

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему
«Технологія і оснащення для виготовлення деталі «Гайка ковпачкова»»
«Technology and equipment for the production of the "Cap nut" part»

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ПМ(ОТ)-20
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Івченко В.В.

Керівник проекту
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

Рецензент
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

м. Кропивницький 2024

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: механіко-технологічний

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Прикладна механіка»

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

9 квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Івченку Вадиму Володимировичу

1. Тема роботи: Технологія і оснащення для виготовлення деталі «Гайка ковпачкова».

2. Керівник роботи: Свяцький Володимир Вячеславович

3. Строк подання роботи до захисту: 28 червня 2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Мета: розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка ковпачкова».

Завдання: обґрунтувати актуальність теми та напрямок розрахунків; провести аналіз технологічності конструкції деталі, аналіз міцності деталі, спроектувати технологічний процес виготовлення деталі, підібрати засоби технологічного оснащення, вимірювальні інструменти.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури	19.04.2024 р.	
2	Аналіз технологічності конструкції деталі	25.04.2024 р.	
3	Проектування технологічного процесу виготовлення деталі, вибір засобів технологічного оснащення, вимірювальних інструментів	25.05.2024 р.	
4	Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівникові	01.06.2024 р.	
5	Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту	10.06.2024 р.	
6	Перевірка роботи на плагіат	14.06.2023 р.	
7	Зовнішнє рецензування роботи	15.06.2024 р.	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	28.06.2024 р.	

Дата видачі завдання
9 квітня 2024 р.

Підпис керівника
_____ Свяцький В. В.

Завдання прийнято до виконання
9 квітня 2024 р.

Підпис здобувача
_____ Івченко В. В.

АНОТАЦІЯ

Івченко В. В. Технологія і оснащення для виготовлення деталі «Гайка ковпачкова». Кваліфікаційна робота для освітнього рівня «бакалавр», спеціальність 131 «Прикладна механіка», ОПП «Прикладна механіка»: Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Матеріали презентації – 4 слайдів.

Об'єктом дослідження є деталь типу «Гайка ковпачкова». Мета роботи – розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Гайка ковпачкова». У результаті розробки був проведений аналіз технологічності конструкції деталі, аналіз міцності деталі, спроектований технологічний процес виготовлення деталі, підібрані засоби технологічного оснащення, вимірювальні інструменти.

гайка, технологічний процес, штамп, технологічна підготовка, прес

ANNOTATION

Vadym IVCHENKO. Technology and equipment for the production of the "Cap nut" part. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 "Applied mechanics", OPP "Applied mechanics": Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

Presentation materials - 4 slides.

The object of the research is a detail of the "Cap nut" type. The purpose of the work is to develop a technological process for the production of the "Cap nut" part. As a result of the development, an analysis of the manufacturability of the design of the part, an analysis of the strength of the part, a technological process of manufacturing the part was designed, technological equipment and measuring tools were selected.

nut, technological process, stamp, technological preparation, press

Зміст

Вступ

1. Загальна характеристика деталі

1.1 Опис і характеристика деталі

1.2 Характеристика застосовуваних листоштампувальних операцій

1.3 Аналіз технологічності деталі

2. Маршрутний технологічний процес виготовлення

2.1 Основні критерії вибору технологічного процесу виготовлення виробу

2.2 Визначення маршрутного техпроцесу виготовлення деталі

3. Розрахунки технологічних параметрів процесу

3.1 Розрахунки розміру заготовки і ширини смуги

3.2 Розрахунки зусилля для вирубки і пробивання

4. Конструкторський розрахунки штампа

4.1 Технологічне оснащення

4.2 Розрахунки виконавчих розмірів матриць і пуансонів штампа для виготовлення деталі

4.3 Вибір матеріалів для виготовлення деталей штампів

4.4 Конструкторський і міцностний розрахунки розділового інструмента

4.5 Вибір і розрахунки розмірів плит штампа

4.6 Визначення і вибір напрямних вузлів розділового штампа

4.7 Розрахунки центру тиску штампа

4.8 Розрахунки закритої висоти штампа

5. Розрахунки економічної ефективності

Висновок

Література

Вступ

Холодне листове штампування є одним з найбільш прогресивних технологічних методів виробництва; вона має ряд переваг перед іншими видами обробки металів, як у технічному, так і в економічних відносинах.

У технічному відношенні холодне штампування дозволяє:

- . одержувати деталь досить складних форм, виготовлення яких іншими методами обробки або неможливо або важко;
- . створити міцні і тверді, але легкі по масі конструкції деталей при невеликій витраті матеріалу;
- . одержати взаємозамінні деталі з досить високою точністю розмірів, переважно без наступної механічної обробки.

В економічних відносинах холодне штампування має наступні переваги:

- . ощадливим використанням матеріалу і порівняно невеликими відходами;
- . досить високою продуктивністю устаткування, із застосуванням механізації і автоматизації виробничих процесів;
- . масовим випуском і низькою вартістю виготовлення деталей.

Найбільший ефект від застосування холодного штампування може бути забезпечений при комплексному розв'язку технічних питань на всіх стадіях підготовки виробництва, починаючи зі створення технологічних конструкцій або форм деталей, що допускають економічне виготовлення їх.

ль гайка штамп вузол

1. Загальна характеристика деталі

.1 Опис і характеристика деталі

Деталь «Гайка» - призначена для забезпечення кріплення нарізних сполучень різних машинобудівних конструкцій. Ескіз деталі представлено на малюнку 1.

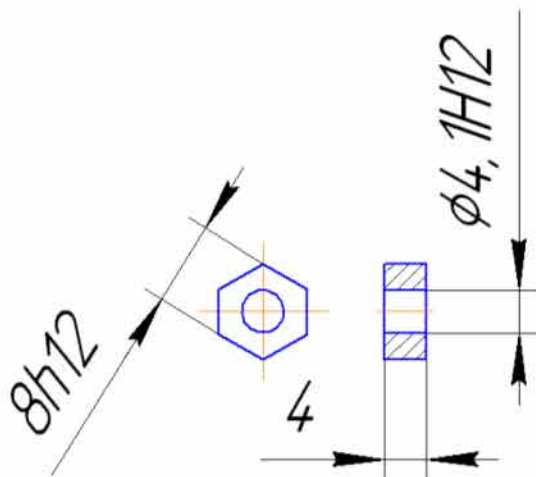


Рисунок 1 - Деталь «Гайка»

Відповідно до завдання деталь «Гайка» має наступні розміри:

Передбачається, що буде використаний семирядний розкрій і послідовна конструкція штампа.

Матеріалом деталі є Сталь 35. Дана сталь конструкційна, характеризується гарними механічними властивостями, високою пластичністю, добре піддається обробці тиском (різанню, витяжці, формуванню, гуттю тощо). Хімічний склад сталі 35 представлено в таблиці 1.

Таблиця 1- Хімічний склад сталі 35

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.17-0.37
Марганець (Mn)	0.50-0.80
Мідь (Cu), не більше	0.25
Миш'як (As), не більше	0.08
Нікель (Ni), не більше	0.25
Сірка (S), не більше	0.04
Вуглець (C)	0.32-0.40
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr), не більше	0.25

Механічні властивості сталі 35 представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Механічні властивості сталі 35.

$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{в}$, МПа		δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ² НВ
410	620	18	71	176	175

2 Характеристика застосовуваних листоштампувальних операцій

При виготовленні деталі «Гайка» застосовуються такі операції як вирубка і пробивання.

Вирубка - повне відділення металу по замкнутому контуру, при якому відокремлювана частина заготовки є виробом. Вирубка є найпоширенішою операцією із групи різання; вона проводиться за допомогою вирубного штампа.

Пробивання - операція, що має метою одержання у вирубаній деталі або листі отвору шляхом відділення за допомогою пробивного штампа частини матеріалу по замкнутому контуру. Відмінність цієї операції від вирубки полягає в тому, що при вирубці частина матеріалу, що

проштовхується пуансоном у матрицю, є деталлю, а частина, що залишився на матриці, відходом; при пробиванні ж навпаки частина, що проштовхується через матрицю, матеріалу є відходом, а, що залишився на ній виробом.

1.3 Аналіз технологічності деталі

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

Під технологічністю слід розуміти таку сукупність властивостей і конструктивних елементів, які забезпечують найбільш просте і економічне виготовлення деталей при дотриманні технологічних і експлуатаційних вимог до них. Основні технологічні вимоги до конструкції плоских деталей, одержуваних вирубкою і пробиванням:

- . Необхідно уникати складних конфігурацій з вузькими і довгими вирізами контуру або дуже вузькими прорізами.

- . При застосуванні цільних матриць спряження у вузлах внутрішнього контуру слід виконати з радіусом закруглення. У складених матрицях сполучення сторін робити без закруглення.

- . Спряження сторін зовнішнього контуру слід виконати із закругленням лише при вирубці деталі по зовнішньому контуру. Для можливості застосування безвідхідного виробництва навпаки можна допускати сполучення сторін під прямим кутом.

- . Слід уникати вирубки довгих і вузьких деталей постійної ширини, заміняємо вирубку зчалюванням дровових заготовок.

· Найменші розміри для отворів, що пробиваються, для твердої сталі: із круглим пуансоном $1,3S$

с прямокутним пуансоном $1,0S$

· Найменша відстань від краю отворів до прямолінійного зовнішнього контуру повинне бути не менш S для фігурних великих отворів і не менш $1,5 S$, якщо краю отворів паралельні контуру сталі.

· Не слід розташовувати отвори в заготовці, що піддається гнуттю, близько до радіуса закруглення деталі.

· Найбільша відстань між отворами при одночасному їхньому пробиванні дорівнює $(2\div 3)S$.

З метою забезпечення високої якості виробу, його службових характеристик (технічних вимог до виробу) і мінімальної собівартості при розробці конструкції виробу, виборі геометричних співвідношень форми, виду і механічних характеристик вихідного матеріалу необхідно враховувати наступні фактори: технологічні можливості і особливості штампувальних операцій у пропонованих варіантах технологічного процесу; рівень технічної оснащеності і стану машин штампувального і інструментального підрозділів; можливості вибору матеріалів для штамсів. Поняття «технологічність виробу» містить у собі порівняльну (якісну) оцінку повноти цього виразу.

Для даної деталі відповідно до завдання застосовується штамп послідовної дії. Перевагою його є компактність і забезпечення більшої точності форми і підвищення якості виробу, також збільшення продуктивності.

2. Маршрутний технологічний процес виготовлення

1 Основні критерії вибору технологічного процесу виготовлення виробу

Якість конструкторсько-технологічної підготовки виробництва визначається рівнем розробки технології на чотирьох основних етапах:

- відпрацьовування технологічності конструкції деталі, вузла, виробу;
- розробка маршрутної технології, визначення потреби в устаткуванні, оснащенні, засобах автоматизації і механізації, укрупнений аналіз техніко-економічних показників виробництва нового виробу;
- розробка робочої технології, проектування штампів, іншого оснащення, засобів автоматизації і механізації;
- налагодження і впровадження нових технологічних процесів, коректування їх за результатами налагодження.

На першому етапі конструктори при участі технологів по різних видах обробки і складанню створюють технологічну конструкцію виробу, здійснюють ув'язування конструкторських ідей з вимогами і можливостями виробництва. До цієї роботи слід приступати в початковій стадії конструкторських розробок нового виробу.

У ході відпрацьовування технологічності вирішується завдання досягнення необхідного рівня якості деталі (вузла, виробу) при мінімальних матеріальних, трудових і енергетичних витратах. Найважливіші вимоги розвитку технології, які забезпечуються на даному етапі, що впливають:

- застосування економічних способів штампування;
- укрупнення деталей, скорочення числа штампованих деталей у вузлі, виробі в порівнянні з відомими аналогами;
- застосування прогресивних матеріалів і, у першу чергу, низьколегованих сталей, економічних профілів, ефективного використання матеріалів і відходів;
- автоматизація і механізація виробничих процесів, застосування прогресивного устаткування;
- необхідна стійкість і працездатність штампів;
- раціональна уніфікація і стандартизація елементом у новому виробі і в оснащенні для його виготовлення.

Другий етап включає розробку маршрутної технології і аналіз на її основі рівня технології, її кількісну оцінку по ряду техніко-економічних

показників: сумарній нормі витрати матеріалу і коефіцієнту використання матеріалу на виріб і по видах матеріалу; трудомісткості по вузлах, на виріб у цілому, по групах устаткування; очікуваному рівню автоматизації і механізації. Дані критерії дозволяють активно впливати на конструкцію, удосконалити її, націлюючи відпрацьовування конструкції на конкретні об'єкти. Результати розробки другого етапу служать також вихідними даними для проекту реконструкції виробництва або будівництва нового заводу, цеху, для вибору і замовлення встаткування.

Третій етап - розробка робочої технології і іншої конструкторсько-технологічної документації, запуск її у виробництво, поетапне виготовлення штампів.

На четвертому етапі, заключному, здійснюється реалізація розробок, технологічної підготовки виробництва.

Проектована технологія повинна бути зорієнтована на певні методи обробки і состав устаткування.

Завдання раціонального використання матеріалу вирішують наступними шляхами:

- комбінованим розкромом, спільним штампуванням декількох деталей;
- використанням відходу, що утворюється при штампуванні або різанні для виготовлення інших заготовок або деталей;
- оптимізацією розкрою;
- застосуванням листа кратних розмірів або рулону.

Важливо, щоб при освоєнні виробництва нових деталей або виробів сортамент застосовуваних матеріалів не розширювався, а планомірно скорочувався, тобто обґрунтоване введення нових типорозмірів прокату повинне з надлишком компенсуватися за рахунок діючого сортаменту.

2 Визначення маршрутного техпроцесу виготовлення деталі «Гайка»

Проектування технологічного процесу в цілому зводиться до

встановлення порядку операцій із вказівкою режиму і необхідного устаткування.

У технологічний процес виготовлення деталі включають:

- послідовність виготовлення деталей по операціях;
- послідовність ділянок, на яких виготовляються деталі;
- вказівка основного, необхідного і допоміжного устаткування;
- вказівки оснащення (штампів, пристосувань і інструментів);
- поопераційні норми часу;
- загальні дані про деталь (номер, кількість на виробі, матеріал і ін.)

Транспортування
Різання листа на смуги
Транспортування
Вирубка, пробивання
Транспортування
Контроль
Транспортування

Рисунок 2 - Структурна схема технологічного процесу

Перша операція припускає транспортування листів зі складу на різання смуг на гильотинних ножицях (друга операція). Далі знову транспортування (третья операція). Після відбувається вирубка і пробивання (четверта операція). Після виробу проходять контроль (п'ята операція). І заключна операція транспортування на склад.

3. Розрахунки технологічних параметрів процесу

.1 Розрахунки розміру заготовки і ширини смуги.

Проектування розкрою листового матеріалу, у результаті якого

визначають коефіцієнт використання матеріалу, є найважливішим етапом розробки технологічного процесу. У загальних витратах на виготовлення, тобто в собівартості виробів листового штампування, витрати на матеріал досягають 50-70 % і більш. Але зниження витрат на матеріал у ряді випадків приводить до збільшення складності інструментально-штампувального оснащення і устаткування. Завдання оптимізації технологічного процесу штампування в цілому вирішуються тільки при комплексному розгляді техніко-економічних показників, що характеризують виробництво. Варіант процесу листового штампування визначається видом вихідного матеріалу, видом заготовки, що надходить на основні штампувальні операції, типом розкрою або числом рядів при розкрої, конструкцією штампа, рівнем організації, механізації і автоматизації виробництва.

Операції розкрою матеріалу звичайно виконують на спеціальних розкрійно-заготівельних ділянках. Матеріал розріжуть на стрічки, смуги або картки різної форми за допомогою гільотинних і дискових ножиців. При цьому проводяться наступні операції: обрізка дефектних крайок листів; відрізка полів листів для одержання розмірів, кратних відповідним до розмірів заготовок у вигляді смуг, карток; розріз на смуги, картки.

На гільотинних ножицях, як правило, виконують розріз листа на великі штучні заготовки прямокутної, трапецеїдальної, ромбовидної і трикутної форми. При вирізці великогабаритних деталей, а також при паралельному розкрої виходять більші відходи по краях заготовок; економію матеріалу вдається одержати при застосуванні косоного розкрою смуг з листа. Для дрібносерійного виробництва, як правило, застосовують комбінований розкрій, коли лист розкроюють на смуги неоднакової ширини для вирубки з них різних деталей. При комбінованому розкрої одержують більш високий коефіцієнт використаного матеріалу. На дискових ножицях здійснюють розріз листа на смуги.

Для розкрою рулонного матеріалу на смуги і карти застосовуються спеціальні лінії для поперечного і поздовжнього розкрою. У порівнянні з

використанням листа це забезпечує краще використання матеріалу за рахунок зниження відходів. На зазначених лініях виконується поздовжній розкрій широкої стрічки на більш вузькі, поперечний розкрій рулонної сталі на карти, штампування безпосередньо з рулону; змішаний розкрій, що сполучає поздовжній і поперечний.

Якщо контур виробу при розкрої листового матеріалу криволінійний замкнений або незамкнений, для вирубки застосовуються штампи. Контури заготовок, що вирубуються, повинні бути вилучені друг від друга на величину технічної перемички.

Основне призначення перемички - компенсувати погрішності подачі матеріалу і фіксації його в штампі для того, щоб забезпечити повну вирубку деталі по всьому контуру і запобігти одержанню бракованих деталей. Штампування перемички виконують найменшої для зниження витрати матеріалу, а також для зменшення зусиль, необхідних для зняття матеріалу з пуансона. Але розміри перемичок повинні враховувати допуски на ширину смуги, стрічки і можливі неточності подачі матеріалу в штамп для виключення розриву відходу матеріалу при подачі смуги і влучення його в матрицю при вирубці. Перемичка між контурами деталей називається міжконтурною і позначається b . Перемичка між контуром деталі і краєм смуги називається бічний і позначається a .

Розмір перемички залежить від товщини матеріалу, від розмірів і конфігурації, що вирубується деталі, від способу подачі смуги, від типу розкрою, а також частково від типу упору тощо.

Для даного виробу, відповідно до завдання застосовуємо семирядний шаховий розкрій. Розрахункова схема представлено на рис. 3.

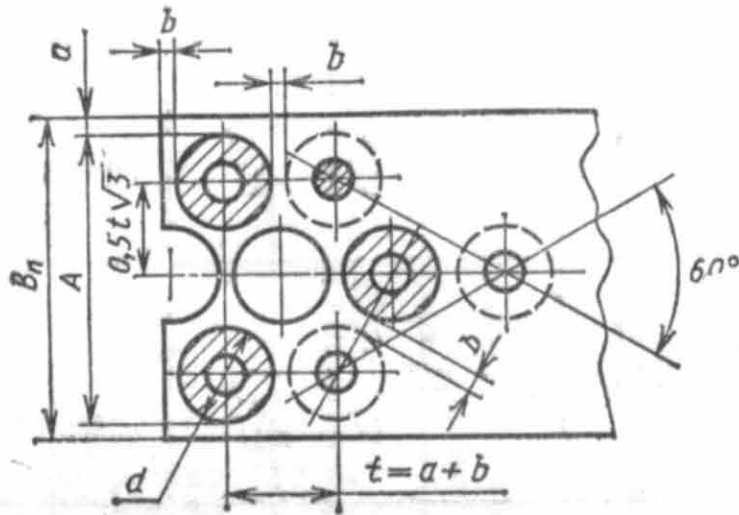


Рисунок 3- Схема розкрою при шаховому розкрої.

Розрахунки номінальної ширини смуги проводять виходячи з умови збереження мінімально необхідної ширини бічних перемичок при різних способах подачі і допусків по ширині смуги. Номінальну ширину B_n смуги визначають по формулі:

$$B_n = (A + 2(a + \delta) + z_n + \delta')_{-\delta},$$

де A - розрахунковий розмір заготовки, мм;

a - величина перемички, мм;

δ, δ' - допуск на ширину смуги.

$$A = d + 6 \cdot 0,5 \cdot t \cdot \sqrt{3}.$$

Вирубку шестигранних деталей можна робити з листа, смуги, стрічки, рулону в один, два і більш рядів при паралельному і шаховому розташуванні, тобто є кілька варіантів розкрою, однак з урахуванням програми випуску і товщини матеріалу доцільно використовувати смугу.

При шаховому розкрої крок подачі визначається в такий спосіб:

$$t = c + b = 8 + 3,2 = 11,2_{\text{мм.}}$$

$$A = 8,8 + 6 \cdot 0,5 \cdot 11,2 \cdot \sqrt{3} = 66,997_{\text{мм.}}$$

$$B_n = (66,997 + 2(3,7 + 1,0) + 1,2 + 0,3)_{-1,0} = 77,897 \text{ мм},$$

ухваляємо $B_n = 77,9 \text{ мм}$.

Схема розкрою представлено на рис. 4.

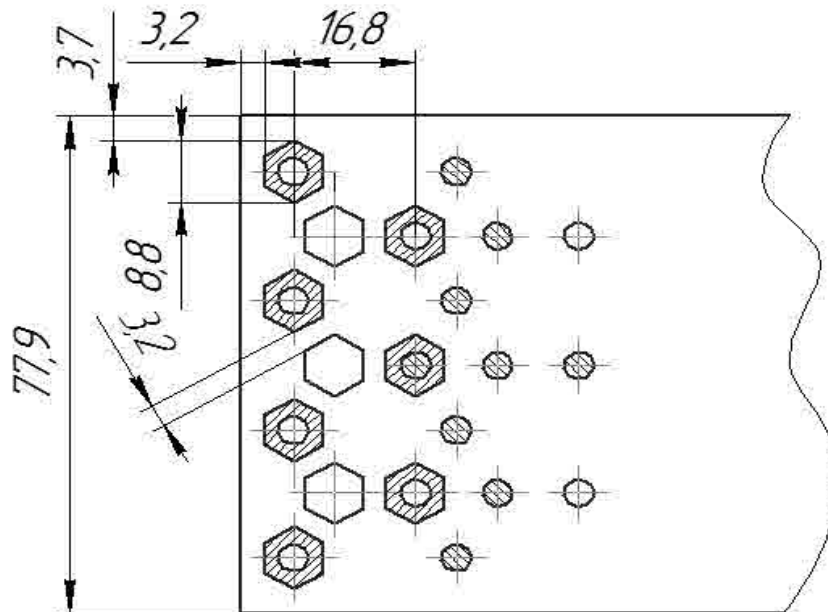


Рисунок 4- Схема розкрою смуги

Визначимо КВМ з обліком поперечного і поздовжнього варіанта розкрою листа.

Варіант 1. Поперечний розкрій.

Число смуг, одержуваних з листа:

$$n_n = \frac{L}{B_n},$$

де L - довжина листа.

Число деталей, одержуваних зі смуги:

$$n_d = \frac{B}{t},$$

де B - ширина листа.

Для розрахунків ухвалюємо лист розмірами 1000x2000мм.

$$n_n = \frac{2000}{77,9} = 25,67 \text{шт}$$

$$n_o = \frac{1000}{11,2} = 89,2 \text{шт}$$

Число деталей, одержуваних з листа:

$$N = 7 \cdot n_n \cdot n_o$$

Коефіцієнт використання листа при поперечному розкрії:

$$\eta = \frac{NF_o}{BL}$$

де F_o - площа деталі.

Стосовно до даної деталі її площа визначається за допомогою автоматизованого пакета проектування Solidwoks:

$$F_o = 44,226 \text{мм}^2$$

$$\eta = \frac{15575 \cdot 44,226}{1000 \cdot 2000} = 0,344$$

Варіант 2. Поздовжній розкрій.

Число смуг, одержуваних з листа:

$$n'_n = \frac{B}{B_n}$$

Число деталей, одержуваних зі смуги:

$$n'_o = \frac{L}{t}$$

$$n'_n = \frac{1000}{77,9} = 12,83 \text{шт} \quad n'_o = \frac{2000}{11,2} = 178,5 \text{шт}$$

Число деталей одержуваних з листа:

$$N' = n'_n \cdot n'_o$$

$$N' = 7 \cdot 12 \cdot 178 = 14952 \text{шт}$$

Коефіцієнт використання листа при поздовжньому розкрії:

$$\eta = \frac{N \cdot F_d}{BL}$$

де F_d - площа деталі.

$$\eta = \frac{14952 \cdot 44,226}{1000 \cdot 2000} = 0,33$$

Тому що коефіцієнт використання матеріалу при поздовжньому розкрої менше, чим при поперечному розкрої, то перевагу віддаємо поперечному розкрою листа.

3.2 Розрахунки зусилля для вирубки і пробивання

У процесі вирубки листового металу виникає складне неоднорідне силове поле, сконцентроване поблизу ріжучих крайок пуансона і матриці.

Пуансон звичайно вдавлюється в листову заготовку не по всій торцевій поверхні, а лише по кільцевому (або іншої форми) паску. Таке ж вдавнення відбувається і з боку матриці. Тиск пуансона і матриці по ширині паска розподілене нерівномірно.

Таким чином, при вирубці - пробиванню виникає пари сил, що створюють круговий (просторовий) згинальний момент, під дією якого відносно тонка заготовка звивається і витріщає. У результаті вигину заготовки виникає тиск металу на зовнішню поверхню пуансона, що і розпирає тиск на крайки матриці. Крім нормальних сил на поверхню заготовки діють дотичні зусилля, створені силами тертя.

Через складність і неоднорідності силового поля при вирубці - пробиванню в технологічних розрахунках застосовується умовна технологічна величина - опір зрізу. Однак глибина вдавнення не є постійної, тому що залежить також від зазору і швидкості вирубки, що утрудняє практичне застосування цієї величини. Як показали дослідження, опір зрізу залежить не тільки від механічних властивостей металу і ступені попереднього наклепу, але також від відносної товщини вирубки, зазору і

швидкості процесу різання.

Виявлена залежність σ_{φ} відносної товщини деталі S/d пояснюється значним збільшенням твердості деталей, що вирубуються, при збільшенні відносини S/d , у результаті чого різко зростають питомі зусилля, що розпирають, а отже, підвищується опір металу поділу.

Повне зусилля вирубки звичайно враховує виправлення на неоднорідність матеріалу і затушення ріжучих крайок уведенням поправочного коефіцієнта $k=1,25$. У випадку застосування пружинного, гумового або пневматичного знімача, притиску або виштовхувача до розрахункового зусилля вирубки додають зусилля стиску буферів або пружин.

Для більшості випадків вирубки деталей великих і середніх розмірів внаслідок малої твердості їх вплив відносної товщини на σ_{φ} порівняно невелике. Тому в зазначених випадках практично можна користуватися наближеною середньою величиною $\sigma_{\varphi} = (0.7 \div 0.8)\sigma_s$.

Зусилля преса звичайно береться значно більше розрахункового зусилля вирубки для збільшення запасу твердості і підвищення надійності і довговічності преса і штампа. Отже, повне зусилля вирубки залежить від зусилля зняття смуги з пуансона і від зусилля, необхідного для проштовхування деталі через матрицю.

Зусилля пробивання:

$$P_{\text{ПРОБ}} = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{СР}},$$

де L - периметр контуру, що пробивається;

S - товщина матеріалу.

$$P_{\text{ПРОБ}} = 7 \cdot 4 \cdot 12,874 \cdot 460 = 165817,12 \text{ Н.}$$

Зусилля проштовхування відходу:

$$P_{\text{ПР}} = P_{\text{ПРОБ}} \cdot K_{\text{ПР}},$$

де $K_{\text{ПР}}$ - коефіцієнт, що залежить від штампуемого матеріалу, 0,02-0,06

для сталі.

$$P_{ПР} = 165817,12 \cdot 0,03 = 4974,136 \text{ Н.}$$

Зусилля зняття смуги з пуансона:

$$P_{СН} = P_{ВЫР} \cdot K_{СН},$$

де $K_{СН}$ - коефіцієнт, що залежить від штампуемого матеріалу, 0,03-0,05

для сталі.

$$P_{СН} = 165817,12 \cdot 0,03 = 4974,136 \text{ Н.}$$

Робота деформації, необхідна для виконання операції:

$$A = P_{СР} \cdot h_p,$$

де $P_{СР}$ - усереднене зусилля штампування, кН. Для сталі середньою твердості становить 60-65% від зусилля вирубки P ;

$h_{СР}$ - робочий хід пуансона при виконанні розділової операції, мм.

$$P_{СР} = 0,65 \cdot 165,8 = 107,77 \text{ кН.}$$

$$A = 107,77 \cdot 4 = 431,08 \text{ Дж.}$$

Розрахункове зусилля вирубки:

$$P_{ВЫР} = L \cdot S \cdot \sigma_{СР},$$

де L - периметр контуру, що вирубується;

S - товщина матеріалу;

$\sigma_{СР} = 460 \text{ Мпа}$ - опір металу зрізу для Сталі 35;

Розрахункове зусилля вирубки:

$$P_{ВЫР} = 7 \cdot 26,4 \cdot 4 \cdot 460 = 340032 \text{ Н.}$$

Зусилля зняття смуги з пуансона:

$$P_{СН} = P_{ВЫР} \cdot K_{СН},$$

де $K_{СН}$ - коефіцієнт, що залежить від штампуемого матеріалу, 0,03-0,05

для сталі.

$$P_{СН} = 340032 \cdot 0,03 = 10200,96 \text{ Н.}$$

Зусилля прогтовхування деталі:

$$P_{ПР} = P_{ВЫР} \cdot K_{ПР},$$

де $K_{ПР}$ - коефіцієнт, що залежить від штампуємого матеріалу, 0,02-0,06 для сталі. $P_{ПР} = 340032 \cdot 0,03 = 10200,96$ Н.

Робота деформації необхідна для виконання операції:

$$A = P_{СР} \cdot h_{р},$$

де $P_{СР}$ - усереднене зусилля штампування, кН. Для сталі середньої твердості становить 60-65% від зусилля вирубки P ; $h_{СР}$ - робочий хід пуансона при виконанні розділової операції, мм.

Робочий хід $h_{р}$ пуансона при виконанні розділових операцій у штампах з паралельними ріжучими ребрами пуансона і матриці дорівнює товщині матеріалу s .

$$P_{СР} = 0,65 \cdot 340,032 = 221,02 \text{ кН.}$$

$$A = 221,02 \cdot 4 = 884,08 \text{ Дж.}$$

Для підвищення якості вирубки і пробивання застосовують притискні пристрої. Зусилля притиску, яке повинен забезпечувати притиск визначається по формулі:

$$P_{прж} = Lsq_{прж},$$

де $q_{прж}$ - питоме зусилля притиску, Н/мм².

$$P_{прж} = 7 \cdot (12,874 + 26,4) \cdot 4 \cdot 30 = 32990,16 \text{ Н.}$$

Загальні зусилля в штампі для вирубки і пробивання складе:

$$P_{обц} = (P_{ВЫР} + P_{ПР}) + (P_{ПРОБ} + P_{ПР}) + P_{прж},$$

$$P_{обц} = (340032 + 10200,96) + (165817,12 + 4974,136) + 32990,16 = 554014,376 \text{ Н.}$$

Необхідне зусилля преса обчислюється по формул:

$$P_{пресса} = 1,25 \cdot P_{обц}, \text{ Н.}$$

$$P_{пресса} = 1,25 \cdot 554014,376 = 692517,97 \text{ Н.}$$

Виходячи з розрахунків і розмірів проектного штампа для

штампувальної операції потрібен прес моделі ДО2130. Технічна характеристика преса моделі ДО2130 представлено в таблиці 3.

Таблиця 3- Технічні характеристики преса моделі ДО2130

Найменування параметра	Величина
Номінальне зусилля преса, кН	1000
Хід повзуна регульований, мм	140
Число ходів повзуна у хв.	100
Регулювання відстані між столом і повзуном, мм	100
Найбільша відстань між столом і повзуном у його нижньому положенні при найбільшому ході, мм	400
Відстань від осі повзуна до станини, мм	320
Відстань від стола преса до напрямних, мм	550
Розміри отвору в повзуну, мм	60
Розміри стола, мм ліворуч-праворуч попереду-назад	850 560
Розміри отвору в столі, мм ліворуч-праворуч попереду-назад діаметр	420 280 360
Відстань між стійками у світлі, мм	400
Товщина підштампової плити, мм	100
Кут нахилу станини, градуси	10, 20, 30
Габарити преса, мм ліворуч-праворуч попереду-назад висота над рівнем підлоги	1710 2125 3180
Маса преса без пневмоподушки, кг	8025
Маса преса із пневмоподушкою, кг	8440
Витрата стисненого повітря на одне включення, м ³	0,0025
Тип електродвигуна	АОС2-61-4УЗ
Потужність електродвигуна, кВт	14,5
Число обертів електродвигуна у хвилину	1350

4. Конструкторський розрахунки штампа

4.1 Технологічне оснащення

Застосовується штамп послідовної дії для вирубки і пробивання.

Типові деталі штампів діляться на дві основні групи:

деталі технологічного призначення;

деталі, які під час виробленої операції перебувають у взаємодії з оброблюваним матеріалом або виробом і безпосередньо беруть участь у виконанні цієї операції;

деталі конструкторського призначення;

деталі, що мають у конструкції штампа монтажно-складальне призначення.

Деталі технологічного призначення (пакет штампа) у свою чергу складаються з наступних груп:

робочі деталі штампа, що безпосередньо виконують необхідну штампувальну операцію (матриці, пуансони, ножі);

фіксуєючі деталі, призначені для точної установки штампуючого матеріалу або заготовки під час виконання операції штампування (упори, важелі, фіксатори, ловителі, бічні притиски);

деталі, що видаляють, що притискають і, призначені для втримання матеріалу або заготовки під час виконання операції або знімання і видалення відштампованого виробу (притиски, виштовхувача, знімачі, скидачі, відліпателі).

Деталі конструкторського призначення (блок штампа) складаються з наступних груп:

опорні деталі, що тримають, призначені для монтажу технологічних деталей і передачі робочого тиску (плита верхня і нижн напрямні втулки, що направляють колонки й, хвостовик).

Хвостовик застосовують у малих і середніх штампах для кріплення верхньої частини штампа до повзуна преса.

напрямні деталі штампа, призначені для напрямку рухи верхньої частини штампа або пуансона щодо нижнього під час штампування (напрямні колонки і втулки, що направляють планки і плитки);

кріпильні деталі, призначені для кріплення деталей штампа між собою і кріплення штампа на столі преса (гвинти, штифти, пружини, затискачі і ін.).

Далі здійснимо розрахунок зусиль у штампах і виконавчих розмірів матриць і пуансонів.

.2 Розрахунки виконавчих розмірів матриць і пуансонів штампа для виготовлення деталі «Гайка»

Вирубка.

При вирубці - ухвалюємо виготовлення матриці і пуансона роздільне.

Розмір матриці при зовнішньому допуску на розмір деталі розраховується по формулі [1]:

$$D_M = (D - \Pi)^{+\delta_M},$$

де D - номінальний розмір заготовки;

Π - припуск на зношування, $\Pi = 0,13$ мм.

$$D_M = (8 - 0,13)^{+0,035} = 7,87^{+0,035} \text{ мм.}$$

Розмір пуансона при зовнішньому допуску на розмір деталі розраховується по формулі [1]:

$$D_{\Pi} = (D - \Pi - z)_{-\delta_{\Pi}},$$

де z - двосторонній зазор між матрицею і пуансоном, $z = 1,3$ мм.

$$D_{\Pi} = (8 - 0,13 - 0,36)_{-0,03} = 7,51_{-0,03} \text{ мм.}$$

Пробивання.

При пробиванні - ухвалюємо виготовлення матриці і пуансона роздільне. Виконавчі - робочі розміри пуансона і матриці при пробиванні круглого контуру визначаються по формулах [1]:

$$d_n = (d + II)_{-\delta_n},$$

$$d_m = (d + II + z)^{+\delta_m},$$

$$d_n = (4,1 + 0,1)_{-0,022} = 4,2_{-0,022} \text{ мм},$$

$$d_m = (4,1 + 0,1 + 0,36)^{+0,03} = 4,56^{+0,03} \text{ мм}.$$

4.3 Вибір матеріалів для виготовлення деталей штампів

Робочі деталі штампів (пуансони і матриці) зазнають ударному навантаженню із сильною концентрацією напруг на робочих крайках або на робочій поверхні. Тому до матеріалу пуансонів і матриць пред'являється вимога високої або підвищеної твердості і зносостійкості при наявності достатньої в'язкості.

Стали, застосовувані для виготовлення робочих частин штампів холодного листового штампування, діляться на наступні групи:

Вуглецеві інструментальні сталі невеликого прокалювання (діаметром до 25 мм): В8А, В10А, В8, В10.

Леговані сталі підвищеного прокалювання (діаметром до 40-50мм): Х (ШХ15), Х09 (ШХ9), 9Х, 9ХС, 9ХФ, ХВГ, 9ХВГ, ХГСВФ.

Високохромісті сталі високого прокалювання (діаметр до 80 мм), високої зносостійкості, мало деформируемые при загартуванні: Х12Ф1, Х12Ф, Х12М, Х12, також Х6ВФ і ХГ3СВФ.

Леговані сталі підвищеною в'язкості (при твердості HRC 56 - 58): 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С, 5ХВГ.

Основним недоліком вуглецевих інструментальних сталей є їхня низьке прокалювання, у результаті чого в більших перерізах (понад 20 - 25 мм) зберігається непрожарена серцевина зі зниженою твердістю. Однак, у ряді випадків, при роботі штампа зі значними динамічними навантаженнями, ця властивість вуглецевих сталей стає позитивним.

Застосування вуглецевих інструментальних сталей обмежується

робочими частинами штампів простої форми товщиною або діаметром до 25 мм. Найбільш придатні для виготовлення штампів стали марок В10А, В10.

Хвостовик - служить для кріплення верхньої плити штампа до повзуна преса. Виготовляють в основному зі сталей 35, 40.

Плита верхня і нижня - призначені для кріплення на них робочих частин штампа, що направляють колонок і втулок. Виготовляють зі СЧ25, Ст3, Ст4, 30Л.

Плити підкладні встановлюються під матрицю і пуансон і служать для гасіння ударних навантажень при штампуванні, тим самим охороняючи верхню і нижню плити від деформації і руйнування, виготовляються зі СЧ25, 45Л, 45.

Пуансон вирубний (пробивний) є робочою деталлю штампа і призначений для вирубки деталі із заготовки. Виготовляються для простої форми: В10, В10А, Х12Ф1; для складної форми: Х12ВМ, Х6ВФ, Р6М5, ВК20.

Матриця вирубна є робочою деталлю штампа, призначена для вирубки деталі із заготовки. Виготовляються для простої форми: В10, В10А, Х12Ф1; для складної форми: Х12ВМ, Х6ВФ, Р6М5, ВК20.

Напрявні втулки і колонки призначені для сполучення верхньої і нижньої половини (плит) штампів, а відповідно і точному сполученню робочих частин штампа (пуансона і матриці). Їх виготовляють зі сталі 20, яку цементують на глибину 0, 5-1, 0 мм і потім гартують до HRC 58 - 62, або зі сталей 45, 50, які гартуються до HRC 45 - 50.

Знімач застосовується для видалення пуансона до верхньої плити штампа. Виготовляється зі сталі 35 або 45 без термообробки.

Упор є фіксуючою деталлю штампа і призначений для переміщення смуги на крок штампування. Виготовляють зі сталі 45, яка розжарюється до HRC 40 - 45.

Матрицетримач призначений для кріплення матриці до нижньої плити штампа. Виготовляють зі сталі Ст3.

Примітка - сталь Ст3 відноситься до вуглецевих конструкційним сталям загальної якості; сталі 35, 40, 45, 50, 30Л, 45Л - вуглецеві якісні конструкційні сталі; сталі В10, В10А - вуглецевих інструментальні сталі; Х12ВМ, Х6ВФ, Х12Ф1 - леговані інструментальні сталі; Р6М5 - швидкорізальна сталь; ВК20 - металокерамічний твердий сплав вольфрамової групи; СЧ25 - сірий чавун.

4 Конструкторський і міцностний розрахунки розділового інструмента

Матриця і пуансон визначають працездатність, надійність і довговічність штампа. Їхній розрахунки і конструювання - найважливіший етап розробки документації штампа.

Товщину матриці по наступній емпіричній формулі:

$$H_m = s + K_m \sqrt{a_p + b_p} + 7,$$

де s - товщина штампуемого матеріалу, мм;

a_p і b_p - розміри робочої зони матриці, мм;

K_m - коефіцієнт, прийнятий залежно від тимчасового опору штампуемого матеріалу.

$$H_m = 4 + 1 \cdot \sqrt{36,5 + 36} + 7 = 19,5 \text{ мм.}$$

Матриця. Форма матриці визначається формою і розмірами штампуемой деталі. По емпіричній формулі можна перевірити достатність товщини матриці, мм:

$$H_m = \sqrt[3]{100P_{\text{общ}}},$$

де $P_{\text{общ}}$ - необхідне технологічне зусилля штампування, кН.

$$H_m = \sqrt[3]{100 \cdot 554} = 38,704 \text{ мм.}$$

Знайдене значення H_m необхідно округлити до найближчого більшого числа з наступного ряду чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56,

63, 71, 80. З конструктивних міркувань, з урахуванням послідовної конструкції ухвалюємо товщину матриці 25 мм і містимо її в обойму для підвищення міцності. Співвідношення габаритних розмірів і товщини прямокутних матриць слід ухвалювати за ДСТ 15861-81.

Визначимо розміри матриці. Форма і розмір матриці визначається формою і розмірами штампуємої деталі. Розміри прямокутної матриці визначають (орієнтовно) виходячи з розмірів її робочої зони. Розміри матриці уточнюють із урахуванням необхідних величин перемичок між отворами, конкретного розміщення робочої зони і отворів і т.д..

Відповідно до рекомендацій [1] ухвалюємо розміри матриці 110x30 мм.

Важко навантажені матриці слід перевіряти на міцність спеціальним розрахунками, заснованим на визначенні напруг, що виникають у небезпечному перерізі. Небезпечним є переріз, що проходить через вузькі щілинні отвори, гострі кути і ін. Наприклад, при вирубці квадратного контуру небезпечним є перетин, що проходить через протилежні кути і діагоналі квадрата. При розрахунках можна виходити з того, що сила, що розширає матрицю в небезпечному перерізі, становить не менш 40 % технологічного зусилля. Перевірку виконують по формулі [1]:

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4P}{F},$$

де $[\sigma_p]$ -, що допускається напруга на розрив (для сталі В8, В10 у загартованому стані $[\sigma_p]=250\text{МПа}$);

P - технологічне зусилля, Н;

F - площа небезпечного переріза, мм.

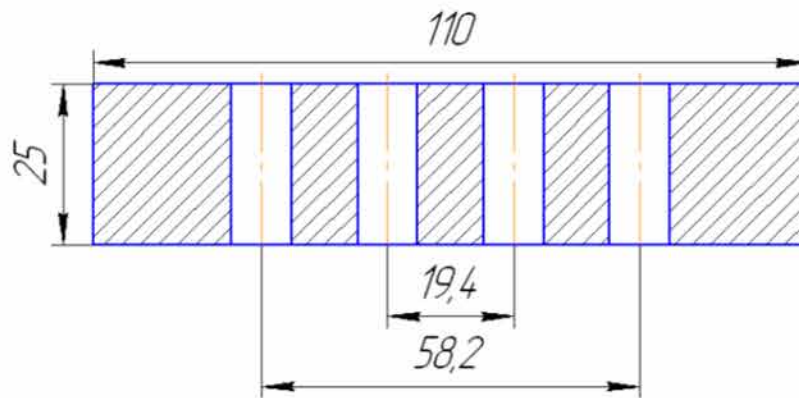


Рисунок 5- Небезпечний переріз матриці

Площа небезпечного перерізу визначаємо за допомогою пакета Solisworks.

$$\frac{0,4 \cdot 554014376}{1826} = 121,36 < [\sigma_p] \quad - \text{ умова не виконується.}$$

Тому що умова виконується на граничних умовах, то матрицю додатково для підвищення міцності встановлюємо в обойму.

Розміри пуансонів для пробивання круглих отворів ухвалюються відповідно до ГОСТ 16621-80 і ГОСТ 16625-80.

Проведемо перевірку пробивного пуансона на стиск, зминання опорної поверхні і поздовжній вигин, тому що при виготовленні даної деталі саме цей елемент буде підданий максимальним навантаженням.

Напряга зминання $\sigma_{см}$ поверхнею головки пуансона поверхні плити обчислюють по формулі:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{гол}}$$

де P - технологічне зусилля сприймане пуансоном, Н;

$F_{гол}$ - площа поверхні його головки, мм²;

$$\sigma_{см} = 300 \div 400 \text{ МПа.}$$

Якщо $\sigma_{см} > 100$ МПа, то пуансон слід упирати головою в сталеву

загартовану підкладну плиту.

Зробимо перевіірочний міцностний розрахунки на зминання опорної поверхні для пуансона $\varnothing 4,1$ мм.

$$F_{\text{зол}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{зол}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} = 113,04 \text{ мм}^2,$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P}{F_{\text{зол}}} = \frac{23688,16}{113,04} = 209,55 \text{ МПа}.$$

Тому що $\sigma_{\text{см}} > 100 \text{ МПа}$, те сталеву загартовану плиту в конструкції штампа застосовуємо.

Перевірку на стиск здійснюють із урахуванням поздовжнього вигину в наступній послідовності.

Спочатку визначають коефіцієнт μ зниження, що допускається напруги $\mu_{\text{сж}}$, що залежить від умовної гнучкості пуансона і враховуючий можливу втрату стійкості пуансона (його поздовжній вигин). Для пуансонів круглого перетину цей коефіцієнт залежить від параметра:

$$\mu = 2,8 \frac{h_n}{d_n},$$

де h_n - довжина робочої частини пуансона;

d_n - діаметр (по найменшому перерізу) робочої частини пуансона.

Далі визначають площа F_k (мм^2) контакту робочого торця пуансона зі штампуючим матеріалом. Якщо діаметр отвору, що пробивається, порівняємо з товщиною матеріалу $F_k \approx F_{\text{раб}}$,

Напряга стиску для таких пуансонів обчислюють по наступній формулі:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{\varphi \cdot F_k},$$

де P - технологічне зусилля, сприймане пуансоном, що перевіряється, Н;

F_k - площа контакту робочого торця пуансона зі штампуючим

матеріалом; μ - коефіцієнт зниження, що допускається напруги, що залежить від μ і прийнятий по [1].

Проведемо перевірку на стиск пуансона пробивного пуансона:

$$\mu = 2,8 \frac{h_n}{d_n} = 2,8 \frac{16}{4,2} = 10,66.$$

Отже, відповідно до рекомендацій [1] ухвалюємо $\mu=0,8$.

Тому що діаметр отвору, що пробивається, порівняємо з товщиною матеріалу, те

$$F_k = D_n, \quad F_k = \frac{\pi \cdot 4,2^2}{4} = 13,847 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{сж} = \frac{2368816}{0,8 \cdot 13,847} = 2138,38 \text{ МПа}.$$

Тому що $\sigma_{сж} = 2138,38 \text{ МПа} > [\sigma_{сж}] = 1600 \text{ МПа}$, то умова по дотриманню стійкості не виконується. Для підвищення стійкості пуансона передбачаємо в конструкції штамп додатковий напрямок через притиск.

5 Вибір і розрахунки розмірів плит штамп

Виходячи з розрахункових габаритних розмірів матриці відповідно до рекомендацій [1] вибираємо стандартний штамповий блок з діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання. Ухвалюємо блок з розмірами робочого простору $A_{р.пгврп.} = 250 \times 400 \text{ мм}$.

Нижня плита даного блоку має товщину 50 мм.

Визначимо необхідну товщину нижньої плити блоку виходячи з діючої на неї навантаження при штампуванні. Необхідний момент опору W_d перетину плити в напрямку провального отвору $D_{пр}$ преса в підштампової плиті визначається рівнянням [1]:

$$W \cong 0,25 \frac{P \cdot D_{пр}}{[\sigma_u]},$$

де P - повне розрахункове зусилля діюче на нижню плиту, кН;

$[\sigma_u]$ -, що допускається напруга на вигин матеріалу нижньої плити. Для сталі марки 30 напруга, що допускається, вигину при навантаженні діючої від нуля до $[\sigma_u]=110\text{МПа}$ максимуму .

Для обраного преса моделі $D_{\text{пр}}=360\text{мм}$.

$$W \cong 0,25 \frac{554014376 \cdot 360}{110} = 453284 \text{ мм}^3.$$

За знайденим значенням моменту опору визначаємо необхідну товщину нижньої плити по формулі [1]:

$$H_{\text{пл}} = 2,5 \sqrt{\frac{W}{A_{\text{п.п.}} - d_{\text{отв}}}}$$

де $d_{\text{отв}}$ - діаметр провального отвору в нижній плиті, мм.

$$H_{\text{пл}} = 2,5 \sqrt{\frac{453284}{280 - 75}} = 40,586 \text{ мм.}$$

Відповідно до розрахунків нижня плита витримає надавану на неї навантаження, тому що обраний штамповий блок по товщині нижньої плити перевершує розрахункове її значення.

Товщину верхньої плити рекомендується ухвалювати не більш 0,6-0,8 від товщини нижньої, що також виконується.

4.6 Визначення і вибір напрямних вузлів розділового штампа

Розміри напрямних вузлів можна вибрати ґрунтуючись на габаритних розмірах нижньої плити штампа і діючому на неї зусилля. Мінімальний діаметр напрямних колонок $d_{\text{нк}}$ обчислюють по емпіричній формулі [1]:

$$d_{\text{нк}} = 0,5 \sqrt{F_{\text{пл}} + 70} \cdot \sqrt[8]{P}$$

де F- площа опорної поверхні нижньої плити, див²;

P - повне розрахункове зусилля, Кн.

$$F=41 \times 28=1148 \text{ див}^2.$$

$$d_{нк} = 0,5\sqrt{1148+70} \cdot \sqrt[3]{554} = 38,43 \text{ мм.}$$

У штампі застосовуємо дві колонки $d_{нк} = 36 \text{ мм}$. Використовуються стандартні напрямні вузли ковзання з розмірами за ДСТ 13121-83.

7 Розрахунки центру тиску штампа

У штампах для вирубки (пробивання), що містять кілька пуансонів, визначення центру тиску є обов'язковим. У штампах для гнучкі, витяжці і інших формозмінних операцій центр тиску звичайно не визначають, тому що конструкції таких штампів, як правило, містять тільки один пуансон, вісь якого є лінією дії рівнодіючої всіх сил.

Визначенню координат центру тиску штампа передуює визначення координат центру тиску окремих штампуючих елементів.

У загальному випадку координати центру тиску штампа можна визначити аналітично по формулах:

$$x_c = \frac{P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

$$y_c = \frac{P_1y_1 + P_2y_2 + \dots + P_ny_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}.$$

де P_1, P_2, \dots, P_n - зусилля штампування окремих елементів;

x_1, x_2, \dots, x_n і y_1, y_2, \dots, y_n - координати центрів тиску штампуючих елементів.

Схема визначення представлено на рис. 7.

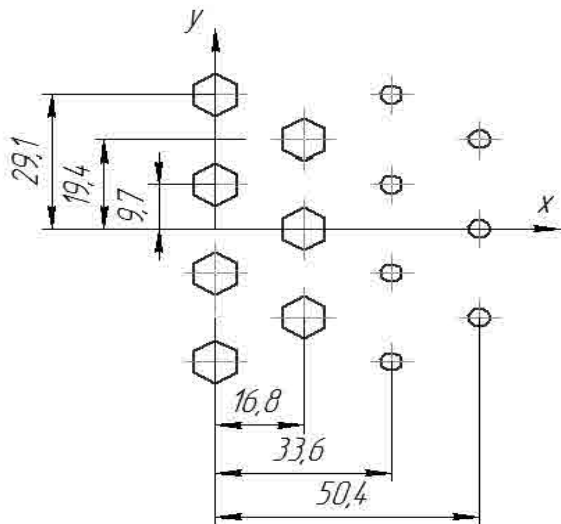


Рисунок 7- Схемі розрахунків центру тиску штампа

$$x_c = \frac{4 \cdot 48576 \cdot 0 + 3 \cdot 48576 \cdot 16,8 + 4 \cdot 2368816 \cdot 33,6 + 3 \cdot 2368816 \cdot 50,4}{7 \cdot 48576 + 7 \cdot 2368816} = 18,214 \text{ мм.}$$

4.8 Розрахунки закритої висоти штампа

Штамп слід проектувати в його нижньому робочому положенні. У цьому положенні щонайкраще погоджується взаємодія робітників, що притискають деталей, що і видаляють, штампа.

Висота штампа в нижньому робочому положенні називається його закритою висотою і повинна бути вв'язана із закритою висотою преса.

Закритою висотою преса називається відстань від верхньої площини стола преса до нижньої площини повзуна в його нижньому положенні при максимальному ході і найменшій довжині шатуна.

Закрита висота преса визначає максимальну закриту висоту штампа, який може бути встановлений на даному пресі.

Закрита висота штампа H_s (у нижньому робочому положенні) повинна перебуває між найбільшою закритою висотою преса H і найменшою закритою висотою преса H_1 , звичайно беруть $H - 5 \text{ мм} \leq H_s \leq H_1 + 10 \text{ мм}$.

Звичайно штампи проектують ближче до найбільшої закритої висоти преса, враховуючи бажаність роботи при вкороченому шатуні, а також зменшення висоти штампа внаслідок наступних перешліфовок.

У випадку, якщо закрита висота штампа H_3 буде менше найменшої закритої висоти преса H_1 , (тобто $H_3 < H_1$), необхідне застосування проміжних підкладних плит або спеціальних оброблених брусків.

$$H_3 = 50 + 50 + 60 + 40 + 5 = 205_{\text{мм.}}$$

6. Розрахунки економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності застосування розробленого в проєкті штампа полягає в зіставленні одноразових витрат на виготовлення більш складного технологічного оснащення з очікуваною економією на виробничій заробітній платі, витраті штампуємого матеріалу і цехових витратах. У якості показників економічної ефективності застосування розробленого визначається технологічна собівартість виготовлення деталі при штампуванні, а також строк окупності витрат, що представляє відношення величини одноразових доповнених витрат до сумарної величини річної економії на поточних витратах виробництва.

Технологічну собівартість виготовлення деталі визначають по формулі:

$$K = \frac{W \cdot m + V}{N} + \frac{t(1 + 0.01 \cdot H)}{T} + M,$$

де K - технологічна собівартість деталі, у.е.;

W - орієнтовна планово-розрахункова цехова вартість типових штампів;

m - число штампів, необхідне для виготовлення заданої партії деталей, шт.:

$$m = \frac{N}{C},$$

де C - стійкість штампа;

V - вартість автоматичної подачі;

N - річна програма випуску штампуємих деталей, шт.;

T - продуктивність у зміну, шт.;

t - середня заробітна плата робочого по даній операції за 1 день, у.е. (тарифна годинна ставка для робітників машинобудівної промисловості, що працюють по третьому розряду, становить 0,413 у.е.);

Н-Н- цехові накладні витрати за один день, у.е. (ухвалюються у відсотковому відношенні до заробітної плати виробничих робітників. По даним Мінського тракторного заводу цехові накладні витрати становлять 500% заробітної плати виробничих робітників);

М-М- вартість матеріалу, обумовлена по нормі витрати на підставі карти розкрою і прейскуранта оптових цін на матеріали, у.е..

$$m = \frac{1000000}{400000} = 2,5, \text{ ухвалюємо } m = 3,0,$$

$$T = 7 \cdot n \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,3 = 7 \cdot 100 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,5 = 168000 \text{ шт.}$$

Маса листа визначається по формулі:

$$M_x = L \cdot S \cdot B \cdot \gamma,$$

де L - довжина листа, см;

S - товщина листа, см;

B - ширина листа, см;

γ - щільність оброблюваного матеріалу, г/см³.

$$M_x = 200 \cdot 0,4 \cdot 100 \cdot 7,85 = 62800 \text{ г.}$$

Кількість листів у тонні матеріалу:

$$n_x = \frac{1000}{62,8} = 15,92 \text{ листа.}$$

Вартість одного листа:

$$M_x = \frac{Ц}{n_x},$$

де $Ц$ - вартість однієї тонни матеріалу, у.е.

$$M_n = \frac{1400}{15,92} = 87,93 \text{ у.е.}$$

Вартість матеріалу, що доводиться на одну деталь, у.е:

$$M_{дет} = \frac{M_n}{N}$$

$$M_{дет} = \frac{87,93}{15575} = 0,0056 \text{ у.е.}$$

$$K = \frac{250 \cdot 3 + 200}{1000000} + \frac{0,413 \cdot 8 \cdot (1 + 0,01 \cdot 500)}{168000} + 0,0056 = 0,0066 \text{ у.е.}$$

Строк окупності витрат на засоби автоматизації підраховується по формулі:

$$O = \frac{3_0}{N \cdot \mathcal{E}_3 \cdot (1 + 0,01 \cdot H \cdot k)}$$

де O - строк окупності витрат у літах;

N - річна програма випуску штампуємих деталей, шт.;

3_0 - додаткові витрати на автоматизацію, прийняті рівними вартості автоматичної подачі, у.е.;

\mathcal{E}_3 - економія на виробничій заробітній платі на одну деталь, обумовлена різницею розцінок до і послі автоматизації.

При виконанні курсового проекту розцінки можна визначити як частка від розподілу середньої заробітної плати робітника на продуктивність; установлений відсоток цехових накладних витрат; коефіцієнт, що враховує відсутність економії по деяких статтях накладних цехових витрат при наявності економії на виробничій заробітній платі.

При постійній річній програмі випуску виробів коефіцієнт $k = 0.2 \dots 0.5$.

$$O = \frac{200}{1000000 \cdot 0,0002 \cdot (1 + 0,01 \cdot 500 \cdot 0,3)} = 0,8 \text{ років.}$$

Виводи і висновок

У даному курсовому проекті відповідно до завдання зроблений технологічний розрахунок деталі «Гайка», а саме розкрий, КВМ, виконавчі розміри інструмента та ін. Спроектване необхідне технологічне оснащення. Освітлені питання техніки безпеки при штампувальних операціях. Розроблений технологічний процес. Зроблений розрахунок економічної ефективності.