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:

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «З'єднувач»

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

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

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент
_____ Віктор ПУКАЛОВ

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
Мартиненку Віктору Петровичу

Тема роботи:
Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «З'єднувач».

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 «З'єднувач».

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 «З'єднувач». Тип виробництва – серійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацьовування 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	24.06.2025 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 _____ Віктор МАРТИНЕНКО

Керівник роботи _____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Мартиненко В. П. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «З'єднувач» : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. В. Святський; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницкий: ЦНТУ, 2025. 33 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення виготовлення деталі «З'єднувач».

Актуальність роботи полягає у потребі створення ефективного та економічно доцільного процесу холодного листового штампування деталі типу «З'єднувач» з урахуванням вимог до точності виготовлення, жорсткості оснащення та рівня продуктивності.

Практична цінність роботи: на основі всебічного аналізу деталі обрано раціональний технологічний процес; розраховано параметри заготовки та оптимізовано її розміщення на листовому матеріалі для мінімізації відходів; визначено необхідні зусилля штампування, що дозволило вибрати пресове обладнання; спроектоване технологічне оснащення – штамп суміщеної дії (вирубування – пробивання), що забезпечує виготовлення деталі за один перехід.

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

ANNOTATION

Viktor MARTYNENKO. Design and technological support for the manufacture of the "Connector" 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 "Connector" part.

The relevance of the work lies in the need to create an effective and economically feasible process for cold sheet stamping of the "Connector" type part, taking into account the requirements for manufacturing accuracy, equipment rigidity and productivity level.

Practical value of the work: based on a comprehensive analysis of the part, a rational technological process was selected; the parameters of the workpiece were calculated and its placement on the sheet material was optimized to minimize waste; the necessary stamping efforts were determined, which allowed the selection of press equipment; technological equipment was designed – a combined action stamp (cutting - punching), which ensures the manufacture of the part in one pass..

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:

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «З'єднувач»

КРБ.ПМ.25.11.12.00.00

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

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

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

ВСТУП

1. Розробка структури технологічного процесу на деталь „З'єднувач"

1.1. Аналіз технологічності деталі.

1.1.1. Аналіз технологічності деталі на стадії операції пробивки-вирубки

1.1.2. Аналіз технологічності деталі на стадії операції гнуття

1.2 Форма і розміри заготовки

1.3 Вибір технологічного процесу

1.4. Розкрій матеріалу

1.5 Зусилля процесів

1.5.1. Зусилля різання листа.

1.5.2. Зусилля пробивки-відрізки

1.5.3. Зусилля гнуття

2. Конструювання штампів на деталь „З'єднувач"

2.1. Вибір конструктивно-експлуатаційних типів штампів

2.2. Конструкція та робота штампів

2.2.1. Конструкція штампа для вирубки

2.2.2. Конструкція штампа для гнуття

2.3. Виконавчі розміри деталей

2.3.1. Виконавчі розміри робочих деталей штампу для відрізки та пробивки

2.3.2. Виконавчі розміри робочих деталей штампу для гнуття

2.3.3. Розрахунок інших розмірів штампа для пробивки та обрізки

2.3.4 Розрахунки на міцність

2.3.5. Центр тиску штампа

3. Вибір обладнання

3.1. Вибір пресу для пробивки та обрізки заготовки до деталі „З'єднувач"

3.2. Вибір пресу для гнуття деталі „З'єднувач"

Література

ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми

У сучасному серійному машинобудуванні дедалі більше зростає потреба в ефективних і економічно доцільних технологічних процесах виготовлення просторових деталей.

Найбільш оптимальним рішенням для таких умов є застосування технології листового штампування. Порівняно з іншими методами, вона має низку важливих переваг. Передусім використання холодного листового матеріалу зменшує витрати металу та підвищує коефіцієнт його використання. Крім того, штампувальні операції легко піддаються автоматизації й ефективно виконуються на кривошипних пресах з автоматичною подачею заготовок, що забезпечує високу продуктивність і стабільну якість деталей. Нарешті, собівартість виготовлення одиниці продукції методом штампування є значно нижчою, ніж при механічній обробці або литті, особливо за умов масового виробництва.

Мета і задачі роботи

Мета роботи – розробка раціонального технологічного процесу, прогресивного оснащення та автоматизованого штампувального комплексу для виготовлення деталі «З'єднувач».

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

– проаналізувати варіанти процесів штампування типових деталей;

– виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі та розрахувати розміри вихідної заготовки;

– розрахувати силовий режим за операціями штампування та вибрати обладнання, розробити карту технологічного процесу;

– спроектувати оснащення для листового штампування деталі «З'єднувач»;

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

– запропоновано прогресивний технологічний процес штампування деталі «З'єднувач», в якому обґрунтовано доцільність поєднання чотирьох елементарних операцій в одну та впровадження автоматизованого штампувального комплексу для роботи зі стрічковим матеріалом. Це дає змогу зменшити кількість робочих місць і оснащення, підвищити якість продукції та скоротити терміни підготовки виробництва;

– розроблено складальне креслення прогресивного штампа суміщеної дії для операцій вирубування, витягування та формування деталі «З'єднувач» з використанням стрічки як вихідного матеріалу замість штаби. Після відповідного доопрацювання (повного комплекту КД) штамп може бути впроваджений у виробництво або використаний для прискореної підготовки аналогічних виробів.

1. Розробка структури технологічного процесу на деталь „З'єднувач"

1.1. Аналіз технологічності деталі

1.1.1 Аналіз технологічності деталі на стадії операції пробивки-вирубки

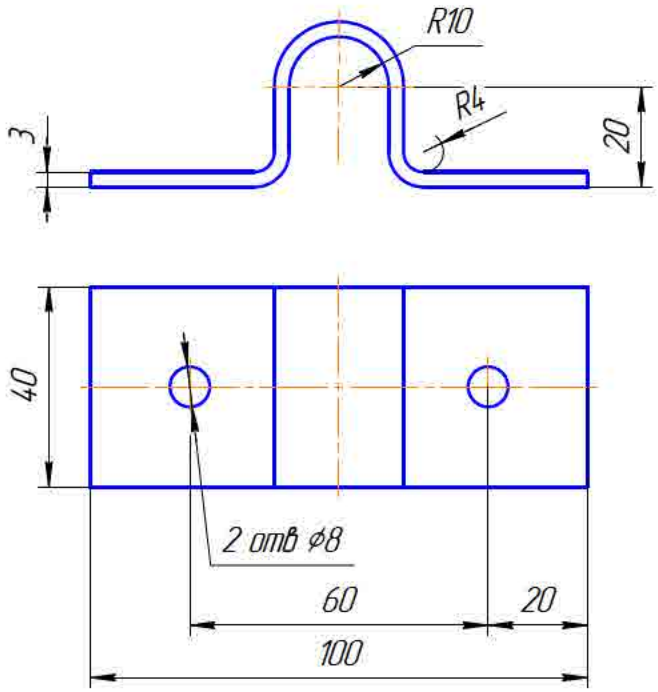


Рис.1.1. Деталь „З'єднувач".

1) найменші розміри отворів, які пробиваються повинні бути не менші за вказані в [1], стор. 281, табл. 153. Для *Сталь 40* $a = 1,3*S = 3,9$ *мм*.

2) найменша відстань від края отвору до прямолінійного зовнішнього контура повинно бути на менше за $b = 1,5*S = 4,5$ *мм*.

3) Найменша відстань від краю отвору до гнутої полки повинна бути не менше за $c = r + 2S = 4 + 6 = 10$ *мм*,

де r – радіус гнуття;

S – товщина матеріалу.

4) Найменша відстань між отворами при одночасному їх пробитті повинна бути не менше $d = (2...3)\ S = 9$ *мм.*

Деталь "З'єднувач" має такі розміри:

$a = 8$ *мм,* $b = 16$ *мм,* $c = 17$ *мм,* $d = 103{,}5$ *мм.*

Розміри і форма деталі відповідають технологічним можливостям операцій холодного штампування, в даному випадку – пробиття отворів та вирубка заготовки.

1.1.2. Аналіз технологічності деталі на стадії операції гнуття

Товщина матеріалу $S = 3$ *мм.* Це означає, що заготовкою для даної деталі буде холоднокатана $(S \leq 4$ *мм)* смуга або стрічка. А при використанні холоднокатаних матеріалів необхідно враховувати їх високу анізотропію.

Мінімально допустимі радіуси гнуття мають відповідати пластичності металу і не допускати тріщиноутворень. В випадку гнуття з дуже малими радіусами вирубку заготовок необхідно проводити при такому розташуванні на полосі, щоб лінія згину проходила поперек або під кутом до напрямку волокон проката. В іншому випадку можливе тріщиноутворення.

В даному випадку маємо гнуття матеріалу товщиною *3 мм* на радіуси *4 мм* та 10 *мм.* Відповідно відносні радіуси гнуття будуть дорівнювати: $r / S = 4 / 3 = 1{,}33$ та $r / S = 10 / 3 = 3{,}33$.

Згідно [1], стор. 61, табл. 20 – мінімальні відносні радіуси гнуття для *Сталь 40* при поперечному розташуванні волокон до лінії згину дорівнюють *0*,3, при паралельному – 1,0. Так як мінімальні відносні радіуси гнуття при різному розташуванні волокон до лінії згину менше за відносні радіуси гнуття даної деталі, то немає значення те, як будуть розташовані відносно один одного лінії гнуття і волокна прокату.

2) Найменша висота гнутої полки повинна бути не менше

$h = 3S = 9$ *мм.* В даному випадку $h = 13$ *мм.*

Розміри і форма деталі відповідають технологічним можливостям операцій холодного штампування, в даному випадку – двічі двокутове гнуття.

1.2. Форма і розміри заготовки

Визначимо форму і розміри заготовки (рис. 1.2).

Ширина заготовки: *B = 40 мм.*

Довжина заготовки:

$$L_{заг} = \sum_{i=1}^{n} L_{пр.i} + \sum_{j}^{m} L_{кр.j}$$

де $\sum_{i=1}^{n} L_{пр.i}$ – сума довжин всіх прямолінійних ділянок заготовки

$\sum_{j}^{m} L_{кр.j}$ – сума довжин всіх криволінійних ділянок заготовки.

L1 = 50-10-3-4=33 мм,

L2 = 20-4-3=13 мм,

L3 =π/2(r+xS)=3,14/2(3+0,43·3)= 6,7 мм

L4 =π/2(r+xS)=3,14/2(10+0,47·10)= 22,5 мм

L заг. = 2 × (33+13+6,7+22,5) = 150,4 мм.

де: *φ* – кут гнуття,

x=0,43 – зміщення нейтрального слою для *R3* при S=3мм ([1], стор.56, табл. 16)

x=0,47 – зміщення нейтрального слою для *R10* при S=3мм ([1], стор.56, табл.1 6)

r/S – відносний радіус гнуття,

R вн. – внутрішній радіус гнуття,

S – товщина заготовки.

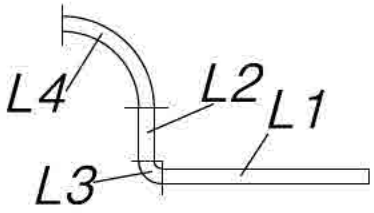


Рис. 1.2. Довжина заготовки

1.3. Вибір технологічного процесу

Приймаємо виготовлення деталі в двох штампах:

1. послідовної дії – вирубка-пробивка.
2. два двокутових гнуття в штампі послідовної дії.

Оскільки деталь виготовляється за дві операції гнуття, то визначаємо розмір заготовки на першому переході:

$l=2(L2+L4+r)=2(13+22,5+4)=79$ *мм.*

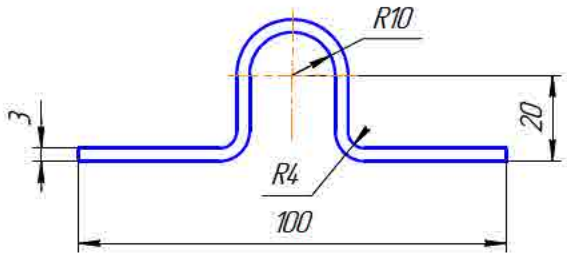
1.4. Розкрій матеріалу

Розкрій матеріалу – безвідходний.

Тип розкрою – прямий (для деталей прямокутної конфігурації).

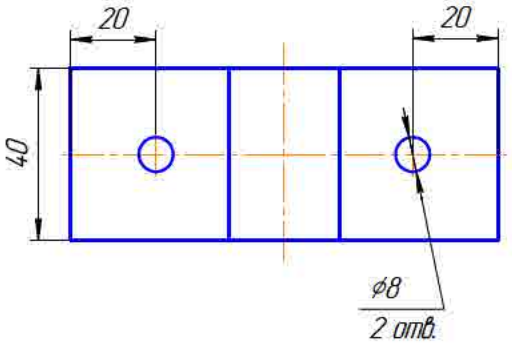
Ширина штаби: $B = 150,4$*мм*

Креслення деталі

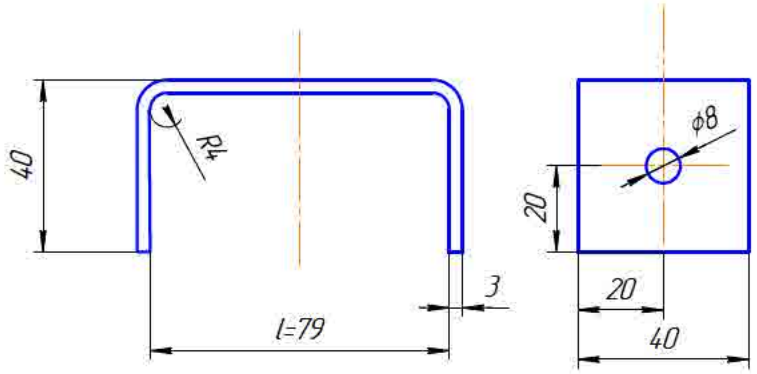


1. Матеріал: Сталь 40 ГОСТ 1050-88

2. $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$.



Креслення деталі на першому переході (двокутове гнуття)



Креслення заготівки

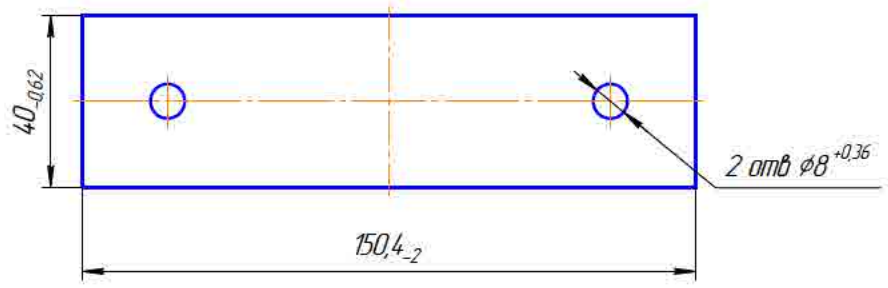


Рис. 1.3. Схема переходів

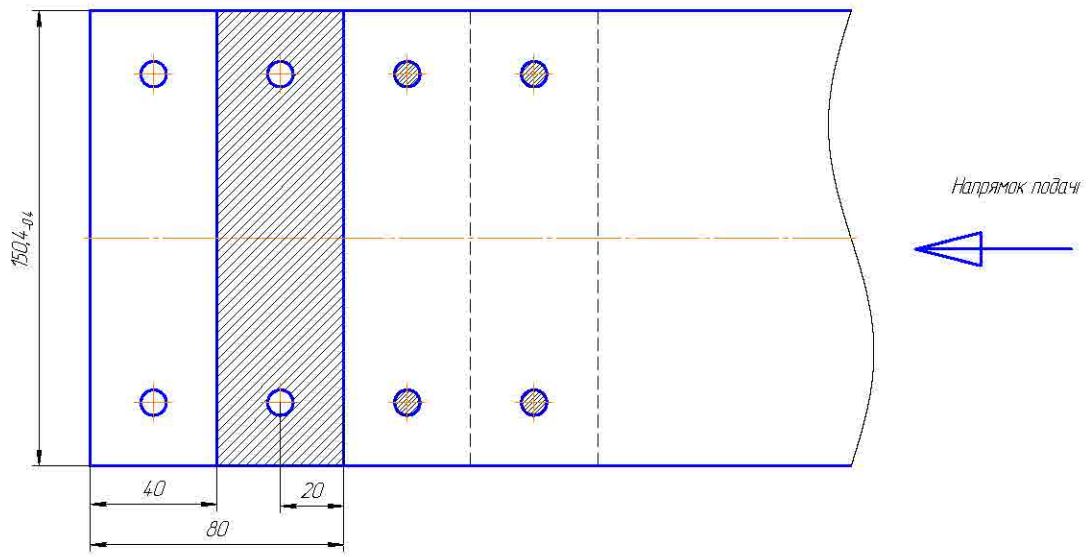


Рис.1.4. Схема розкрою штаби

Приймаємо лист матеріалу *Сталь 40 ГОСТ 380–71* товщиною 3 *мм* з розмірами *1200×2000 мм* по *ГОСТ 19907-90*.

З кожного листа отримуємо 2000/150,4 ≈ 13,3 = 13 штаби.

З кожної полоси отримуємо 1200/40 = 30 деталей.

З кожного листа – 390 деталей.

Коефіцієнт використання матеріалу ([1], стор.291):

$$Ки = \frac{f \times n}{L \times B} 100\% = \frac{6016 \times 390}{1200 \times 2000} 100\% = 97{,}8\%$$

де:

f – площа деталі без отворів ($a \times b = 150{,}4 \times 40 = 6016$ *мм*),

a – довжина деталі,

b – ширина деталі.

$N = 30*13 = 390$ – загальна кількість деталей з листа.

L – довжина листа *(2000мм)*,

B – ширина листа *(1200мм)*.

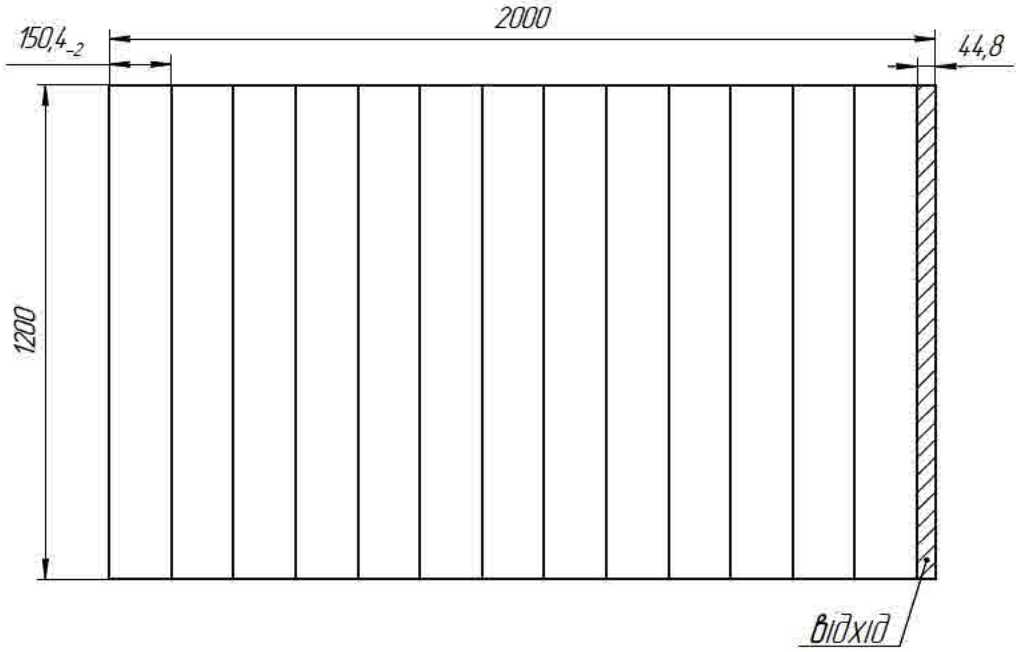


Рис.1.5. Схема розкрою листа

1.5 Зусилля процесів

1.5.1. Зусилля різання листа

Різання листа проводиться на гільйотинних ножицях.

Зусилля різання ([2], табл.2, стор.10):

$$P=0.5 * S^2 * \sigma_{зр} / tg\varphi = 0.5 * 3 * 410 / 0.35 = 52,7кН$$

де: S – товщина листа (3,0*мм*),

φ - кут нахилу ножа ($\varphi = 2°...5°$), $\varphi = 2°$, $tg\varphi = tg2° = 0.035$

$\sigma_{зр}$ – опір зрізу для *Сталь40 (410МПа)*.

Приймаємо кривошипні гільйотинні листові ножиці, моделі НД3316Г.

1.5.2. Зусилля пробивки-відрізки

Операція пробивки-відрізки відбувається в штампі послідовної дії за два переходи. На першому переході відбувається пробивка чотирьох отворів Ø8 *мм*. На другому переході відбувається вирубка контура заготовки.

$P=(L+4*l)*S*\sigma_{зр}=(300,8+4*25,12)*3*410=493,6$кН

де L – периметр контуру вирубки:

$L = 2 \times L1 = 2 \times 150,4 = 300,8$ *мм.*

L1 – відповідний периметр контуру (рис.1.6).

$l = \Pi D = 3.14*8 = 25,12$ *мм.*

Зусилля преса: $P_{пр}$=1,3P=1,3·*493,6*≈641,9кН

Попередньо вибираю прес зусиллям 1000кН.

Відповідні периметри контурів зображені на рис.1.5.

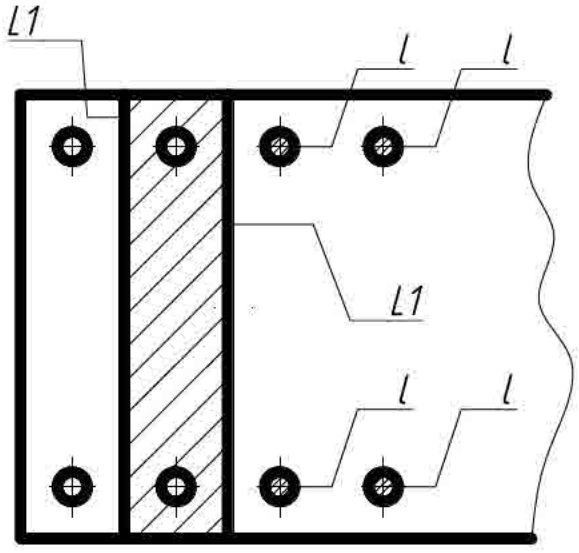


Рис.1.6. Периметри контурів вирубки та пробивки

1.5.3. Зусилля гнуття

Зусилля гнуття на другому переході ([2], табл. 23, стр.72):

буде складатися з зусилля двокутового гнуття ($P_{гн}$) та зусилля прижиму ($P_{приж}$)

$P_{гн} = 2*2,5*B*S*\sigma_в*k_2 = 2.5*40*3*640*0.12 = 46$ кН

$P_{приж} = 0,25* P_{гн} = 11,5$ кН,

де: B – довжина лінії згину; σ_B - межа міцності; $k2$ – коефіцієнт для двокутового гнуття ($k2 = 0,12$[2], табл. 25, стр.73).

Зусилля пресу: $P = P_{гн} + P_{приж} = 46+11,5 = 57,5$кН

Попередньо вибираю прес зусиллям 63кН.

2. Конструювання штампів на деталь „З'єднувач"

2.1. Вибір конструктивно-експлуатаційних типів штампів

По конструкційним ознакам приймаємо всі штампи з направляючими колонками. Такі штампи мають високу надійність і простоту в експлуатації, зручні при установці, мають достатню стійкість (адже зусилля процесів невеликі).

За способом подачі заготовок:

– штамп для вирубки пробивки – з ручною подачею полоси;

– штампи для гнуття – з ручною подачею заготовок.

Видалення готових деталей:

– в штампі для вирубки – через отвір матриці та скос на матриці;

– в штампі для гнуття – ручне (пінцетом).

Штампування маловідходне.

2.2. Конструкція та робота штампів

2.2.1. Конструкція штампа для вирубки

На нижній плиті 1 штампа встановлена матриця 3. На матрицю 3 встановлюються направляючі планки 9, 10 і зйомник 11. За допомогою штифтів 20 та гвинтів 15 матриця 3, зйомник 11 і направляючі планки 9, 10 кріпляться до нижньої плити 1.

В просторі між зйомником 11 і матрицею 3 встановлено упор 12, який закріплений до зйомника 11 гвинтами 16 та штифтами 21.

До верхньої плити 2, за допомогою штифтів 22 та гвинтів 14, кріпляться підкладна плита 7 та пуансонотримач 6. В пуансонотримач 6 встановлено пуансон 4 та чотири пуансони 5. За допомогою хвостовика 8, верхня плита 2 приєднується до поковзня преса по перехідній посадці.

Для направлення руху верхньої плити 2 відносно нижньої 1 передбачені направляючі колонки 18 і направляючі втулки 17. Направляючі колонки 18 запресовані в нижню плиту 1, направляючі втулки 17 – в верхню плиту 2.

Робота штампа для вирубки.

В верхньому положенні поковзня преса пуансонотримач 6 з пуансонами 4 і 5 теж знаходяться в своїх верхніх положеннях над робочою зоною. В робочу зону до упора 12 подається полоса. Здійснюється робочий хід, пробивається 4 отвори і перші 2 деталі, які не мають отворів. Далі полоса подається знову до упора 12, здійснюється робочий хід, вирубається контур деталі та пробивається 4 отвори. Хід поковзня завершується в його верхньому положенні. Одна деталь випадає в отвір матриці 3, інша зкатується по похилій площині матриці 3 і нижньої плити 1.

2.2.2 Конструкція штампа для гнуття

На нижню плиту 1 встановлено направляючі плити 4 і 5 відповідо на які ставляться матриці 3 і 6 та кріпляться до нижньої плити 1 гвинтами 24 і штифтами 25. Фіксатори 14 кріпляться до матриці 3 гвинтами 22 та штифтами 23. В направляючі плити 4 і 5 встановлені виштовхувачі 12 та 13, які підпружинені пружинами 20 та 21, що регулюються гвинтами 15 і 16.

До верхньої плити 2, за допомогою штифтів 27 та гвинтів 26, кріпиться пуансонотримачі 8 та 9. Відповідно в які встановлено пуансони 10 та 11.

За допомогою хвостовика 17, верхня плита 2 приєднується до поковзня преса по перехідній посадці.

Для направлення руху верхньої плити 2 відносно нижньої 1 передбачені направляючі колонки 19 і направляючі втулки 18. Направляючі колонки 19 запресовані в нижню плиту 1, направляючі втулки 18 – в верхню плиту 2.

Робота штампа для гнуття.

В верхньому положенні поковзня преса пуансони 10 та 11 знаходиться над робочою зоною. Робочий, за допомогою пінцета, вкладає заготовку в фіксатори 14 що визначають її положення. Під час робочого хода здійснюється двокутове гнуття пуансоном 10. Виштовхувач 12, що знаходиться в підпружиненому стані, під час робочого ходу, постійно створює протитиск на нижню поверхню деталі. При зворотньому ході поковзня преса верх, пуансон 10 піднімається. Деталь на першому переході виштовхує виштовхувач 12 з матриці 3. Після першого переходу деталь знімається робочим з пуансона і перекладуться на другу позицію штампа, на матрицю 6. Виконується кінцеве гнуття деталі пуансоном 11. Готова деталь виштовхується з матриці 6 виштовхувачем 13 та робочий знімає з пуансона пінцетом готову деталь.

2.3. Виконавчі розміри деталей

2.3.1. Виконавчі розміри робочих деталей штампу для відрізки та пробивки

Допуски на виготовлення встановлюється по *H7* для розмірів матриць, по *h6* для розмірів пуансонів.

$40H14_{(+0,43)}$ (основний інструмент – матриця):

$$L_м = (L_{max} - k^* \Delta)^{-\delta} = (40 - 0.7^*0,43) = 39,48\ H7;$$

$$l_n = (L_м - z)_{-\delta} = (39,48 - 0,24) = 39,24h6.$$

$8\ h14_{(-0,36)}$ (основний інструмент – пуансон):

$$l_n = (L_{min} + \Delta\ ^*k)^{+\delta} = (8 + 0,7^*\ 0,36) = 8,25\ h6.$$

$L_м = (L_n + z) = (8,25+0,24) = 8,49$ H7;

де:

L_{min} – мінімальний допустимий розмір деталі,

L_{max} – максимальноий допустимий розмір деталі,

δ – відхилення розміру деталі.

Z – початковий односторонній зазор ([1], стор.24, табл..8) в залежності від матеріалу, що вирубується та його товщини. Для *Сталі 40* товщиною $S = 3$ *мм*, $z = 0,24$ *мм*.

2.3.2. Виконавчі розміри робочих деталей штампу для гнуття

1-й перехід гнуття

$79\ h14_{(-0,43)}$ (основний інструмент – пуансон):

$l_n = (L_{min} + \Delta * k)^{+\delta} = (79+0,7* 0,43) = 79,3h6.$

$L_м = (L_n + z) = (79,3+6) = 85,3\ H7;$

де:

L_{min} - мінімальний допустимий розмір деталі,

L_{max}- максимальноий допустимий розмір деталі,

δ- відхилення розміру деталі.

z – початковий зазор $z=2*S_{min}=2*3=6$ *мм*

Для отримання заготівки завданих розмірів, необхідно врахувати кут пружиніння:

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_{n.г.}}{k \cdot S} \cdot \frac{\sigma_T}{E},$$

де $l_{n.г.}$ – плече гнуття, мм;

k = 0,43 – коефіцієнт, що визначає положення нейтрального шару, в залежності від $\frac{r}{S}$;

S = 3 мм – товщина деталі;

σ_T = 34 кг/мм^2 – межа текучості при розтягуванні для *Сталі 40*;

$E = 2 \cdot 10^4$ кг/мм^2 – модуль пружності при розтягуванні для *Сталі 40*.

$$l_{n.г.} = r_м + r_n + 1,25S$$

де $r_м$ = 6 мм – радіус заокруглення матриці для гнуття;

r_n = 4 мм – радіус заокруглення пуансону для гнуття.

$$l_{п.г.} = 4 + 6 + 1{,}25 \cdot 3 = 11{,}75 \text{ мм}.$$

$$tg\beta = 0{,}75 \cdot \frac{13{,}75 \cdot 34}{0{,}43 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^4} = 0{,}0136.$$

$\beta = 0°46'$.

Кути на пуансоні зменшуємо на величину кута β. Робоча поверхня матриці повторює робочу поверхню пуансона, з відповідним зазором.

2-й перехід гнуття.

$20\ h14_{(-0{,}43)}$ (основний інструмент – пуансон):

$$l_n = (L_{min} + \Delta * k)^{+\delta} = (20 + 0{,}7 * 0{,}43) = 20{,}3h6.$$

$$L_м = (L_n + z) = (20{,}3 + 6) = 26{,}3\ H7;$$

Для отримання деталі завданих розмірів, необхідно врахувати кут пружиніння:

$$tg\beta = 0{,}75 \cdot \frac{l_{п.г.}}{k \cdot S} \cdot \frac{\sigma_T}{E},$$

де $l_{п.г.}$ – плече гнуття, мм:

$$l_{п.г.} = r_м + r_n + 1{,}25S$$

де $r_м$ = 6 мм – радіус заокруглення матриці для гнуття;

r_n = 10 мм – радіус заокруглення пуансону для гнуття.

$l_{n.e.} = 6 + 10 + 1{,}25 \cdot 3 = 19{,}75$ мм.

k = 0,47 – коефіцієнт, що визначає положення нейтрального шару, в залежності від $\frac{r}{S}$.

$$tg\beta = 0{,}75 \cdot \frac{19{,}75 \cdot 34}{0{,}47 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^4} = 0{,}0179.$$

$\beta = 1°1'$.

Кути на пуансоні зменшуємо на величину кута β. Робоча поверхня матриці повторює робочу поверхню пуансона, з відповідним зазором.

2.3.3. Розрахунок інших розмірів штампа для пробивки та обрізки

Товщина матриці (табл.206, стор.455 [2]):

H = (0,22...0,35) × b = 0,22 ×151=26,6 мм.

де:

b – найбільша ширина матричного отвору.

Приймаємо *H = 30 мм*.

Ширина матриці:

*B=b+(3...4)*H=150+3*30=240мм*

З врахуванням додаткової відстані для болтів та штифтів, приймаємо *B = 240мм*.

Мінімальна відстань між отворами під гвинти та штифти:

$$A_1 = 0{,}8 \times d + (d + d_1) \div 2 = 0{,}8 \times 10 + (10 + 6) \div 2 = 16мм$$

Приймаємо *A1 =30 мм.*

Мінімальна відстань від краю матриці до центра отвору під гвинт:

*B=d*1,4=16,5*1,4=23,1*

Приймаємо *B = 25 мм.*

З метою зпрощення виготовлення матриці приймаємо провальне вікно з ухилами для отвору прямокутного контуру.

Висота робочої кромки матриці *5 мм* ([5], стор. 34, табл.17).

2.3.4. Розрахунки на міцність

Товщина матриці:

$$H_м = S + (0{,}6...1{,}3) \cdot \sqrt{a+b} + 7 \text{ (мм)},$$

$$H_м = 3 + 0{,}8 \cdot \sqrt{151+40} + 7 = 21 \text{ мм}.$$

Приймаємо $H_м = 30$ мм.

Розрахунок пуансона на стиснення в найменшому перетині:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{F} \le [\sigma_{cm}]$$

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{f} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{31000}{\frac{3.14*8,25^2}{4}} = 580 МПа \quad [\sigma_{cm}] = 1600 МПа$$

де:

$\sigma_{ст}$ - напруга стиснення,

$[\sigma_{ст}]$ - допустима напруга на стиснення. Для звичайних пуансонів із загартованої сталі $[\sigma_{ст}]=160\,кгс/см^2$,=*1600МПа*

f - найменша площина поперечного перерізу пуансона, $мм^2$

Розрахунок вільної довжини пуансона на поздовжній згин:

$$l = 4,43\sqrt{\frac{E \times J}{n \times P}}$$

$$l = 4.43\sqrt{\frac{2.2*10^5 * \frac{\pi d^4}{64}}{3*31000}} = 32,5мм$$

де:

E- модуль пружності($2,2\times10^6\,кгс/см^2$ =2,2*10^5 МПа)

J- момент інерції перетину,

n- коефіцієнт безпеки(для загартованої сталі *n=2...3*).

Приймаю вільну довжину пуансона-18мм. Ця величина взята з запасом, так як пуансон на вільній довжині має потовщення.

2.5.5. Центр тиску штампа

Так як у моєму випадку отвори пробиваються не по центру заготовки, то центр тиску штампа буде зміщений.

Центр тиску штампа знаходжу аналітичним методом([2], стр.452):

$$X_ц = \frac{P_1 \times x_1 + P_2 \times x_2 + P_3 \times x_3 + P_4 \times x_4 + P_5 \times x_5 + P_6 \times x_6}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6};$$

$$y_ц = \frac{P_1 \times y_1 + P_2 \times y_2 + P_3 \times y_3 + P_4 \times y_4 + P_5 \times y_5 + P_6 \times y_6}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}$$

$$P = F_{зр} \times \sigma_{зр}$$

$$X_ц = \frac{176136*(80+40)+30897,6*(100+100+140+140)}{2*176136+4*30897,6} = 75,6мм$$

$$y_ц = \frac{176136*(71,75+71,75)+30897,6*(20+20+123,5+123,5)}{2*176136+4*30897,6} = 71,75мм$$

де:

X_1, X_2 і т.д.- відстань від центра ваги фігури до осі ОУ.

Y_1, Y_2 і т.д.- відстань від центра ваги фігури до осі ОХ.

P_1, P_2 і т.д.- зусилля вирубки і пробивки кожної фігури.

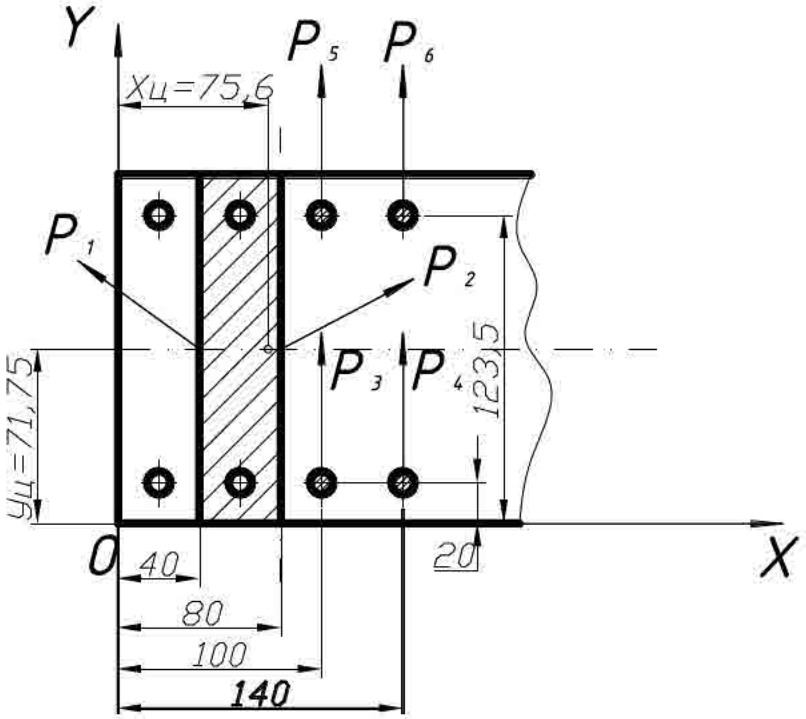


Рис.2.1. Центр тиску штампа

2.4. Розрахунок пружин

Необхідно вибрати пружину для тимчасового упору, штовхача та буфера. Перша пружина знаходиться в штампі послідовної дії для вирубки-пробивки, а саме, забезпечує зворотній хід тимчасового упору після відпускання його робітником.

Друга пружина також підбирається для штовхання відрізаних заготовок, що спираються на постійний упор. Ця пружина має забезпечувати робочий хід не менше *3 мм*. Пружина підбирається на робочому місці самим робітником.

В штампі для гнуття знаходиться дві пружини для виштовхування деталей з матриць на першій та другій позиціях. Вони служить для забезпечення потрібного протитиску притискача на нижню поверхню деталі при робочому ході поковзня преса. Пружини повинни мати робочий хід не менше *26 мм.*

$P_{приж} = 0,25 * P_{гн} = 11,5$ *кН*

Задаємось зовнішнім діаметром пружини – 16 мм.

Пружину буферу вибираємо по ГОСТ 18793-73.

3. Вибір обладнання

3.1. Вибір пресу для пробивки та обрізки заготовки до деталі „З'єднувач"

За габаритними розмірами штампа і розрахованому зусиллю процесу, приймаємо ексцентриковий однокривошипний прес з нерухомим столом марки, К2130 номінальним зусиллям 1000 кН.

Технічні характеристики преса:

Таблиця 3.1.

Параметри преса	Позначення	Значення
Номінальне зусилля, кН	$P_н$	1000
Найбільша технологічна робота за один хід в режимі безперервних ходів, кДж	A_m	4,35
Величина хода, мм: мінімальна максимальна	h_{min} h_{max}	25 130
Максимальна величина безперервних ходів поковзня, хв.$^{-1}$	n_{max}	80
Розміри стола, мм	$L \times B$	850× 560
Закрита висота преса, мм	H	400
Товщина підштампової плити, мм	$H_{п.п.}$	40
Діаметр отвору в столі, мм	D	200
Діаметр центрального отвору в поковзні преса, мм	$d_{пз}$	50
Величина регулювання положення поковзня, мм	Δ_m	100

3.2. Вибір пресу для гнуття деталі „З'єднувач"

За габаритними розмірами штампа і розрахованому зусиллю процесу, приймаємо однокривошипний двохстоєчний нахиляємий прес з нерухомим столом марки КД2122, номінальним зусиллям 160 кН.

Технічна характеристика преса:

Таблиця 3.2.

Параметри преса	Позначення	Значення
Номінальне зусилля, кН	$P_н$	160
Величина хода, мм: мінімальна максимальна	h_{min} h_{max}	5 55
Максимальна величина безперервних ходів повзуна, хв.$^{-1}$	n_{max}	120
Розміри стола, мм	$L \times B$	420×280
Закрита висота преса, мм	H	250
Товщина підштампової плити, мм	$H_{п.п.}$	40
Діаметр отвору в столі, мм	D	80
Діаметр центрального отвору в повзуні преса, мм	$d_{пз}$	40
Величина регулювання положення повзуна, мм	Δ_m	45

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. Святький 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. Штамп 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 «ХПІ», 2014. – 236 с.

Додатки