

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« » червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему:

Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Кутник»

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

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

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

Кропивницький 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
31 січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Драгуну Владиславу Миколайовичу

Тема роботи:

Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Кутник».

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир СВЯЦЬКИЙ

Затверджено наказом ЦНТУ від 31 січня 2025 року № 130-02.

Строк подання роботи до захисту:

27 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.04.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	02.05.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2025 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	23.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	25.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	27.06.2025 р.	

Дата видачі завдання 03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ДРАГУН

Керівник роботи _____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Саковець Г. В. Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Кутник» : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. В. Свяцький; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 33 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення виготовлення деталі «Кутник».

Розробка оптимального процесу холодного листового штампування деталі «Кутник» зумовлена вимогами до високої точності, жорсткості технологічного оснащення та забезпечення високої продуктивності.

Практична цінність роботи: виконано всебічний конструкторсько-технологічний аналіз деталі; обґрунтовано та обрано раціональний маршрут технологічного процесу виготовлення деталі; проведено розрахунок геометричних параметрів вихідної заготовки та здійснено оптимізацію розкрою листового матеріалу шляхом ефективного розміщення заготовок на штабі; розраховано величини технологічних зусиль для кожної операції штампування, що дозволило обґрунтовано підібрати відповідне штампувальне обладнання; розроблено конструкцію штампа суміщеної дії, призначеного для вирубування та пробивання деталі типу «Кутник».

Ключові слова: **технологічний процес, холодне штампування, штампове оснащення, силовий режим, штамп**

ANNOTATION

Vladyslav DRAHUN. Increasing the productivity and quality of manufacturing the "Square" part. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr SVIATSKYI : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025. 33 p.

Drawings – summary 3 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a rational technological process, progressive equipment for the manufacture of the "Square" part.

The development of an optimal process for cold sheet stamping of the "Square" part is due to the requirements for high accuracy, rigidity of technological equipment and ensuring high productivity.

Practical value of the work: a comprehensive design and technological analysis of the part was performed; a rational route for the technological process of manufacturing the part was substantiated and selected; the geometric parameters of the initial workpiece were calculated and the cutting of sheet material was optimized by effectively placing the workpieces on the staff; the values of technological efforts were calculated for each stamping operation, which allowed us to reasonably select the appropriate stamping equipment; a design of a combined-action stamp designed for cutting out and punching a "Square" type part was developed.

Keywords: **technological process, cold stamping, die equipment, power mode, die**

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Технологічне забезпечення виготовлення деталі
«Гільза» в умовах серійного виробництва**

КРБ.ПМ.25.04.12.00.00

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

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

Кропивницький 2025

Зміст

Вступ	6
1. Аналіз технологічності деталі	8
2. Розкрій матеріалу	10
3. Визначення центру тиску штампа	15
4. Зусилля процесів	19
5. Вибір пресового обладнання	20
6. Конструювання штамів на деталь „Кутник”	21
7. Конструкція штампа для вирубування-пробивання	27
Література	29
Додатки	31

Вступ

Холодне листове штампування належить до найбільш сучасних і прогресивних технологічних методів обробки металів. Воно має низку суттєвих переваг як у технічному, так і в економічному аспектах.

Технічні переваги методу:

- можливість виготовлення деталей складної геометрії, які іншими методами обробки виготовити складно або неможливо;
- створення міцних і твердих, але водночас легких конструкцій при мінімальних витратах матеріалу;
- забезпечення високої точності розмірів та взаємозамінності деталей, здебільшого без додаткової механічної обробки.

Економічні переваги холодного штампування:

- раціональне використання матеріалів і незначні відходи виробництва;
- висока продуктивність обладнання завдяки механізації та автоматизації процесів;
- можливість масового виготовлення деталей за відносно низькою собівартістю.

Розроблення технологічних процесів холодного штампування тісно пов'язане з проектуванням штампів, хоча ці завдання можуть виконувати різні фахівці. Технолог повинен орієнтуватися в конструкції штампів, а конструктор – мати базові знання з технології холодного штампування.

Холодне листове штампування об'єднує велику кількість різнотипних операцій, які систематизуються за технологічними ознаками. Розрізняють кілька його різновидів:

- суміщене штампування – виконання кількох операцій за один хід преса та одну установку заготовки;
- послідовне штампування – послідовне виконання операцій різними пуансонами при переміщенні заготовки, коли за кожний хід преса

отримується готовий виріб;

– суміщено-послідовне штампування – поєднання обох методів у межах одного штампа.

Основними перевагами листового штампування є:

– можливість виготовлення деталей мінімальної маси при заданих показниках міцності та твердості;

– висока точність і якість поверхні, що дозволяють звести до мінімуму оздоблювальні операції, забезпечуючи значну продуктивність (30–40 тис. деталей за зміну на одній машині);

– універсальність у масштабах виробництва, що робить метод доцільним як у масовому, так і в дрібносерійному виготовленні.

Метою роботи є розробка штампа суміщеної дії, який поєднує операції вирубки та пробивання для виготовлення заданої деталі.

1. Аналіз технологічності деталі

Забезпечення технологічності конструкції деталі – найважливіша функція технологічної підготовки виробництва.

Технологічні процеси холодного штампування можуть бути найбільш раціональними лише за умови створення технологічної] конструкції або форми деталі, що допускає найбільш просте і економічне виготовлення. Тому технологічність листоштамповних деталей є найбільш важливою передумовою прогресивності технологічних методів і економічності виробництва.

На рисунку 1.1 представлена задана деталь, виконана з матеріалу Д16АТ, завтовшки:

$$S = 2,5 \text{ мм}$$

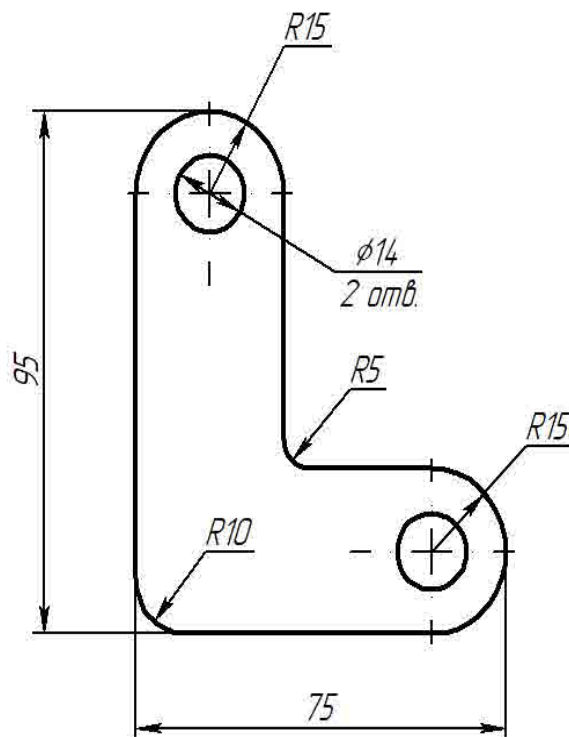


Рисунок 1.1 – Деталь

Проведемо технологічний аналіз даної деталі за основними технологічними вимогами до конструкції плоских деталей, що отримують вирубкою та пробивкою:

1) деталь немає складної конфігурації, оскільки немає вузьких і довгих вирізів контуру, і навіть вузьких прорізів;

2) зовнішній контур деталі представлений прямими двома дугами радіусом 30 мм, однією дугою радіусом 10 мм і однією дугою радіусом 5 мм, внутрішній – двома отворами радіусом 14 мм;

3) найменший радіус круглого отвору r (мм):

$$r = \frac{S \cdot 0,7}{2}$$

$$r = \frac{2,5 \cdot 0,7}{2} = 0,875$$

Радіус отвору, що пробивається в деталі:

$$R = 14 \text{ мм} > 0,875$$

4) відхилення розмірів контуру деталі повинні відповідати точності, що досягається операціями листового штампування.

Розмір деталі дорівнює (мм):

$$A = 95$$

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після операції вирубки для заданої деталі (мм):

$$A = 95 \pm 0,4$$

Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після операції пробивання для заданої деталі (мм):

$$\Delta = +0,12$$

5) найменша відстань від краю отвору до зовнішнього контуру деталі:

$$e_3 = 1,5 \cdot S$$

$$e_3 = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75$$

Відстань від краю отвору до зовнішнього контуру заданої деталі:

$$e_{д3} = 8 > e_3$$

На основі аналізу було виявлено, що деталь задовольняє основним вимогам до конструкції плоских деталей, що одержуються вирубкою та пробивкою.

2. Розкрій матеріалу

Вихідний матеріал для листового штампування в заготівельно-штампувальні цехи подається у вигляді листів, габаритні розміри яких залежать від марки матеріалу.

У практиці листового штампування найбільше застосування знайшла штампування зі штаб, на які попередньо розрізають вихідний лист. Існує поздовжній, поперечний та змішаний розкрій листа. В межах роботи розглядатимемо лише перші два види.

Для того щоб вибрати оптимальний вид розкрою листа необхідно вибрати тип розкрою штаби та провести розрахунок ширини штаби та кількості деталей на листі.

Так як деталь несиметрична, за найбільш оптимальну схему розкрою штаби вибираємо схему вирубки фігурних заготовок, повернутих до країв смуги (рисунок 2.1).

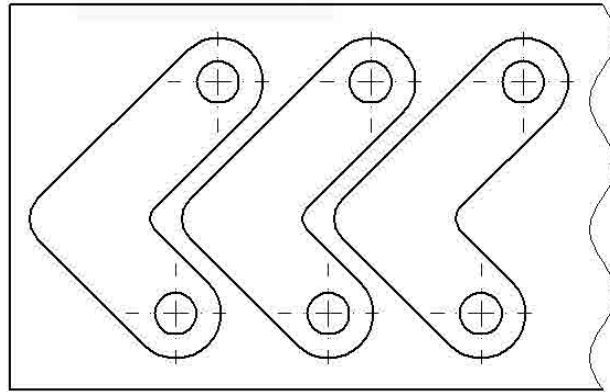


Рисунок 2.1 – Схема розкрою штаби

Ширина штаби розраховується за формулою (рис. 2.2):

$$B_{\Pi} = (A + 2a + \delta) - \delta,$$

де B_{Π} – ширина штаби;

A – розмір деталі (поперек штаби);

a – розмір бокової перемички;

δ – допуск на ширину штаби при розрізі листа на гільйотинних ножицях.

Розміри перемичок $a = 6,5$; $b = 6,5$ мм.

$$B_{\Pi} = (108 + 2 \cdot 6,5 + 2,0) - 2,0 = 123 - 2,0$$

Для початку визначимо загальну кількість штаб у листі та деталей, що одержуються з однієї штаби для поздовжнього розкрою листа, зображеного на рисунку 2.3, попередньо обчисливши крок вирубки (рисунок 2.2):

$$t = 51 \text{ мм.}$$

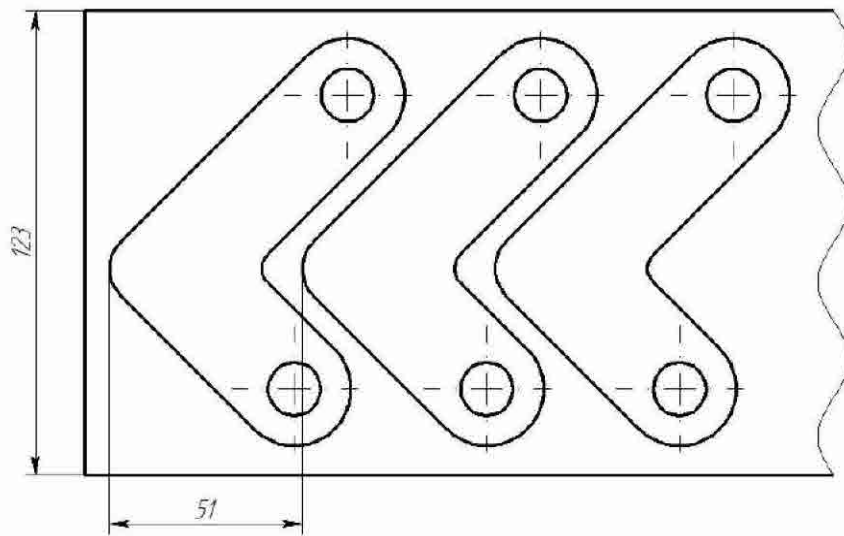


Рисунок 2.2 – Ширина штаби і крок вирубки

Кількість штаб у листі:

$$N_{\text{ш1}} = \frac{1500}{B_{\text{ш}}}$$

$$N_{\text{ш1}} = \frac{1500}{123} = 12$$

Знайдемо кількість деталей у штабі:

$$n_{\text{д1}} = \frac{2000}{t}$$

$$n_{\text{д1}} = \frac{2000}{51} = 39$$

Далі визначимо кількість деталей у листі:

$$N_{\text{д1}} = N_{\text{ш1}} \cdot n_{\text{д1}}$$

$$N_{\text{д1}} = 12 \cdot 39 = 468$$

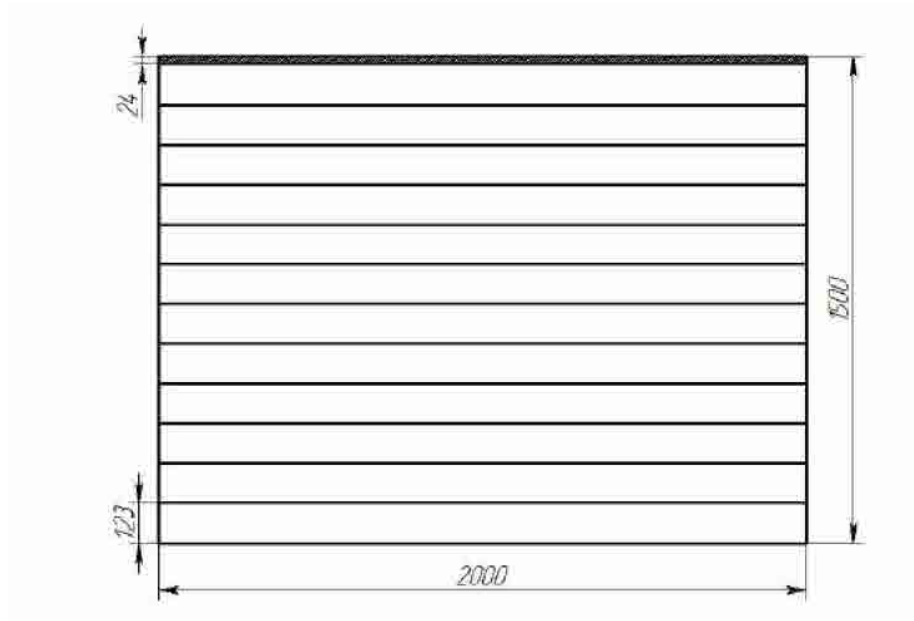


Рисунок 2.3 – Поздовжній розкрій листа

Тепер розрахуємо загальну кількість штаб у листі та деталей, що одержуються з однієї штаби для поперечного розкрою листа, зображеного на рисунку 2.4.

Кількість штаб у листі:

$$N_{\text{ш1}} = \frac{2000}{B_{\text{ш}}}$$

$$N_{\text{ш1}} = \frac{2000}{123} = 16$$

Знайдемо кількість деталей у штабі

$$n_{\text{д1}} = \frac{1500}{t}$$

$$n_{\text{д1}} = \frac{1500}{51} = 29$$

Далі визначимо кількість деталей у листі:

$$N_{\text{д1}} = N_{\text{ш1}} \cdot n_{\text{д1}}$$

$$N_{\text{д1}} = 16 \cdot 29 = 464$$

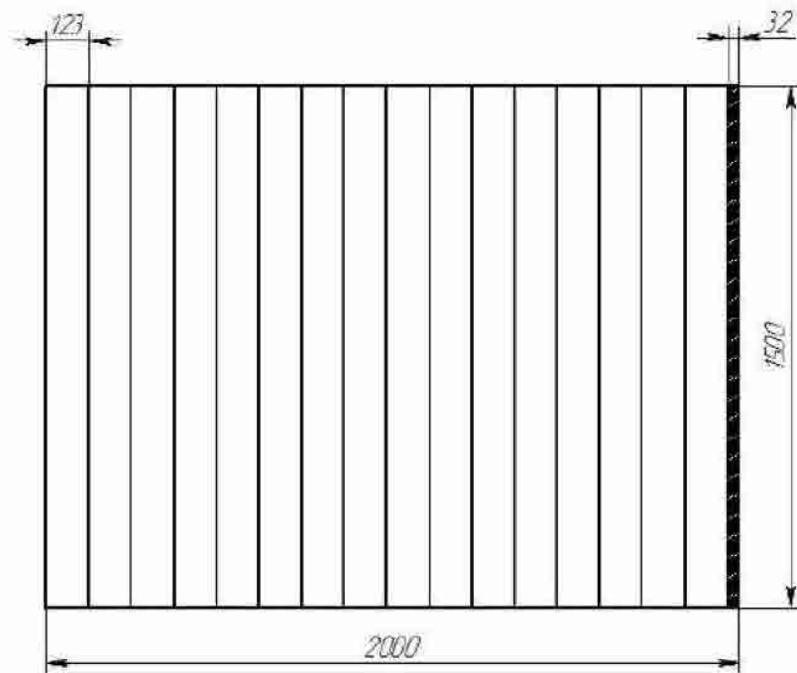


Рисунок 2.4 – Поперечний розкрій листа

На основі обчислень можна дійти висновку, що поздовжній розкрій листа є найвигіднішим, оскільки кількість деталей є найбільшим, а відхід, відповідно – найменший.

Для листового штампування вибір вихідної заготовки здійснюється шляхом економічного аналізу можливих варіантів розкрою листа та визначення оптимального. Як критерій оптимальності приймається коефіцієнт використання матеріалу.

Для того щоб обчислити цей коефіцієнт, необхідно визначити площу аркуша, а також площу, яку займає деталь:

$$F_{\text{л}} = 3000000 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{дет}} = 3682,9 \text{ мм}^2$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу для поздовжнього та поперечного розкрою листа:

$$K_{\text{им1}} = \frac{N_{\text{д1}} \cdot F_{\text{дет}}}{F_{\text{л}}}$$

$$K_{\text{им1}} = \frac{468 \cdot 3682,9}{3000000} = 0,575$$

$$K_{\text{им2}} = \frac{N_{\text{д2}} \cdot F_{\text{дет}}}{F_{\text{л}}}$$

$$K_{\text{им2}} = \frac{464 \cdot 3682,9}{3000000} = 0,57$$

Отриманий результат обчислень підтверджує, що поздовжній розкрій дозволяє найвигідніше використовувати матеріал.

3. Визначення центру тиску штамп

У штампах для вирубки (пробивки), що містять кілька пуансонів, визначення центру тиску є обов'язковим. Визначення координат центру тиску штампі в цілому передуює визначення координат центру тиску окремих елементів, що штампуються.

Центром тиску кожного з елементів, що штампуються, є точка докладання рівнодіючої сил, що виникають при його вирубці (пробивці). Іншими словами, центр тиску елемента, що штампуються, є центр ваги лінії контуру штампівання.

Якщо контур, що штампуються, являє собою плоску лінію, що не має явно виражених осей симетрії, то точне визначення центру тяжкості плоскої лінії контуру можливе лише у двох випадках: якщо лінія контуру однорідна і відомо її рівняння або якщо лінія контуру може бути розчленована на такі частини, центр ваги кожної з яких можна легко знайти. У другому випадку після розчленування лінії контуру на частини знаходять центр тяжіння кожної з них, а потім визначають центр тиску всіх сил, прикладених у кожному зі знайдених центрів тяжіння частин лінії контуру.

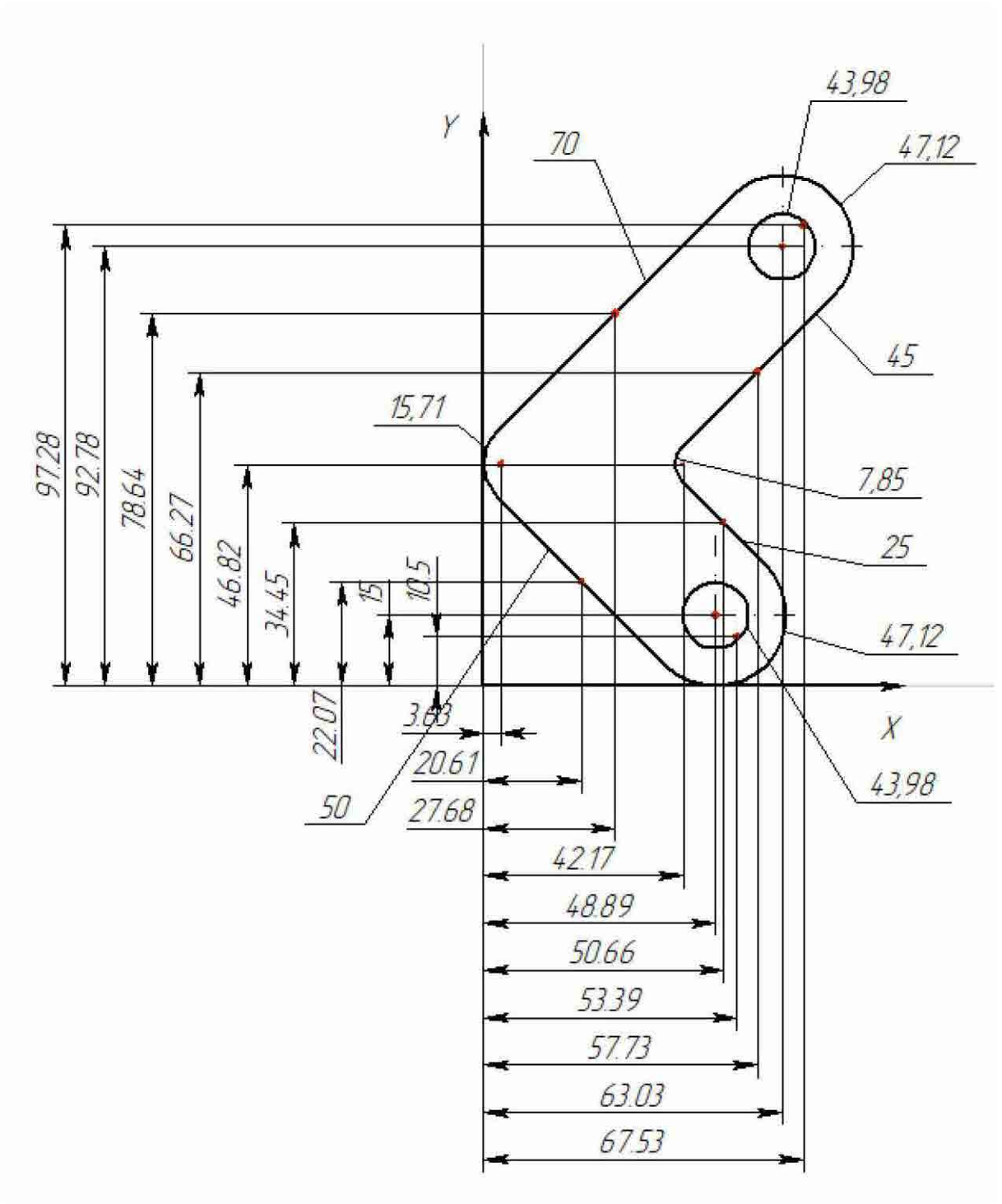


Рисунок 3.1 – Схема визначення центру тиску штамп

Для цього проведемо систему координат XOY і розіб'ємо контур, що штампується, на 10 елементів. Складемо рівняння для визначення координат центру тиску:

$$x_0 = \sum_{i=1}^{10} \frac{l_i \cdot x_i}{l_i},$$

$$y_0 = \sum_{i=1}^{10} \frac{l_i \cdot y_i}{l_i},$$

де l_i – довжина i -го елемента контура;

x_i, y_i – координати центра ваги i -го елемента.

Центр ваги дуги знаходиться за схемою:

1) проводять осі координат XOY , проводячи вісь OX вздовж середини кута, а вісь OY направляють від центру дуги;

2) координата $y = 0$, координата x знаходиться за формулою:

$$x = \frac{R \cdot \sin \alpha}{\alpha},$$

де α – половина центрального кута, рад;

R – радіус дуги.

Центр ваги півкола знаходиться за схемою:

1) проводять осі координат XOY , проводячи вісь OX вздовж середини кута, а вісь OY направляють від центру півкола;

2) координата $y = 0$, координата x знаходиться за формулою:

$$x = \frac{4R}{3\pi},$$

де R – радіус кола.

Використовуючи схему визначення тиску (рисунок 5.1) визначимо координати центру тиску:

$$x_0 = \frac{3,63 \cdot 15,71 + 20,61 \cdot 50 + 27,68 \cdot 70 + 42,17 \cdot 7,65 + 48,89 \cdot 43,98 + 15,71 + 50 + 70 + 7,65 + 43,98 + 25 + 47,12 + 45 + 50,66 \cdot 25 + 53,39 \cdot 47,12 + 57,73 \cdot 45 + 63,03 \cdot 43,98 + 67,53 \cdot 47,12}{+43,98 + 47,12} = 45,08$$

$$y_0 = \frac{10,05 \cdot 47,12 + 15 \cdot 43,98 + 22,07 \cdot 50 + 34,45 \cdot 25 + 46,82 \cdot 7,85 + 46,82 \cdot 15,17 + 66,27 \cdot 45 + 78,64 \cdot 70 + 92,78 \cdot 43,98 + 97,28 \cdot 47,12}{15,71 + 50 + 70 + 7,65 + 43,98 + 25 + 47,12 + 45 + 43,98 + 47,12} = 53,9$$

Положення центру тиску представлено на рисунку 3.2.

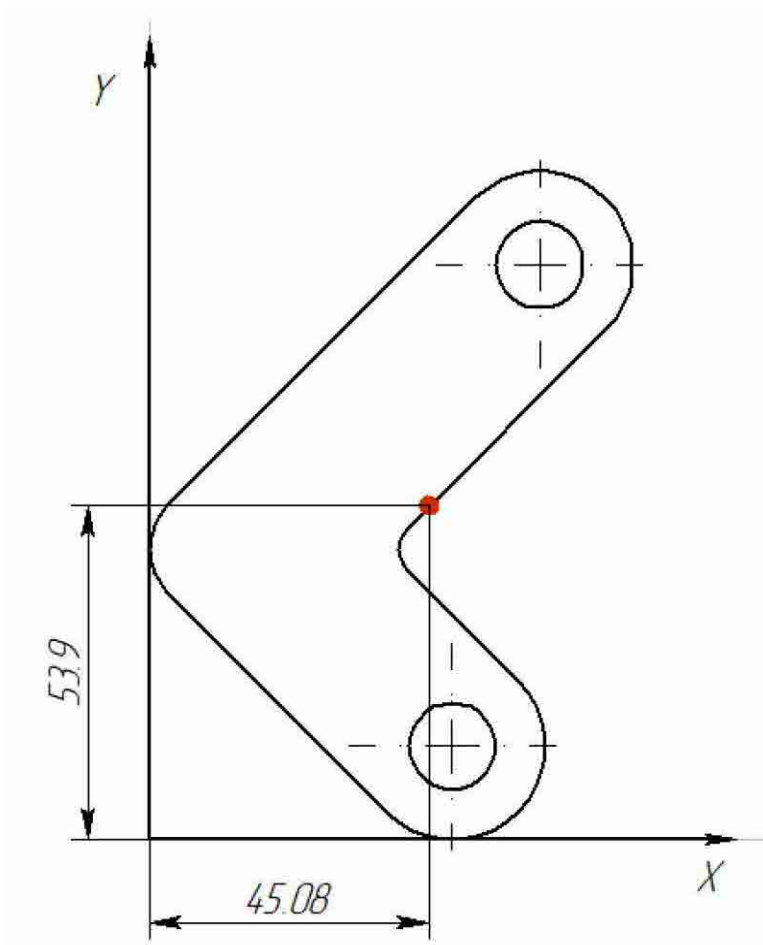


Рисунок 3.2 – Положення центру тиску

4. Зусилля процесів

Технологічне зусилля P розділових операцій у штампах з металевими робочими деталями, у яких відповідні ріжучі грані (ребра) пуансону та матриці паралельні між собою, обчислюють за формулою

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

де L — периметр контура вирубки (пробивки, відрізки);

S — товщина матеріала, який штамнують;

$\sigma_{\text{зр}}$ — опір зрізу.

$$\sigma_{\text{ср}} = 0,75 \cdot \sigma_{\text{в}},$$

$$\sigma_{\text{ср}} = 0,75 \cdot 425 = 318,75 \text{ МПа}$$

Периметр деталі визначаємо в системі T-FLEX (рисунок 4.1):

$$L = 395,77 \text{ мм.}$$

Элемент:		
Штриховка 1		
Свойство:		
Свойство	Значение	Описание
AREA	3682.887129...	Площадь
MAINAXESRO...	1.25282486	Угол поворота главных осей
PERIMETER	395.77431881	Периметр контура
PRODUCTARE...	682133786.9...	Центробежный момент инерц...
XAREAMOMENT	356790005.7...	Компонента Ix момента инерц...
XAREAMOME...	892761.8579...	Компонента Ix главного моме...
XINERTIARAD...	15.56946212	Радиус инерции X
XMASS	596.80020427	Координата X центра площадей
YAREAMOMENT	1312821368....	Компонента Iy момента инерц...
YAREAMOME...	2866445.037...	Компонента Iy главного моме...
YINERTIARAD...	27.89829132	Радиус инерции Y
YMASS	310.08364647	Координата Y центра площадей
Описание:		
Периметр контура		
Значение:	395.77431881	

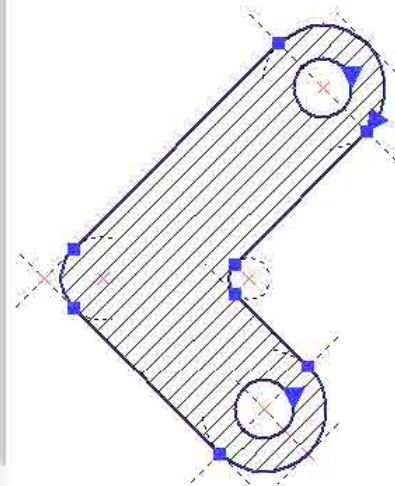


Рисунок 4.1 – Периметр контуру вирубки

При $S = 2,5$ мм,

зусилля вирубки $P = 395,77 \cdot 2,5 \cdot 318,75 = 315,4$ кН.

Потрібне зусилля пробивання отвору обчислюється за формулою:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot P$$

де P – технологічне зусилля;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт проштовхування (визначається за таблицею).

$$P_{\text{пр}} = 0,045 \cdot 315,4 = 14,19 \text{ кН.}$$

Зусилля зняття визначається за формулою:

$$P_{\text{зн}} = K_{\text{зн}} \cdot P,$$

де P – технологічне зусилля;

$K_{\text{зн}}$ – коефіцієнт зняття (визначається за таблицею).

$$P_{\text{зн}} = 0,035 \cdot 315,4 = 11,04 \text{ кН.}$$

Далі обчислимо необхідне зусилля преса, використовуючи формулу:

$$P_n = 1,25 \cdot P,$$

$$P_n = 1,25 \cdot 315,4 = 394,25 \text{ кН.}$$

5. Вибір пресового обладнання

Вибираємо однокривошипний двостійковий прес, що не нахилиється, з нерухожим столом моделі К2130 [6, с. 32-35].

Прес К2130 – це кривошипний (однокривошипний) прес простої дії, призначений для операцій холодної листової штамповки з максимальним зусиллям 100 тон. Він вирізняється повністю механічною системою керування, що забезпечує його надійність, простоту та ремонтпридатність, а також використовується на підприємствах машинобудування.

Тип – однокривошипний, простої дії, відкритий, ненахильний, двостійковий.

Призначення – холодна листова штамповка.

Система керування – повністю механічна (шестерні, вали, кривошипний механізм), без електроніки.

Переваги: висока ремонтпридатність завдяки простій механіці, довговічність (часто служить понад 50-70 років при належному догляді).

Технічна характеристика

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

6. Конструювання штампів на деталь „Кутник”

Робочі деталі (елементи) штампів для вирубки та пробивання – матрицю і пуансон можна виготовляти разом і окремо.

Розглянемо розрахунок виконавчих розмірів матриці та пуансону при їх спільному виготовленні, коли одна з робочих деталей (що сполучається) обробляється за іншою:

– при вирубці – пуансон по матриці (матриця визначає розмір штампованого елемента і є основний);

– при пробиванні – матриця по пуансону (пуансон визначає розмір отвору, паза та є основним).

При цьому виконавчі розміри основної деталі обчислюють за формулами:

– при вирубці:

$$L_M = (L_H - \Pi_{II})^{+\delta_M},$$

де L_{II} забезпечується доробкою по матриці із зазором z та допуском на зазор Δz ;

– при пробивці отвору:

$$L_{II} = (L_H + \Pi_{II}) - \delta_M,$$

де L_H забезпечується доробкою по пуансону із зазором z та допуском на зазор Δz ;

L_H — номінальний розмір елемента, що штампується;

Π_{II} — припуск на знос матриці та пуансону (знаходять по таблиці);

δ_M або δ_{II} — граничне відхилення розміру матриці або пуансону (знаходять за таблицею).

Визначимо номінальний розмір елемента, що штампується (найбільший розмір для деталей складної форми), припуск на знос і основний зазор між матрицею і пуансоном:

$$L_{1Д} = 95 \text{ мм};$$

$$L_{2Д} = 75 \text{ мм};$$

$$L_{3Д} = 30 \text{ мм};$$

$$z = 0,2 \text{ мм}.$$

Підбираємо граничні відхилення розмірів матриці та пуансону таким чином, щоб виконувалася умова:

$$\delta'_M + \delta'_{II} \leq \Delta z,$$

де Δz – допуск на виготовлення зазору, мм.

Допуск на виготовлення зазору:

$$\Delta z = +0,05$$

Тоді граничні відхилення розмірів дорівнюють:

$$\delta'_M = 0,026$$

$$\delta'_{II} = 0,019$$

Проводимо розрахунок виконавчих розмірів матриці та пуансону при вирубванні:

$$L_M = (L_H - \Pi_{II}) + \delta'_M$$

$$L_{II} = (L_H - \Pi_{II} - z) - \delta'_H$$

Розрахунок виконавчих розмірів матриці та пуансону для пробивання проводяться за такими формулами:

$$L_M = (L_H + \Pi_{II} + z) + \delta'_M$$

$$L_{II} = (L_H + \Pi_{II}) - \delta'_H$$

Оскільки в деталі, що штампується, два однакових отвори, необхідно визначити виконавчі розміри матриці і пуансона для одного отвору. Граничні відхилення розмірів, а також основний зазор при вирубванні та пробиванні буде ідентичним.

$$D_D = 14 \text{ мм}$$

Обчислимо виконавчі розміри матриці та пуансону окремо, а розташування знайдених розмірів представимо рисунку 6.1.

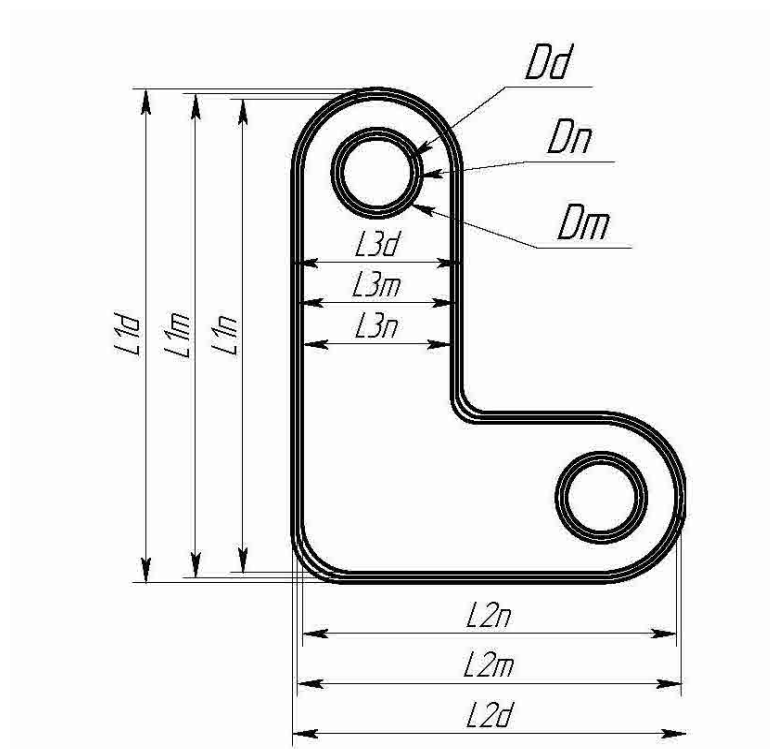


Рисунок 6.1 – Виконавчі розміри при вирубуванні та пробиванні

Порахувавши розміри за заданими формулами, отримаємо:

Контур:

$$L_{1M} = (95 - 0,087)^{+0,026} = 94,913^{+0,026}$$

$$L_{1\Pi} = (95 - 0,087 - 0,2) - 0,019 = 94,713 - 0,019$$

$$L_{2M} = (75 - 0,074)^{+0,022} = 74,926^{+0,022}$$

$$L_{2\Pi} = (75 - 0,074 - 0,2) - 0,017 = 74,726 - 0,017$$

$$L_{3M} = (30 - 0,052)^{+0,016} = 29,948^{+0,016}$$

$$L_{3\Pi} = (30 - 0,052 - 0,2) - 0,012 = 29,748 - 0,012$$

Отвір:

$$D_M = (14 + 0,043 + 0,2)^{+0,012} = 13,757^{+0,012}$$

$$D_{\Pi} = (14 + 0,043) - 0,009 = 13,957 - 0,009$$

Спочатку визначимо найменші габаритні розміри матриці (рисунок 6.2).

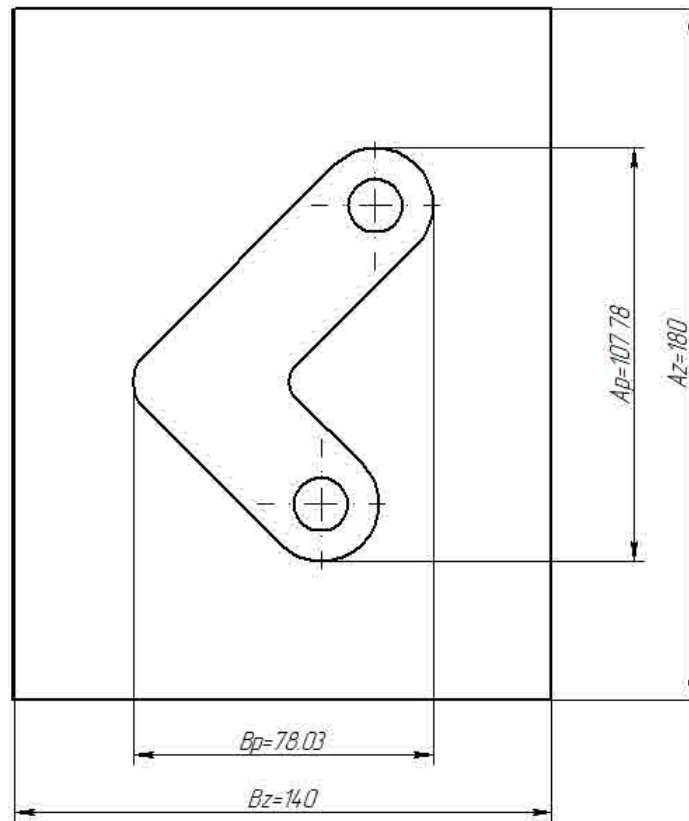


Рисунок 6.2 – Габаритні розміри матриці

Матеріалом матриці виберемо сталь У10А.

Обчислимо товщину матриці, використовуючи залежність:

$$H_M = S + K_M \cdot \sqrt{A_p + B_p} + 7,$$

де K_M - коефіцієнт, залежний від матеріалу матриці;

A_p, B_p - розміри робочої зони матриці;

S - товщина матеріалу, що штампується.

$$K_M = 1,3$$

$$H_M = 2,5 + 1,3 \cdot \sqrt{107,78 + 78,03} + 7 = 27,22 \text{ мм}$$

Округлюємо отримане значення до більшого числа із спеціального ряду, отримуємо:

$$H_M = 28 \text{ мм}$$

Перевіримо достатність матриці:

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot P_n}$$

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot 394,25} = 34,035$$

Округлюємо отримане значення до більшого числа із спеціального ряду, тоді:

$$H_M = 36 \text{ мм}$$

З двох отриманих результатів товщин матриці виберемо найбільший:

$$H_M = 36 \text{ мм}$$

Далі сумісний центр тиску деталі та центр столу для встановлення штампу та визначаємо остаточні розміри матриці (рисунок 6.3):

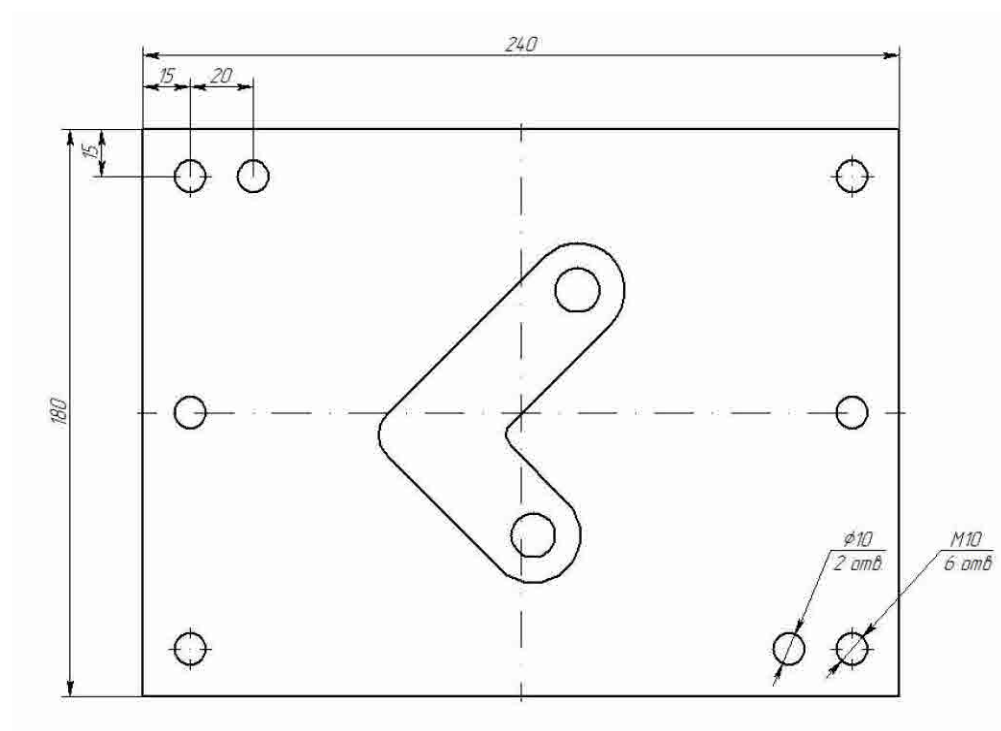


Рисунок 6.3 – Ескіз матриці

7. Конструкція штампа для вирубання-пробивання

Визначаємо схему фіксації штаби (рисунок 7.1).

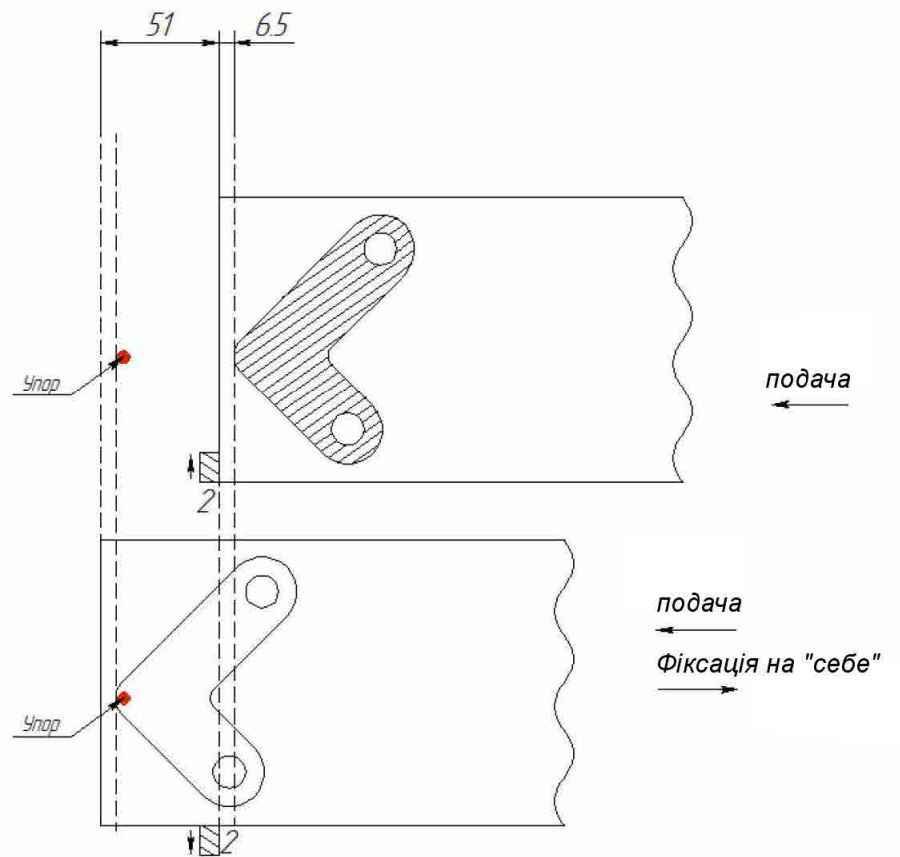


Рисунок 7.1 – Схема фіксації «на себе»

На основі проведених обчислень складемо перелік основних елементів, з яких складатиметься штамп суміщеної дії:

- нижня плита – 1 шт.;
- прокладка нижня – 1 шт.;
- пуансон-матриця – 1 шт.;
- пуансонотримач нижній – 1 шт.;
- гумовий буфер – 1 шт.;
- пружний упор - 1 шт.;
- знімач - 1 шт.;

- напрямні планки – 2 шт.;
- разовий упор – 1 шт.;
- напрямні колони – 2 шт.;
- верхня плита – 1 шт.;
- хвостовик – 1 шт.;
- Шток-штовхач - 1 шт.;
- траверса – 1 шт.;
- прокладка на верхню плиту – 1 шт.;
- пробивний пуансон – 1 шт.;
- пуансонотримач верхній – 1 шт.;
- виштовхувач – 1 шт.;
- вирубна матриця – 1 шт.;
- ступінчастий гвинт нижнього пакета ГОСТ 28962-91 – 4 шт.;
- Штифт верхнього пакету ГОСТ 3128-70 - 2 шт.;
- Штифт нижнього пакету ГОСТ 3128-70 - 2 шт.;
- штифт-штовхач ГОСТ 3128-70 – 4 шт.;
- гвинт складання нижнього пакету ГОСТ 11738-84 – 6 шт.;
- гвинт складання верхнього пакету ГОСТ 11738-84 – 4 шт.;
- гвинт кріплення хвостовика ГОСТ 11738-84 - 4 шт.

Література

1. 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.
2. Стеблюк В. И., Марченко В. Л., Белов В. В., Гривачевский АГ. Технология листовой штамповки. «Курсовое проектирование». 1983г.
3. Романовский В. Л. Справочник по холодной штамповке. «Машиностроение» 1979г.
4. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. –496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
5. Стеблюк В. И., Марченко В. Л., Белов В. В., Гривачевский АГ. Технология листовой штамповки. «Курсовое проектирование». 1983 г.
6. 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.
7. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. –496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).

8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб. – М.:Машиностроение, 1980.-728 с.-Т.1.
9. Ковка и штамповка : Справочник. В 4т. Т.4 Листовая штамповка/Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов/пред./ и др.-М.: Машиностроение. 1985–1987.–544 с.: ил.
10. Боков В.М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ "Імекс ЛТД", 2005. – 236 с.
11. Боков В.М., Мірзак В.Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград. Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс-ЛТД".2010. – 250 с.
12. Плєснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плєснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХП», 2014. – 236 с.

Додатки