

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства
та технології конструкційних матеріалів**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи:
«Розроблення технології отримання та обробки деталі штамп листового
штампування»

Виконав:

студент Ісаєв Андрій Володимирович

Керівник:

к.т.н., доц. Марченко Станіслав
Вікторович

Залікова книжка
№ 20510100

Підпис _____

Підпис _____

Захищений з оцінкою

Оцінка, дата

дата, підпис

Секретар ЕК

_____ Марченко К.С.

Підпис

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
**Кафедра прикладного матеріалознавства
та технології конструкційних матеріалів**
Спеціальність 6.050403 «Інженерне матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми

“Прикладне матеріалознавство”

_____ Н.А. Харченко

«__» _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Ісаєву Андрію Володимировичу Група МТ – 91/0

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: “Розроблення технології отримання та обробки деталі штамп листового штампування”

2. Вихідні дані: Креслення деталі штамп листового штампування.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу.

1) Креслення деталі.

2) Графік термічної обробки деталі

3) План розробленого термічного відділення.

4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1. Аналіз умов експлуатації виробів, вимоги до матеріалів		+		
2	Розділ 2. Огляд літератури	+			
3	Розділ 3. Характеристика матеріалів деталі		+		
4	Розділ 4. Розроблення маршрутної технології виготовлення деталі			+	
5	Розділ 5. Розрахунково-експериментальна частина				+

5. Дата видачі завдання «__» _____ 2023 р.

Керівник _____
(підпис)

к.т.н., доц. Марченко С.В.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 69 сторінок, зокрема 9 таблиць, 28 рисунків, список із 23 використаних джерел на 3 сторінках та додатки.

Мета роботи – вибір оптимальної марки сталі та розроблення технології отримання та обробки деталі матриці штампу листового штампування.

Методи досліджень: металографічні та електронно-мікроскопічні дослідження структури поверхневого шару сплавів, вимірювання мікротвердості.

Листове штампування є одним із найбільш поширених методів виробництва металевих деталей. Цей процес використовується для виготовлення різноманітних деталей, від простих до складних, з високою точністю та повторюваністю. Одним з ключових елементів листового штампування є штамп - пристрій, який використовується для формування деталі з листового матеріалу.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було підібрано найоптимальніший варіант матеріалу (сталь X12M) досліджено вплив легувальних елементів на мікроструктуру сплаву. Розроблено маршрутну технологію отримання деталі матриця штампу листового штампування, механічної обробки напівфабрикатів, призначено режим термообробки. Вибрані методи контролю.

Ключові слова: штамп, матриця, сталь X12M, листове штампування, маршрутна технологія, мікроструктура, термообробка.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ВИМОГИ ДО РОБОТИ ШТАМПОВОГО ІНСТРУМЕНТА.....	6
1.1. Аналіз властивостей матеріалів для виготовлення заготовок.....	11
1.2. Огляд існуючих технологій отримання та обробки заготовок для деталі штамп листового штампування.....	14
1.3. Вплив технологічних параметрів отримання заготовки на якість деталі.....	21
Висновки до розділу 1.....	23
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ МАТРИЦЯ ШТАМПУ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ.....	24
2.1 Огляд літератури.....	24
2.2. Визначення оптимальних технологічних параметрів для отримання якісної деталі.....	26
2.3. Аналіз параметрів деталі матриця штамп листового штампування.....	27
Висновки до розділу 2.....	30
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ, ОБРОБКИ, ДЕТАЛІ ШТАМП ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ.....	31
3.1 Вибір матеріалу для отримання та обробки деталі штамп листового штампування.....	31
3.2 Маршрутна технологія виготовлення деталі штамп листового штампування.....	35
3.3 Можливі причини виходу з ладу штампового інструмента.....	40
Висновки до розділу 3.....	42
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	44
4.1 Розроблення рекомендацій щодо вдосконалення технології отримання та обробки деталі штамп листового штампування.....	44
4.2. Переваги та недоліки процесу кування та штамповки.....	49
Висновки до розділу 4.....	52

ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Листове штампування є одним із найбільш поширених методів виробництва металевих деталей. Цей процес використовується для виготовлення різноманітних деталей, від простих до складних, з високою точністю та повторюваністю. Одним з ключових елементів листового штампування є штамп - пристрій, який використовується для формування деталі з листового матеріалу.

Мета роботи полягає у виборі оптимальної марки сталі та розробленні технології отримання та обробки деталі штамп листового штампування.

Технологічний процес листового штампування полягає у формозміні листового матеріалу. За допомогою листового штампування можна виготовити плоскі прямі, плоскі зігнуті, об'ємні деталі виробів. Процес формозміни виробу може відбуватись декількома способами, наведеними на рисунку 1.

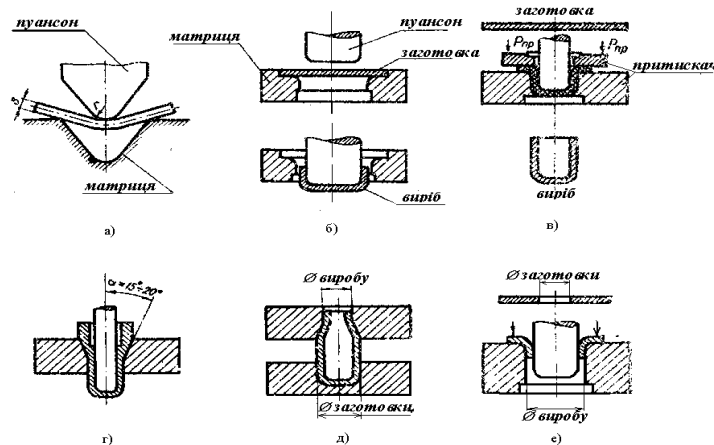


Рисунок 1 – Формозміна: згинання (а), витяжка без притискача (б), витяжка з притискачем (в), витяжка з потоншенням стінки (г), обтискання (д), відбортовування (е).

Об'єкт дослідження – процес отримання та обробки деталі штамп листового штампування.

Предмет дослідження – технології та методи отримання та обробки деталей штамп листового штампування.

Актуальність дослідження полягає у тому, що листове штампування є важливим процесом виробництва металевих деталей, який знаходить застосування в різних галузях промисловості. Розробка технології отримання та обробки деталі штамп листового штампування дозволить покращити якість та ефективність процесу виготовлення деталей, зменшити час та витрати на виробництво.

До переваг виготовлення виробів методом листового штампування можна віднести високу точність виробу, що виключає його подальшу обробку додатковими інструментами. Крім основного виробу за допомогою листового штампування можна виготовити і заготовки будь-якої форми та параметрів. Обраний метод задовольняє таку умову виготовлення деталі як “мала маса - висока міцність”. Також процес виготовлення заготовки деталі штамп листового штампування можна автоматизувати за допомогою роторно-конвеєрної лінії, що також відноситься до переваг обраної теми бакалаврської роботи.

Штампи листового штампування працюють в умовах високих змінних навантажень, виходять з ладу внаслідок крихкої руйнації, малоциклової втоми та зміни форми та розмірів за рахунок пластичної деформації та зносу. Тому сталі, які використовуються для виготовлення штампів, що пластично деформують метал при нормальних температурах, повинні мати високу твердість, зносостійкість і міцність у поєднанні з достатньою в'язкістю. У процесі деформування з більшою швидкістю штампи розігріваються до 200-350°C, тому сталі цього класу повинні бути теплостійкими. Для великих штампів необхідно забезпечувати високу прожарюваність і невеликі об'ємні зміни при загартуванні. Якщо в процесі термічної обробки відбувається спотворення складної конфігурації штампів, необхідно проводити доведення штампів до необхідних розмірів, що не завжди можливо.

Таким чином, завданням бакалаврської роботи є розробка оптимальної технології отримання та обробки деталі штамп листового штампування.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ВИМОГИ ДО РОБОТИ ШТАМПОВОГО ІНСТРУМЕНТА

Штамповий інструмент – це спеціальне обладнання, яке використовується для виготовлення деталей листового штампування. Цей інструмент складається з набору матриць та пуансонів, які забезпечують формування заготовки деталі. У цьому розділі будуть розглянуті основні характеристики штампового інструмента.

Штамп – інструмент, призначений для надання деталі заданої конфігурації за допомогою пластичної деформації заготовки або поділом її на частини (штампуванням). Для кожної деталі потрібен свій штамп, конструкція якого залежить від типу заготовки (сортовий або листовий прокат), типу машин, що використовуються для штампування (молот, прес тощо), характеру операцій, що виконуються, серійності виробництва тощо. При штампуванні з сортового прокату на молотах штамп має порожнини, які в процесі деформування заповнюються металом заготовки, причому вона набуває розмірів і конфігурації, що відповідають порожнині штамп.

Умови роботи штампового інструменту, як холодного, так і гарячого деформування, характеризуються величиною питомих тисків, характером навантаження і температурою розігріву робочих частин.

Інструменти холодного деформування, у тому числі вирубні штампи, працюють при високих питомих тисках до 2200-2500 МПа та при температурах розігріву ріжучих кромek до 150-200°C штампування м'яких матеріалів та до 400-500°C при деформуванні високоміцних матеріалів.

В результаті вирубки (пробивки) відбувається відділення однієї частини металу від іншої аналогічно процесу різання ножицями, але за замкнутим контуром, що показано на рисунку 2 [17].

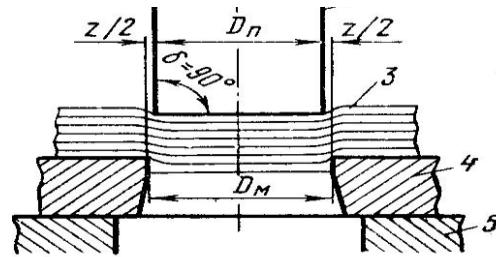


Рисунок 2 – Схема вирубкы на штампі: 1 – повзун; 2 – пуансон; 3 – заготовка; 4 – матриця; 5 – стіл пресу

На початку вдавлювання пуансону 2 в заготовку 3 остання прогинається; поблизу ріжучих кромek пуансона і матриці 4 створюється концентрація напруг, що викликає зміщення металу заготовки та утворення зони зминання. Це місцеве зминання розвивається доки по всій товщині заготівлі не виникне напруга, достатня для утворення лінії ковзання. В результаті цих явищ розвивається деформація зсуву, що супроводжується вигином і розтягуванням, аж до початку утворення тріщин, що сколюються. При подальшому вдавлюванні пуансона біля ріжучих кромek пуансона і матриці на металі виникають тріщини, що сколюються. Ці тріщини спрямовані під деяким кутом до поверхні листа і для того, щоб вони збіглися, необхідний певний проміжок між пуансоном і матрицею.

Після збігу тріщин, що сколюються, відбувається роз'єднання вирубчаного контуру. Для остаточного видалення вирубаної деталі або відходу при пробиванні необхідно подолати опір тертя, що виникає між поверхнями зрізу взаємно зміщених частин, а також між бічною поверхнею деталі, що вирубуеться (відходу при пробиванні) і поверхнею прохідного отвору матриці.

Зусилля, необхідне для вирубкування або пробивання, залежить від товщини і механічних властивостей матеріалу, периметра розрізу, форми різальних крайок пуансона і матриці (які можуть бути плоскими або скошеними), величини зазору між пуансоном і матрицею, а також стану різальних крайок штампу.

Застосовувані штампи для листового штампування є досить складним інструментом, що працює під великими періодично змінними навантаженнями. На стійкість штампів впливають різні фактори, основні з яких такі:

- механічні властивості та стан матеріалу, що штампується;
- конфігурація та розміри деталі за контуром, товщина матеріалу;
- технологічність конструкції деталі;
- технологічні особливості операцій;
- конструктивні особливості штампів;
- матеріали для штампів, їх термічна та хіміко-термічна обробка;
- технологія та якість виготовлення та зборка деталей штампів;
- тип та стан пресового обладнання;
- умови експлуатації штампів та характер організації штампного господарства.

Залежно від наведеного вище, при проектуванні, виготовленні та експлуатації штампів дуже важливо врахувати вплив цих факторів на стійкість штампів і розробити відповідні заходи щодо підвищення їх стійкості.

На рисунку 3 показано основні елементи вирубного штампів з направляючими колонами [18].

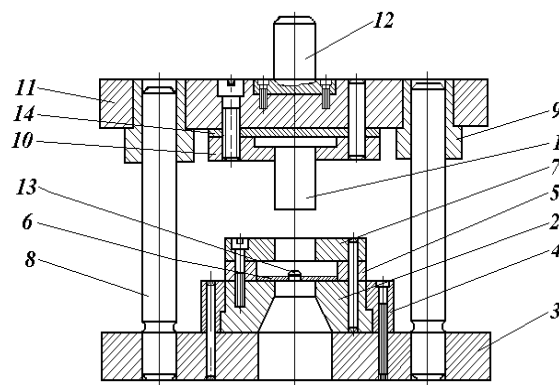


Рисунок 3 – Вирубний штамп: 1 - пуансон, 2 - матриця, 3 - нижня плита, 4 - матрицетримач, 5 - напрямні планки, 6 - заготовка, 7 - знімач, 8 - напрямні колони, 9 - напрямні втулки, 10 - пуансонотримач, 11 - верхня плита, 12 - хвостовик, 13 - обмежник, 14 - пуансон.

Деформування металу здійснюється шляхом відносного зміщення окремих робочих елементів штампа. При штампуванні на молотах таких робочих елементів зазвичай два: верхня половина штампа, що прикріплюється до баби молота (рухома частина або частина гравітаційного молота, що падає, до якої кріпиться верхній штамп або бійчик), і нижня половина, що прикріплюється до ковадла (основа нижнього бійчика кувального молота або нижньої частини штампу штапового молота).

Розрізняють відкриті штампи, у яких проміжок між робочими елементами зменшується в процесі деформування заготовки, і закриті, у яких цей зазор не змінюється. У відкритих штампах метал при деформуванні частково витісняється в щілину, утворюючи задирок, що у подальшому видаляється в спеціальних обрізних штампах з метою поступового наближення форми заготівлі до форми деталі. У відкритих штампах роблять кілька порожнин (струмок), в яких послідовно деформується заготовка (багатострумові штампи). Іноді ці струмки виготовляють в окремих штампах (однострумові штампи), і тоді заготовка послідовно передається від одного штампа до іншого.

При штампуванні деталей складної конфігурації в закритих штампах для забезпечення можливості вилучення поковки з порожнини штампа кількість робочих елементів збільшують і штамп отримує кілька площин роз'єму. Приклад закритих штампів з двома порожнинами роз'єму – штампи, що застосовуються на горизонтально-кувальних машинах, штампи для листового штампування, а також для штампування сортового металу на кривошипних гаряче штампувальних пресах.

Штампи для холодного штампування бувають простої дії (виконують одну операцію) та багатоопераційні. Останні поділяються на штампи послідовної дії (заготовка піддається різним операціям у різних позиціях у напрямку подачі) та штампи поєднаної дії (різні операції виконуються в одній позиції). При дрібносерійному виробництві застосовують спрощені штампи з

меншою кількістю допоміжних елементів, а також підкладні штампи, які не кріпляться до елементів машини.

Штамповий інструмент складається з таких елементів:

- матриця – це частина інструменту, яка використовується для формування деталі. Вона має виріз, який відповідає формі деталі;
- пуансон – частина інструменту, яка використовується для проковтування матеріалу та формування заготовки деталі;
- направляючі – це елементи, які забезпечують правильне розташування матриці та пуансона під час процесу штампування;
- пружини – вони використовуються для забезпечення потрібного тиску на матеріал під час штампування.

Штамповий інструмент може бути виготовлений з різних матеріалів: сталі, карбиду вольфраму, кераміки тощо. Вибір матеріалу залежить від вимог до інструменту та характеристик матеріалу, з якого буде виготовлятися заготовка деталі.

1.1. Аналіз властивостей матеріалів для виготовлення заготовок

Інструмент для деформування металу в холодному стані повинен мати високу твердість (практично не нижче за HRC 58). У багатьох випадках висока твердість (вище за HRC 62) забезпечує вищу стійкість у роботі. Тому для такого інструменту застосовують сталі із вмістом вуглецю не менше 1% у стані низько відпущеного мартенситу, тобто. після загартування та низького відпуску. Для таких інструментів застосовують сталі У8-У12.

З вуглецевої сталі марок У10, У11, У12 виготовляють штампи невеликих розмірів і простої конфігурації через неглибоке прожарювання їх слід застосовувати для відносно легких умов роботи (невеликий ступінь деформації, невисока твердість матеріалу, що штампується). Для складніших змін штампів і більш важких умов роботи застосовують леговані гартовані в

маслі (глибоко прожарюються) сталі – найчастіше сталі X (ШХ 15), ХВСГ, Х12М [19].

Найбільш прогресивними методами зміцнення металів є хіміко-термічна обробка. Удосконалення технології хіміко-термічної обробки дозволяє підвищити міцність та довговічність деталей машин, замінити дорогі леговані сталі на простіші та дешевші.

Легованими називають сталі, в які крім заліза і вуглецю вводять легуючі добавки для надання сталям різних властивостей. Характерними представниками легованих інструментальних сталей є такі сталі, як 9ХФ, 11ХФ, 13Х, ХВ, 9ХС, ХВГ, ХВСГ. Леговані інструментальні сталі одержують на основі вуглецевих інструментальних сталей шляхом легування їх хромом, ванадієм, вольфрамом, кремнієм, марганцем та іншими елементами. Легування призводить до більшої стійкості переохолодженого аустеніту і більшого прожарювання, ніж у вуглецевих інструментальних сталей. Інструменти з легованих сталей після гартування, як правило, в олії та низького відпуску мають твердість HRC 62...64 одиниці.

За призначенням їх поділяють на:

- конструкційні (машинобудівні, будівельні), призначені для виготовлення деталей машин та механізмів, а також будівельних конструкцій;
- інструментальні, використовуються для виготовлення різальних інструментів, штампів та вимірювального інструменту,
- сталі та сплави з особливими (спеціальними) властивостями (нержавіючі, жароміцні, теплостійкі).

Залежно від входження до складу сталі легуючих елементів, їх називають хромистими, хромонікелевими, ванадієвими тощо.

За структурою сталі в рівноважному стані поділяються на:

- доевтектоїдні – сталі, що містять надлишковий ферит;
- евтектоїдні – сталі, що мають перлітну структуру;

- заевтектоїдні – сталі, в структуру яких входять надлишкові вторинні карбіди;

- ледебуритні – сталі, складовою структури яких є первинні карбіди.

За структурою після охолодження на повітрі леговані сталі поділяють на перлітні (малолеговані), мартенситні (середньолеговані) та аустенітні (високолеговані) [12].

У свою чергу розрізняють дві групи низьколегованих інструментальних сталей. До першої групи належать сталі неглибокої прожарюваності (7ХФ, 8ХФ, 9ХФ, 11ХФ, 13Х, ХВ4, В2Ф). До другої групи відносять сталі глибокої прожарюваності (9Х1, Х, 9ХС, ХГС, 12Х1, 9ХВГ, ХВГ, ХВСГ). Вони містять більше хрому, ніж сталі першої групи. Крім хрому, в окремі марки входять марганець, кремній, вольфрам. Це підвищує прожарюваність, збільшує дисперсність карбідів, зменшує чутливість до перегріву і дозволяє використовувати їх для виготовлення різального інструменту – позначники, плашки, протяжки, фрези, розгортки.

Низьколеговані інструментальні сталі за формою, розмірами та граничними відхиленнями від них постачають у вигляді поковок квадратного та круглого перерізу (ГОСТ 1133-71), гарячекатаної круглого перерізу (ГОСТ 2590-71), гарячекатаної квадратного перерізу (ГОСТ 2591-71). Хімічний склад та властивості низьколегованої інструментальної сталі регламентовані ГОСТ 5950-73 [6].

Вуглецеві інструментальні сталі за формою, розмірами та граничними відхиленнями від них постачають у вигляді поковок квадратного та круглого перерізу, гарячекатаної квадратного та круглого перерізів, смужкою киданою гарячекатаною, каліброваною.

Як правило, вуглецеві сталі застосовують для виготовлення низько відповідальних міряльних, ріжучих та штампових інструментів, а також технологічного оснащення.

Листове штампування є одним з найбільш поширених методів виробництва деталей з металу. Цей процес полягає в обробці металевого листа за допомогою спеціального обладнання – штампувального пресу. Одним з головних етапів листового штампування є виготовлення заготовки деталі. Для цього необхідно вибрати матеріал, який має відповідні властивості для даної деталі.

Для виготовлення заготовки деталі штамп листового штампування можна використовувати різні матеріали: сталі, алюміній, мідь, латунь та інші. Кожен матеріал має свої особливості, які впливають на процес листового штампування та які необхідно враховувати при виборі матеріалу для заготовки деталі.

Сталі є найбільш поширеним матеріалом для листового штампування. Вони мають високу міцність та жорсткість, що дозволяє виготовляти деталі з високими вимогами до навантажень. Однак, сталі мають низьку пластичність, що може призводити до тріщин та інших дефектів при штампуванні.

У додатку А приведено приклади інструментальних штампових сталей.

Вибір матеріалу для виготовлення заготовки деталі штамп листового штампування залежить від вимог до деталі та властивостей матеріалу. Кожен матеріал має свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при виборі матеріалу для конкретної деталі.

1.2. Огляд існуючих технологій отримання та обробки заготовок для деталі штамп листового штампування

Існують різні технології отримання та обробки заготовок для таких деталей. Одна з технологій – *гаряче штампування*. У цьому процесі металевий лист нагрівається до високої температури, після чого формується деталь за допомогою штампового інструменту. Гаряча штамповка забезпечує високу точність формування деталі та можливість виготовлення складних форм.

Інша технологія – *холодне штампування*. У цьому процесі металевий лист не нагрівається, а формується за допомогою штампового інструменту при кімнатній температурі. Холодна штамповка забезпечує високу продуктивність та економічність виробництва. Також існують технології лазерної та гідроабразивної різки металевих листів для отримання заготовок для деталей штамп листового штампування. Ці технології забезпечують високу точність розмірів та форми заготовок.

Обробка отриманих заготовок може включати такі процеси, як згинання, свердління, різання, гальванічна обробка тощо. Всі ці процеси забезпечують отримання готової деталі з високою точністю та якістю.

Згинання – поширена операція листового, об'ємного штампування (рис.4). В якості заготовки при листовому штампуванні використовують отриманий прокаткою лист, смугу або стрічку, згорнуту в рулон. Товщина заготовки при холодному штампуванні зазвичай не більше 10 мм і лише в порівняно рідкісних випадках – більше 20 мм (як виняток гаряче листове штампування).

Листовим штампуванням виготовляють найрізноманітніші плоскі і просторові деталі масою від часток грама і розмірами, що обчислюються частками міліметра (наприклад, секундна стрілка ручного годинника), і деталі масою в десятки кілограмів і розмірами, що становлять кілька метрів (облицьовування автомобіля, літака, ракети) [17].

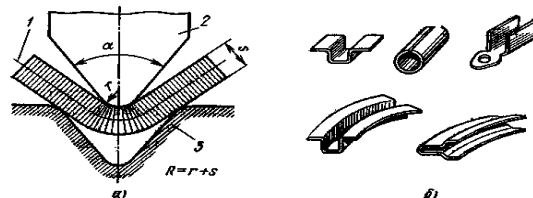


Рис. III.53. Схема гнбни (а) и надання, получаемое о ее использовании (б):
1 — нейтральный слой; 2 — пуансон; 3 — матрица

Рисунок 4 – Схема згинання заготовки

Інша технологія отримання та обробки заготовок для деталі штамп листового штампування – *вирубка* – одна з операцій листового штампування, коли частина, що відокремлюється – виріб.

Як заготовка при листовому штампуванні використовують отримані прокаткою лист, смугу або стрічку, згорнуту в рулон. Товщина заготовки при холодному штампуванні зазвичай не більше 10 мм і лише в порівняно рідкісних випадках більше 20 мм. Зазвичай штампують деталі із заготовок товщиною понад 20 мм з нагріванням до кувальних температур (гаряче листове штампування), що дозволяє значно зменшити зусилля деформування порівняно з холодним штампуванням.

Листоштампувальними операціями обробляють не тільки металеві, а й неметалеві матеріали (папір, шкіру, пластик та інші синтетичні матеріали). В якості заготовки використовуються смуги, стрічки, рулони, труби, сортовий прокат тощо.

Якість отриманих у ході таких операцій визначається шорсткістю, точністю геометричних розмірів та форми. Штампування є частиною процесу виготовлення готової продукції, а для її отримання часто потрібно кілька різних операцій, до того ж штампування може супроводжуватися термообробкою, обробкою різанням, нанесенням різних покриттів (лаків, фарб, емалей) тощо.

Карбування або чеканка — технологічний процес оброблення металів тиском, що полягає у виготовленні малюнка, напису або зображення шляхом вибивання на пластині необхідного рельєфу. Карбування поділяють на площинне, об'ємне[3]. Приклад карбування показано на рисунку 5.



Рисунок 5 – Алюмінієва пластина виготовлена методом карбування

Рельєф на листовому металі створюють за допомогою спеціальних інструментів – карбівок і молотків, які виготовляють як з металу, так і з деревини. Для карбувальних робіт застосовують метали і сплави яким властива висока пластичність: срібло, золото, мідь, латунь, алюміній і сталь завтовшки від 0,2 до 1 мм.

Існують різні технології отримання штампу: фрезерування, гідроабразивне різання, електроерозійне різання, електроерозійне випалювання.

Фрезерування (фрезерна обробка) – це механічна обробка різанням площин, пазів, лисок, при якій різальний інструмент (фреза) здійснює обертальний рух, а заготовка, що обробляється, - поступальний. Фрезерування (рис.6) застосовується для різних цілей, але в основному для трьох типів отворів: великі круглі отвори, які не можуть бути просвердлені, довгасті отвори для зручності монтажу, прямокутні отвори (найчастіше в штампах). Фрезерування дозволяє проводити розкрій плоских заготовок із листового металу, створювати фасонні профілі, об'ємні деталі, виконувати різні отвори, пази, нарізати різьблення. На рисунку 6 показано різання канавки шпонки на невеликому валу: лівою рукою робітник подає стіл (разом з деталлю) у поздовжньому напрямку, а правою по вертикалі. Те й інше, і навіть поперечна подача можуть здійснюватися автоматично.

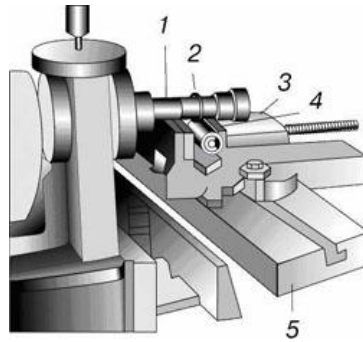


Рисунок 6 – Фрезерний верстат, різання канавки шпонки на невеликому валу: 1 - оправлення; 2 - фреза; 3 - лещата; 4 - деталь; 5 - стіл

В основі технології гідроабразивного різання (рис.7) лежить принцип ерозійного впливу суміші високошвидкісного водяного струменя та твердих абразивних частинок на оброблюваний матеріал. Фізична суть механізму гідроабразивного різання полягає у відриві та винесення з порожнини різання частинок матеріалу швидкісним потоком твердофазних частинок. Гідроабразивні верстати можуть різати нержавіючу сталь до 200 мм завтовшки. Для верстата немає значення, наскільки твердий матеріал, кольоровий це метал чи ні.

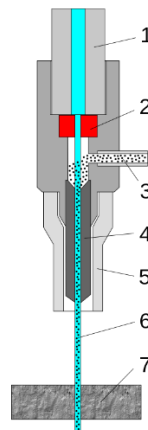


Рисунок 7 – Схема гідроабразивного різання: 1 - підведення води під високим тиском, 2 - сопло, 3 - подача абразиву, 4 - змішувач, 5 - кожух, 6 - ріжучий струмінь, 7 - матеріал, що розрізається

Електроерозійна обробка (ЕЕО) – субтрактивний виробничий процес, заснований на використанні тепла. Він перетворює електричний розряд на теплову енергію, яка розплавляє або випаровує надлишки матеріалу із заготовки. Процес маніпулює цією ерозією для створення бажаних зрізів та

форм із сировини (рис.8). Через використання електричного розряду цей процес іноді називають електроіскровою обробкою. Оскільки процес заснований на проведенні електрики через матеріал, він працює лише з матеріалами, які є гарними провідниками. Процес надійний у забезпеченні високоточних зрізів незалежно від твердості або м'якості матеріалу за умови, що він має хорошу електропровідність.

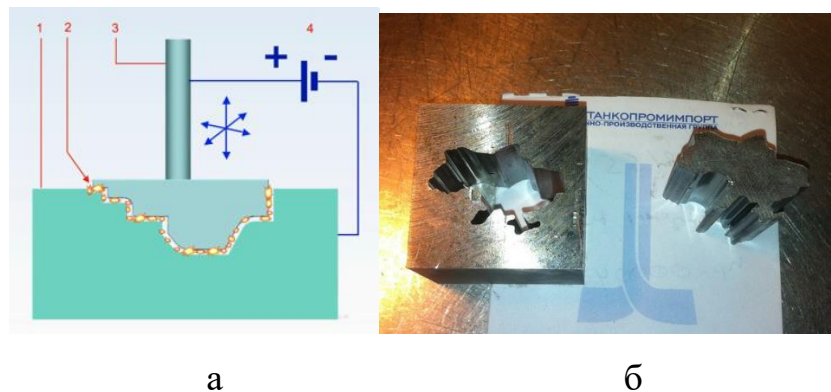


Рисунок 8 – (а) ЕЕО профільованої порожнини. Увімкнення на зворотну полярність. 1 - заготовка, що оброблюється, 2 - розряди в зазорі, 3 - електрод-інструмент, 4 - генератор імпульсів технологічного струму; (б) - виріб, виготовлений за допомогою електроерозійного різання

Гідроабразивне різання підходить для виготовлення штампів із твердих матеріалів, таких як сталь або титан, з високою точністю та повторюваністю. Однак цей метод може бути дорогим та повільним.

Електроерозійне різання дозволяє виготовляти штампи з високою точністю та складною формою з різних матеріалів, включаючи тверді сплави. Але цей метод також може довго тривати і бути дорогим.

Фрезерування є найпоширенішим методом виготовлення штампів. Він дозволяє виготовляти штампи швидко та з високою точністю з різних матеріалів, включаючи м'які метали та пластмаси. Однак для складних форм може знадобитися додаткова обробка. Таким чином, для виготовлення штампу листового штампування підходить комплекс з фрезерування та доопрацюванням з використанням або гідроабразивного або електроерозійного різання.

1.3. Вплив технологічних параметрів отримання заготовки на якість виробленої деталі

Технологічні параметри отримання заготовки деталі штамп листового штампування: швидкість деформування, ступінь деформування, температура деформування впливають на якість виробленої деталі.

Деформація передбачає зміну форми та габаритів виробу. Щоб досягти потрібного ефекту, метал можна розтягнути, стиснути, скрутити, загнути. Для цих цілей використовують спеціальні інструменти та процеси, наприклад, підвищення температури для деформації металу.

До деформації призводить навіть невелика силова дія. Розтягнення виробу викликає збільшення відстані між атомами, тоді як і натомість стиснення спостерігається зворотний процес. При обробці металу важливо враховувати, що пластична деформація здатна спровокувати кардинальну зміну характеристик. Вона може спостерігатися навіть у випадках, коли виріб має підвищену твердість, але було перевищено граничне навантаження.

Кожен метал має свій показник межі пружності, тому при виборі впливу враховують властивості матеріалу. Найкраще піддаються деформуванню та є пластичними метали з кубічною кристалічною решіткою.

Існують такі види деформацій металів: пружна, пластична.

За пружної деформації металу відбувається зміна форми, а після припинення впливу виріб приймає попередній зовнішній вигляд. Такий ефект досягається при додатку сили, що не перевищує межі пружності або модуль Юнга ($E \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$). Завдяки цій фізичній властивості після зняття навантаження заготовки з еластичних матеріалів повертаються до початкових розмірів.

Пластичний тип деформації металу пояснюється процесами кристалографічної природи, а саме ковзанням, двійкуванням, міжзерновим переміщенням.

У процесі ковзання під дією дотичних напруг одна частина кристала зміщується щодо іншої. Поки зміни спостерігаються у межах одного кристала, їх називають лінійною дислокацією. Коли на поверхні кристала утворюється сходинка розміром в один період решітки, це означає, зміни почали поширюватися по матеріалу. В результаті підвищується напруга, переміщуються нові атомні площини, з'являються додаткові сходинки одиничних зрушень. Просування дислокації не супроводжується розривом всіх міжатомних зв'язків у зоні площини ковзання – вони порушуються лише з краю дислокації. До властивостей металу відноситься теоретична міцність, що дозволяє описати опір пластичної деформації. Вона залежить від сил зв'язків між атомами в кристалічних ґратах, причому значно перевищує реальний рівень міцності. Наприклад, залізу властиві: 30 кг/мм – реальна міцність; 1340 кг/мм – теоретична міцність.

У процес двійкування у кристалі з'являються зони із закономірно зміненою орієнтацією структури. Двійкування призводить до незначної деформації металу. У процес міжзернового переміщення подібна зміна структури проявляється в результаті розтягування та запускається в зерні, де напрямок легкого ковзання збігається з напрямком дії навантаження. Внаслідок цього зерно розтягується. Зерна, що знаходяться в безпосередній близькості, розвертаються і деформуються, як тільки напрямок легкого ковзання в них поєднується з напрямком сили.

У результаті після такої деформації структура металу стає волокнистою, а механічні характеристики матеріалу визначаються вектором впливу: пластичність вище в напрямку, в якому прикладалося розтягувальне зусилля; міцність помітніше проявляється уперек докладання зусилля, а в поздовжньому напрямку показники нижчі. Дану різницю у властивостях, що виявилася внаслідок процесу деформації металу, позначають як анізотропію.

Деформаційне зміцнення або наклеп також має значний вплив на якість виготовленої деталі. Наклеп металу є одним із способів зміцнення.

Відбувається завдяки пластичній деформації, якій піддають виріб за температури, що знаходиться нижче за температуру рекристалізації. Деформування в процесі наклепу призводить до зміни як внутрішньої структури, так і фазового складу металу. В результаті таких змін у кристалічній решітці виникають дефекти, які виходять на поверхню виробу, що деформується. Звичайно, ці процеси призводять і до змін механічних характеристик металу. Зокрема, з ним відбувається: підвищення твердості та міцності; зниження пластичності та ударної в'язкості, а також опору до деформацій, що мають протилежний знак; погіршення стійкості до корозії.

Для листового деформування застосовується обладнання, описане нижче:

- обробка рубкою потрібна, коли необхідно отримати заготовки прямокутної форми і здійснюється спеціальними металорізальними верстатами - ножицями гільотин, які в свою чергу бувають ручними і гідравлічними, електричними, електромеханічними і пневматичними. Ріжуча частина всіх типів ножиць однакова: нижній ніж закріплений нерухомо, верхній переміщається вниз за рахунок зусилля, який створюється приводом. Ручна рубка застосовується для листів не більше 0.5 мм завтовшки.
- згинання металевих листів за допомогою спеціальних верстатів Листозгинальні верстати можуть бути у вигляді пресів, машин з поворотною балкою. Листозгинальне ручне обладнання має невеликі розміри, що дозволяє вигинати лист на 180 градусів, але процес металообробки не може бути автоматизований. Застосування такий верстат знаходить більше у невеликих майстернях. Серед пресів найбільше застосування на підприємствах знаходять гідравлічні листозгини через високу якість продукції, що виготовляється ними, надійність, низьку ймовірність виникнення травм, невелике

енергоспоживання. Здійснюють згинання листів більше 3,5 мм завтовшки.

- зиговка: якщо потрібно нанести на металевий лист поздовжні виступи, поглиблення, то знадобиться зигувальний верстат. Елементи ручної зигмашини – два вали, які обертаються у протилежних напрямках. На них поміщають формовочні ролики, між якими поміщають заготовлю і стискають. Вали обертають, виникає пластична деформація на поверхні деталі, таким чином формуються поглиблення. На такому устаткуванні вдається обробляти метал завтовшки трохи більше 1.5 мм.
- формування, вальцювання. Для зміни форми металевого листа призначене обладнання для вальцювання, з його допомогою виготовляють труби, заготовки для штампування та багато інших виробів. Металевий лист затискається між двома валами (середнім та крайнім), потім третім валом до них притискають заготовку та обертають валки вручну. Металевий лист деформується під потрібними кутами, проходячи із певною швидкістю через вали. Електромеханічне вальцювальне обладнання працює з листами від 1000 до 2000 мм шириною і до 2,25 мм завтовшки.

Основним видом обладнання для листового штампування є ножиці, а також кривошипні та гідравлічні преси. Кривошипні преси набули найбільшого застосування. За конструкцією вони дуже різноманітні. Це пояснюється особливостями вироблених на них операцій, наприклад, для операцій вирубування та пробивання застосовуються преси простої дії з невеликим ходом повзуна преса, а для операції витяжки - преси подвійної дії з великим ходом повзуна преса Для штампування з тонколистового матеріалу застосовують також гвинтові фрикційні преси, а для штампування з товстолистового матеріалу – гідравлічні преси (рис.9). Вони мають найкращу характеристику для виконання процесу листового штампування. Вони здійснюють деформування листового металу із постійною швидкістю. Для цих

пресів небезпечно перевантаження, неприпустиме під час роботи на кривошипних пресах.

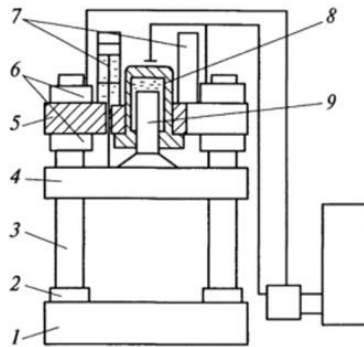


Рисунок 9 – Схема гідравлічного преса: 1 — основа; 2, 6 — гайки; 3 — направляючі колони; 4— рухома плита; 5 — архітрав (нерухома плита); 7— зворотні циліндри; 9 — плунжер

Висновки до розділу 1

Штамповий інструмент – важливий елемент листового штампування, який забезпечує формування деталі з металевого листа. Для виготовлення якісного виробу необхідно враховувати такі параметри як: вибір матеріалу, товщина, розмір, форма, температура та швидкість обробки, додаткова обробка.

У розділі розглянуто будову вирубного штампу. Описано призначення кожної деталі штампу: пуансон, матриця, нижня плита, матрицетримач, напрямні планки, заготовка, знімач, напрямні колони, напрямні втулки, пуансонотримач, верхня плита, хвостовик, обмежник.

Розглянуто: технології отримання заготовок: гаряче, холодне штампування (згинання, листове штампування, карбування); способи обробки заготовок: фрезерування, гідроабразивне різання, електроерозійне різання, електроерозійне випалювання. Визначено методи для виготовлення штампу.

Визначено технологічні параметри, що впливають на стійкість штампового інструмента: швидкість деформування, ступінь деформування, температура деформування. Розглянуто способи листового деформування: обробка рубкою, згинання, зиговка, формування, вальцювання. Основне

обладнання, що застосовується для листового деформування: ножиці та гідравлічні преси.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ МАТРИЦЯ ШТАМПУ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

За призначенням інструментальні сталі поділяють на три групи: для різального інструменту, для штампів та прес форм, для вимірювального інструменту. Технічно чисті метали характеризуються переважно низькими властивостями міцності, тому в машинобудуванні застосовують головним чином їх сплави. Сплави заліза з вуглецем є найбільш поширеними матеріалами в машинобудуванні та приладобудуванні. Сталі класифікують за такими ознаками: хімічним складом, призначенням, якістю та ступенем розкислення.

Легованими називають сталі, в які крім заліза та вуглецю вводять легуючі добавки для надання сталям спеціальних властивостей. Леговані сталі класифікують за призначенням, хімічним складом, рівноважній структурі та структурі після охолодження на повітрі.

За призначенням їх поділяють на:

- конструкційні (машинобудівні, будівельні), призначені для виготовлення деталей машин та механізмів, а також будівельних конструкцій;
- інструментальні, використовуються для виготовлення різальних інструментів, штампів та вимірювального інструменту;
- сталі та сплави з особливими (спеціальними) властивостями (нержавіючі, жароміцні, теплостійкі).

2.1 Огляд літератури

Однією із сучасних технологій, що дозволяє помітно (у кілька разів) підвищити зносостійкість різального та штампового інструменту, є іонно-плазмове азотування.

При іонному азотуванні підвищується твердість поверхні і зносостійкість всіх марок швидкорізальних сталей і сплавів, а глибина

азотованого шару залежить від фазового складу сталей – зі зростанням кількості карбідів у швидкорізальній сталі глибина азотованого шару поступово зменшується: слабше у сталей, що не містять кобальт, помітніше у кобальтових.

Зносостійкість при різанні інструментом із азотованої швидкорізальної сталі залежить від кількості карбідної фази сталі, збільшуючись з її зростанням.

Іонне азотування є також одним з основних методів збільшення довговічності штампового інструменту та ливарного оснащення зі сталей 5ХНМ, 4Х5МФС, 3Х2В8, 4Х5В2ФС, 4Х4ВМФС, 38Х2МЮА, Х12, Х12М, Х12Ф1 [22].

Для виготовлення пуансонів та матриць застосовуються матеріали наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Матеріали для виготовлення деталі штамп листового штампування

Назва деталі	Рекомендовані матеріали		Замінні матеріали		Твердість HRC	
	Марки	Номери стандартів або технічних умов	Марки	Номери стандартів або технічних умов	матриць	пуансонів
Пуансони, матриці, пуансон-матриці для вирізання та пробивки. Ріжучий контур простої форми	Сталь У10А	ГОСТ 1435-54	Сталь У10	ГОСТ 1435-54	56-60	54-58
	Сталь Х	ГОСТ 5950-63	Сталь 7Х3	ГОСТ 5950-63		
	Сталь Х12М			ЧМТУ-5643-56		
	Сталь 6ХВФ		Сталь Х12Ф1			
	Сталь У8А	ГОСТ 1435-54	Сталь У8	ГОСТ 1435-54		
	Сталь 8ХФ	ГОСТ 5950-63				

Твердість після термообробки необхідно витримати:

1. У матриці – на глибині не менше половини її висоти і на відстані не менше 5 мм навколо робочого контура, інша частина може мати твердість HRC на 5-12 одиниць нижче;
2. У пуансона – по всій висоті, окрім хвостової частини під розклепування або головку;
3. В комплекті одного штампа рекомендовано витримувати твердість матриці вищою за твердість пуансона на 2 одиниці HRC.

В окремих випадках в малосерійному виробництві під час штамповки матеріалів з тимчасовим опором менше 20 кгс/мм² і деталей зі складним контуром з тонкого листа допускається виготовлення матриць без термообробки.

Сталі марок 6ХВФ, Х12М, Х12Ф1 рекомендується застосовувати для виготовлення високостійких штампів, а також для штамповки твердих матеріалів (наприклад, електротехнічної сталі).

Сталі марок 8ХФ, У8А, У8 рекомендується застосувати лише для пуансонів роздільних штампів при застосуванні круглої або профільної шліфовки (крім випадків виготовлення штампів з електротехнічної сталі).

Сталі марок 45 і 50 допускається застосовувати для виготовлення пуансонів і матриць при штампуванні невеликих партій (до 1000 шт/рік) деталі зі сталей з тимчасовим опором менше 30 кгс/мм², неметалевих матеріалів і кольорових металів товщиною до 1 мм у разі техніко-економічної доцільності застосування інструментальних сталей.

Під час виготовлення пуансонів і матриць витяжних штампів для деталей з титанових сплавів рекомендовано використовувати такі матеріали:

- графітізовану сталь марки ЭИ-366 за ЦНИИЧМ ТУ 1041;
- чавун марки СЧ 35-56 або СЧ 32-52 за ГОСТ 1412-54;
- чавун марки МН за АМТУ 294-58;
- бронзу марки Бр. АЖН 10-4-4 або Бр. АЖН 11-6-6 за ГОСТ 493-54;

- тверді металокерамічні сплави марки ВК8 або ВК15 за ГОСТ 3882-61 [12].

2.2. Визначення оптимальних технологічних параметрів для отримання якісної деталі

На якість деталі впливають такі параметри: міцність, твердість, шорсткість, зносостійкість. Якість поверхневого шару визначається сукупністю характеристик: фізико-механічним станом, мікроструктурою металу поверхневого шару, шорсткістю поверхні. Стан поверхневого шару впливає експлуатаційні властивості деталей машин: зносостійкість, вібростійкість, контактну жорсткість, міцність з'єднань, міцність конструкцій при циклічних навантаженнях тощо.

Параметри та характеристики шорсткості поверхні встановлені ГОСТ 2789-73, вимоги до інших характеристик поверхневого шару призначають за керівними матеріалами підприємства.

Сталі для штамів холодного деформування повинні мати високу твердість і зносостійкість, високу міцність і задовільну в'язкість для роботи при ударних навантаженнях.

Залежно від призначення розрізняють три групи штампових сталей для деформування холодному стані.

До першої групи належать сталі для витяжних та вирубних штамів. Основною вимогою до цих сталей є висока твердість та зносостійкість. Для виготовлення штамів цього типу застосовують вуглецеві сталі марок У10-У12 та низьколеговані сталі Х, ХВГ, ХВСГ. Після неповного гартування їх відпускають при 150-180 °С на твердість НРС 60. На поверхні утворюється твердий зносостійкий шар за рахунок ненаскрізного прожарювання - порівняно в'язка серцевина, що дозволяє працювати при помірних ударних навантаженнях.

Сталі з підвищеним вмістом хрому (6-32%) (X6ВФ, X12, X12М, X12Ф1) мають більш високу зносостійкість і глибоке прожарювання. Висока твердість цих сталей досягається завдяки присутності у структурі великої кількості карбідів хрому Cr_7C_3 . Однак підвищений вміст карбідів хрому призводить до зростання карбідної неоднорідності. Структура та властивості високохромистих сталей значною мірою визначаються правильним вибором режиму термічної обробки, особливо, температури загартування. З її збільшенням зростає концентрація вуглецю та хрому в аустеніті, що призводить до підвищення твердості мартенситу. Однак при гартуванні з надмірно високою температурою в структурі збільшується вміст залишкового аустеніту і твердість сталі падає. Після загартування зазвичай проводять низьку відпустку на твердість HRC 61-63.

Гарну зносостійкість мають сталі X12Ф4М, X6Ф4М. Молібден та ванадій, додатково введені до складу, сприяють отриманню дрібнозернистої структури. Зносостійкість штампів зі сталі X12Ф4М в 1,5-2 рази вища порівняно зі штампами зі сталі X12М.

Другу групу становлять сталі для штампів холодного видавлювання, що зазнають великих питомих тисків. Ці сталі повинні добре чинити опір деформації і мати високу міцність. Присутність у тому структурі залишкового аустеніту неприпустимо. Для цього необхідно провести високий відпуск при температурі не менше $500^{\circ}C$. Тому, хоча ці сталі ставляться до сталей для штампів холодного деформування, вони повинні мати досить високу теплостійкість. Цим вимогам задовольняє сталь 6X4М2ФС.

До третьої групи відносяться сталі для карбованих штампів, що працюють при високих ударних навантаженнях. Складність створення таких сталей у тому, що підвищення твердості необхідно збільшення вмісту вуглецю, що може призводити до зниження ударної в'язкості. Зазвичай для штампів цього призначення використовують сталь 7X3. Більш високу стійкість показала сталь марки 6X3Ф3.

2.3. Аналіз параметрів деталі матриця штампу листового штампування

Розглянемо виріб – штамп листового штампування (схема, розміри штампа наведені на рис.10).

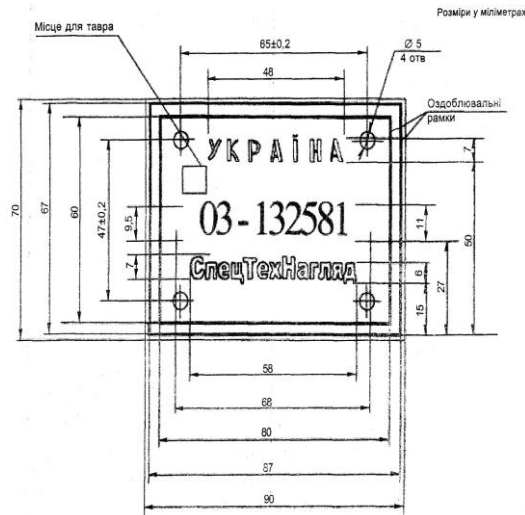


Рисунок 10 – Матриця штампу листового штампування

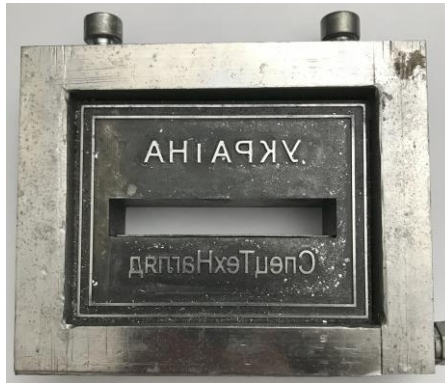
Подальшу термічну та механічну обробку буде призначено для деталі штампу листового штампування, показаної на рисунку 11.



а



б



В



Г

Рисунок 11 – Штaмп листового штампування: а - загальний вигляд штампa у відкритому вигляді; б - загальний вигляд штампa в закритому вигляді (верхня плита, матриця, нижня плита); в - верхня плита штампa, г - матриця штампa

На рисунку 12 представлено вихідний виріб – штампована пластина.



Рисунок 12 - Вихідний виріб

Висновки до розділу 2

У розділі було розглянуто та проаналізовано:

- види сталей за призначенням: конструкційні, інструментальні, з особливими властивостями; за структурою: доевтектоїдні, евтектоїдні, заевтектоїдні, ледебуритні;
- основні матеріали, що використовуються для виготовлення заготовок штампу листового штампування, а саме: сталі марок У10, Х, Х12М, 6ХВФ, У8А, 8ХФ;
- спосіб зміцнення сталей штампового інструмента - іонно плазмове азотування;
- оптимальні технологічні параметри для отримання якісної деталі;
- параметри деталі штамп листового штампування;
- складові деталі штамп.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ, ОБРОБКИ, ДЕТАЛІ ШТАМП ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

3.1 Вибір матеріалу для отримання та обробки деталі штамп листового штампування

При виготовленні деталей холодноштампувального оснащення застосовують різні сталі відповідно до призначення, умов експлуатації та технології виготовлення деталей штамп.

Від правильного вибору матеріалу для кожного виду деталей та відповідного режиму його термічної обробки залежить працездатність, міцність та збереження розмірів робочих частин штампів.

Так, наприклад, для виготовлення вирубного штамп для холодного штампування листового матеріалу необхідно, щоб сталь, що йде на виготовлення пуансонів і матриць, мала наступні основні властивості:

- була високоміцною, тому що в процесі роботи штамп зазнає значних ударних навантажень;
- високу твердість, тому що процес вирубки можна виконати лише за умови, якщо твердість матеріалу пуансона і матриці штамп значно більша за твердість матеріалу, що штампується;
- зносостійкість, так як довговічність роботи вирубного штамп залежить від ступеня стирання його ріжучих кромки;
- високу в'язкість;
- гартування, що забезпечує відсутність тріщин після гартування і достатню глибину загартованого шару, що дає можливість неодноразово заточувати пуансон штамп і прошліфувати дзеркало матриці [14].

Штампові сталі повинні мати також особливі технологічні властивості.

До цих властивостей відносяться:

- хороша оброблюваність різанням та тиском (у холодному та гарячому стані);

- хороша загартованість, тобто можливість отримати високу твердість та рівномірну дрібнокристалічну структуру;
- мінімальна чутливість до перегріву, тобто можливість гартування з нагріванням до високих температур;
- мала деформація деталей під час термічної обробки;
- невелика чутливість до знеуглецювання при нагріванні, що знижує твердість поверхневого робочого шару металу;
- хороше шліфування, що визначає високий клас чистоти шліфованої поверхні та продуктивність шліфування.

Перерахованим вимогам відповідають лише певні марки інструментальних сталей. Сталі марок 9Х, Х, 9ХС, ХГС, 12Х1, 9ХВГ, ХВГ, ХВСГ за стійкістю переохолодженого аустеніту незначно перевершують сталі групи У7-У13, але завдяки легуванню хромом, ванадієм і вольфрамом мають велику стійкість до перегріву в поверхневому шарі. Більшість з зазначених сталей використовують при виготовленні інструментів, що піддаються поверхневому (місцевому) загартовуванню. Комплексне введення елементів у відносно невеликих кількостях суттєво підвищує прожарювання, сприяє збільшенню дисперсності та однорідності розподілу карбідів (за винятком сталей типу ХВГ), зменшує чутливість до перегріву. Ці особливості сталей 9ХС, ХГС, ХВГ (9ХВГ) і ХВ, ПС дозволяють використовувати їх для виготовлення ріжучого (мітчики, плашки, розгортки, фрези, протяжки), а також штампового (вирубні та висадкові штампи, пробійники та ін.) інструмента більш відповідального призначення, ніж з вуглецевих і низькопрожарюваних сталей.

Відмінною особливістю марганцевмісних сталей (ХВГ, ХВСГ, 9ХВГ і частково ХГС) є їх мала деформованість при термічній обробці, зумовлена підвищеним вмістом залишкового аустеніту [13]. Ця якість подібних сталей дозволяє рекомендувати їх для виготовлення відповідного оснащення, до

якого висуваються суворі вимоги щодо стабільності розмірів при термічній обробці.

У сталі ХВГ, як і в ХВ4, відбувається також несприятливий розподіл карбідів в деформованому металі перетином більше 30-40 мм. Явища карбідної смужковості характерні також і для сталі Х, яка має, крім того, підвищену чутливість до перегріву. Хімічний склад сталі ХВГ представлений у табл. 2 та значення критичних точок наведені в табл. 3.

Таблиця 2

Масова частка елементів в сталі ХВГ, % за ГОСТ 5950-2000

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	W	Cu
0,9	0,8	0,1	≤	≤	0,9	≤	≤	1,2	≤
0-	0-	0-	0,03	0,03	0-	0,4	0,3	0-	0,3
1,0	1,1	0,4	0	0	1,2	0	0	1,6	0
5	0	0			0			0	

Таблиця 3

Температура критичних точок сталі ХВГ, °С

Ac ₁	Ac ₃ (Ac _m)	Ar ₁	M _n
750	940	710	210

1- нагрівання до 850°С, 2 - нагрівання до 820°С

Вуглецеві сталі відносяться до матеріалів загального призначення, що застосовуються переважно для невідповідальних вимірювальних, ріжучих та штампових інструментів (індивідуального та дрібносерійного виробництва), а також для виготовлення технологічного оснащення.

До основних властивостей, якими повинні мати вуглецеві сталі, в залежності від призначення відносяться:

- висока поверхнева твердість (HRC 60...65);
- підвищена зносостійкість;
- задовільні міцність до пластичності в термічно обробленому стані.

Таким чином, провівши аналіз наявних матеріалів для виготовлення заготовки деталі штамп листового штампування, було обрано сталь X12M, тому що вона відповідає вимогам умов роботи деталі матриця штампу листового штампування.

Найважливішими властивостями, якими володіє сталь X12M є висока твердість в загартованому стані ($HV_{10} = 255 \text{ МПа}$), задовільна прожарюваність, незначне короблення та відсутність тріщин при загартуванні, а також порівняно низька вартість через простий склад, що не потребує легування нікелем, вольфрамом, маловуглецевим ферохромом. Однак додавання невеликої кількості молібдена та ванадія сприяє підвищенню ударної в'язкості сталі X12M. Таким чином, цілком обґрунтованим є вибір сталі, тому що деталь матриця для листового штампування має відповідати головній вимозі – забезпечення 3000 і більше жимів для збереження цілісності профілю та цифр на штампі (рис.13). Варто відмітити, що обрана сталь більше підходить для гарячого штампування, але враховуючи умову довготривалого навантаження на матрицю та профіль (цифри), карбід хрому та молібдену забезпечать необхідний ресурс.

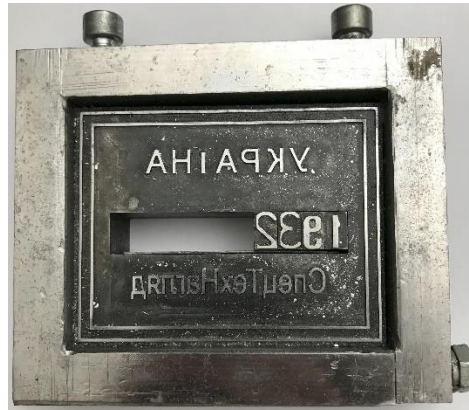


Рисунок 13 – Верхня плита з матрицею та цифрами штампа

Сталь X12M – сталь інструментальна штампова, високолегована, з вмістом хрому 12% та марганцю (табл.6). У таблиці 4 наведені основні фізичні властивості сталі X12M.

Таблиця 4

Фізичні властивості сталі X12M

Температура, °C	Коефіцієнт температурного розширення, $\alpha \cdot 10^6, 1/^\circ\text{C}$	Питомий електроопір, $R \cdot 10^{-9}, \text{Ом} \cdot \text{м}$
20	-	580
100	10,9	-

Таблиця 5

Температура критичних точок сталі X12M, °C

Ac ₁	Ac ₃ (Ac _m)	Ar ₁	M _n ¹
830	855	750	230

У таблиці 6 наведено хімічний склад сталі X12M.

Таблиця 6

Хімічний склад сталі X12M

Марка сталі	Вміст хімічних елементів у відсотках, %						
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo
X12M	1,6	0,22	0,38	0,021	0,026	12,80	0,53

3.2 Маршрутна технологія виготовлення деталі штамп листового штампування

Для виготовлення деталі штамп листового штампування на виробництві розробляється технологічний процес (таблиця 7), який містить організаційні, технічні, економічні складові.

В таблиці 7 описано 6 головних етапів, з яких складається маршрутна технологія виготовлення деталі штамп листового штампування: металургійний етап - отримання матеріалу (1), заготівельний етап (2), кування (3), механічна обробка чорнова (4), зміцнювальна термічна обробка (5), механічна обробка чистова (6).

Таблиця 7

Маршрутна технологія виготовлення деталі штамп листового штампування

Етап	Технологічні операції	Переходи	Пояснення процесу	Обладнання, інструмент
металургійний етап отримання матеріалу	видобуток корисних копалин			Гірничо-видобувний комплекс Конверторна піч Електродугова піч Шихтовий двір Магнітно-грейферні кран Енергетичні цехи Регенеративні теплообмінники Доменний цех Доменна піч Міксерне відділення Міксери Конверторна піч Мульди, ковші
	підготовка матеріалів до плавлення в доменній печі			
	отримання чавуну		доменна плавка – процес отримання чавуну в доменній печі. Кокс, що видобувається з коксівного вугілля, використовується у вигляді палива та відновника залізняку. Приблизно рівне співвідношення руди та коксу (1,5:1,2) потрібно для виплавки чавуну.	
	отримання сталі	отримання сталі в конвертері		
		переплавлення сталі в електродуговій печі		
		розливання сталі на машині безперервного лиття		
	отримання заготовки			
контроль якості				
заготівельний етап	газове різання		виокремлення мірної заготовки зі зливку	газовий різак
кування	проковування	ступінчасте нагрівання під обробку тиском		камерна піч
		кування на пароповітряному молоті		пароповітряний молот
		опрацювання початкової структури поковки		визначається коефіцієнтом (ступенем) уковування, що показує в скільки разів змінився початковий перетин. Для сталей карбідного класу – $K=10-12$
	відпалювання			
контроль якості				ультразвукове просвічування

механічна обробка чорнова	фрезерування		вертикально-фрезерувальний верстат, торцева фреза
	електроерозійне різання		відрізний електроерозійний верстат
зміцнювальна термічна обробка	гартування		камерна піч, охолоджувальна рідина – олива
	миття заготовки від залишків оливи		водні розчини ПАВ
	низький відпуск		камерна піч
	контроль якості	вимірювання твердості заготовки	твердомір
механічна обробка чистова	шліфування		плоскошліфувальний верстат, абразивний круг карбід кремнію
	фрезерування	Зд-фрезерування твердосплавною фрезою для отримання точних розмірів деталі та шорсткості у відповідності до вимог креслення (робочої поверхні штамп)	Зд-фрезерний станок з ЧПУ
	віброгалтовка		Галтовочна машина, керамічний наповнювач
	фінішна механічна обробка ручним інструментом	тонке шліфування робочої поверхні штамп	Ручний пневматичний інструмент
	контроль точності розмірів та форм		мікрометр, штангенциркуль

Технологічний процес виготовлення розпочинається з отримання матеріалу: видобуток корисних копалин, підготовка матеріалів до плавлення в доменній печі (рис.14), отримання чавуну.



Рисунок 14 – Схема доменної печі

Для отримання вилівка застосовується установка безперервного лиття – двохструмкова слябова МБЛЗ радіального типу з гідравлічним притисненням роликів (рис.15).

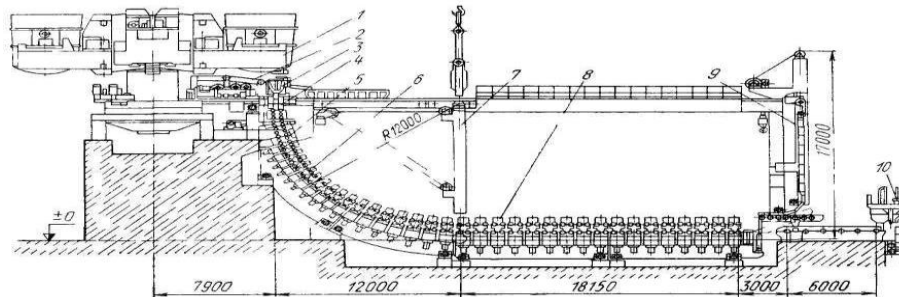


Рисунок 15 – Двохструмкова слябова МБЛЗ радіального типу з гідравлічним притисненням роликів:

1 – поворотний сталерозливальний стенд; 2 – візок для проміжного ковша із прямолінійним рухом; 3 – проміжний ківш; 4 – кристалізатор з механізмом хитання; 5 – непривідна роликів проводка з двох частин; 6 – роликів секції радіальної ділянки привідної проводки; 7 – маніпулятор для заміни роликів секції радіальної ділянки; 8 – роликів секції горизонтальної ділянки привідної проводки; 9 – машина для введення затравки в кристалізатор знизу; 10 – машина газового різання.

Процес газового різання відбувається за допомогою газового різача (рис.16).

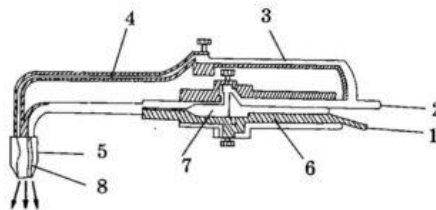


Рисунок 16 – Схема ручного різача: 1,2 – ніпелі; 3,4 – повітряні трубки; 5 – зовнішній мундштук; 6 – інжектор; 7 – змішувальна камера; 8 – внутрішній мундштук

Для рівномірного розподілу карбідів по структурі сталі застосовують кування за допомогою пароповітряного молота (рис.17).

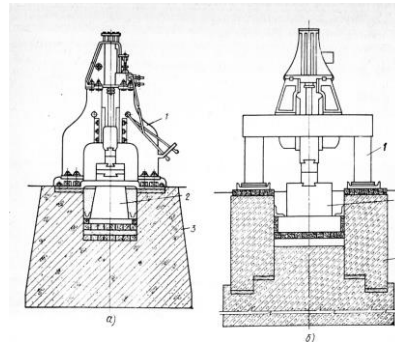


Рисунок 17 – Пароповітряний кувальний молот із двостійною станиною аркового (а) і мостового (б) типу: 1 – станина; 2 – шабот; 3 – фундамент

Чорнова механічна обробки заготовки здійснюється шляхом електроерозійної різки на електроерозійному верстаті. Схема верстата представлена на рисунку 18.

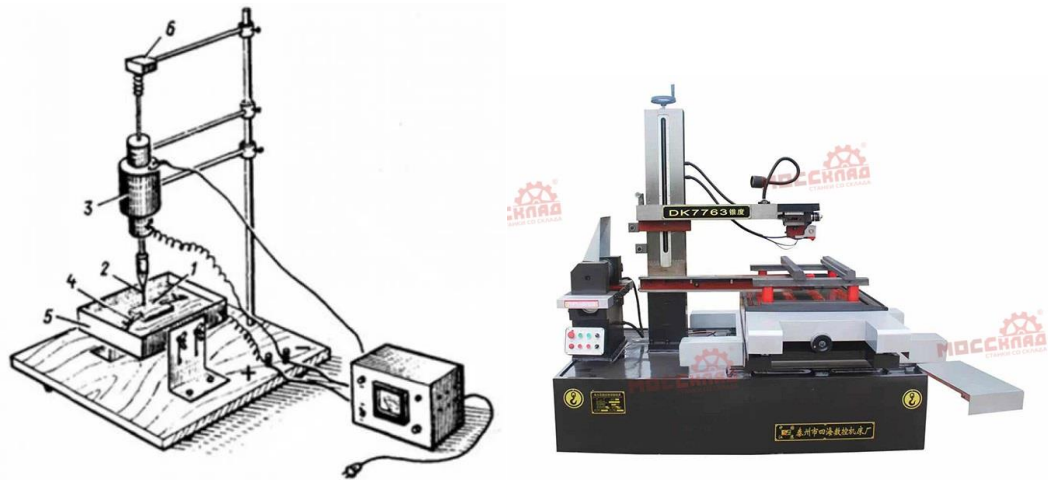


Рисунок 18 – Електроерозійний верстат: 1 – електрод; 2 – гвинт фіксації електрода в направляючій втулці; 3 – зажим плюсового контакту; 4 – направляюча втулка; 5 – корпус з фторопласта; 6 – отвір для подачі змазки; 7 – станина.

Для чистової механічної обробки використовується Зд-фрезерний станок з ЧПУ (рис. 19).

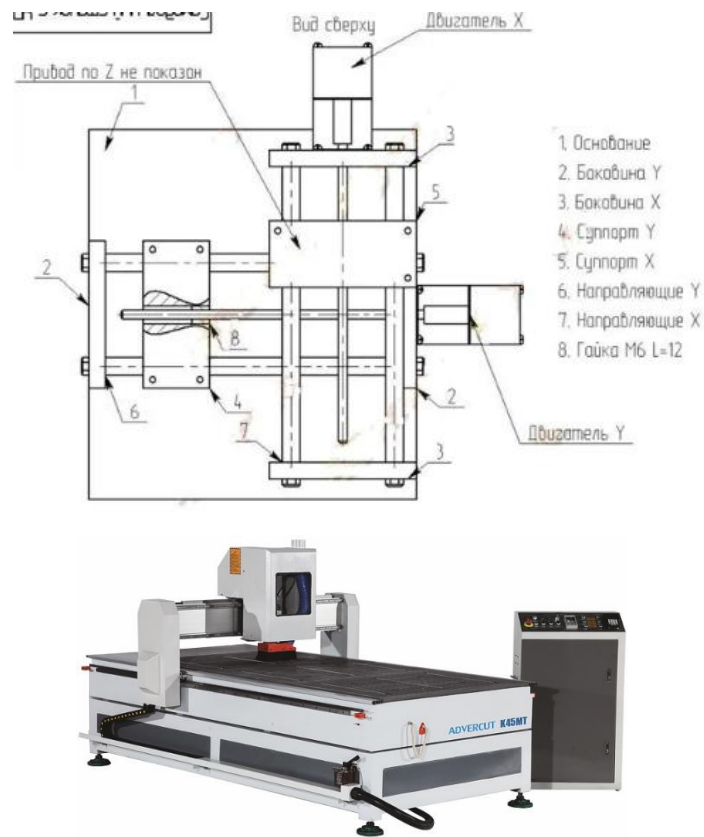


Рисунок 19 – 3д-фрезерний станок з ЧПУ

Під час чистової механічної обробки застосовується віброгалтовка в галтовочній машині (рис.20). Галтування – це обробка заготовок сипучими або рідкими абразивними матеріалами у спеціальних ємностях, які піддаються обертанню або вібрації.

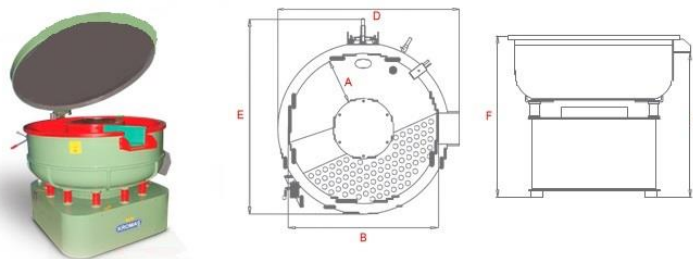


Рисунок 20 – Галтовочна машина

Фінішна механічна обробка проводиться ручним пневматичним інструментом (рис.21).

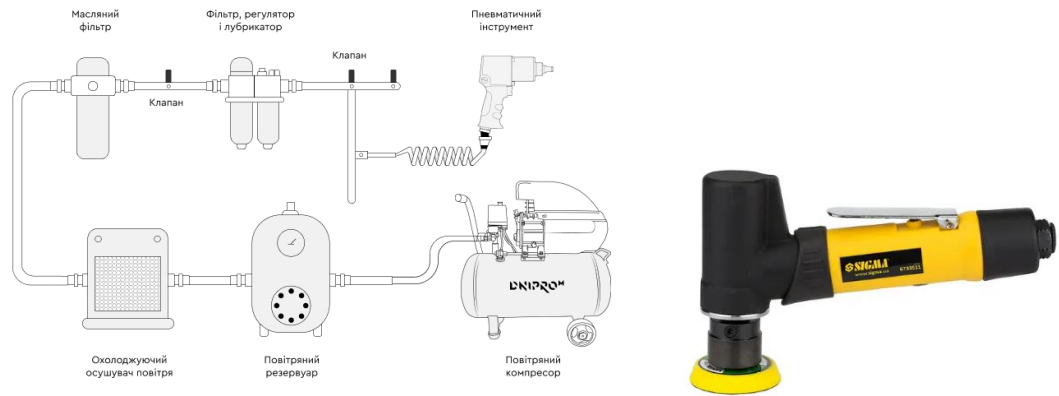


Рисунок 21 – Ручний пневматичний інструмент для шліфування

3.3 Можливі причини виходу з ладу штампового інструмента

Найбільш важконавантаженими операціями обробки тиском є операції об'ємного штампування та різання (вирубубання, пробивання). Внаслідок великих питомих тисків, складно напруженого стану та високих температур розігріву робочих частин інструментів у процесі роботи стійкість останніх у багатьох випадках є незадовільною.

Однією з основних причин низької працездатності важконавантажених інструментів для холодного деформування є крихке руйнування. Так само, як і для інших операцій штампування, передчасні поломки інструментів пов'язані з випадковими навантаженнями, які можливі навіть при незначних, на перший погляд, відступах від технології та особливо небезпечні для інструментів з конструктивно немінучими концентраторами напруг.

Слід зазначити, що виходу з ладу передуює певний, іноді тривалий (1500-15000 штампувань) період експлуатації. Ця обставина свідчить про те, що крихке руйнування інструментів зумовлене переважно не недостатньою вихідною міцністю і пластичністю штампових сталей, а певними змінами їх структури в процесі деформування.

У таблиці 13 наведено найпоширеніші причини виходу з ладу штампового інструменту. Однією з причин, що призводить до поступового зростання напруг, що діють на інструмент, може бути зміна його геометрії через змінання та зношення [10]. Отже, існує взаємозв'язок таких різномірних

характеристик, як ймовірність крихкого руйнування, зносостійкість, опір малим пластичним деформаціям та теплостійкість штампових сталей. Основною причиною низької працездатності важконавантажених інструментів для холодного деформування є крихке руйнування.

На стійкість штампу впливає рід, властивості та стан матеріалу, що штампується (табл.8).

Таблиця 8

Причини виходу з експлуатації деталі

Проблема	Пояснення проблеми	Вирішення
Блискучі сліди на бічній частині штамповані деталі	Пуансон змістився щодо матриці	Встановити пуансон так, щоб його вісь збіглася з віссю отвору матриці
Задирки на штампованій деталі	Зазор між пуансоном та матрицею не відповідає товщині матеріалу.	Збільшити зазор
	Недостатня жорсткість матриці	Хромувати або азотувати пуансон та матрицю
Розрив металу на циліндричній частині деталі. Фланець деталі має блискучі сліди	Великий тиск притиску	Зменшити тиск притиску
Розрив металу при наступній витяжці	Те саме	Те саме
Відрив дна деталі при наступній витяжці	Те саме	Те саме
Складки на фланці та зморшки на стінках відштампованої деталі При витяжці порожнистого циліндра без фланця виходить скошений торець	Застосовується невідповідне мастило	Замінити мастило
	Ослаб тиск притиску	Збільшити тиск притиску
	Зазор між пуансоном та матрицею нерівномірний	Зробити зазор рівномірним
	Виштовхувач малий за діаметром	Збільшити діаметр виштовхувача
Хвилі чи зморшки на стінках прямокутної чи несиметричної деталі	Розміри заготовки неправильні	Уточнити розміри заготовки за кресленням та шаблоном
Розрив болтів, які кріплять пуансон або матрицю, під час пресу	Зазор між пуансоном і матрицею менше товщини металу, що штампується.	Збільшити кількість стрижнів притиску. Збільшити зазор між пуансоном та матрицею

Висновки до розділу 3

Вибір матеріалу відіграє вирішальну роль для отримання та обробки деталі матриця штампу листового штампування. У розділі розглянуто властивості, якими має володіти матеріал для виготовлення якісної деталі, а саме: бути високоміцним, мати високу твердість, бути зносостійким, мати високу в'язкість, добре загартовуватись.

Сталі повинні мати такі технічні особливості для виготовлення деталі штамп листового штампування: хороша оброблюваність різанням та тиском, хороша загартованість, мінімальна чутливість до перегріву, мала деформація деталей під час термічної обробки; невелика чутливість до знеуглецювання при нагріванні, хороше шліфування.

Порівняно сталі ХГВ та Х12М та обрано сталь Х12М для виготовлення деталі матриця штампу листового штампування. Стійкість таких штампів, виготовлених з інструментальної штампової сталі (наприклад Х12М) в 2,5-3 рази за стійкість штампів з вуглецевої сталі. Проте питання щодо правильності вибору марки сталі та режиму термічної обробки може бути остаточно вирішено лише шляхом виробничих випробувань.

Розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі штампу листового штампування.

У розділі розглянуто причини виходу з експлуатації деталі та запропоновано методи їх усунення.

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Розроблення рекомендацій щодо вдосконалення технології отримання та обробки деталі штамп листового штампування

Технологічний процес виготовлення штампового інструменту містить: попередню термічну обробку, чорнову механічну обробку, термопокращення, чистову механічну обробку, остаточну термічну обробку, доведення розмірів та хіміко-термічну обробку.

Як попередня термічна обробка для заготовки матриці після кування застосовується ізотермічний відпал для отримання зернистого цементиту.

Відпал на зернистий перліт (зернистий цементит) полягає в нагріванні сталі до температури трохи вище температури в точці A_{c1} , витримці та подальшому охолодженні для сфероїдизації цементиту та отримання зернистого перліту. Деталі зі сталі зі структурою зернистого перліту мають у порівнянні з деталями зі сталі зі структурою пластинчастого перліту більшу пластичність, рівномірний розподіл твердості по перерізу і кращу оброблюваність на верстатах.

Для отримання зернистого перліту деталі із заевтектоїдної сталі нагрівають до температур в інтервалі перетворень, тобто між критичними точками A_{c1} і A_{cT} (між лініями PSK та SE діаграми залізо-цементит). Зазвичай деталі нагрівають трохи вище температур у точці A_{c1} (до 740-760°C). При нагріванні до такої температури перліт перетворюється на аустеніт, а цементит залишається і утворюється структура цементит+аустеніт. Після витримки охолодження можна здійснювати за двома технологічними схемами. Перша передбачає безперервне охолодження з піччю до 500-600°C зі швидкістю 30 - 50°C/год з подальшим охолодженням на повітрі (рис. 21, б). Друга схема передбачає охолодження до температури 680-700°C при вимкненій печі, ізотермічну витримку при цій температурі (в інтервалі перлітного

перетворення) протягом 2-4 год, охолодження з піччю до 500-600°C зі швидкістю 30-50 °C/год, а далі на повітрі (рис. 22, б) [1,14].

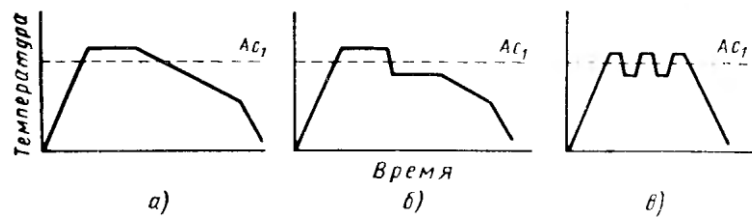


Рисунок 22 - Графіки відпалу на зернистий перліт: а - при безперервному охолодженні; б - при ізотермічній витримці; в - маятниковий (циклічний)

З огляду на те, що теплопровідність такої високолегованої сталі, як сталь X12M, значно нижча за теплопровідність вуглецевої сталі, в прийнятому режимі термічної обробки штампів зі сталі X12M був передбачений підігрів при температурі 650°C при їх нагріванні під загартування. Ступінчасте нагрівання сталі X12M забезпечує рівномірний прогрів, оскільки обрана сталь володіє низькою теплопровідністю та повільністю протікання фазових перетворень. Графік режиму термічної обробки штампів із сталі X12M схематично показано на рис. 23.

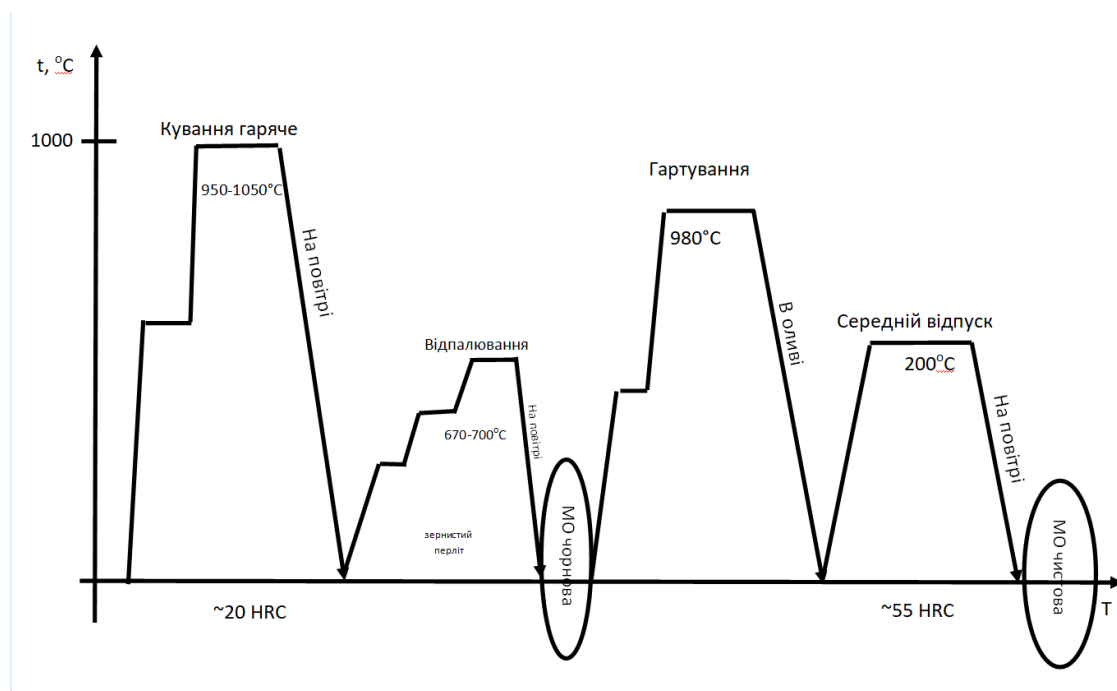


Рисунок 23 - Графік термічної обробки сталі X12M

Після гартування відпалювання на зернистий перліт складається з декількох циклів нагріву та повільним охолодженням до температури 670-700°C. Три таких цикли дає змогу отримати 100% структуру зернистого перліта (рис. 24) для покращення оброблюваності різанням сталі X12M.

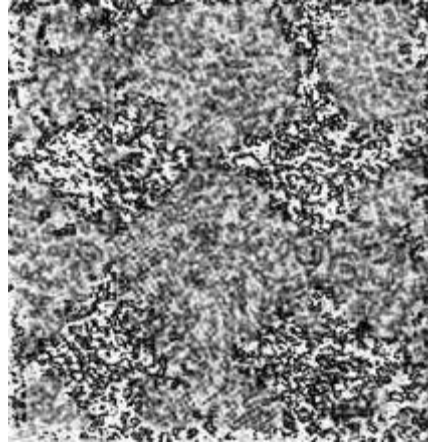


Рисунок 24 - Структура зернистого перліту сталі X12M, отримана в результаті відпалювання

На рисунку 25 показано мікроструктуру сталі X12M після загартування за температури 980°C. Порівнявши два рисунка, видно, що з підвищенням температури мікроструктура сталі змінюється таким чином: в основному колі збільшується кількість мартенситних включень, хромо-залізни карбіди стають більш мілкими та більш округлої форми, а їх розподіл - більш рівномірний [9].

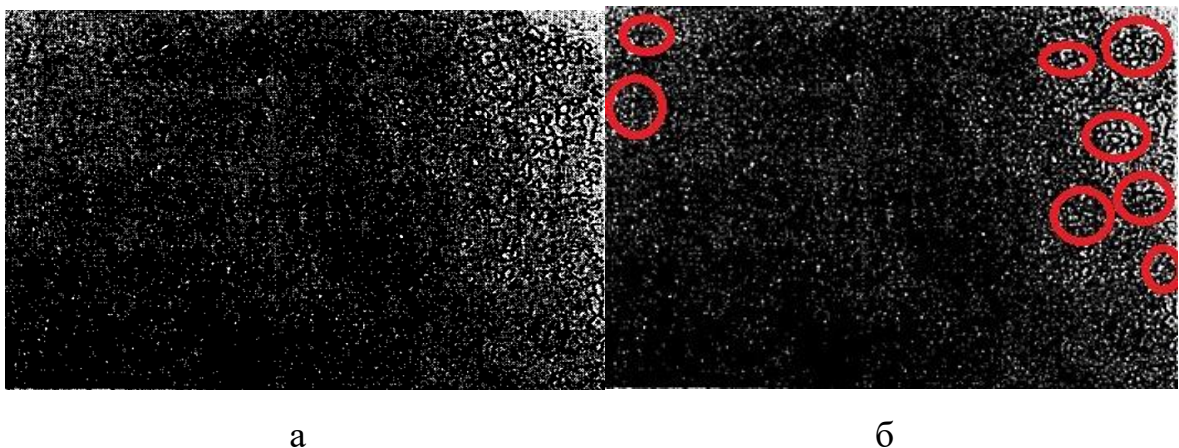


Рисунок 25 – Сталь X12M після гартування 980°C: рівномірний розподіл дрібних хромо-залізнних карбідів округлої форми (б), збільшення кількості мартенситу, (x400)

Відпуск сталі X12M загартованої від температури 980°C проводиться за температури 200°C (рис.26). Зразки витримуються за температури відпуску 1 годину, після чого охолоджуються на повітрі [9].

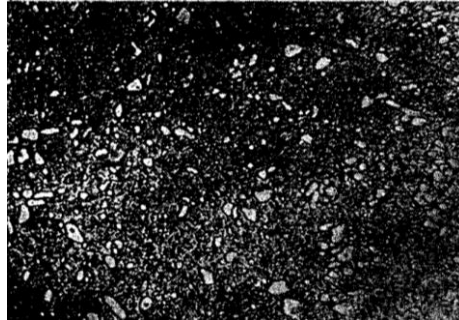


Рисунок 26 – Мікроструктура сталі X12M після відпуску за температури 200°C

Після відпуску спостерігається мікроструктура з мартенситною основою з великою кількістю рівномірно розподілених карбідів хрому округлої форми.

Твердість зразків сталі X12M та їх ударна в'язкість, а також здатність зберігати ударну в'язкість після багаторазових ударно-згинних навантажень в залежності від температури відпуску приведені в таблиці 9 та на рисунку 28.

Таблиця 9

Залежність твердості зразків сталі X12M, їх ударно в'язкості та здатності зберігати ударну в'язкість при багаторазових ударно-згинних навантажень від температури відпуску

Температура відпуску, °C	Твердість, RC	Питома ударна робота (a_k), кгс/см ²	Питома ударна робота (a_{k1}), кгс/см ²	Питома ударна робота (a_{k2}), кгс/см ²
100	63	0,37	0,19	0,15
200	63	0,36	0,32	0,33
230	60	0,52	0,37	0,23
260	60	0,52	0,32	-
290	58	0,86	0,37	0,28
320	58	0,86	-	0,37
350	55	0,86	0,38	0,33
380	56	0,78	0,35	-
410	59	0,45	0,56	0,37
450	53	0,42	-	-
500	49	0,88	-	-

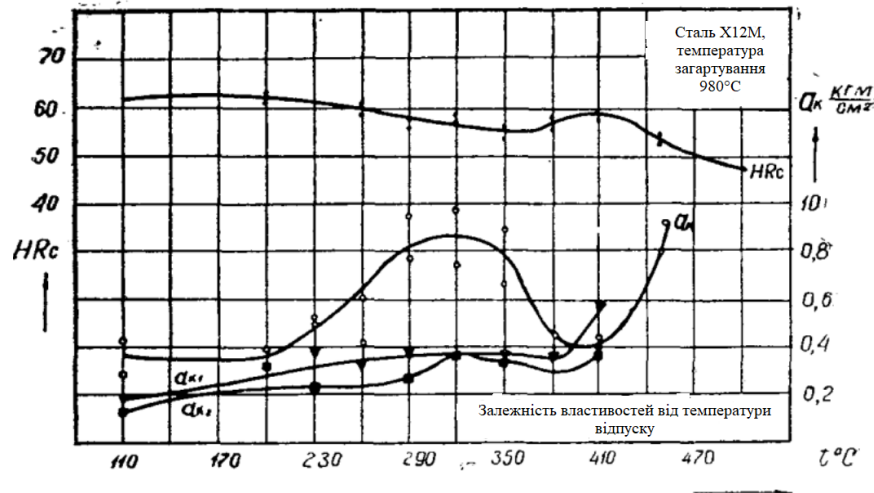


Рисунок 28 – Залежність властивостей сталі X12M від температури відпуску

Проаналізувавши дані наведені вище в таблиці та на рисунку помітно, що з підвищенням температури відпуску твердість сталі спочатку зменшується до 55 одиниць за температури 350°C. Потім в інтервалі температур 350-410°C, твердість сталі стає вищою, досягає 59 одиниць за температури 410°C, а з подальшим підвищенням температури відпуску сильно зменшується. Спостерігається при відпуску сталі X12M в інтервалі температур 350-410°C «вторинна» твердість, яка є наслідком того, що в цій сталі після загартування зберігається певна кількість залишкового аустеніту, перетворення якого в мартенсит відбувається за температури приблизно 400°C [7]. Однак рекомендувати цей температурний інтервал для відпуску штампів зі сталі X12M не можна, оскільки питома робота удару дуже мала.

Питома робота удару з підвищенням температури відпуску зростає і за температур 290-350°C досягає максимального значення - 0,86 кгм/см². Що ж до явища відпускнуї крихкості, яке спостерігається при температурах, близьких до 400°C, то його причиною є, процес перетворення на мартенсит залишкового аустеніту загартованої сталі.

Таким чином, можна узагальнити: для сталі X12M обрано температуру загартування 980°C, оскільки за даної температури сталь набуває найкращу мікроструктуру та твердість. Також температура 980°C підходить для загартування сталі X12M, тому що навіть при незначних змінах цієї

температури, яких неможливо уникнути при виробництві, властивості сталі залишаються незмінними. Деталь матриця штампу листового штампування може бути виготовлена з високохромистої сталі X12M. Стійкість таких штампів в 2,5-3 рази за стійкість штампів з вуглецевої сталі. Проте питання щодо правильності вибору марки сталі та режиму термічної обробки може бути остаточно вирішене лише шляхом виробничих випробувань.

4.2. Переваги та недоліки процесу кування та штампування

Обидві технології мають як свої плюси, так і мінуси, тому для виробництва різних деталей доцільні різні процеси. Методи кування менш витратний, а собівартість готових кованих виробів, зазвичай, нижче. До того ж на кувальних пресах можна обробляти дуже великі заготовки (до 250 т) [23]. На жаль, кування не дозволяє отримати деталь складної конфігурації, а якість поверхні виробу невисока.

Деталі ж, отримані штампуванням, характеризуються високою точністю виготовлення. Вони повністю відповідають необхідному виробу, навіть якщо їх конфігурація може бути досить складною. Крім того, методи штампування дозволяють виробляти невеликі високоточні деталі. Однак ціни на таку продукцію досить високі, через технологічну складність самого процесу, а також чималу вартість обладнання та штампувальних матриць. На підвищення вартості впливає і вищий відсоток браку (порівняно з куванням).

Методом вдосконалення процесу виготовлення деталі штамп листового штампування є процес кування.

Кування – чорнова заготовка, або проміжна деталь, що отримується в процесі кування (пресування) або штампування металу. Дійсний стандарт поширюється на поковки загального призначення, діаметром (товщиною) до 800 мм, з конструкційної вуглецевої, низьколегованої і легованої сталі, що виготовляються методом кування і гарячого штампування [11]. Поковкою

вважається чорнова деталь або заготовка, максимально наближена до форми кінцевого виробу. Поковки мають малі припуски на обробку, вироби виготовляються ковальсько-штамповим способом або за допомогою кування.

Розрізняють такі види поковок:

- пресована (виготовляється штампуванням);
- особливої міцності;
- вуглецева;
- інструментальна;
- молотова (виготовляється ковальсько-пресовим способом);
- нержавіюча;
- легована.

Поковки виготовляються за стандартом, враховуючи рівень міцності та надійності, при цьому мають різну форму та масу. Попитом користуються поковки в автомобільній та металургійній сфері.

Існує два методи виготовлення поковки:

- штамповані поковки – отримуються за допомогою деформації металу в стінках штамп, що обмежують їх (деформації металу під форму). Штамповане кування характеризується більшою точністю;

Штамповка – процес деформації металевої вихідної заготовки під тиском, що відбувається за допомогою додаткового оснащення (спеціального штампування). Процес пластичної деформації здійснюється в матриці штамп, форма якої повністю ідентична до виготовленої поковки. Ударним елементом, що надає навантаження, виступає пуансон.

Штамповка може бути виконана з попереднім нагріванням вихідної заготовки, так і без неї. Штамповка, на відміну від поковки, має досить високу продуктивність, вона не вимагає високої кваліфікації робітників, а на виході

поковка має більш високу точність розмірів і малу шорсткість поверхневого шару. Однак застосування штампів доцільне тільки в масовому та серійному виробництві, щоб виправдати витрати на їх високовартісного виготовлення.

- ковані (молотові, пресовані) поковки – відрізняються вільним положенням металу під час кування, міцністю та пластичністю отриманого матеріалу. Метал відрізняється підвищеною пластичністю та міцністю, проте дотримання розмірів та форм майбутньої готової продукції тут менш точне, ніж при штампуванні [3].

Кування – процес деформації металевої заготовки, яка знаходиться в пластичному стані і надання її потрібної форми шляхом впливу ударного навантаження бійчиків молота або преса. До кування також належить згинання, витяжка, волочіння. Відмінною особливістю кування є те, що заготовка знаходиться у вільному положенні в процесі деформації, вона не має чіткого базування.

Припуск під обробку кованої поковки практично в 2 рази більше, на відміну від заготовки, отриманої методом штамповки. На виробництві кування застосовують тільки в малосерійному і одиночному виробництві, двома основними методами є ручний або машинний.

Кування більше підходить для обробки заготовок зі сплавів і чорних металів. У разі штампування під пресом такі заготовки можуть деформуватися через крихкість, навіть якщо їх попередньо розігріти.

Поковка – це проміжна заготовка, отримана методом пластичної деформації металу, особливістю якої є її схожість з майбутньою деталлю або виробом за габаритними розмірами та формою.

Процес виготовлення поковки проходить наступні етапи:

1. Різання прокату різної конфігурації на необхідні розміри. Застосований прокат може мати кругле, квадратне, прямокутне і багатогранне січення. Іноді допускається застосування заготовки у вигляді спеціального профілю.
2. Процес деформації металу.
3. Термічна обробка поковки (нормалізація і відпуск).
4. Перевірку відділом технічного контролю [17].

Отже, для деталі матриця штампу листового штампування обов'язковим є етап кування в технології виготовлення деталі, який забезпечує рівномірний розподіл карбідів по структурі сталі X12M, а штампуванням виправити структуру після лиття неможливо.

Висновки до розділу 4

Технологічний процес виготовлення штампового інструменту включає попередню термічну обробку, чорнову механічну обробку, термопокращення, чистову механічну обробку, остаточну термічну обробку, доведення розмірів та хіміко-термічну обробку.

Розглянуто альтернативну технологію виготовлення заготовки - поковка. Порівняно поковку та штамповку, як оптимальні способи отримання заготовки деталі нижня плита штампу листового штампування. Обидві технології мають як свої плюси, так і мінуси, тому для виробництва різних деталей доцільніші різні процеси. Методи кування менш витратні, а собівартість готових кованих виробів, зазвичай, нижче. До того ж на кувальних пресах можна обробляти дуже великі заготовки (до 250 т). На жаль, кування не дозволяє отримати деталь складної конфігурації, а якість поверхні виробу невисока. Розглянуто процес виготовлення поковки.

У розділі було розглянуто та проаналізовано:

- види сталей за призначенням: конструкційні, інструментальні, з особливими властивостями; за структурою: доевтектоїдні, евтектоїдні, заевтектоїдні, ледебуритні;

- основні матеріали, що використовуються для виготовлення заготовок штамп листового штампування, а саме: сталі марок У10, Х, Х12М, 6ХВФ, У8А, 8ХФ;
- спосіб зміцнення сталей штампового інструмента - іонно плазмове азотування;
- оптимальні технологічні параметри для отримання якісної деталі;
- параметри деталі штамп листового штампування;
- складові деталі штамп: стандартний блок, матриця, пуансон, уловлювач, знімач, напрямні лінійки.

Вибір матеріалу відіграє ключову роль для отримання та обробки деталі штамп листового штампування. У розділі розглянуто властивості, якими має володіти матеріал для виготовлення якісної деталі, а саме: бути високоміцним, мати високу твердість, бути зносостійким, мати високу в'язкість, добре загартовуватись.

Сталі повинні мати такі технічні особливості для виготовлення деталі штамп листового штампування: хороша оброблюваність різанням та тиском, хороша загартованість, мінімальна чутливість до перегріву, незначна деформація деталей під час термічної обробки; невелика чутливість до знеуглецювання при нагріванні, хороше шліфування.

Порівняно сталі ХГВ та Х12М та обрано сталь Х12М для виготовлення деталі нижня плита штамп листового штампування. Розглянуто мікроструктуру сталі Х12М після термічної обробки. Запропоновано термічну обробку для обраної сталі. Деталь нижня плита штамп листового штампування може бути виготовлена з високохромистої сталі Х12М. Стійкість таких штампів в 2,5-3 рази за стійкість штампів з вуглецевої сталі. Проте питання щодо правильності вибору марки сталі та режиму термічної обробки може бути остаточно вирішено лише шляхом виробничих випробувань. У розділі розглянуто причини виходу з експлуатації деталі та запропоновано методи їх усунення.

ВИСНОВКИ

Штамповий інструмент – це важливий елемент листового штампування, який забезпечує формування деталі з металевого листа. Вибір матеріалу для виготовлення інструменту залежить від вимог до деталі та характеристик матеріалу, з якого буде виготовлятися заготовка. Для виготовлення якісного виробу необхідно враховувати такі параметри як: вибір матеріалу, товщина, розмір, форма, температура та швидкість обробки, додаткова обробка.

У бакалаврській роботі розглянуто будову штампу, описано призначення кожної деталі штампу: пуансон, матриця, нижня плита, матрицетримач, напрямні планки, заготовка, знімач, напрямні колони, напрямні втулки, пуансонотримач, верхня плита, хвостовик, упор.

Визначено фактори, що впливають на стійкість штампового інструмента: механічні властивості, стан матеріалу, що штампується; розміри деталі; товщина матеріалу; технологічність конструкції деталі; умови експлуатації штампу тощо.

Проаналізовано властивості матеріалів для виготовлення заготовки штамп листового штампування, розглянуто види сталей для окремих видів штампів: для штампів невеликого розміру і простої конструкції обирають сталі марок У10, У11, У12, а для штампів більш складної конфігурації та важких умов роботи призначають сталі Х (ШХ 15), ХВСГ, Х12М; окремо розглянуто основні характеристики легованих інструментальних сталей. Розглянуто технології отримання заготовок: гаряче, холодне штампування (згинання, листове штампування, карбування). Проаналізовано способи обробки заготовок: фрезерування, гідроабразивне різання, електроерозійне різання, електроерозійне випалювання.

Для виготовлення деталі матриця штампу листового штампування обрано сталь Х12М, оскільки вона відповідає вимогам, що висуваються до умов роботи штампового інструмента – довготривалого навантаження на

матрицю та профіль (цифри), карбіди хрому та молібдену забезпечують необхідний ресурс.

Технологічний процес виготовлення штампового інструменту включає: металургійний етап – отримання матеріалу, заготівельний етап, кування, механічна обробка чорнова, зміцнювальна термічна обробка, механічна обробка чистова. Особливістю вдосконалення деталі матриця штампу листового штампування є використання електроерозійного різання. Розглянуто альтернативну технологію виготовлення заготовки – поковка. Порівняно поковку та штамповку, як оптимальні способи отримання заготовки деталі нижня плита штампу листового штампування. Обидві технології мають як свої плюси, так і мінуси, тому для виробництва різних деталей доцільніші різні процеси. Методи кування менш витратні, а собівартість готових кованих виробів, зазвичай, нижче. До того ж на кувальних пресах можна обробляти дуже великі заготовки (до 250 т). На жаль, кування не дозволяє отримати деталь складної конфігурації, а якість поверхні виробу невисока. Розглянуто процес виготовлення поковки. Однак, без кування виготовлення деталі матриця листового штампування неможливе, тому що ця операція забезпечує рівномірний розподіл карбідів по структурі сталі.

У роботі було розглянуто та проаналізовано:

- види сталей за призначенням: конструкційні, інструментальні, з особливими властивостями; за структурою: доевтектоїдні, евтектоїдні, заевтектоїдні, ледебуритні;
- основні матеріали, що використовуються для виготовлення заготовок штампу листового штампування, а саме: сталі марок У10, Х, Х12М, 6ХВФ, У8А, 8ХФ;
- технології отримання заготовок: гаряче, холодне штампування (згинання, листове штампування, карбування);

- способи обробки заготовок: фрезерування, гідроабразивне різання, електроерозійне різання, електроерозійне випалювання;
- спосіб зміцнення сталей штампового інструмента - іонно плазмове азотування;
- оптимальні технологічні параметри для отримання якісної деталі;
- параметри деталі штамп листового штампування;
- складові деталі штамп: стандартний блок, матриця, пуансон, уловлювач, знімач, напрямні лінійки;
- обрано сталь для виготовлення деталі штамп листового штампування (X12M), розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі матриця штамп листового штампування;
- проаналізовано мікроструктуру сталі X12M.

Вибір матеріалу відіграє ключову роль для отримання та обробки деталі штамп листового штампування. У розділі розглянуто властивості, якими має володіти матеріал для виготовлення якісної деталі, а саме: бути високоміцним, мати високу твердість, бути зносостійким, мати високу в'язкість, добре загартовуватись.

Сталі повинні мати такі технічні особливості для виготовлення деталі штамп листового штампування: хороша оброблюваність різанням та тиском, хороша загартованість, мінімальна чутливість до перегріву, мала деформація деталей під час термічної обробки; невелика чутливість до знеуглецювання при нагріванні, хороше шліфування.

Порівняно сталі ХГВ та X12M та обрано сталь X12M для виготовлення деталі нижня плита штамп листового штампування. Розглянуто мікроструктуру сталі X12M після термічної обробки. Запропоновано термічну обробку для обраної сталі. Деталь нижня плита штамп листового штампування може бути виготовлена з високохромистої сталі X12M. Стійкість таких штампів в 2,5-3 рази за стійкість штампів з вуглецевої сталі. Проте

питання щодо правильності вибору марки сталі та режиму термічної обробки може бути остаточно вирішено лише шляхом виробничих випробувань.

Розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі штампу листового штампування. У роботі розглянуто причини виходу з експлуатації деталі та запропоновано методи їх усунення.

Таким чином, реалізовано мету написання бакалаврської роботи - розроблено технологію отримання та обробки деталі штамп листового штампування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boljanovic V. Sheet Metal Stamping Dies: Die Design and Die-Making Practice. Industrial Press, 2012. 212 с.
2. Lim Y., Venugopal R., Ulsoy A.G. Process Control for Sheet-Metal Stamping: Process Modeling, Controller Design and Shop-Floor Implementation (Advances in Industrial Control). Springer, 2014. 140 с.
3. Бойко-Гагарін А. С. Джерела вивчення технологій карбування монет доби Середньовіччя // Матеріали наукової конференції з міжнародною участю, «Архівознавчі та джерелознавчі галузі знань: проблеми взаємодії на сучасному етапі», Київ, 2013, с. 15-17.
4. Будник, А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та діляниць: навчальний посібник /А.Ф. Будник. – Суми: Видво СумДУ, 2008. 212 с.
5. Дубовий О.М. Інженерне матеріалознавство [Текст] : підручник / О. М. Дубовий, Ю. О. Казимиренко, Н. Ю. Лебедева, С. М. Самохін. – Миколаїв : НУК, 2009. – 444 с.
6. Дяченко, С.С. Матеріалознавство. С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков. - Харків: Видавництво ХНАДУ, 2007. – 440 с.
7. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г.
8. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. – Київ: «Либідь», 2002.
9. 326 с. Кузін, О. А. Металознавство та термічна обробка металів [Текст] : Підручник / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк . – Львів : вид-во “Афіша”, 2002. – 304 с.
10. Лисенко О.Б. Конспект лекцій. «Термічна обробка металів» – Кам’янське: ДДТУ, 2019. – 104 с.
11. Методичні матеріали з дисципліни “Теорія і практика термообробки” на інформаційному порталі ДДТУ. – Режим доступу: <http://www.dstu.dp.ua>. (дата звернення 20.06.2023).

- 12.Мережко, Н.В. Матеріалознавство і технологія матеріалів : підручник: [для вищих навч. закл.] / Н.В. Мережко, Н.К. Зіміна, С.О. Сіренко, О.І. Сім'ячко. - К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2010. – 352 с.
- 13.Дяченко С.С., Дощечкіна І.В., Мовлян А.О., Плешаков Е.І. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. Підручник. – Харків.: Видавництво ХНАДУ, 2007.-440 с.
- 14.Мохорт, А. В. Термічна обробка металів : навч. посібник : А. В. Мохорт, М. Г. Чумак. К. : Либідь, 2002. 512 с.
- 15.О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. Металознавство та термічна обробка металів. Підручник. Львів.: Афіша. 2002, 300 с.
- 16.Сігова, В. И. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство: навч. Ч.2: Програма, методичні вказівки та завдання до курсової роботи з розділів: матеріалознавство та термічна обробка / В.І. Сігова, В.А. Пчелінців. - Суми: СумДУ, 2005. - 183 с.
- 17.Скворцов Г. Д., Основи конструювання штамів для холодного листового штампування, М., 1972; Охріменко Я. М., Технологія ковальсько-штампувального виробництва, 2 видавництва, М., 1976.
- 18.Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: Навч. посібник / А.М. Верховлюк, А.В. Нарівський, В.Г. Могилатенко / За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 224 с.
- 19.Фетісов, Г.П. Матеріалознавство та технологія металів: Навч. для вузів/Г.П. Фетісов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнін та ін. / За ред. Г.П. Фетісова. - М.: Вища школа, 2000. 638 с.
- 20.Холодне штампування металу: технологія, види, обладнання // MetAll. [Електронний ресурс ресурс]. Режим доступа: <http://met-all.org/obrabotka/prochie/holodnaya-shtampovka-metalla-izgotovlenieshtampov.html/> (дата звернення: 13.06.2023).
- 21.<https://cpdk.com.ua/uk/service/metalografichni-doslidzhennya>

22. <https://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/proizvodstvo-tsvetnykh-metallov/542-proizvodstvo-titana.html>

23. <http://www.znanius.com/104.html>

Додаток А

Інструментальні штампові сталі: маркування, призначення

Матеріал	Застосування, інше маркування (якщо є)
27X2H2M1Ф	відповідальні деталі пресового інструменту з підвищеними властивостями міцності та підвищеною пластичністю після нормалізації та відпустки: втулки контейнерів, кільця, прес-штемплі, голки та інші деталі, що працюють при температурах до 500°C.
2X6B8M2K8	голки, пуансони для пресування жароміцних та корозійно-стійких сталей та сплавів, а також титанових сплавів при температурах до 650-675°C, що виконуються без інтенсивного охолодження.
3X2B8Ф	важконавантажений пресовий інструмент (дрібні вставки остаточного штампового струмка, матриці та пуансони для видавлювання тощо) при гарячому деформуванні легованих конструкційних сталей та жароміцних сплавів, прес-форми лиття під тиском мідних сплавів.
3X2H2MBФ	відповідальні деталі пресового інструменту з високими властивостями міцності та задовільною пластичністю після нормалізації та відпустки: втулки контейнерів, прес-штемплі, голки та інші деталі, що працюють за підвищених температур до 500 °С.
3X3M3Ф	інструмент гарячого деформування на кривошипних пресах і горизонтально-кувальних машинах, що піддається в процесі роботи інтенсивному охолодженню (як правило, для дрібного інструменту), прес-форми лиття під тиском мідних сплавів, ножі для гарячого різання, що охолоджуються водою.
40X5MФ	відповідальні деталі пресового та штампового інструменту з високими властивостями міцності після нормалізації та відпустки: втулки контейнерів, кільця, прес-штемплі, голки та інші деталі, що працюють при температурах до 500°C.
4X2B5MФ	для важконавантаженого пресового інструменту (дрібних вставок остаточного штампового струмка, дрібних вставних знаків, матриць та пуансонів для видавлювання тощо) при гарячому деформуванні легованих конструкційних сталей та жароміцних сплавів. ЭИ959.
4X2HMФ	кувальні штампи з висотою кубика до 700 мм для гарячого штампування деталей з матеріалів, що важко деформуються.

Продовження таблиці

4X3ВМФ	для дрібних молотових штампів, молотових та пресових вставок (товщиною або діаметром від 300 до 400 мм), інструменту горизонтально кувальних машин при гарячому деформуванні конструкційних та жароміцних сталей; інструменту для високошвидкісного машинного штампування конструкційних сталей. ЗИ2.
4X4ВМФС	для інструменту високошвидкісного машинного штампування, висадки на горизонтально кувальних машинах; вставок штампів для гарячого деформування легованих конструкційних сталей та жароміцних сплавів на молотах та кривошипних пресах; прес-форм лиття під тиском мідних сплавів. ДИ22.
4X5В2ФС	прес-форми лиття під тиском цинкових, алюмінієвих та магнієвих сплавів, молотові та пресові вставки (перерізом до 200-250 мм) при гарячому деформуванні конструкційних сталей, інструмент для висадки заготовок з легованих конструкційних та жароміцних матеріалів на горизонтально-кувальних машинах. ЭИ958.
4X5МФ1С	прес-форми лиття під тиском цинкових, алюмінієвих та магнієвих сплавів, молотові та пресові вставки (перерізом до 200-250 мм) при гарячому деформуванні конструкційних сталей, інструмент для висадки заготовок з легованих конструкційних та жароміцних матеріалів на горизонтально-кувальних машинах. ЭП572.
4X5МФС	дрібні молотові штампи, великі (перетином понад 200 мм) молотові та пресові вставки при гарячому деформуванні конструкційних сталей та кольорових сплавів в умовах, багатосерійного та масового виробництва, прес-форми лиття під тиском алюмінієвих, а також цинкових та магнієвих сплавів.
4XB2С	пневматичний інструмент: зубила, обтискання, вирубні та обрізні штампи складної форми, що працюють з підвищеними ударними навантаженнями.
4ХМФС	молотові штампи пароповітряних та пневматичних молотів з масою падаючих частин до 3 т при деформації легованих конструкційних та нержавіючих сталей, пресовий інструмент для обробки алюмінієвих сплавів, вставки та пуансони для висадки на горизонтально-кувальних машинах. 40ХСМФ.
5X2МНФ	для великогабаритних цільних штампів (діаметром до 600 мм) для штампування поковок з конструкційних сталей та жароміцних сплавів на молотах та кривошипних пресах; затискних та формуючих вставок, набірних та формувальних пуансонів для висадки конструкційних сталей та жароміцних сплавів на горизонталь нокувальних машинах; ножів гарячого різання. ДИ32.

Продовження таблиці

5X3B3MFC	для високонавантаженого пресового інструменту (матриць, прошивних та формуючих пуансонів тощо); інструменту для висадки на горизонтально кувальних машинах та вставок штампів напружених конструкцій, для гарячого об'ємного деформування легованих конструкційних сталей та жароміцних сплавів при гарячому деформуванні легованих конструкційних сталей та жароміцних сплавів. ДИ23.
5XB2C	ножі при холодному різанні металу, різьбо накатні плашки, пуансони та обтискні матриці при холодній роботі, штампи складної форми, що працюють з підвищеними ударними навантаженнями.
5XGM	молотові штампи пароповітряних і пневматичних молотів з масою падаючих частин до 3 т, штампи для кування кувальні для гарячого штампування, валки великих, середніх і дрібно сортних станів для прокатки твердого металу.
5XHM	молотові штампи пароповітряних та пневматичних молотів з масою падаючих частин понад 3 т, пресові штампи та штампи машинного швидкісного штампування при гарячому деформуванні легких кольорових сплавів, блоки матриць для вставок горизонтально-кувальних машин.
6XB2C	ножі для холодного різання металу, різьбо накатні плашки, пуансони та обтискні матриці при холодній роботі, штампи складної форми, що працюють з підвищеними ударними навантаженнями.
6XBГ	пуансони складної форми для холодної прошивки переважно фігурних отворів у листовому та смуговому матеріалі, невеликі штампи для гарячого штампування, головним чином, коли потрібна мінімальна зміна розмірів при загартуванні.
6XC	пневматичні зубила та штампи невеликих розмірів для холодного штампування, рубальні ножі.
7X3	інструмент (пуансони, матриці) гарячої висадки кріплення та заготовок з вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей на горизонтально-кувальних машинах, деталі штампів (матриці, пуансони, виштовхувачі) для гарячого пресування та видавлювання цих матеріалів на кривошипних пресах, згинальні.
7XГ2BM	для виготовлення штампів холодного об'ємного деформування, що використовуються при виробництві виробів із кольорових сплавів та маломіцних конструкційних сталей; пуансонів, матриць вирубних штампів складної конфігурації.

Продовження таблиці

7ХГ2ВМФ	штампи об'ємного холодного деформування та вирубний інструмент складної конфігурації, що використовуються при виробництві виробів із кольорових сплавів та маломіцних конструкційних сталей.
8Х3	інструмент (пуансони, матриці) гарячої висадки кріплення та заготовок з вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей на горизонтально-кувальних машинах, деталі штампів (матриці, пуансони, виштовхувачі) для гарячого пресування та видавлювання, згинальні та просічні штампи.
8Х4В3М3Ф2	для виготовлення різьбонакатних інструментів для холодного накатки, шліценкатних роликів; деревообробних інструментів; ножів трубофрезувальних пресів, гільйотинних та інших ножиць; пуансонів та матриць холодного об'ємного деформування, що експлуатуються з робочими тисками до 2000-2100 мПа.
Х12	холодні штампи високої стійкості проти стирання, що не зазнають сильних ударів та поштовхів; волочильні дошки, вічка для калібрування пруткового металу під накатку різьблення, згинальні та формувальні штампи, складні секції кузовних штампів, матриць та пуансонів вирубних та просічних штампів, штампування активної частини електричних машин тощо.
Х12ВМ	холодні штампи високої стійкості проти стирання, що не піддаються сильним ударам і поштовхам, волочильні дошки та волокни, вічка для калібрування пруткового металу під накатку різьблення, згинальні та формувальні штампи, складні кузовні штампи, матриці та пуансони вирубних і просічних штампів, штамповки активної частини електричних машин.
Х12ВМФ	холодні штампи високої стійкості проти стирання, що не зазнають сильних ударів та поштовхів; волочильні дошки, вічка для калібрування пруткового металу під накатку різьблення, згинальні та формувальні штампи, складні секції кузовних штампів, матриць та пуансонів вирубних та просічних штампів, штампування активної частини електричних машин тощо.
Х12М	для виготовлення накатних роликів, волочильних дощок та волок, вічок для калібрування металу; матриць та пуансонів вирубних штампів; пуансонів та матриць холодного видавлювання, що експлуатуються з робочими тисками до 1400-1600 мПа.

Продовження таблиці

X12МФ	профілювальні ролики складних форм, секції кузовних штамів складних форм, складні диетрошівні матриці при формуванні листового металу, еталонні шестерні, накатні плашки, волоки, матриці та пуансони вирубних штамів просічних зі штамів зі складною конфігурацією робочих частин.
X12Ф1	профілювальні ролики складної форми, еталонні шестерні, накатні плашки, волоки, секції кузовних штамів складної форми, складні диетрошівні матриці при формуванні листового металу, матриці та пуансони вирубних і просічних штамів зі складною конфігурацією робочих частин, пуансони і матриці холодного видавлювання, що працюють при тиску 1400-1600 МПа.
X6ВФ	різьбоканий інструмент (ролики та плашки), ручні ножівкові полотна, бритви, матриці, пуансони, зубонакатники та інші інструменти, призначені для холодної деформації, для дереворізного фрезерного інструменту.
X6Ф4М	для виготовлення штамів.