

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 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(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Сергій ЛИСУН

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

Рецензент:

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

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА

Лисуна Сергія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

2. Керівник роботи: к.т.н., доцент, Віталій ШМЕЛЬОВ

3. Строк подання роботи до захисту « ____ » червня 2025 р.

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

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»

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	ВСТУП	Травень 2025	
2	Основні розділи	Травень 2025	
3	ВИСНОВКИ	Червень 2025	
4	ДОДАТКИ	Червень 2025	
5	Графічна частина та оформлення	Червень 2025	

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

Віталій ШМЕЛЬОВ

(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач

Сергій ЛИСУН

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Лисун С.М. 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, 2025. 32 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

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

В роботі виконано розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування; розрахунок розкрою металопрокату; розрахунок технологічних зусиль за операціями; розроблено конструкції оснащення для виготовлення деталі «Планка».

Практичне значення: розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Планка», розроблено конструкції оснащення для виготовлення деталі «Планка», що дозволило знизити собівартість її виготовлення .

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

ANNOTATION

Serhii LYSUN Development of equipment for manufacturing the "Plank" part : qualifying bachelor's thesis: speciality 131 Applied mechanics / scientific director A. R. Aparakin; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 32 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. The work includes the calculation of the geometric parameters of the workpiece for stamping transitions; calculation of the cutting of rolled metal; calculation of technological efforts for operations; design of equipment for the manufacture of the "Plank" part has been developed.

Practical significance: an improved technological process for the manufacture of the "Plank" part has been developed, design of equipment for the manufacture of the "Plank" part has been developed, which allowed to reduce the cost of its manufacture.

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.25.10.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Сергій ЛИСУН

Керівник роботи к.т.н., доцент

_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
Розділ 1. Конструктивно - технологічний аналіз деталі, вибір заготовки та схеми штампування	9
1.1 Конструкція деталі та аналіз її технологічності.....	9
1.2 Оптимальна схема стандартного листа, що забезпечує максимальний коефіцієнт використання матеріалу.....	11
1.3 Зусилля штампування.....	15
Розділ 2. Проектування штампу, вибір обладнання.....	16
2.1 Вибір схеми штампу.....	16
2.2 Розрахунок деталей штампу на міцність.....	16
2.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампу та визначення центру тиску.....	18
2.4 Конструкція штампу, послідовність виготовлення штампу та його складання.....	24
2.5 Вибір преса, його технічна характеристика.....	27
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТКИ.....	32

Вступ

Понад 50% усіх деталей в авіабудуванні є штампованими. Велике поширення через свою простоту отримали штампи послідовної дії, що дозволяють легко отримувати деталі різних конфігурацій з достатньою точністю. Один з таких штамів і проектується у цій роботі.

Холодне штампування - один з найбільш прогресивних методів виготовлення деталей, що застосовується у всіх галузях машинобудування, оскільки він характеризується високою продуктивністю, порівняно невеликими втратами матеріалу, взаємозамінністю деталей, сприятливими умовами механізації та автоматизації процесів і, як наслідок, низькою собівартістю одержуваних деталей при відносно безпечних умовах.

При виготовленні деталей з листового матеріалу роблять такі основні операції (переходи):

- Різання (розкрій) - відділення однієї частини матеріалу від іншої;
- Гнучку - перетворення плоскої заготовки на деталь згинанням;
- Витяжку - перетворення плоскої та просторової заготовки на порожній виріб певної форми за допомогою складної деформації, що охоплює всю або більшу частину заготовки;

- Формування – зміна форми заготівлі під впливом місцевої деформації.

У технічному відношенні холодне штампування дозволяє:

- Отримувати деталі складних форм, виготовлення яких іншими методами обробки або неможливо або важко.

- Створювати міцні та жорсткі, але легкі за вагою конструкції деталей при невеликій витраті матеріалу.

- Отримувати взаємозамінні деталі з високою точністю розмірів переважно без подальшої механообробки.

В економічному відношенні холодне штампування має такі переваги:

- Економним використанням матеріалу та порівняно невеликими відходами.

- Дуже високою продуктивністю обладнання, із застосуванням механізації та автоматизації виробничих процесів.

- Низькою вартістю виробів, що виготовляються.

Найбільший ефект від застосування холодного штампування може бути забезпечений за комплексного вирішення технічних питань на всіх стадіях підготовки виробництва, для чого необхідно:

- Створити раціональні та технологічні конструкції або форми деталей, що допускають їхнє технологічне виготовлення.

- Застосовувати матеріал, що має необхідні для даної деформації механічні та технологічні властивості.

- Розробити та застосовувати технічно правильний та економічно доцільний технологічний процес штампування, що забезпечує отримання необхідних деталей та відповідає масштабу виробництва.

- Розробити правильну конструкцію штампу, що забезпечує виготовлення деталей необхідної якості та точності, а також високу продуктивність стійкість та безпеку в роботі

- Раціонально вибрати та використовувати тип та потужність преса.

Вихідними даними для проектування технології та штампу, а також вибору обладнання зазвичай є креслення деталі її призначення та технічні умови на виготовлення.

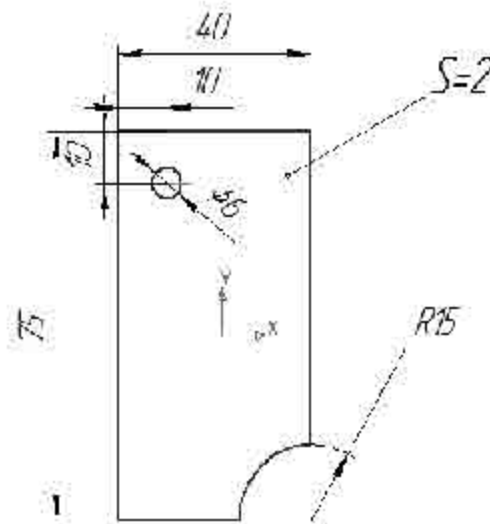
Мета роботи: розробити оснащення для виготовлення деталі «Планка».

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 креслення деталі



Матеріал: ХГСА ГОСТ 4543-71

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

Рисунок 1.1 Ескіз деталі

Технологічність - це сукупність властивостей та конструктивних елементів, які забезпечують найпростіше економічне виготовлення деталей за дотримання технологічних та експлуатаційних вимог до них.

Основними показниками технологічності деталей отриманих холодним штампуванням є:

- найменша витрата матеріалу;
- найменша кількість та низька трудомісткість операцій;
- відсутність подальшої механічної обробки;
- найменша кількість необхідного обладнання та виробничих площ;
- найменша кількість оснастки при скороченні витрат та термінів підготовки виробництва;

- збільшення продуктивності окремих операцій та цеху в цілому.

Загальні технологічні вимоги до конструкції штампованих листових деталей:

- механічні властивості листового матеріалу повинні відповідати не тільки вимогам міцності та жорсткості виробу, але також процесу формозміни та характеру пластичних деформацій;

- конфігурація деталі або її розгортки має забезпечувати вигідне використання листового матеріалу;

Практика листового штампування дає основу встановлення певних критеріїв технологічності, керуючись якими технолог може здійснити технологічний контроль деталей.

Зазначені критерії визначають критичні параметри деталей, відхилення від яких призводить до підвищення трудомісткості операцій штампування, а також складності та вартості штамсів.

При чистовій вирубці нашої деталі шорсткість поверхні зрізу

$$R_z = 0.4 \div 1.6 \text{ мкм} \quad R_z = 0.4 \div 1.6 \text{ мкм}$$

Найменші радіуси сполучення (у частках товщини матеріалу) прямолінійних ділянок плоских деталей. Для нашої деталі радіуси становлять 0,3-0,65.

Найменші розміри отворів, що пробиваються у штампах без спеціальних напрямних пристроїв для пуансонів. Ширина нашого круглого отвору становить 6 мм, що перевищує мінімальне 1,5 мм, а квадратного 7,5 мм, що перевищує 1,10 мм.

Найменші відстані між отворами, що пробиваються, і краєм деталі (у частках товщини матеріалу). Відстань між круглим отвором і краєм деталі становить 7 мм, більше мінімального 1,0 мм.

Аналіз креслення деталі дозволяє зробити такі висновки: конструкція цієї деталі має складну конфігурацію. Деталь можна виготовити за два переходи: пробивкою внутрішнього отвору та вирубанням зовнішнього контуру. Деталь має невеликі габарити.

Виходячи з перерахованого вище можна зробити висновок: деталь досить технологічна.

1.2 Оптимальна схема стандартного листа, що забезпечує максимальний коефіцієнт використання матеріалу

Для раціонального розкрою необхідно вибрати схему розташування заготовок на штабі та розташування смуг на аркуші стандартних розмірів. При штампуванні деталей зі смуги між сусідніми деталями має бути перемичка.

Визначаємо розміри перемичок:

Для товщини деталі $S = 2$ мм, $a = 2,52$ мм, $b = 2,2$ мм.

Деталь на штабі розміщуємо вертикально, оскільки це більш економічно:

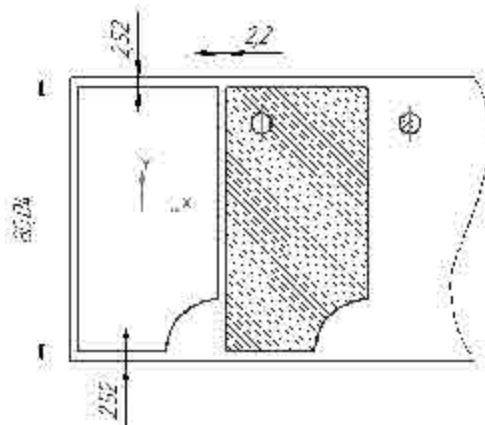


Рисунок 1.2 Операційний ескіз

Визначаємо ширину штаби:

$$B = (A + 2a + \delta),$$

де $\delta = 1,1$ мм - допуск на ширину штаби;

$$A = 75 \text{ мм}$$

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

Визначимо крок штампування:

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

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

При горизонтальному розташуванні штаб:

Кількість смуг, що вміщуються на листі:

$$l 80,04 = 7,4$$

Кількість заготовок на смузі:

$$l 42,2 = 33,6$$

Кількість заготовок на листі:

$$7 \times 33 = 231$$

При вертикальному розташуванні:

Кількість смуг, що вміщуються на аркуші:

$$l 80,04 = 17,7$$

Кількість заготовок на смузі:

$$l 42,2 = 14,23$$

Кількість заготовок на аркуші:

$$17 \times 14 = 238$$

При горизонтальному розташуванні смуг отримуємо найбільшу кількість заготовок. Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{NF}{BL}, \quad (1.1)$$

де N – кількість заготовок;

$$F = 75 \cdot 40 - 3,14 \cdot 9 \cdot (3,14 \cdot 225/4) = 2851 \text{ мм}^2 \text{ – площа заготовки;}$$

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

$$\text{Відповідно } \eta = \frac{238 \cdot 2851}{1420 \cdot 600} = 0.79$$

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

При горизонтальному розташуванні штаби:

Кількість смуг, що вміщуються на листі:

$$l 80,04 = 9,99$$

Кількість заготовок на штабі:

$$l 42,2 = 35,5$$

Разом $9 \times 35 = 315$ деталей на листі

При вертикальному:

Кількість смуг, що вміщуються на листі:

$$l \ 80,04 = 18,74$$

Кількість заготовок на штабі:

$$l \ 42,2 = 18,9$$

Кількість заготовок на листі:

$$18 \times 18 = 324$$

$$\eta = \frac{324 \cdot 2851}{800 \cdot 1500} = 0,76$$

Кращим розташуванням заготовок є варіант а) при вертикальному розташуванні смуг на листі, розміри якого 600мм x 1200мм і коефіцієнт використання матеріалу = 0,79.

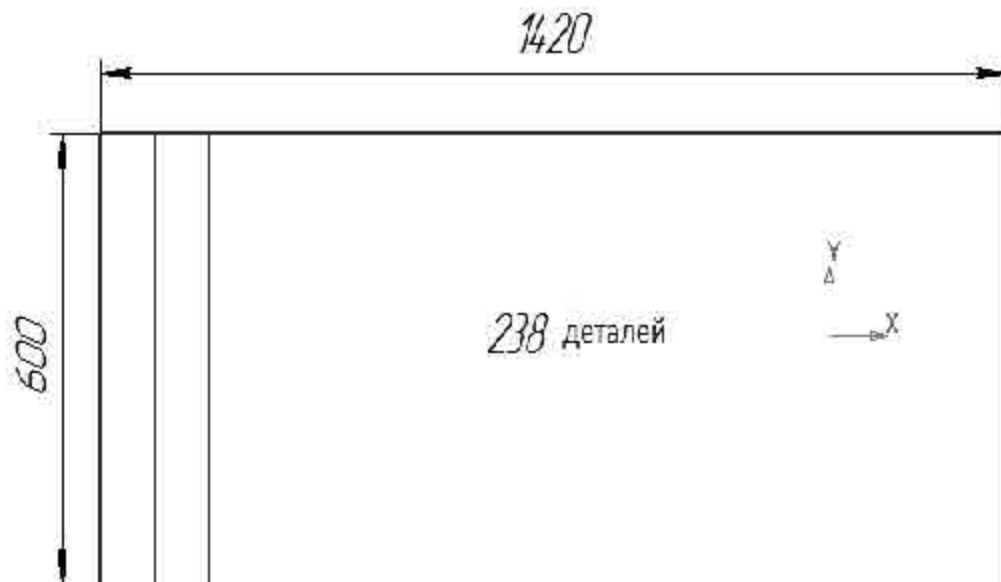


Рисунок 1.3 Схема розкрою листа

Під час розробки техпроцесу виготовлення деталі необхідно вибрати схему штампування, тобто. послідовність виконання операцій та схему штампу. Правильний вибір цих схем можливий лише на підставі врахування всіх факторів.

Для виготовлення даної деталі використовується схема штампування послідовної дії, в якій деталь виготовлятиметься за два переходи поруч пуансонів при послідовному переміщенні заготівлі в горизонтальному напрямку. Цей тип штампу вибрали також через те, що потрібна нам деталь 12-го квалітету (12 квалітет і наступні - штамп послідовної дії).

Схема штампування представлена на рисунку 1.4. Позначення на схемі:

- верхня плита 10 - нижня плита
- підкладна плита 11 - тимчасовий упор
- пуансонотримач 12 - постійний упор
- пуансон пробивний 13 - хвостовик преса
- пуансон вирубний 14-відхід
- знімач 15 - деталь
- смуга 16 - напрямні планки
- матриця
- уловлювач

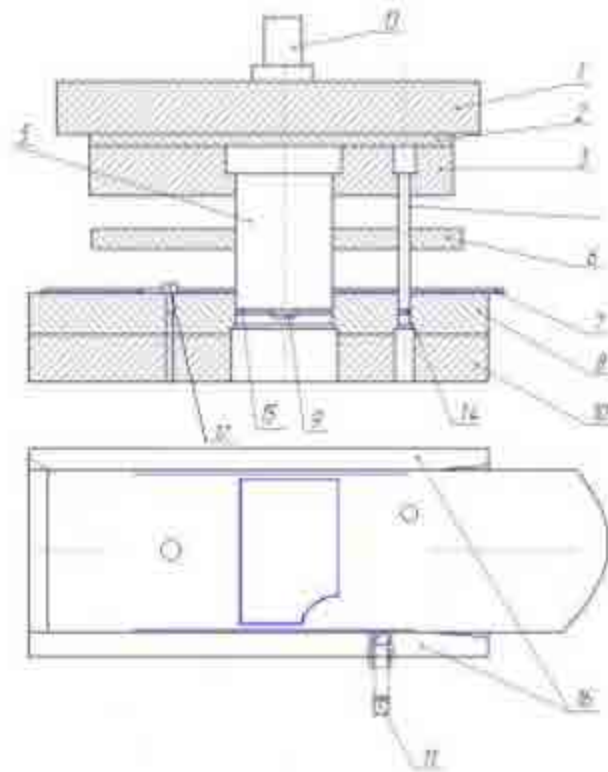


Рисунок 1.4 Схема штампування

Під час вирубни-пробивки відхід 14 деталі 15 падають через спеціальні отвори в ящики.

1.3 Зусилля штампування

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 проштовхування деталі.

Зусилля пробивання та вирубки можна визначити за формулою:

$$P_{\text{вир}} = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр}}, \quad (1.3)$$

$\sigma_{\text{зр}} = 640$ МПа;

$L_{\text{дет}} = 223,56$ мм – периметр деталі, що вирубується;

$L_{\text{отв}} = 18,84$ мм – периметр деталі, що пробивається;

$S = 2$ мм – товщина матеріалу.

Отже, зусилля вирубки:

$$P_{\text{вир}} = 640 \cdot 10^6 \cdot 223,56 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 285 \text{ кН.}$$

Зусилля пробивання:

$$P_{\text{проб}} = 640 \cdot 10^6 \cdot 18,84 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 12 \text{ кН.}$$

Зусилля проштовхування 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:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{проб}} + P_{\text{вир}} = 12 + 285 = 297 \text{ кН;}$$

h - висота циліндричного пояска матриці: $h = 3 \cdot S = 6$ мм

$$P_{\text{прош}} = 0,06 \cdot 297 \cdot \frac{6}{2} = 53,46$$

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

$$\sum P_{\text{вигот}} = 297 + 53,46 = 350,46 \text{ кН}$$

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

$$P_{\text{преса}} = 1,25 \cdot \sum P_{\text{агот}} = 1,25 \cdot 350,46 = 438,075 \text{кН}$$

Розділ 2. Проектування штампу, вибір обладнання

2.1 Вибір схеми штампу

На основі розрахунків та схеми штампування вибираємо штамп послідовної дії для пробивання отвору та вирубкування деталі за контуром. За схемою штамп є:

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

2.2 Розрахунок деталей штампу на міцність

Матриця та пуансон є основними конструктивними елементами штампу. Вони визначають працездатність, надійність та довговічність штампу.

Розрахунок пуансонів.

Розрахунок опорної поверхні головки пуансона на стиск.

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

Спочатку визначають 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.

$$F_{роб} = 3,14 \cdot 9 = 28,27 \text{ мм}^2,$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 6^4}{32} = 63,61 \text{ мм}^4,$$

$$h_n = 91 - 36 = 57 \text{ мм}$$

$$\text{Тоді } \mu = 2,8 \cdot \left(\frac{h}{d_n} \right) = 2,8 \cdot 91 / 6 = 42$$

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: $F_k \approx F_{роб}$

$$\text{Тоді } \sigma_{стис} = \frac{12000}{0,6 \cdot 28,27} = 707 \text{ МПа} \quad \sigma_{стис} \leq [\sigma]$$

Пуансон для вирубання:

$$F_{роб} = 2823 \text{ мм}^2,$$

$$I = 400000 \text{ мм}^4$$

$$h_n = 57 \text{ мм}$$

$$\mu = \frac{0,7 \cdot h_n \cdot \sqrt{F_{роб}}}{\sqrt{I}} = \frac{0,7 \cdot 57 \cdot \sqrt{2823}}{\sqrt{400000}} = 3,35$$

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

$$\sigma_{стис} = \frac{297000}{1 \cdot 2827} = 105 \text{ МПа} \quad \sigma_{стис} \leq [\sigma]$$

Розрахунок опорної поверхні головки пуансона на зминання.

Розрахунок проводять за формулою:

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

де P - зусилля, що сприймається пуансоном; площа опорної поверхні головки.

Пробивний пуансон.

$$F_{гол} = 3.14 \cdot 36 = 113 (\text{мм}^2)$$

$$\sigma_{см} = \frac{12000}{113} = 106 \text{ МПа}; \sigma_{см} \leq [\sigma]$$

Пуансон для вирубання

$$F = 2823 (\text{мм}^2)$$

$$\sigma_{см} = \frac{297000}{2823} = 105 \text{ МПа}; \sigma_{см} \leq [\sigma]$$

Оскільки $\sigma_{зм} > 100$ МПа, між верхньою плитою і пуансонотримача ставимо розжарену плиту.

2.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампу та визначення центру тиску

Центр тиску штамп.

Визначення центру тиску є дуже важливим завданням, тому що вісь рівнодіючої зусиль штампу повинна збігатися з віссю хвостовика штампу. Інакше може виникнути перекіс штампу, нерівномірність проміжків між матрицею і пуансонами, знос направляючих колонок преса і навіть поломка штампу. Центр тиску штампу знаходимо за такими формулами [1]:

$$x_0 = \frac{R * \sin \alpha}{\alpha} = 13$$

$$x1 = \frac{42.5 * 40}{40 + 75} = \frac{1700}{115} = 14.78$$

$$x2 = \frac{33.51 * 115}{115 + 60} = \frac{3853.65}{175} = 22.02$$

$$x3 = \frac{40.95 * 175}{175 + 23.56} = \frac{7166.25}{198.56} = 36.09$$

$$x4 = \frac{44.59 * 198.56}{198.56 + 25} = \frac{8853.7904}{224.56} = 39.6$$

$$x5 = \frac{42.16 * 223.56}{223.56 + 18.84} = \frac{9425.896}{242.4} = 38.88$$

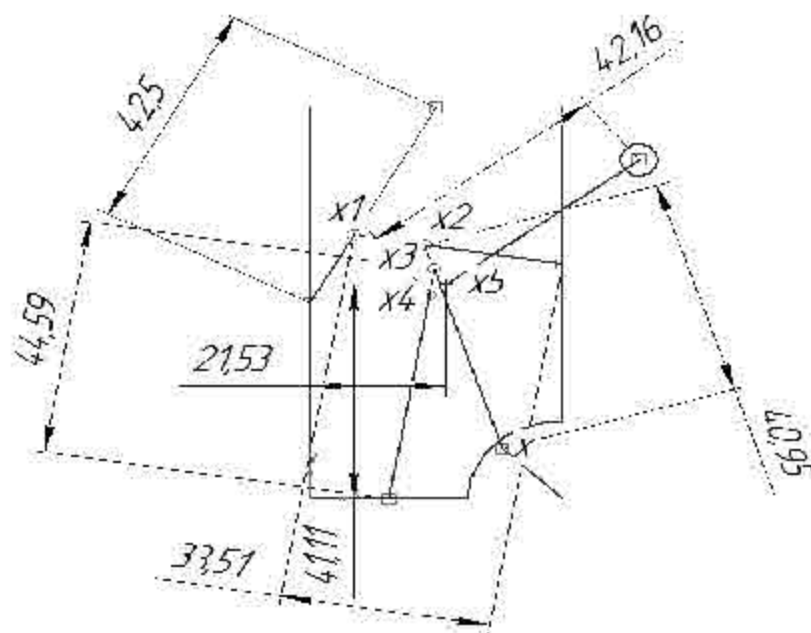


Рисунок 2.1 Координати центру тиску

Координати центру тиску будуть використані при конструюванні штампу: смуга в штампі повинна розташовуватися таким чином, щоб геометричний центр штампу і вертикальна вісь хвостовика збігалися з центром тиску.

Виконавчі розміри робочих деталей штампу.

Робочі деталі штампів для вирубкки та пробивання можна зробити разом і окремо. При спільному виготовленні одна з робочих деталей допрацьовується до іншої, при вирубкуванні - пуансон по матриці (матриця визначає розмір елемента, що штампується, і є основний). При цьому виконавчі розміри основної деталі (Lм або Lп) визначається за таблицею, а

сполучається - підганяються по основній із зазором z та допуском на зазор Δz .

Пробивання отвору при окремому виготовленні пуансону та матриці, тобто. вони обробляються до остаточних розмірів без взаємного узгодження. Їхні виконавчі розміри, в такому разі, розраховуються за 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 розмірів і полів допусків деталі, що штампується, і робочих деталей штапу при їх роздільному виготовленні.

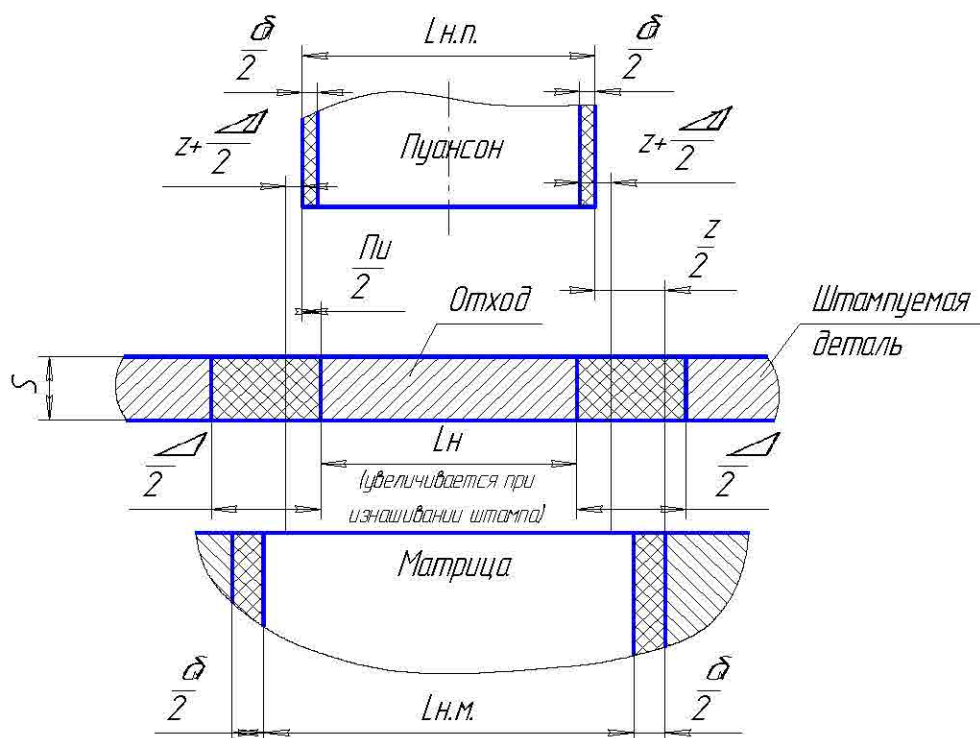


Рисунок 2.2 Схема розмірів і полів допусків

Підбираємо двосторонній зазор між матрицею та пунсоном при штампуванні металів у штампах з металевими робочими деталями [1, стр.67].

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

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

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

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

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

$$L_n = (6 + 0.13)_{-0.015} = 6.13_{-0.015} \text{ мм,}$$

$$L_m = (6 + 0.13 + 0.21)^{+0.036} = 6.34^{+0.036} \text{ мм.}$$

Аналогічно виконуємо:

Для розмірів «15»

$$L_n = (15 + 0.15)_{-0.021} = 15.15_{-0.021} \text{ мм,}$$

$$L_m = (15 + 0.15 + 0.21)^{+0.033} = 15.36^{+0.033} \text{ мм}$$

Для розміру «40»

$$L_n = (40 + 0.2)_{-0.016} = 40.2_{-0.016} \text{ мм,}$$

$$L_m = (40 + 0.2 + 0.21)^{+0.039} = 40.41^{+0.039} \text{ мм.}$$

Для розміру «75»

$$L_n = (75 + 0.25)_{-0.019} = 75.25_{-0.019} \text{ мм,}$$

$$L_m = (75 + 0.25 + 0.21)^{+0.030} = 75.46^{+0.030} \text{ мм}$$

Вибір матриці.

Форма матриці визначається формою і розмірами деталі, що штампується. Розміри матриці визначають, виходячи з розмірів робочої зони. Для цієї деталі розмір робочої зони 55,16x75мм. Виберемо матрицю із габаритними розмірами 160x160мм. (А x В).

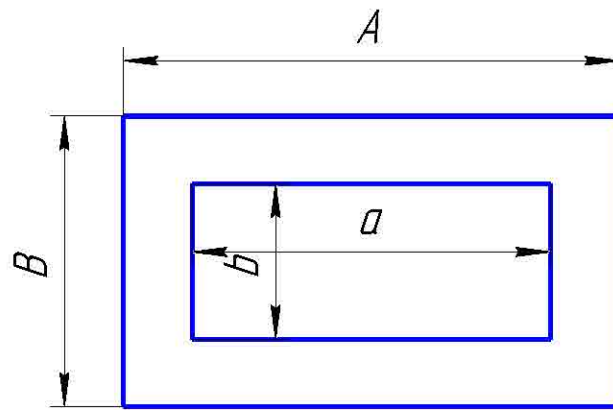


Рисунок 2.3 Матриця
Товщину матриці H_m визначаємо з емпіричної залежності[1]:

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

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, $a_p = 55,16$ мм, $b_p = 75$ мм, для сталі 30ХГСА при $\sigma_B = 1100$ МПа

$K_m = 1,3$.

$$H_m = 2 + 2\sqrt{75 + 55,16} + 7 = 31,81 \text{ мм}$$

Перевіримо достатність товщини матриці за формулою:

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

де P - сумарне зусилля у кН; $P = 350$ кН.

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot 350} = 32 \text{ мм}$$

Отже, обрана надалі матриця повинна мати товщину понад 32 мм.

Візьмемо із стандартного ряду значень товщин матриць товщину матриці

$H_m = 32$ мм.

За цими параметрами ми можемо визначити основні розміри блоків та напрямних вузлів: Блок №30 [1, стр.448]

$$d_{nn} = 32 \text{ мм}, d'_{nn} = 28 \text{ мм}, h_1 = 56 \text{ мм}, h_2 = 50 \text{ мм}, l_{gn} = 45 \text{ мм}, l_1 = 40 \text{ мм}, l_2 = 25 \text{ мм}$$

$$L_2 = 253,8 \text{ мм}, L_3 = 205 \text{ мм}, L_4 = 250 \text{ мм}, L_5 = 250 \text{ мм}, r = 30 \text{ мм}$$

Відстань між напрямними планками визначають залежно від ширини штаби $A_{шт}$, гарантованого зазора z_1 між штабою та планками і допуску на

цю відстань[1]:

$$B_{nl} = (A_{um} + z_i)^{+\delta} = (80,04 + 1,0)^{+0,06} = 81,04^{+0,06}$$

Знаючи габаритні розміри матриці, можемо визначити розміри гвинтів та штифтів для її кріплення (с.77): гвинт - М10, штифт - 8мм, а також їх розміри та координати $e_1=15\text{мм}$, $e_2=20\text{мм}$.

Вибираємо форму та співвідношення розмірів отворів у матриці для вирубки та пробивання:

При товщині заготовки $S = 2\text{мм}$, висота пояска $h = 6\text{мм}$.

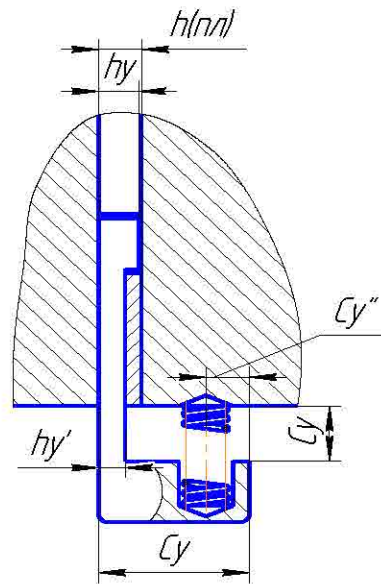
Нерухомий знімач, призначений тільки для знімання відходу смуги з пуансона, виконується з отвором, що повторює контур відповідного пуансона з зазором z_c : при $S=2\text{мм}$ і $\sigma_B = 942\text{МПа}$ $z_c = 2\text{мм}$.

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

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

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

По висоті напрямної планки виберемо разовий упор:



Рисуюнок 2.4 Розміри рухомого упору

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

Розрахуємо відстань від осі отвору в матриці до разового упору:

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

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

По висоті напрямної планки виберемо грибоквий упор:

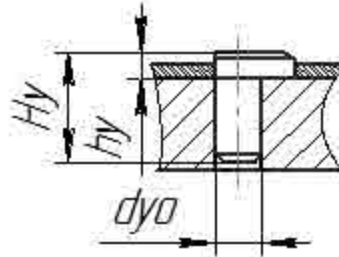


Рисунок 2.5 Розміри не рухомого упору

$$d_\phi = 10 \text{ мм}, d_{\phi 0} = 6 \text{ мм}, H_y = 10 \text{ мм}.$$

Відстань між осями отворів в матриці і постійного упору повинна бути:

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

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

За номінальним зусиллям преса підбираємо модель самого преса, повзун якого має отвір під хвостовик, знаючи ці параметри знаходимо необхідний хвостовик:

$$d_{\text{за}} = 50 \text{ іл}, d_0 = 17 \text{ іл}, L_{\text{за}} = 105 \text{ іл}, l_{\text{за}} = 40 \text{ іл}, h_{\text{за}} = 6 \text{ іл}, D_1 = 53 \text{ іл}, D_2 = 63 \text{ іл}$$

Для штампів розділових операцій застосовують фіксатори, що встановлюються в пуансоні для забезпечення центрування контуру вирубки щодо пробитого раніше отвору. У нашому випадку:

$$d_\phi = 6 \text{ мм}, d_\phi'' = 8 \text{ мм}, d_\phi' = 10 \text{ мм}, h_\phi = 8 \text{ мм}, H_\phi = 32 \text{ мм}, h_\phi' = 20 \text{ мм}, d_{\text{шм}} = 12 \text{ мм}$$

2.4 Конструкція штампу, послідовність виготовлення штампу та його складання

Вибір деталей штампа.

За розмірами робочої зони підбираємо габаритні розміри матриці та розраховуємо її товщину за емпіричними формулами.

Використовуючи отримані розміри матриці, вибираємо нижню та верхню плити №08 ГОСТ 13124-83.

Пуансон для пробивання круглих отворів є стандартним виробом (ГОСТ 16621-80). Його розміри вибираємо для отвору діаметром b мм, $l=91$ мм.

Пуансон для вирубки в перерізі повторює контур деталі, що штампується в перерізі, а висота його відповідає висоті пуансона для пробивання.

Довжина та ширина пуансонотримач визначається відповідними розмірами матриці.

Напрямні стовпчики ГОСТ 1030-5956, напрямні втулки ГОСТ 1032-2456.

Хвостовик штампу ГОСТ 11738-72.

Діаметри гвинтів та штифтів для кріплення вибираємо згідно з рекомендаціями [1, стор.77].

Опис конструкції штампу містить посилання на позиції складального креслення, прикладеного до пояснювальної записки.

Розроблений штамп повинен забезпечити отримання деталі відповідно до технічної документації, безпеки роботи та можливості ремонту. Штамп повинен задовольняти також ряду спеціальних вимог, що обумовлюються технологічними умовами.

Тому по призначимо такі допуски та посадки:

- нижня плита та спрямовуюча колонка: посадка з натягом $S7/h6$;
- верхня плита та втулка: посадка з натягом $H7/s6$;
- спрямовуюча 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), разового упору (17) та одного постійного (18), також матриці(1) та знімач(10), виконаних разом з напрямними планками (2,3). Крім того, у штампі є кріпильні деталі: гвинти (12,13) і штифти (20,21,22).

До верхньої (4) та нижньої (5) плити кріпляться робочі деталі штамп. Пуансонотримач (9) призначений для кріплення пуансонів (7,8). Хвостовик (19) штамп призначений для кріплення верхньої частини штамп. Верхня площина хвостовика (19) шліфується у зборі з пуансонами (7,8) для забезпечення співвісності останніх з матрицею (1). Отвори для запресування пуансонів (7,8) повинні бути перпендикулярні до опорної площини пуансонотримач (9). Пуансонотримач (9) кріпиться до верхньої плити (4) гвинтами (13), що запобігає зміщенню пуансонів (7,8) щодо матриці (1) при роботі штамп та його ремонті. Направляючі колонки (15) та втулки (14) служать для спрямування верхньої частини штамп щодо нижньої. Втулки (14) запресовуються у верхню плиту (4) штамп, а колонки (14) - у нижню плиту (5). Штифти (20,21) забезпечують постійний зазор між матрицею та пуансонами. Штифт (22) не дає хвостовику повертатися.

Упор (18) призначений для фіксації подачі смуги крок. Для зняття деталей та відходів з пуансонів (7,8) та матриці (1) застосовують знімач (9).

Кріплення штамп до повзуна та прес пресу.

Верхня плита (4) штамп кріпиться до повзуна за допомогою хвостовика (19). Нижня плита (5) штамп притискається до столу напрямні планками (3,4). Для гвинтів, які притискають планки у столі преса, передбачені пази.

Початкове становище. Пуансони (7,8) зверху. Заздалегідь відрізана від листа смуга подається праворуч наліво між напрямними планками (3,2) і знімачем (9) на площину матриці (1)разового упору (17). Штамп здійснює робочий хід, здійснюючи пробивання отвору пуансоном (7). Після цієї операції упор (17) прибирають і надалі не використовують.

Під час робочого та холостого напрямку руху смуги задається напрямними планками (2,3). Зняття смуги з пуансонів (7,8) забезпечується знімачем (10).

Відходи та деталі падають у ящики через отвори в нижній плиті (5) та столі.

Технологія збирання штампку.

1. Запресувати напрямні колонки (15) у нижню плиту (5) штампку.

- Запресувати втулки (14) у верхню плиту (4) штампку, туди встановити хвостовик.

- Запресувати фіксатор (11) пуансон для вирубки (8), потім запресувати пуансони (7,8) в пуансонодержатель (9).

- Відшліфувати пуансони (7,8) із пуансонодержателем (9) у зборі.

- Встановити пуансонотримач (9) з пуансонами (7,8), підкладну плиту (6) на верхню плиту (4). Стягнути гвинтами (13). Засвердлити 2 отвори діаметром 8 мм, один отвір діаметром 6 мм. Запресувати штифти (21,22) отримані отвори.

- Надіти верхній блок на колонки (15). Приблизно встановити матрицю (1) на нижню плиту (5).

- Опустити верхній блок по напрямних колонках (15) і виставити зазори між пуансонами (7,8) і матрицею (1). Прикріпити матрицю (1) до нижньої плити (5) струбцинами.

- Зняти верхню частину. Встановити на матрицю (1) напрямно планки (2,3), зйомник (10). Стягнути все це болтами (12). Засвердлити 4 отвори діаметром 8мм, які запресувати штифти (20).

- Зібрати верхню та нижню частину.

2.5 Вибір преса, його технічна характеристика [2]

У штампованому виробництві порівняно невеликих деталей найчастіше застосовуються механічні преси, зважаючи на велику кількість ходів повзуна,

вони відрізняються високою продуктивністю. До обраного пресу висувають такі основні вимоги:

- необхідне зусилля штампування $P_{шт}$ має бути менше або дорівнює номінальному зусиллю $P_{ном}$, що розвивається пресом: $P_{шт} < P_{ном}$.

- величина ходу повзуна має відповідати процесу штампування. Хід повзуна - це відстань між однією і тією ж точкою повзуна в крайньому верхньому і нижньому положеннях.

- закрита висота преса має відповідати закритій висоті штамп.

- габарити столу та повзуна преса повинні відповідати розмірам штамп, щоб встановлювати та закріплювати штамп, подавати заготовку. Отвори у столі повинні забезпечувати можливість випадання деталі чи відходів.

- кількість ходів преса має забезпечувати високу продуктивність роботи.

Оскільки $P_{шт} = 438 \text{ кН}$, то вибираємо прес, у якого $P_{ном} = 60 \text{ т}$

Вибраний прес відповідає основним вимогам, що пред'являються.

Параметри преса К2124

Номінальне зусилля P преса, кН		600
Хід повзуна, мм		16-100
Число ходів повзуна на хв	швидкоходного	90
	тихоходного	
Найбільша відстань між столом и повзуном в його нижньому положенні при нормальному ходу, 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 штамп	d'	50
	l	650
Кут нахилу станини α , град.		30
Вага преса нормальним(тихоходним) числом ходів(не больше), кг		6650

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічний процес виготовлення деталей «Планка» запропоновано виконати оптимізацію розкрою металопрокату, сумістити операції пробивання та вирубання, що дозволить зменшити норму витрати матеріалу на одну деталь, вивільнити одного пресувальників, скоротити штамп, підвищити точність штампування, вивільнити одну одиницю обладнання.

2. Розроблено штампи оригінальної конструкції для вирубання-пробивання деталі «Планка».

3. Виконана робота по розробці графічних елементів штампового оснащення для виготовлення деталі «Планка».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Справочник конструктора штампов: листовая штамповка», под общ. ред. Л.И. Рудмана. - М.: Машиностроение, 1988. - 496с.: ил. - (Б - ка конструктора)
2. «Технология производства летательных аппаратов»(курсовое проектирование). Под общей ред. д - ра техн. наук, проф. В.Г. Кононенко. Издательское объединение «Вища школа», 1974, - 224с.
3. «Справочник по холодной штамповке». - 6 - е изд., перераб. И доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд - ние , 1979. - 520с., ил.
4. Годунко М.О. Основи 3D моделювання і робототехніки: Навч. посіб. для проведення практичних занять / М.О. Годунко, А.І. Гречка. – К. : 7БЦ, 2024. – 42 с.
5. Валявський, І. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою : навч. посіб. / І. А. Валявський, О. В. Лисенко, І. А. Лисенко ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 281 с.
6. Боков В.М. Технологія розмірної обробки дугою. Історичний нарис, верстати: навч. посібник. – Кропивницький, ПП «Ексклюзив-Систем», 2020. – 316 с.
7. Боков В.М. Технологія холодного штампування: підручник. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2021. – 213 с.
8. 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.
9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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