1}$$

$$l_y = \left(\frac{40}{2} + \frac{10}{2} + 2.2 - 0.2 \right)_{-0.1} = 27 \text{ мм}$$

2.4 Конструкція штампу, послідовність виготовлення штампу та його складання

Вибір деталей штампа.

Виходячи з розмірів робочої зони, здійснюємо підбір габаритних розмірів матриці та виконуємо розрахунок її товщини за емпіричними залежностями. Отримані параметри матриці є основою для подальшого вибору конструктивних елементів штампа.

На основі визначених габаритів матриці приймаємо нижню та верхню плити №08 відповідно до вимог ГОСТ 13124-83, що забезпечує уніфікацію конструкції та її сумісність зі стандартними елементами штампового оснащення.

Пуансон для пробивання круглих отворів використовується як стандартний елемент згідно з ГОСТ 16621-80. Його розміри приймаються для отвору діаметром 6 мм, при довжині робочої частини $l = 91$ мм, що забезпечує необхідну міцність і працездатність інструмента.

Пуансон для вирубки у перерізі повторює контур деталі, що штампується, а його висота приймається аналогічною висоті пуансона для пробивання, що забезпечує уніфікацію конструктивних елементів і спрощує виготовлення штампа.

Довжина та ширина пуансонотримача визначаються відповідно до габаритних розмірів матриці, що забезпечує їх взаємну відповідність і правильне розташування робочих елементів у штампі.

Для забезпечення точного взаємного позиціонування елементів штампа застосовуються напрямні колонки ГОСТ 1030-5956 та напрямні втулки ГОСТ

1032-2456, які гарантують стабільність роботи та підвищену точність штампування.

Як елемент приводу та кріплення використовується хвостовик штампа згідно з ГОСТ 11738-72, що забезпечує надійне з'єднання штампа з пресовим обладнанням.

Діаметри гвинтів і штифтів для кріплення обираються відповідно до рекомендацій нормативної літератури [1, с. 77], з урахуванням навантажень та конструктивних особливостей штампа.

Розроблюваний штамп повинен забезпечувати виготовлення деталі відповідно до вимог технічної документації, гарантувати безпечні умови експлуатації та можливість подальшого ремонту і обслуговування. Крім того, конструкція штампа має відповідати ряду спеціальних вимог, що визначаються технологічними умовами процесу штампування.

Тому по призначимо такі допуски та посадки:

- нижня плита та напрямна колонка: посадка з натягом $S7/h6$;
- верхня плита та напрямна втулка: посадка з натягом $H7/s6$;
- напрямні колонка та втулка: ковзна посадка $H7/h6$;
- пуансони та пуансонотримач: посадка з натягом $N7/h6$;
- штифти: посадка з натягом $H7/m6$;
- гвинти: посадка $H7/g8$;
- хвостовик та верхня плита: посадка з натягом $H7/s6$;
- уловлювач та вирубний пуансон: посадка з натягом $H7/n6$.

Проектований штамп складається з пробивного (7) і вирубного (8) пуансонів, які запресовані в пуансонотримач (9), а також разового (17) і постійного (18) упорів, матриці (1) та знімача (10), виконаних спільно з напрямними планками (2, 3). Крім того, конструкція штампa містить кріпильні елементи: гвинти (12, 13) і штифти (20, 21, 22).

Робочі елементи штампa встановлюються між верхньою (4) та нижньою (5) плитами. Пуансонотримач (9) призначений для надійного кріплення пуансонів (7, 8). Хвостовик (19) слугує для з'єднання верхньої частини штампa з повзуном преса. Верхня площина хвостовика (19) обробляється у складі з пуансонами (7, 8) з метою забезпечення їх співвісності з матрицею (1).

Отвори для запресування пуансонів (7, 8) виконуються перпендикулярно до опорної поверхні пуансонотримача (9), що забезпечує правильне базування та надійну фіксацію робочих елементів. Пуансонотримач (9) кріпиться до верхньої плити (4) гвинтами (13), що запобігає зміщенню пуансонів відносно матриці (1) під час роботи штампa та в процесі його обслуговування.

Напрямні колонки (15) та втулки (14) призначені для забезпечення точного спрямування верхньої частини штампa відносно нижньої. Втулки (14) запресовуються у верхню плиту (4), а колонки встановлюються в нижню плиту (5), утворюючи систему напрямних елементів, що забезпечує стабільність руху штампa.

Штифти (20, 21) забезпечують дотримання постійного зазору між матрицею та пуансонами, а штифт (22) запобігає провертанню хвостовика (19) під час роботи.

Постійний упор (18) призначений для фіксації кроку подачі смуги матеріалу. Для зняття деталей і відходів з пуансонів (7, 8) та матриці (1) використовується знімач (10).

Кріплення штампа до повзуна та столу преса здійснюється наступним чином: верхня плита (4) з'єднується з повзуном за допомогою хвостовика (19), а нижня плита (5) фіксується на столі преса напрямними планками (2, 3). Для притискання напрямних планок у столі преса передбачені спеціальні пази під кріпильні гвинти.

У вихідному положенні пуансони (7, 8) знаходяться у верхньому положенні. Попередньо відрізана від листа штаба подається справа наліво між напрямними планками (2, 3) та знімачем (10) на поверхню матриці (1) до разового упора (17). Під час робочого ходу штамп виконує пробивання отвору пуансоном (7).

Після виконання першої операції разовий упор (17) знімається і надалі не використовується. У процесі робочого та зворотного ходів напрямок руху штаби забезпечується напрямними планками (2, 3).

Зняття штаби з пуансонів (7, 8) здійснюється за допомогою знімача (10). Відходи та готові деталі через отвори в нижній плиті (5) та столі преса потрапляють у відповідні приймальні ящики.

Технологія збирання штампа

1. Запресувати напрямні колонки (15) у нижню плиту (5) штампа.
2. Запресувати напрямні втулки (14) у верхню плиту (4). У верхню плиту встановити хвостовик.
3. Запресувати фіксатор (11), після чого встановити пуансон для вирубки (8) та запресувати пуансони (7, 8) у пуансонодержач (9).

4. Виконати спільне шліфування пуансонів (7, 8) разом із пуансонодержачем (9) у зібраному стані для забезпечення необхідної точності та співвісності.
5. Встановити пуансонодержач (9) із пуансонами (7, 8) та підкладну плиту (6) на верхню плиту (4), після чого стягнути конструкцію гвинтами (13). Просвердлити два отвори діаметром 8 мм і один отвір діаметром 6 мм, після чого запресувати відповідні штифти (21, 22) у виконані отвори.
6. Надіти верхній блок на напрямні колонки (15) та попередньо встановити матрицю (1) на нижню плиту (5).
7. Опустити верхній блок по напрямних колонках (15) і відрегулювати зазори між пуансонами (7, 8) та матрицею (1). Після цього закріпити матрицю (1) до нижньої плити (5) за допомогою струбцин.
8. Зняти верхню частину штампа. Встановити на матрицю (1) напрямні планки (2, 3) та знімач (10), після чого стягнути їх болтами (12). Просвердлити чотири отвори діаметром 8 мм і запресувати в них штифти (20) для фіксації.
9. Виконати остаточне складання верхньої та нижньої частини штампа, забезпечивши їх точне взаємне центрування по напрямних колонках (15).

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання роботи розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Планка». Проведено аналіз вихідних даних та запропоновано раціональну схему виготовлення, яка передбачає оптимізацію розкрою металопрокату. Також обґрунтовано доцільність суміщення операцій пробивання та вирубування в одному штампі, що дозволяє підвищити технологічну ефективність процесу. Реалізація запропонованих рішень забезпечує зменшення витрати матеріалу на одну деталь, скорочення трудомісткості виготовлення, підвищення точності штампування, а також зниження загальної кількості технологічного обладнання та вивільнення одного працівника-пресувальника.

2. У межах проєкту розроблено штамп оригінальної конструкції для виконання операцій вирубування та пробивання деталі «Планка». Конструкція штампа забезпечує необхідну точність взаємного розташування робочих елементів, стабільність процесу штампування та підвищену надійність роботи в умовах серійного виробництва. Використання стандартних елементів і уніфікованих вузлів дозволяє спростити виготовлення, складання та подальше обслуговування штампа, а також підвищити його ремонтпридатність і довговічність.

3. Виконано розробку графічної частини штампового оснащення для виготовлення деталі «Планка», яка включає складальні та деталювальні креслення основних вузлів і елементів конструкції. Графічні матеріали забезпечують повне уявлення про будову штампа, взаємне розташування його деталей та принцип роботи. Розроблена конструкторська документація відповідає вимогам нормативних стандартів і може бути використана для виготовлення та впровадження штампа у виробництво.

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