

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладного матеріалознавства
і технології конструкційних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ:

в. о. завідувача кафедри
Гапонова О. П.

дата, підпис

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи:

Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі
«матриця»

Виконав:
студент Запорожець Богдан
Юрійович
Залікова книжка №17320733

Керівник:
Харченко Надія Анатоліївна

дата, підпис

підпис

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК: Сидоренко Ю. Ю.

оцінка, дата

дата, підпис

Суми 2020

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів»

Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

в. о. завідувача кафедри

_____ О. П. Гапонова

«__» _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
ДЛЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Запорожця Богдана Юрійовича

1. Тема проекту (роботи) Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі «матриця» затверджена Наказом по університету від «24» березня 2020 р. № 0490-III
2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) _____
3. Вихідні дані проекту (роботи) Креслення деталі «матриця» та вимоги до нього вказані на кресленні (додаток А)
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх потрібно розробити) аналіз умов роботи деталі, літературний огляд, вибір матеріалу та методів дослідження, маршрутна технологія виготовлення деталі, розрахунково-експериментальна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) креслення деталі, графік термічної обробки деталі.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапу проекту (роботи)	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз умов роботи деталі		
2	Розділ 2. Літературний огляд		
3	Розділ 3. Вибір матеріалу та методів дослідження		
4	Розділ 4. Маршрутна технологія виготовлення деталі		
5	Розділ 5. Розрахунково-експериментальна частина		
6	Висновки		

6. Дата видачі завдання _____

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота: складається з 61 сторінки, 5 розділів, 15 рисунків, 15 таблиць, 38 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: матриця штампу зі сталі 4Х5МФ1С

• **Мета роботи** – розробка технологічно простого способу підвищення працездатності пресової матриці за рахунок вибору раціонального матеріалу та продуктивної комплексної термічної обробки.

Завдання:

- проаналізувати експлуатаційні умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес та термічну обробку виробу;
- вибрати основне та допоміжне обладнання для проведення термічної обробки.

Проаналізовано умову роботи деталі «матриця» та сформульовано вимоги до матеріалів, з якого вона виготовляється. Вибрана марка сталі, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі «матриця», запропоновано оптимальний режим термічної обробки деталі. Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАТРИЦЯ, ІНСТРУМЕНТ, 4Х5МФ1С, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ТВЕРДІСТЬ

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ	8
1.1 Класифікація інструментів.....	8
1.2 Аналіз умов роботи деталі «матриця»	14
1.3 Висновки.....	17
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	19
2.1 Технологія виготовлення та методи зміцнення деталі «матриця».....	19
2.2 Висновки.....	24
РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ	26
3.1 Вибір матеріалу деталі «матриця»	26
3.2 Опис впливу легуючих елементів на властивості сталі 4Х5МФ1С.....	31
3.3. Методи дослідження	34
3.4 Висновки.....	41
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	42
4.1 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі	42
4.2 Висновки.....	45
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО – ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	47
5.1 Термічна обробка та результати дослідження деталі «матриця».....	47
5.2 Обладнання для проведення термічної обробки.....	55
5.3 Висновки.....	60
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	62
ДОДАТОК А Креслення деталі «матриця»	66

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

σ_b – тимчасовий опір розриву, МПа

$\sigma_{0,05}$ – межа пружності, МПа

$\sigma_{0,2}$ – межа плинності умовна, МПа

$\delta_5, \delta_4, \delta_{10}$ – відносне подовження після розриву, %

$\sigma_{сж}$ - межа текучості при стисненні, МПа

ν – відносний зсув, %

s_b - межа короткочасної міцності, МПа

Ψ – відносне звуження, %

KCU та **KCV** – ударна в'язкість визначена на зразку з концентратами відповідного виду U та V, Дж/см²

σ_T – межа пропорційності, МПа

J_k – межа міцності при крученні, максимальне дотичне напруження, МПа

$\sigma_{изг}$ – межа міцності при вигині, МПа

σ_1 – межа витривалості при випробуванні на вигин з симетричним циклом навантаження, МПа

$J_{.1}$ - межа витривалості при випробуванні на крутіння з симетричним циклом навантаження, МПа

ν – кількість циклів навантаження

R та **ρ** – питомий електроопір, Ом м

E – модуль пружності нормальний, ГПа

σ_T^t – межа тривалої міцності, МПа

ВСТУП

Актуальність роботи. Сучасне машинобудування України представлено достатньо широким номенклатурним рядом інструментів. Продуктивність більшості інструментів залежить від матеріалу та відповідної термічної обробки, тому матеріалознавче питання призначення перспективної обробки є актуальним.

Мета роботи – розробка технологічно простого способу підвищення працездатності пресової матриці за рахунок вибору раціонального матеріалу та продуктивної комплексної термічної обробки.

Завдання:

- проаналізувати експлуатаційні умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес та термічну обробку виробу;
- вибрати основне та допоміжне обладнання для проведення термічної обробки.

Методи дослідження – металографічний аналіз, визначення макротвердості, визначення неметалевих включень.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1.1 Класифікація інструментів

Всі види інструментів в залежності від призначення можна поділити на декілька груп: штампи (холодного та гарячого деформування), різальні інструменти, вимірювальний інструмент.

Інструменти для холодної деформації.

Інструменти для холодної деформації використовуються в таких технологічних процесів, в яких робоча температура інструменту не перевищує 200-300 °С [1-4].

Основні типи холодноформуєчих інструментів [1-4]: для холодного різання; вирубування; витяжний; деформації матеріалів видавлюванням; для холодного штампування; для холодного прокатки.

Інструменти для холодного різання використовуються головним чином для слюсарних робіт [1]. Зняття стружки, різання робить кромка, виконана у вигляді ріжучого клина. Ріжуча кромка в процесі роботи піддається ударним і згинальним навантаженням а також стисненню і сильному стираючому впливу [1-4]. Пневматичний інструмент (плоскій різці, рівні різці, відбійний молоток, карбований молоток, заклепувальні обтискання і т.д.) використовують в молотах, що приводяться в дію стисненим повітрям. Під час роботи інструмент відчуває циклічні розтягують і стискають навантаження, до яких додається згинальне навантаження, що викликається нахильним робочим положенням молотка. Вставний кінець інструменту, що сприймає удари поршня, і ріжуча кромка, що здійснює різання, рубку, схильні до сильного зносу. Ножі в процесі роботи виробляють операцію аналогічні пилянню і розщипленню але без утворення стружки. Вістря ножа безперервно стикається з розрізаємим матеріалом надає зношувальний вплив. Якість ножів визначається їх ріжучою здатністю і стійкістю. **Вирубні та пробивні інструменти** [1-4] під час роботи

пуансона і кромка матриці поділяють матеріал листа уздовж замкнутої лінії. Товщина листа коливається від декількох десятих мм до 10 мм. Пуансон представляє собою брусок або циліндр, робочою частиною якого є ріжуча кромка [1]. Матриця – це не дуже товста плита, що має наскрізні отвори, відповідні формі і розміру. Від стану ріжучої кромки в значній мірі залежить виникають в матеріалі напруга і деформації. На першій стадії вирубки поверхню пуансона давиться на вирубуеться матеріал, а на другій стадії ріжучої кромки пуансон вирізаються в нього. Зусилля зрізу, яке виникає при вирубці піддає пуансон діє тиску і поздовжньому вигину, а матрицю – тиску і поперечному вигину [1]. Напруга в стані інструментів, дуже складна, тривісна. Велике стиснення уздовж кромки призводить до затуплення, а розтягують зусилля-до вирівнювання. До цього слід додати, що навантаження ці циклічні і знакозмінні, здебільшого динамічні, що викликає втому матеріалу. Найбільше динамічне навантаження припадає на матрицю. Через вібрації повзуна преса виникають нові повторювані навантаження. Зазвичай найважче переносять складні навантаження пуансони малого діаметра. Осьове стиснення, що діє на периферію ріжучих кромок матриці, залежить від опору зсуву матеріалу, що вирубуеться. Осьове стискове зусилля уздовж ріжучої кромки дорівнює дворазовому середньому, інакше кажучи, воно може досягти п'ятикратного значення міцності зсуву вирубуеться матеріалу по абсолютній величині 3000-5000 Н/ мм квадратні. Під впливом великого поверхневого тиснення мають місце тертя матеріалу об елементи штампа а також деяке проникнення пуансона в матрицю, що робить значний зношуючий вплив. Надалі така циклічна навантаження може виникнути також в слідстві коливань повзуна преса в той момент, коли пуансон виходить з матриці.

Внаслідок тертя і перетворення частини роботи деформації в тепло, температура ріжучої кромки в залежності від якості вирубуеться матеріалу може досягти 150-300°C.

Вирубні інструменти зазвичай дуже складні по конфігурації, за профілем

і, отже, після гартування вже не можуть бути виправлені, тому збереження розміру і форми є одним з найважливіших властивостей інструментальної сталі.

Витяжні інструменти можна поділити на дві групи: Інструменти глибокого витягування і інструменти витяжки дроту, прутків і труб.

Інструменти для здійснення глибокої витяжки.

В процесі глибокої витяжки з листа витяжною матрицею (наприклад, у вигляді кільця) і витяжним пуансоном витягають порожнисте тіло. Під час формування (деформування) поміщений на кільце лист не закріплений по зовнішньому контуру, тому він змінює свою форму, ковзаючи між пуансоном і матрицею; в процесі витяжки пуансон, розвиваючи високий тиск, постійно загинає лист на округлену кромку витяжного кільця, а потім зтягує його в кільце і простягає через витяжний отвір [1-4]. Витяжне зусилля тим менше, чим тонше деформується лист і нижче його міцність, а також, чим більше радіус витяжної кромки кільця. У той же час мінімальний радіус заокруглення-важлива умова попередження утворення складок. Тому дуже важливим є визначення найбільш доцільного заокруглення кромки витяжного кільця і витяжного штампа, а також установа відповідного зазору. В процесі витяжки, а також при видаленні порожнистого тіла з інструменту між контакторами- поверхнями інструменту і тіла виникає тертя, приведе до значного зносу. Знос виявляється головним чином в збільшенні розміру витяжного кільця; знос пуансона менше значний, але сприяє утворенню і виривів на поверхні порожнистого тіла. Тертя і знос можна знизити, використовуючи інструмент з гладкою і зносостійкою поверхнею. Тертя може бути також знижено обробкою поверхні деформується листи і застосуванням мастильних масел. У витяжному кільці під час витяжки, крім радіально-стискальної напруги, протікає також циклічне тангенціальне розтягувальна напруга; вони розпирають кільце отже, матеріал витяжного кільця повинен також протистояти повторюваним розтягу він повинен бути міцним. Для

забезпечення найбільш сприятливого стану стиснення витяжні кільця піддаються попередній напрузі різними способами . Пустотіла частина інструментів для протягання дротів, прутків і труб має конусоподібну форму, завдяки чому вони можуть зменшувати діаметр деформується матеріалу. Зазвичай матеріал через різні по перетину витяжні кільця простягають в холодному стані.

Тертя між матеріалом і інструментом надає дуже сильну зношуючу дію і викликає налипання. Задля витяжного кільця характерно тривісний напружений стан.

Деформація матеріалу видавлюванням – це високопродуктивний спосіб, яким виготовляють пруткові і порожнисті тіла з розмірами великої точності і високою якістю поверхні., і високою якістю в процесі видавлювання матеріалу поперечний переріз вихідної заготовки з листа або прутка зменшують до відповідного розміра і форми або формують тіло у порожності [1].

У закритому просторі (в матриці) пуансон піддає вихідну заготовку тиску; метал, що виявляється в станах майже гідростатичного стиснення, впливає через конусний отвір матриці (пряме видавлювання) або через щілину між матрицею і пуансоном (зворотне видавлювання) [1].

Інструменти для гарячого деформування і для лиття.

Інструментами для гарячого деформування обробляють сталі, легкі і кольорові метали. Є наступні технологічні операції такої обробки: кування в штампах, штампування, зняття облою, обробка видавлюванням, різання (рубка), лиття під тиском і т.д. [1].

Навантаження на формуючий інструмент досить складне. Загальним для кожної операції є те, що інструмент в залежності від технології на певний час входить в зіткнення з заготівлею високої температури, яка нагріває інструмент до декількох сот градусів (за Цельсієм). Зі зростанням температури, як відомо, властивості сталі сильно змінюються. З припиненням контакту і з підключенням охолодження температура інструменту знижується і процес

повторюється. Тому температура інструменту і його поверхні постійно змінюється, що викликає явище термічної втоми. До мінливих температурних навантажень додаються ще і значні механічні навантаження [1].

Кувальні та пресові штампи.

Штампи - це зібрані в сталевому блоці відповідної якості роз'ємні інструменти з порожнинами, конфігурація яких негативна по відношенню до оброблюваної деталі [1]. Розігрітий до високої температури і в наслідок цього пластичний матеріал забивають або запресовують в порожнину. Деформуючий тиск ($0-1000 \text{ Н/мм}^2$) викликає в матриці змінюваний складно напружений стан [1].

Під впливом тиску при ударі метал намагається заповнити порожнини матриці. Конфігурація порожнини викликає примусову течію металу. Гострі кромки, кути матриці, задиркові канали, містки, вертикальні стінки чинять великий опір течії матеріалу і воно утруднюється.

Між металом, поточним з великою швидкістю ($\sim 50 \text{ м/с}$) по порожнинах матриці, найчастіше покритою окалиною, і стінками порожнини виникає тертя, яке веде до зносу стінок і крайок інструменту. Крім того, гострі тонкі кромки і кути під час роботи нагріваються до високої температури дуже швидко ($1000 - 2700^\circ \text{ C/с}$), а після видалення деталі також швидко охолоджуються. Чим більше теплопровідність матеріалу інструменту і чим швидше тепло проникає всередину інструменту, тим нижче температура його поверхні, крім того, якщо вся маса матриці нагрівається до високої температури ($300 - 400^\circ \text{ C}$), то відповідні шари інструменту поперемінно нагріваються і охолоджуються. Ці зміни температури виникають в результаті цього стиснення і розширення повторюються при кожному циклі деформації. В наслідок невеликих пластичних деформацій від циклічних навантажень поверхневий шар може розтріскатися через термічну втому. При збільшенні часу контакту можливе виникнення місцевих перегрівів ($700-830^\circ \text{ C}$), які можуть призвести до відпалу

матеріалу інструмента.

У кувальних і штампувальних машин, робота яких заснована на різних принципах і швидкості яких різні, термічна і механічна навантаження на матриці сильно розрізняються. Для одних з них характерні високі температури і коливання температур, для інших динамічні, механічні навантаження.

Ерозія матриць обумовлена втомуою, що виникає внаслідок повторюваних стиснень, залишкової деформації, крихкого зламу, що викликається динамічним характером дії сил, зносом, викликаним закінченням матеріалу, термічною втомуою, що викликається нагріванням матриці і коливанням температур.

Перераховані явища значною мірою залежать не тільки від властивостей матеріалу матриці, але і від конфігурації її порожнин, їх складності, розмірів, від точності установки і від умов експлуатації (мастила, температури інструменту, умов охолодження і т.д.).

Зазвичай термін служби невеликих і простих за формою матриць більше терміну служби складних за формою великорозмірних матриць. Чим більше маса молота, тим менше число вироблених до першого його ремонту кованих деталей.

Навантаження інструментів для зняття задирок залежить від розміру деталі, яка обрізається. Чим більше розміри оброблюваної деталі, тим повільніше вона остигає, і товщина задирок на ній зазвичай велика. Крім великого тиску, на кромку у задиркоподібної машини слід також враховувати і теплове навантаження. При невеликих задирках навантаження задирковобрізної машини аналогічна навантаженні холодного вирубного штампа.

Інструменти для видавлювання прутків і труб.

З метою зменшення опору деформуванню видавлювання сталевих, важких і легких металів виробляють в гарячому стані [1]. У порівнянні з викладеними навантаженнями холоднодавильних інструментів тут штампувальний тиск менше, проте велика температура інструменту і в результаті необхідності охолодження виникають коливання температури (таблиця 1.1).

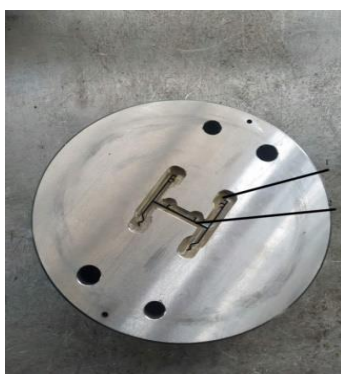
Таблиця 1.1

Температура гарячого видавлювання сплавів [1]:

№ п/п	Сплав	Температура, °С
1	Алюміній	~ 450
2	Сплав алюмінію	420-480
3	Мідь і її сплави	800-900
4	Сталь	900-1150

1.2 Аналіз умов роботи деталі «матриця»

В даній роботі розглядається деталь «матриця» витяжного штампу (додаток А; рис. 1.1 а, б) Даний виріб використовується для екструзії алюмінієвих заготовок.



а



б



в



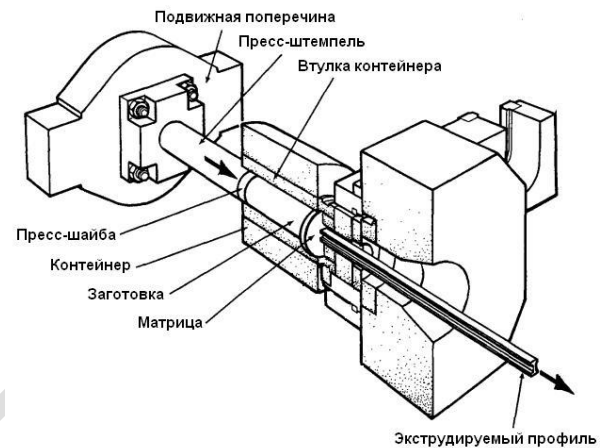
г

Рисунок 1.1 – Матриця; а- вид зверху б- вид знизу в) матричний комплект вид зверху г) матричний комплект вид збоку

Дана матриця працює в так званому матричному комплекті (рис 1.1 в, г). Матричний комплект є відповідальною складовою горизонтального пресу (рис. 1.2 а, б).



а



б

Рисунок 1.2 – Горизонтальний прес (а). схема роботи горизонтального пресу (б)

На елементи інструменту для видавлювання діють складні і значні навантаження. В порожнині інструмента в залежності від міцності матеріалу, що деформується потрібно створити надзвичайно великий тиск, порядку $1000\text{--}3000\text{ Н/мм}^2$, який також повинен витримати і пуансон. Якщо пуансон кілька децентрований, то утворюються додаткові згинальні і розтягувальні навантаження. Тертя що викликає за умов високого тиску між формованим матеріалом і інструментом сильне нагрівання і збільшує знос інструменту. Для зниження тертя інструмент слід полірувати, а під час роботи змащувати [1].

Матриця, крім сильного зносу, обумовленого впливом, тертя, також піддається складним всебічним навантаженням, що повторюється в кожному циклі деформації. В залежності від ступеня попередньої напруги матриця може подаватися розтягуючим, розтягуючим-стискаючим і чисто стискаючим напругам. При збільшенні тиску попереднє напруження інструменту є обов'язковою умовою [1].

Інструмент видавлює свою форму в холодному матеріалі, що знаходиться

в високоміцному стані. Зазвичай деформацію реалізують дві половинки інструменту: рухомий пуансон в залежності від типу машини впресовує матеріал в нерухому матрицю. Пресувальні машини в порівнянні з повільним переміщенням інструменту і з коротким ходом мають набагато меншу динамічне навантаження на інструмент, ніж високошвидкісна машина. В складальних або цілих матрицях в ході деформації від внутрішнього тиску виникає складнонавантажений стан. Цей стан при кожній деформації повторюється між робочою поверхнею матриці і матеріалом, що деформується. При цьому тертя, що виникає під час роботи матриці, призводить до сильного зносу інструменту [1].

Такого роду багатовісне і динамічне навантаження характерне також і для висадочних інструментів, що формують головки болтів, заклепок, цвяхів, руйнування таких інструментів походить від розширення отворів матриць, їх опускання і прогинання, що є наслідком недостатньої величини межі плинності при стисненні матеріалу інструменту; крім того, це веде до втоми, відшарування і зносу робочої поверхні. Інструменти для карбування монет і медалей також піддаються дуже великому поверхневому тиску ($2500-3000 \text{ Н/мм}^2$) і зносу. Ці інструменти працюють зазвичай без задирок, тому складнонапружений стан виражено ще сильніше. В результаті численних і сильних ударів кромки інструменту наклепуються і фарбуються [1].

Інструменти для видавлювання порожнин матриць, які не можуть бути виготовлені різанням, схильні до ще більш високих стискаючих навантажень ($2800-3500 \text{ Н/мм}^2$), а також досить значному зносу, обумовленому тертям між матеріалом і штампом [1].

Навантаження карбувальних штамів, що застосовуються у виробництві столових приладів і коштовностей, менше, ніж висадочних. На інструменті потрібно створити зносостійкий шар товщиною, відповідної глибині рельєфу виробу.

Стійкість інструменту – це сукупність властивостей, комплексна

характеристика, залежна від декількох по-різному діючих факторів [5, 6]:

- а) властивості інструментальної сталі і технологія її термічної обробки;
- б) режим роботи, при зміні якого в свою чергу змінюються умови акумуляції тепла в робочих частинах;
- в) властивостей оброблюваного матеріалу.

До основної причини зміни стійкості інструменту слід віднести: параметри штампування; вплив оброблюваного матеріалу (його твердість, в'язкість, теплопровідність і здатність до знеміцнення при нагріванні). Крім того основними причинами руйнування матриць може бути:

- карбідна неоднорідність. Зі збільшенням карбідної неоднорідності міцність сталі, знижується, при роботі інструмент викришується і знижується його стійкість;
- ледебуритна неоднорідність - сітка евтектичних карбідів, що оточує зерна твердого розчину. Знижує міцність сталі в 2-3 рази, усувається куванням або прокатуванням;
- цементитна неоднорідність - знижує міцність на 20-40 % і викликає передчасне викришування, усувається термічною обробкою дуже важко;
- наявність аустеніту залишкового - зменшує зносостійкість, теплостійкість, немає сталості геометричних параметрів.

1.3 Висновки

В першому розділі було охарактеризовано конструкцію та призначення виробу, а також проаналізовано умови його роботи. Розглянуті різновиди інструментів, основні умови роботи даних виробів.

В даній роботі розглядається деталь «матриця», яка застосовується для екструзії алюмінієвих заготовок, алюмінієвого профілю. Цим інструментам властивий ряд недоліків, найбільш істотними, з яких є: чим менший розмір матриці, тим більше навантаження відбувається на неї. Під час роботи матриця підлягає сильному зношуванню. Складне циклічне всебічне (розтягуючи,

розтягуюче-стискаючи і чисто стискаючи напруг), що може спричинити підвищенню температури матриці. При збільшенні тиску попереднє напруження інструменту є обов'язковою умовою.

Таким чином основними вимогами до готового виробу «матриця», є: висока зносостійкість, теплостійкість, здатність протистояти циклічним знакозмінним навантаженням та зберігати форми і розміри каналів твердість 46-48 HRC (додаток А).

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технологія виготовлення та методи зміцнення деталі «матриця»

Унікальні можливості підвищення механічних характеристик заготовок при використанні процесів інтенсивної пластичної деформації (ІПД) металів і сплавів сприяють їх широкому застосуванню в різних галузях промисловості досить багато робіт присвячено ефективності застосування різних методів ІПД для підвищення властивостей компактних матеріалів в литому і деформованому станах [7], а також заготовок з порошків і стружки. Так, в літературі наведені результати застосування ІПД для формування субмікроструктурної структури в залізонікелевих сплавах, а також ущільнення алюмінієвої стружки [8], суміші порошкових компонентів для отримання компактних титанових напівфабрикатів методами порошкової металургії, в тому числі ударними навантаженнями [9-10].

Ефективність застосування методів ІПД досягається насамперед за рахунок формування в оброблених заготовках субмікроструктурної структури і підвищення комплексу міцнісних властивостей. Також методи ІПД можуть успішно застосовуватися для отримання псевдосплавів і композиційних матеріалів з унікальним поєднанням фізичних, механічних і експлуатаційних властивостей [11]. Для реалізації ІПД об'ємних заготовок застосовують спеціальні установки, що встановлюються на гідравлічні преси, а також спеціальну технологічну оснастку. Одним з основних елементів установки для ІПД методом гвинтової екструзії є гвинтова матриця. Важкі умови її роботи і особливості конструкції визначають довговічність і надійність установки де усе в цілому. Зношування гвинтового каналу матриці в процесі деформації заготовок значно впливає на собівартість обробки заготовки. У разі застосування гвинтової матриці нероз'ємного типу, руйнування в ній зразка може призводити до її повного виходу з ладу [12, 13]. Особливостями проектування та експлуатації оснащення для обробки металів тиском

присвячений ряд як вітчизняних, так і зарубіжних досліджень. Так, в роботі показано, що процес проектування пресової оснастки вимагає детального аналізу умов деформування і конструкції інструменту [14].

У ряді досліджень вказується, що для ефективної розробки надійного штампового оснащення необхідно використовувати спеціалізовані розрахункові системи, що дозволяють моделювати напружено деформований стан (ПДВ) як елементів штампування оснащення, так і оброблюваної заготовки. Вказується також, що для процесів гарячого штампування моделювання необхідно виконувати з урахуванням адекватних моделей залежності властивостей матеріалів оснащення і напівфабрикату від температури, а також динамічних процесів, що протікають в процесі обробки. Для проектування основних силових елементів штампової оснастки і їх надійної роботи необхідна розробка математичних моделей силової взаємодії базових деталей і визначення навантажень, що діють на несучі елементи оснащення [15].

Аналіз впливу форми каналу матриці на параметри процесу інтенсивного пластичного деформування заготовок круглого поперечного перерізу при обробці методом гвинтового розширювального пресування виконаний в роботі. Особливостям проектування оснащення для гвинтової екструзії, а також вдосконаленню технології і пристроїв для її реалізації присвячена робота. Методи ПД об'ємних заготовок вимагають багатоетапного пресування заготовок для накопичення великих ступенів деформації із застосуванням в ряді випадків різних середовищ, які передають зусилля на заготовку [16]. Загальною істотною ознакою відомих способів багатоетапного пресування заготовок із застосуванням ПД є значне тертя об стінки каналу матриці, що не дозволяє знизити зусилля пресування і забезпечити на високому рівні її довговічність. При гідромеханічному пресуванні в якості робочого середовища використовується рідина [17]. Основними недоліками такого способу є: необхідність спеціальної підготовки торця заготовки, щоб виконати її ущільнення в матриці, і недостатня кількість мастила між заготівлею і

матрицею на робочій ділянці каналу, що знижує технологічність процесу, призводить до збільшення зусилля пресування і зниження довговічності матриці. Застосовують також квазірідкі середовища, які, потрапляючи в зазор між контейнером і заготівлею, поділяють їх поверхні, що призводить до зменшення зусилля пресування. [18] Пресування заготовок через канал гвинтової матриці за допомогою металевих фальш-заготовок підвищує технологічність процес. Однак високі контактні напруги, які виникають на поверхнях контакту заготовки і матриці, призводять до налипання матеріалу фальш-заготовок на поверхню контейнера і матриці, що також знижує довговічність матриці [19].

Пресування проводили без переднього натягу. Вимірювання температури поверхні смуги проводили за допомогою ручної контактної термометри; середню температуру смуги на виході з матриці перераховували за даними вимірів з урахуванням відстані від матриці до місця вимірювання і швидкості профілю... після охолодження профілю вимірювали товщину на 3-х ділянках по довжині смуги (початок, середина і кінець): в кожному з них в 8 точках на відстані 2...8 мм від краю і в 4 точках в області поздовжньої осі смуги; точність вимірювань 10,005 мм.з такою ж точністю щупами вимірювали ширину каналу матриці. Вивчення структури проводили в поляризованому світлі. Шліфи готувалися з використанням електролітичного травлення в розчині: 5 мл 35%-й тетрафторборної кислоти, 200 мл дистильованої води. Порівняння геометрії смуги і каналу матриці. Розміри каналу матриці при кімнатній температурі в обох випадках становили 80,39 і 5,97 мм. коефіцієнт лінійного розширення для сталі 4X5MФ1С в температурному діапазоні 20...400°C дорівнює $16-10 \cdot 10^{-6} / \text{K}$ за даними [20]. Згідно, коефіцієнти лінійного розширення α алюмінієвих сплавів 6060 і 6082 при кімнатній температурі рівні. Беручи до уваги, що за відомостями коефіцієнт для чистого алюмінію лінійно зростає в діапазоні 200...500°C і екстраполюючи дані, наведені в для сплаву 6066 в діапазоні 20...300°C, приймаємо α для зазначених сплавів при 450 °C з рівним $27,3-10^{-6}$

1/К. Якщо не враховувати інших факторів, а лише термічне розширення матриці і подальшу усадку профілю при охолодженні, розмір отриманих алюмінієвих смуг повинен бути дорівнює 79,92x5,90 мм (нижче - розмір A_T). ширина пресованих смуг b , їх товщина на краю і в центрі поперечного перерізу, а також середня по всій довжині маса погонного метра (таблиця 2.1) [21].

Для визначення розмірів каналу матриці, що змінилися в результаті пружної деформації матричного комплексу, проводили розрахунок за допомогою програми COSMOSWorks для SolidWorks.

Таблиця 2.1

Результати вимірювань розміру поперечного перетину полоси та маси погонного метра в холодному стані [22]

Тип матриці	Марка сплаву	V_{II} , мм\с	Розміри полоси,			Середньоквадратичне відхилення, мм			Маса 1 м,г
			A_{II} , мм	b	S_k	S_{II}	b	S_k	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плоска	6060	8	79,69	5,80	5,75	0,034	0,016	0,025	1235
		16	79,64	5,79	5,72	0,013	0,012	0,014	1226
	6082	8	79,71	5,78	5,70	0,037	0,011	0,015	1239
		16	79,65	5,76	5,67	0,020	0,015	0,008	1230
Форкамера	6060	8	79,82	5,89	5,84	0,005	0,008	0,014	1260
		16	79,80	5,88	5,82	0,011	0,012	0,020	1257
	6082	8	79,77	5,86	5,79	0,000	0,011	0,024	1258
		16	79,77	5,86	5,77	0,007	0,011	0,012	1255

Матричний комплект включав матрицю, підкладку, матричне кільце, матрицяутримувач, а також опорне кільце і больстер з розмірами, відповідними умовам експерименту. Найближчий аналог матеріалу матриці, підкладки і матричного кільця є сталь 4X5МФ1С, опорного кільця і больстера – 4X5МФ1С. Вважали, що нормальне напруження (тиск) прикладено до площин дзеркала

матриця і форкамери і розподілено рівномірно. Крім того, враховано наявність сили, що діє на зовнішній торець матричного кільця з боку контейнера, а також зазору між бічними поверхнями матриці, підкладки і стінкою матричного кільця. Вплив температурного розширення в даному випадку не враховували [21].

У розрахунку використовували силу пресування, визначену експериментальним шляхом, для положення прес-штемпеля, відповідного середині ділянки квазістаціонарного течії діаграми тиск в циліндрі-хід прес-штемпеля (приблизно 160 мм). Задля різних швидкостей пресування та інших рівних умов ця сила відрізнялася не більше ніж на 7 %. Значення сили пресування при швидкості 8 мм / с для сплавів 6060 і 6082 наведені в табл. 2.2. Сила тиску на матрицю становить близько 85% сумарної, сила, що діє на торець матричного кільця - 15%. Зміна розмірів смуги в результаті безконтактної пластичної деформації, Рівне різниці результатів вимірювань і умовних розмірів смуги, наведені в табл. 2. Умовними вважаємо розміри, які повинна мати смуга з урахуванням пружного зміни каналу матриці під навантаженням, і різного термічного розширення алюмінію і сталі.

Таблиця 2.2

Зміни розмірів смуги та каналу матриці [22]

Тип матриці	Марка сплаву	Сила пресу, МН	Зміна розміру каналу від напруги деформації, δ, мм			Зміна розмірів смуги від не контактної пластичної деформації.		
			δb	δS _k	δs _ц	Δ b	Δ S _k	Δ S _ц
Плоска	6060	3,40	0,042	-0,028	-0,067	-0,272	-0,072	-0,083
	6082	3,75	0,050	-0,031	-0,074	-0,260	-0,089	-0,126
Форкамера	6060	3,72	0,031	-0,049	-0,098	-0,131	0,039	0,038
	6082	4,46	0,034	-0,059	-0,117	-0,184	0,019	0,007

Відзначимо, що внаслідок пружної деформації (табл. 2.2) канал незначно збільшується по довжині (8b) через те, що центральна частина прогинається і довгі стінки каналу змикаються (8s). Зменшення товщини каналу (мм) для форкамерної матриці більше не тільки внаслідок більшої сили пресування на ній, але і меншою її жорсткістю. Збільшення швидкості пресування призводить до зменшення ширини і товщини смуги (табл. 2.1). Обидва зазначених явища сильніше проявляються для більш міцного сплаву 6082 в порівнянні зі сплавом 6060 аналіз даних табл. 2.2 показує, що позаконтактна пластична деформація має місце для обох типів матриць. Але для плоских матриць вона призводить до зменшення товщини смуги, а для форкамерних - до збільшення товщини [22]. Хоча таке збільшення і не велике (0,01-0,04 мм), але тенденція узгоджується з отриманими раніше даними, причому збільшення товщини буде великим при коефіцієнтах витяжки. Наявність зазначеного ефекту підтверджується і значеннями маси погонного метра смуги: для форкамерної вона на 1,5...2,5% більше, ніж для плоскої. Відзначимо, що застосування форкамерної матриці, ступені якої в середині каналу відстоять всього на 0,5 і 1 мм від кромки робочого паска, забезпечило істотне гальмування металу в цій зоні навіть для відносно товстої смуги при використанні ненульового паска з постійною товщиною 4 мм.це дозволяє сподіватися на достатню зносостійкість такого типу матриці [21].

2.2 Висновки

В другому розділі були розглянуті матеріали для виготовлення «матриці», і способи підвищення експлуатаційних властивостей деталі. Раціональний (економічної та технологічної) вибір матеріалу для виготовлення матриці, методів зміцнення, умов обробки дозволить, встановлено з літературних джерел, що форкамерні матриці мають переваги в порівнянні з плоскими матрицями, профіль високої якості, точності і довговічності. Профіль має саме

широке поширення як для кріпильних виробів, так і для механізмів, що передають рух. Матриця є складним та точним інструментом для екструзії різних складних та простих профілів. Найбільше навантаження здійснюється на кромки робочої поверхні.

САНДІ

РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ

3.1 Вибір матеріалу деталі «матриця»

Матеріал для виготовлення деталі «матриця» повинен задовольняти основним вимогам, які висувають до основного виробу (зносостійкість, теплостійкість, здатність протистояти циклічним знакозмінним навантаженням твердість) крім того бути економічно.

Відомо [26], що основними вимогами до інструментальних матеріалів є твердість, міцність, теплостійкість, технологічність і економічність.

Міцність інструментальних матеріалів характеризуються межею міцності на вигин і на стиск, ударною в'язкістю і коефіцієнтом тріщиностійкості [26]. Теплостійкість характеризується температурою, при якій відбувається істотне зниження стійкості інструменту. Комплексною характеристикою інструментального матеріалу є його зносостійкість, яка визначає здатність збереження ріжучих властивостей інструменту, із заданою продуктивністю, при забезпеченні точності обробки і якості отримуваної поверхні. Зносостійкість визначається, в першу чергу, твердістю інструментального матеріалу, його міцність і теплостійкість. На зносостійкість інструментального матеріалу значно впливає також стійкість до термічних ударів, теплопровідність, окислювальна стійкість, а також адгезійні, дифузійні, хімічні властивості і коефіцієнт тертя по відношенню до оброблюваного матеріалу. Під технологічністю розуміється комплекс властивостей, які характеризують поведінку інструментальних матеріалів при виготовленні з нього інструменту. Для інструментальних матеріалів характерно протиріччя: більш тверді і теплостійкі матеріали мають меншу міцність і стійкістю до термічних ударів [26].

В даній роботі пропонуємо як матеріал деталі «матриця» використати сталь 4X5MФ1С. Дана сталь відноситься до легованих якісних сталей. Основними легуючими елементами 4X5MФ1С є хромом, молібден, ванадій,

кремній (таблиця 3.1). Відповідно до креслення (додаток А) висуваються наступні вимоги щодо твердості. Твердість повинна знаходитись в інтервалі 46-48 HRC по всьому перетину виробу. В сталі 4X5МФ1С зберігається після гартування підвищена кількість залишкового аустеніту, що не однозначно впливає на властивості готового виробу: зменше викривлення. Наявність такої кількості аустеніту знижує опір малої пластичної деформації і збільшує чутливість до шліфувальних тріщин. [27].

Властивості, які висуваються до готового виробу отримуємо після відповідної термічної обробки. Дану сталь можна класифікувати як сталь підвищеної теплостійкості та підвищеної міцності при нагріві (таблиця 3.1)[30;31]. Дана сталь зміцнюється дисперсійним твердінням після мартенситного перетворення [30]. Міцність і твердість сталей даної групи підвищуються зі збільшенням вмісту вуглецю [31].

Таблиця 3.1

Теплостійкість інструментальних матеріалів [31]

№ п/п	Інструментальний матеріал	Теплостійкість інструментального матеріалу, °С
1	Вуглецева сталь	200...250
2	Легована сталь	350...400
3	Швидкоріжуча сталь	550...600
	Тверді сплави	
4	Група ВК	900...930
5	Групи ТК і ТТК	1000...1030
6	Кермети	800...830
7	С покриттям	1000...1100
8	Кераміка	1200...1230

Хімічний склад сталі приведений у таблиці 3.2 крім того довідникові данні(таблиця 3.3-3.9) надають можливість проаналізувати значну кількість властивостей та характеристик даної сталі.

Таблиця 3.2

Хімічний склад сталі 4X5MФ1С [5]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
0.37 - 0.44	0.9 - 1.2	0.2 - 0.5	до 0.4	до 0.03	до 0.03	4.5 - 5.5	1.2 - 1.5	0.8 - 1.1	до 0.3

Таблиця 3.3

Температура критичних точок, °C [5]

A _{c1}	A _{c3} (A _{cm})	A _{r3} (A _{rcm})	A _{r1}	M _n
875	935	815	760	305

Сталь 4X5MФ1С використовується для прес-форми лиття під тиском цинкових, алюмінієвих і магнієвих сплавів, молотові і пресові вставки (перетином до 200-250 мм) при гарячому деформуванні конструкційних сталей, інструмент для висадки заготовок з легованих конструкційних і жароміцних матеріалів на горизонтально-кувальних машинах [5].

Таблиця 3.4

Твердість сталі після ТО [5]

Стан поставки режиму ТО	Твердість
Прутки та смужки відпалені або відпущені. Зразок гартування 1020-1040°C, масло. Відпуск 550°C, ізотермічний відпал. Нагрівання зі швидкість не більше 100 °C/Г до температури 860-880°C, витримка 2,5 г+(1,0-1,5) хв. На 1мм	До HB241 Більше HRC 48 До HB241

найбільшого січення, охолодження зі швидкість 40-50 град/г до 720-730°C, ізотермічна витримка 3-4 г, охолодження зі швидкість 30-50 град/г до 400°C Високий відпуск. Нагрів зі швидкість не більше 100 град/г до температури 750-780°C, витримка 2,5 г +(1,0-1,5) хв на 1 мм найбільшо січення. Охолодження зі швидкість 30-50град/г до 400°C Підігрів 700-750°C. Гартування 1020-1040°C, масло. Відпуск 560-580°C Відпуск 520-540°C.	До HB269
	HRC 49-50

Таблиця 3.5

Механічні властивості при T=20 °C сталі 4X5MФ1C [5]

Термічна обробка	σ_b , МПа	σ^t_T , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	КСУ кДж / м ²
Гартування 1020 °C, масло, відпуск 580 °C, 2 г	1670	1470	10	40	390

Таблиця 3.6

Механічні властивості в залежності від температури відпуску [5]

Температура відпуску, °C	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	Ψ %	КСУ (Дж / см ²)	HRC _a
Гартування 1020°C, масло. Витримка при відпуске 2 г						
300	1490	1860	9	28	49	52
400			8	24	41	54
500	1490		8	25	20	55
600	1470	1620	10	46	44	50

Таблиця 3.7

Механічні властивості в залежності від температури випробування [5]

Температура випробування, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (Дж / см ²)
Гартування 1020°С, масло. Відпуск 580°С, 2г					
20	1470	1670	10	40	39
200	1340	1620	11	48	54
300	1320	1490	11	46	51
400	1270	1420	11	46	49
500	1170	1320	11	46	41

Технологічні властивості. Температура ковки, °С: початкова 1180, кінцева 850.

Охолодження сповільнене у колодці.

Таблиця 3.8

Теплостійкість [5]

Температура, °С	Час, г	HRC _δ
600	2	47

Таблиця 3.9

Фізичні властивості сталі 4Х5МФ1С [5]

T(Град)	E 10 ⁻⁵ (МПа)	α 10 ⁻⁶ (1/Град)	l(Вт/(м·град))	ρ (кг/м ³)	C(Дж/(кг·град))	R 10 ⁹ (Ом·м)
20	2.07		22	7716		553
100			25	7692		591
200			27	7660		649
300	1.87		29	7627		715
400			30	7593		793
500			31	7559		879
600	1.6		31	7523		970
700			31	7490		1077
800			31	7459		1189
900			32	7438		1229

3.2 Опис впливу легуючих елементів на властивості сталі 4X5MФ1С

Наявність та кількість певних елементів в складі матеріалів має велике значення на процес формування структури, а вона в свою чергу властивості.

Основними елементами сплавів, які називаються сталі, є залізо та вуглець. Вуглець елемент, який сильно впливає на структуру і властивості матеріалів. При збільшенні вмісту вуглецю до 1,2% зростають міцність, твердість, поріг холодноламкості (0,1%С підвищує температуру порогу холодноламкості на 20° С), межа плинності, величина електричного опору і коерцитивна сила [31]. При цьому знижуються щільність, теплопровідність, в'язкість, пластичність, величини відносного подовження і звуження, а також величина залишкової індукції [31]. Істотну роль грає те, що зміна фізичних властивостей приводить до погіршення цілого ряду технологічних характеристик - таких, як деформованість при штампуванні, зварюваність [31].

Крім заліза та вуглецю до складу сталей входять домішки та інколи легуючі елементи, які спеціально додають до складу. Сталь 4X5MФ1С легована сталь. Основними легуючими елементами сталі 4X5MФ1С є хром; молібден; ванадій, кремній (таблиця 3.10).

Таблиця 3.10

Класифікація легуючих елементів по відношенню до вуглецю [30]

№ п/п	Відношення до вуглецю	Легуючі елементи	Характеристика
1.	Карбідоутворюючі	Ti, Nb, V, W, Mo, Cr, Mn	Утворюють карбіди
2.	Графітизатори	Ni, Si	Викликають розпад карбідів та виділення вуглецю та утворення графіту

3.	Нейтральні	Cj	Не утворюють та не руйнують карбіди
----	------------	----	-------------------------------------

Основний вплив компонентів в конструкційні сталі полягає в тому, що, розчиняючись при нагріванні в аустеніті, вони уповільнюють дифузійні перетворення, затримуючи розпад аустеніту при охолодженні і зменшуючи критичну швидкість гарту, це підвищує прогартовуваність сталі і дозволяє охолоджувати вироби при загартуванні більш повільно, у результаті легування конструкційних сталей збільшує міцнісні властивості деталі великого січення, зменшує деформацію при загартуванні виробів складної конфігурації. При цьому нерозчинені при нагріванні карбіди затримують зростання зерна аустеніту і додатково підвищують міцність, сповільнюючи дифузійні процеси. Легуючі компоненти також затримують розпад мартенситу при відпуску загартованої сталі, що забезпечує збереження твердості і міцності при нагріванні [30].

Кремній, як легуючий елемент, підвищує магнітну проникність, пружні властивості, опір корозії і стійкість до окислення за високих температурах [10].

Хром сприяє одержанню високої і рівномірної твердості сталі. Поріг холодноламкості хромистих сталей 0 - 100 °С. Розчинність в фериті цього елемента обмежена. Розчинність в аустеніті становить 12,8 %. Хром підвищує міцність, твердість, коерцитивна силу фериту. Знижує ударну в'язкість, магнітну індукцію і магнітну проникність. Хром утворює карбіди $Cr_{23}C_6$ і Cr_7C_3 . Хром змінює положення критичних точок сталі: підвищує точку A_1 і знижує точки A_3 і A_4 . Також цей елемент знижує схильність зерна до зростання, дуже збільшує прогартовуваність. Хром дає дві зони найменшої стійкості аустеніту при 700-300 і 400-250°С. Зменшує критичну швидкість гартування, знижує мартенситну точку M_n і збільшує кількість залишкового аустеніту. Хром значно підвищує стійкість проти корозії і окислення, дуже збільшує зносостійкість і жаростійкість [10].

Метою додавання ванадію є додаткове підвищення в'язкості, але в

присутності нікелю та молібдену (вольфраму) вплив ванадію незначний. Ванадій, зв'язує частину вуглецю в карбід, тим самим знижує твердість, але підвищує пластичність [31].

Молібден сприяє зберіганню більш дрібного зерна і зменшує відпускну крихкість [31].

Дана сталь відноситься до дисперсійно-твердіючих сталей.

Вміст вуглецю в дисперсійно-твердіючих сталях також, як і у низько відпускнух сталях не повинно перевищувати 0,3-0,4%. Більше утримання вуглецю значно знижує пластичність високоміцної сталі(рис. 3.1).

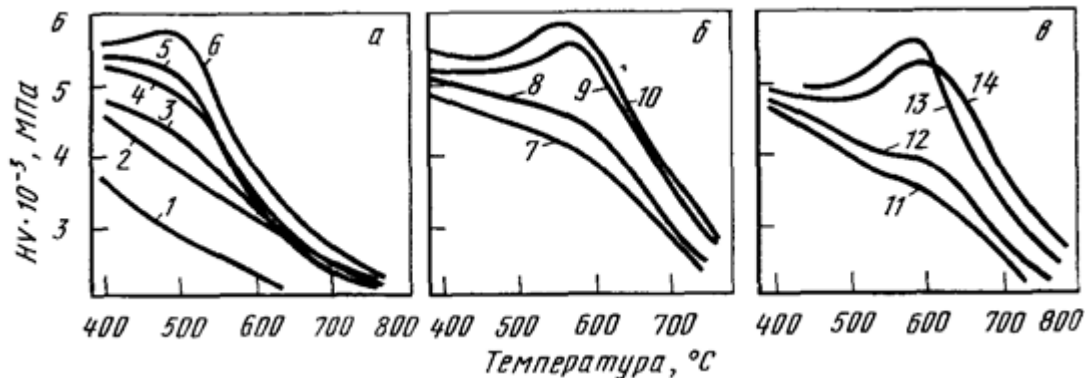


Рисунок 3.1 – Вплив хрому (а), молібдену (б), ванадію (в) на зміни твердості при відпуску загартованої сталі з 0.3% [32]

Відзначимо, що карбід молібдену порівняно легко розчиняється в аустеніті у великих кількостях при відносно невисоких температурах (близько 950-1000 °С), що робить зручним проведення аустенізації, а вміст ванадію більше 0,5 % небажано, так як при цьому утворюється надмірна кількість карбиду ванадію, що призводить до зниження пластичності і в'язкості сталі.

Корисним є легування високоміцної сталі з вторинним твердінням кремнієм. Кремній підвищує інтенсивність вторинного твердіння, однак він одночасно прискорює перестарювання і тому вміст кремнію обмежується 0,7-1,0 %. Невеликі добавки ніобію (0,1-0,2 %) сприяють отриманню

дрібнозернистої сталі. При 5% Mg і 1-2% Mo сталь прогартовується наскрізь в досить великих перетинах (до 200-300 мм). У тих випадках, коли вироби мають невеликий перетин доцільно знижувати вміст хрому до 3 %. В даний час розроблено велику кількість високоміцних дисперсійно-твердіючих сталей.

Такі стали зазвичай піддають загартуванню при температурах 1000-1050 °С, що забезпечує перекид частини карбідної фази в твердий розчин. Однак зерно аустеніту при цьому залишається дрібним, так як близько половини карбідів ванадію і майже цілком карбіди ніобію залишаються нерозчинні та є бар'єрами при міграції кордонів зерен [32].

У сталях з відносно невисоким вмістом хрому, вольфраму і молібдену карбідна фаза представлена в основному цементитом [34]. Спеціальні карбіди утворюються при досягненні певного співвідношення між карбідоутворюючими елементами і вуглецем. Про тип карбідів в "багатолегованих" сталях можна наближено судити за відповідними діаграмами рівноваги. Більш складним є питання прогнозування можливого типу карбідів у комплекснолегованих сплавах, для яких, як правило, характерна одночасно присутність частинок з різною кристалічною решіткою (M_6C , MC , $M_{23}C_6$ та ін.) [34].

У сталях, що містять $> 0,5\%$ Mo, утворюється складний карбід молібдену Me_6C . його склад близький формулою Fe_3Mo_3C , а при нестачі вуглецю – Fe_2Mo_2C . в карбіді Me_6C частина атомів молібдену може заміщатися атомами хрому і ванадію. Карбіди цих елементів близькі за властивостями і розчиняються при температурах 950–1250 °С. Ванадій вже при невеликому вмісті (0,1%) утворює карбід VC , присутній поряд з цементитом. Цей карбід не розчиняється в аустеніті [34, 37].

3.3. Методи дослідження

Необхідні методи дослідження будуть проведені у відповідності до вимог контролю характеристик та властивостей деталі «матриця» зі сталі 4X5MФ1С, а саме: металографічний аналіз, контроль твердості після термічної обробки

(відпал, гартування, відпуск), наявність неметалевих включень.

Металографічний аналіз

Метою металографічного аналізу є визначення мікроструктури і фазового складу сталей, оцінка кількості, розмірів, форми і розподілу різних фаз; цей аналіз дозволяє також встановити зв'язок хімічного складу, умов виробництва та обробки сплаву з його мікроструктурою і властивостями. Для проведення металографічного аналізу необхідно приготувати металографічний шліф.

Приготування металографічних шліфів зазвичай складається з наступних операцій [33]: вирізки зразка і підготовки поверхні; шліфування; полірування; травлення.

В деяких випадках, наприклад, при вивченні неметалевих включень у сталях, досліджують неперотравлену поверхню шліфа.

Вирізати, шліфувати і полірувати зразок слід так, щоб на його поверхні залишався мінімальний шар деформованого металу і не було подряпин, рисок, ямок і забруднень. У процесі приготування шліфа не повинні фарбуватися неметалеві включення, карбідні та інші фази. Крім того, поверхня шліфа повинна бути досить плоскою, щоб його можна було розглядати при великих збільшеннях. Остання вимога особливо важлива при застосуванні автоматичних мікроскопів для кількісного аналізу [33].

Для вивчення мікроструктури зразків їх вирізають таким чином, щоб можна було визначити зміну її в поперечному перерізі і по висоті зразка. При дослідженні гарячого- і холоднодеформованого металу, як правило, використовують поздовжні шліфи, рідше застосовують поперечні шліфи. На поздовжніх мікрошліфах визначають деформацію зерен металу і неметалічних включень. Площа поверхні зразка, використовуваного для приготування шліфів, 1-4 см, висота зразка 10-15 мм.

Підготовка поверхні. Поряд з різкою абразивними колами, плоску поверхню, необхідну для шліфа, можна отримати шляхом токарної обробки, фрезерування, шліфування або обпилювання. Шліфування. Після отримання

плоскої поверхні зразок шліфують паперовою шліфувальною шкуркою вручну або на шліфувальних верстатах. При ручному шліфуванні шкурку поміщають на плоску тверду основу (зазвичай товсте скло). Зразок притискають шліфованою поверхнею до шкірці і ритмічно переміщують вперед і назад по прямій лінії. При механічному шліфуванні шкурку закріплюють на обертовому колі за допомогою затискних кілець або клейового покриття на зворотному боці шкурки, а зразок притискають до шкірці вручну або встановлюють у затискні пристрої верстата. Шліфування проводять, використовуючи шкурку декількох номерів з послідовно зменшеною зернистістю. Під час шліфування на кожній шкірці слід зберігати один і той же стан зразка, щоб всі ризики на його поверхні були паралельні. При переході до шкірці наступного номеру напрямок шліфування змінюють на 90° і проводять його до повного видалення всіх рисок, що утворилися під час попередньої операції. Важливе завдання шліфування - досягнення мінімальної товщини шару деформованого металу, щоб останні його сліди можна було видалити подальшим поліруванням. Глибина подряпини і товщина шару деформованого металу під подряпинами зменшуються зі зменшенням розміру абразивних частинок; при цьому товщина шару деформованого металу приблизно обернено пропорційна твердості зразка і в 10 - 5 разів перевищує розміри абразивних частинок. Необхідно, щоб на кожному ступені шліфування відбувалося повне видалення шару деформованого металу, що утворився на попередньому ступені. Після кожного ступеня шліфування поверхню зразка слід ретельно очищати, щоб уникнути перенесення порівняно великих частинок абразиву на більш дрібнозернистий абразивний матеріал, що використовується при послідовних ступенях шліфування. Для цієї мети зразки зазвичай промивають у воді. Наступний етап полірування, яке служить для видалення дрібних рисок, що залишилися після шліфування, і отримання гладкої дзеркальної поверхні шліфа. Застосовують механічний, електрохімічний і хіміко-механічний методи полірування. Механічне полірування проводять на обертовому колі з натягнутим

полірувальним матеріалом (фетр, сукно, драп або спеціальна тканина), на який безперервно або періодично завдають дуже дрібний абразив у вигляді суспензії у воді (бажано дистильованої). Як абразиви застосовують оксид алюмінію, оксид хрому і оксид заліза (крокус). Все більш широке використання знаходять полірувальні алмазні пасти, які наносять на спеціальну тканину або папір (ватман). Процес полірування зазвичай складається з двох або трьох операцій, для грубого полірування використовують абразиви з розміром частинок 1-10 мкм і порівняно тверді тканини без ворсу або з коротким ворсом. Для тонкого полірування застосовують абразиви з розміром частинок менше 1 мкм і м'які ворсисті тканини. Швидкість обертання полірувальних кругів діаметром 200-250 мм при грубом поліруванні зазвичай становить 400-600 об / хв, при тонкому - менше 300 об / хв. Після кожної операції приготування шліфа зразок необхідно ретельно промивати під струменем води, щоб виключити забруднення полірувального кола абразивними частинками і продуктами різання, внесеними з попередніх операцій. Полірування вважають закінченим, коли на поверхні шліфа під мікроскопом не спостерігаються риси або подряпини.

Виявлення мікроструктури. Для виявлення мікроструктури на приготованих мікрошліфах зазвичай необхідно використовувати один з методів травлення. Найбільш часто застосовують метод травлення в розчинах кислот, лугів і солей, які викликають вибіркоче розчинення металевих або інших фаз, а також їх граничних ділянок внаслідок відмінності фізико-хімічних властивостей. В результаті на поверхні мікрошліфа утворюється рельєф і при спостереженні під мікроскопом більш сильно розповсюдилися ділянки через тіні або більш низького коефіцієнта відбиття (обумовленого роз'ятрені шорсткою поверхнею) представляються більш темними, а не розповсюджені - більш світлими. Для травлення цим способом на поверхню шліфа крапельницею наносять відповідний реактив, склад якого залежить від складу сплаву, його обробки і мети дослідження. Тривалість травлення встановлюється

експериментально.

Дослідження мікроструктури проводили на металографічному мікроскопі МИМ-7 (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Металографічний мікроскоп МИМ-7 (фото)

Випробування на твердість

Твердість – це здатність матеріалу здійснювати супротив проникненню в його поверхню іншого тіла [23]. Після операцій термічної обробки відпал, гартування та відпуск доцільно проводити вимір макротвердості.

При визначенні твердості методом Брінелля в випробуваний зразок або виріб вдавлюється протягом певного часу металева (загартована сталь) кулька (індентор). Після зняття навантаження на поверхні зразка залишається сферичний відбиток. Величина відбитка залежить від твердості металу: чим твердіше метал, тим менше буде величина відбитка. Число твердості по Брінеллю позначається НВ.

Діаметр відбитка вимірюється за допомогою відлікових мікроскопів у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Щоб прискорити і спростити вимірювання можна скористатися спеціальними таблицями.

Щоб уникнути істотних помилок унаслідок деформації кульки способом Брінелля, як правило, випробовують метали з твердістю, що не перевищує 450 кгс/мм^2 (4500 МПа). Для випробування твердіших матеріалів потрібно застосовувати інші методи з використанням алмазних інденторів.

Визначення твердості загартованих сталей та інших матеріалів, які мають високу твердість >450 НВ проводять методом вдавлювання індентора методом Роквелла.

Твердість за Роквеллом виражають в умовних одиницях, що характеризують глибину залишкового занурення індентора (ГОСТ 9013-59). Залежно від твердості випробовуваного матеріалу застосовують два типи індентора: сталеву кульку діаметром $1,588 \text{ мм} \pm 0,001 \text{ мм}$ для вимірювання твердості при сумарному навантаженні 100 кгс (1000 Н) – шкала В, або алмазний конус із кутом біля вершини $120^\circ \pm 30'$ і радіусом закруглення біля вершини конуса $0,200 \pm 0,005 \text{ мм}$ для вимірювання твердості металів при сумарному навантаженні 150 кгс (1500 Н) – шкала С і 60 кгс (600 Н) – шкала А.

Товщина зразка повинна бути не менше десятиразової глибини відбитка.

Для визначення твердості за Роквеллом застосовують прилад типу ТК-2 (рис. 3.3).



а



б

Рисунок 3.3 – Прилад твердомір: а- ТШ-2М, б- ТК-2 (фото)

За методом Роквелла твердість визначають вдавлюванням твердого сплаву або наконечника з алмазним конусом із кутом при вершині 120° або зі сталеву кулькою діаметром $1,85 \text{ мм}$. Кулькою користуються при випробуванні м'яких сталей (до 220 НВ) при навантаженні 981 Н (100 кгс).

Метод визначення неметалевих включень.

Неметалеві включення визначають [16]:

- Методом Ш (варіанти Ш1-Ш14) - порівнянням з еталонними шкалами, застосовується для випробування деформованого металу;
- методом К (варіанти К1-К2) - підрахунком кількості включень, застосовується для випробування деформованого і литого металу;
- методом П (варіанти П1-П4) - підрахунком кількості і об'ємного відсотка включень, застосовується для випробування деформованого і литого металу;
- методом Л (варіанти Л1-Л2) - лінійним підрахунком включень; застосовується для випробування лиття.

Метод Ш

Оцінку неметалевих включень деформованого металу діаметром або товщиною не менше 6 мм виробляють під мікроскопом порівнянням з еталонними шкалами при перегляді всієї площі нетравленний шліфов з поздовжнім напрямком волокон.

Таблиця 3.11

П'ятибальна шкала класифікує такі види неметалевих включень [38]

№ п/п	Назва дефекту	Позначення
1	оксиди стрчкові	ОС
2	оксиди точкові	ОТ
3	силікати крихкі	СХ
4	силікати пластичні	СП
5	силікати недеформівні	СН
6	сульфіди	С
7	нітриди і карбонітриди стрчкові	-
8	нітриди і карбонітриди точкові	-
9	нітриди алюмінію	НА

3.4 Висновки

Призначено матеріал деталі «матриця». Легована сталь 4X5MФ1С виготовляють з інструментальних, легованих, сталей з відповідною термообробкою, що забезпечує високу твердість і необхідні властивості. Вибрана марка сталі, цей сплав дуже міцний та функціональний.

З'ясували що, механічні властивості сталей в першу чергу визначаються концентрацією в них вуглецю, від кількості якого залежить і загартованість сталі. Прогартованість визначається присутністю легуючих елементів. В умовах повної прогартованості механічні властивості мало залежать від характеру легування. Виняток становлять нікель і молібден, які підвищують опір крихкому руйнуванню. Проте не слід прагнути використовувати сталі з надмірно високою прогартованістю, оскільки необхідний для цього високий вміст хрому, марганцю і кремнію сприяє підвищенню схильності до крихкого руйнування.

Підбір легуючих компонентів і їх кількість в сталі повинні бути такими, щоб забезпечити прогартованість деталі по всьому перетину. Причому концентрація легуючих компонентів не повинна бути вищою за ту, яка забезпечує наскрізну прогартованість. Виконання цієї умови дозволяє отримувати необхідну міцність деталі при мінімальних витратах. Більш ефективно підвищує прогартованість спільне легування декількома компонентами, а не легування одним компонентом у великій кількості. Так, висока прогартованість забезпечується спільною дією нікелю та хрому. Ще більше вона підвищується при введенні в хромонікелевої сталі молібдену.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі

Маршрутна технологія виготовлення деталі повинна містити в собі:

- послідовність технологічних операцій;
- обладнання для проведення операцій, зазначених в маршрутній технології;

Маршрутна технологія виготовлення деталі «матриця» зазначена у таблиці 4.1. Маршрутна технологія виготовлення деталі – це послідовна технологія операцій виготовлення виробу.

Маршрутна технологія складається з 8 послідовних кроків: отримання чавуну, отримання сталі; отримання заготовки; попередня термічна обробка; чорнова механічна обробка; остаточна термічна обробка; чистова механічна обробка; вихідний контроль.

Технологічний процес виготовлення деталі складається з декількох етапів, а кожен етап складається з декількох операцій (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

Маршрутна технологія виготовлення виробу [5]

№ операції	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Дільниця, основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1. Металургійне отримання сталі					
1.1	Видобуток та підготовки вхідних матеріалів	1	Видобуток залізної руди та її збагачення	Гірничо видобувний комплекс	-
		2	Видобуток вугілля, отримання коксу	Гірничо видобувний комплекс, коксохімічний комбінат	-
		3	Видобуток пального газу, його підготовка	Газовидобувний комплекс	-
1.2	Металургійне отримання чавуну	1	Підготовки шихти	Шихтовий двір	Магніто-грейферні крани
		2	Підготовки (нагрівання) палива	Енергетичні цехи	Регенеративні теплообмінники
		3	Горіння палива, відновлення заліза і домішок, науглецювання заліза і утворення чавуну та шлаку	Доменний цех	Доменна піч
		4	Вирівнювання хімічного складу чавуну	Міксерне відділення	Міксери
1.3	Отримання сталі дуплекс процесом	1	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до конвертеру, заливання рідкого чавуну	Конвертерна піч	Мульди, ковші
		2	Продування розплаву стисненим киснем, завантаження флюсу	Конвертерна піч	Фурма
		3	Зливання сталі та шлаку. Отримання зливку.	Конвертерна піч	Ковші шлаковози, виливниці
		4	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу	Електродугова піч	Мульди, ковші

			до електродугової печі		
		5	Горіння електричної дуги, завантаження флюсових матеріалів, рафінування сталі	Електродугова піч	Завальні машини
		6	Виливання сталі в розливочний ківш	Плавильне відділення	Механізм нахилу електродугової печі, розливочний ківш, мостовий кран
Етап 2. Отримання заготовки					
2.1	Отримання заготовки	1	Розрізання прокату на мірні заготовки	Фрезерний верстат	Дискова фреза
2.2	Контроль	1	Контроль розмірів і дефектів	Дільниця контролю	Вимірювальний інструмент, Ультразвуковий дефектоскоп
Етап 3. Попередня термічна обробка заготовки					
3.1	Попередня термічна обробка	1	Ізотермічний відпал	Термічна дільниця	Електрична камерна піч СДО –14.28.10/10.
3.2	Контроль	1	Вимірювання твердості	Дільниця контролю	Твердомір ТШ-2, індентор
Етап 4. Чорнова механічна обробка					
4.1	Токарна	1	Обточування торців та діаметрального розміру с припуском з обохбоків.	Токарно – гвинторізний верстат; 16к20	Різці прохідні, різці підрізні, Трикулачковий патрон
4.2	Фрезерування	1	Сверління базових отворів та отворів під вижемні гвинти	Горизонтально фрезерний верстат (HAAS mil)	Трикулачковий патрон Свердло на 16 Свердло на 12
		2	Фрезерування контуру матриці та форкамери		Фреза на 4-6-8 Твердосплавни Та конусні
Етап 5. Остаточна термічна обробка					
5.1	Гартування	1	Гартування	Термічна дільниця	Піч СШЗ-6.12/10
5.2	Перший відпуск	1	Відпуск	Термічна дільниця	СНО НКО4.4.4.\7

5.3	Другий відпуск	1	Відпуск	Термічна дільниця	СНО НКО4.4.4.\7
	Контроль	1	Вимірювання твердості, контроль мікроструктури після термічної обробки	Дільниця контролю	Твердомір ТШ-2, індентор, металографічний мікроскоп
Етап 6. Чистова механічна обробка					
6.1	Шліфування	1	Шліфування торців деталі у відповідності до креслення, надання деталі необхідної шорсткості	Плоскошліфувальний станок. Плита магнітна	Круг шліфувальний секторний, скоба межова
		2	Розмагнічування	Розмагнічувальний прилад	-
6.2	Токарна	1	Обточування діаметрального розміру.	Токарно – гвинторізний верстат 16К20	Трикулачковий патрон Різці прохідні, різці підрізні
6.3	Фрезерування	1	Фрезерування форкамери відповідно до креслення	Горизонтально – фрезерний верстат (HAAS mil)	Трикулачковий патрон Фреза на 4-6-8 Твердосплавні та конусні
		2	Фрезерування контуру матриці відповідно до креслення		
6.4	Ерозія	1	Відпалювання недо фрезованих частин контуру матриці	Ерозіційний верстат (Agie spirit)	Магнітний стіл Графіт форми контура відпалювання
6.5	Іскрова-ерозія	1	Вирізання контуру матриці	Іскровий верстат (Fanuk)	Дріт з нанесенням купруму
Етап 7. Вихідний контроль					
7.1	Контроль	1	Контроль геометричних розмірів	Дільниця контролю	Вимірювальний інструмент, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, скоба, фаскомір

4.2 Висновки

Розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі «матриця».

Маршрутна технологія виготовлення деталі «матриця» складається з послідовних етапів, які визначаються властивостями матеріалу, наявним технологічним обладнанням на виробництві та об'ємом виробництва.

Виконання цих операцій забезпечить необхідні властивості майбутнього виробу, що обумовлено правильно підібраним матеріалом, та процесом термічної обробки по його зміцненню. Для отримання деталей на виробництві будують технологічний процес, який є поєднанням технічних, економічних і організаційних завдань, що вирішуються при виготовленні тієї чи іншої деталі. При розробленні технологічного процесу потрібно врахувати всі вимоги до деталі.

Розроблена маршрутна технологія виготовлення матриці включає сучасні методи обробки такі, як ерозійна та іскро-ерозійна. Остання реалізується на верстаті Fanuc, який дозволяє отримувати високоточні розміри каналу матриці.

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО – ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Термічна обробка та результати дослідження деталі «матриця»

Термічна обробка виробів представляє собою комплекс операцій з нагріву, ізотермічної витримки та охолодженні. Основна мета термічної обробки полягає в отриманні певних, заданих властивостей, за рахунок отримання певної структури матеріалу виробу. Термічна обробка – це одна із найвідповідальніших операцій процесу отримання готової деталі. Так термічна обробка деталі «матриця» включає попередню та остаточну (кінцеву) термічну обробку.

Деталь «матриця», що виготовлено зі сталі 4X5МФ1С, піддають термічній обробці (рис. 5.1), яка складається з послідовних операцій:

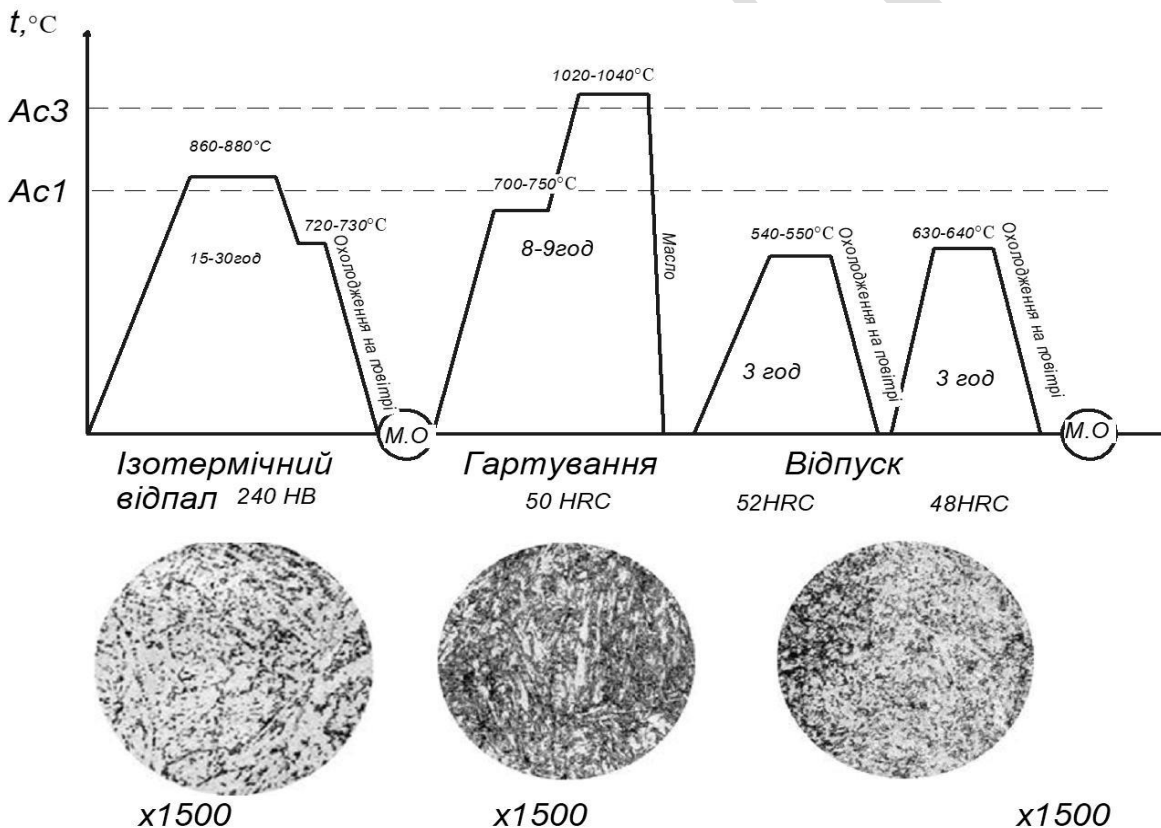


Рисунок 5.1 – Схема термічної обробки деталі «матриця» зі сталі 4X5МФ1С.

- .1 ізотермічний відпал в інтервалі температур 860-880 °С, підстужування при 720-730 °С,
- .2 гартування при 1020-1040°С з попереднім підігрівом при 700-750°С, охолодження в маслі,
- .3 двократний відпуск при 550-560, 630-640°С, охолодження на повітрі.

Розглянемо та опишемо технологічні параметри та особливості кожної операції.

Мета попередньої термічної обробки є: поліпшення оброблюваності металу для виготовлення виробів; підготовка структури металу для остаточної термічної обробки, тобто отримання однорідної дрібнозернистої структури; зняття наклепу, зниження рівня внутрішніх напружень; поліпшення комплексу механічних властивостей [24].

Ізотермічний відпал використовують для порівняно невеликих сталевих заготовок. Технологічне відміну від повного відпалу доєвтектоїдних сталей полягає в тому, що після нагрівання до $A_{c3} + (30 \dots 50 \text{ } ^\circ \text{C})$ виконується прискорене охолодження до температури трохи нижче рівноважної точки A_1 (на $100 \dots 150 \text{ } ^\circ \text{C}$) і подальша ізотермічна витримка (3 ... 6 год), в процесі якої при малому ступені переохолодження проходять повністю ті ж перетворення, що і при повному відпалі (рис. 5.1).

Крім того, при ізотермічному відпалі отримуємо більш однорідну ферито-перлітну структуру. Це пов'язано з тим, що температуру ізотермічної витримки легше контролювати, ніж швидкість безперервного охолодження при повному відпалі. Тому при ізотермічній витримці температура вирівнюється по всьому перетину заготовки і перетворення в сталі відбувається при однаковому ступені переохолодження [25].

Для деталі «матриця» ізотермічний відпал буде реалізовуватися впродовж 15-30 год.

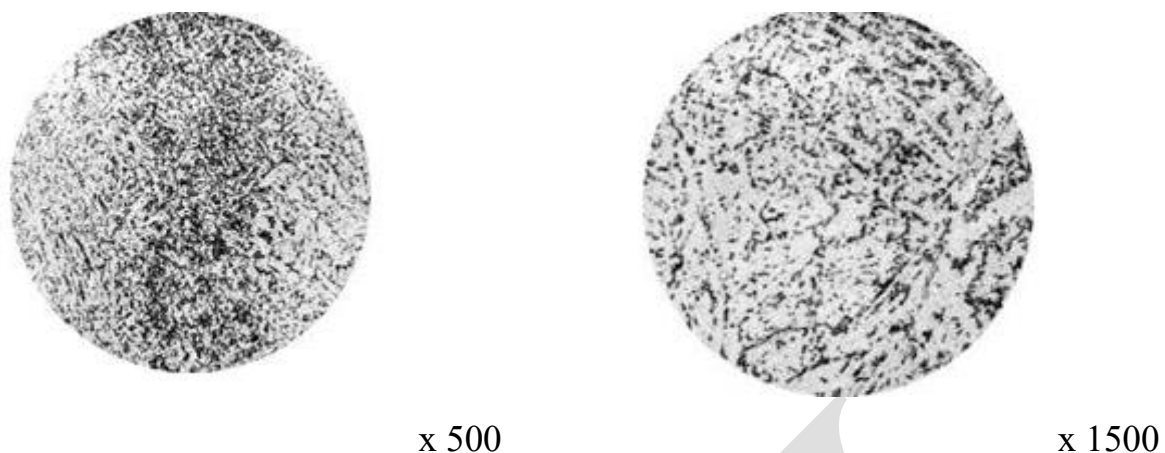


Рисунок 5.2 – Структура сталі 4X5MФ1С після ізотермічного відпалу

Структура після ізотермічного відпалу (рис 5.2, а) представляє собою зернистий перліт, карбіди легуючих елементів. Карбіди дрібні, розподілені нерівномірно по перетину мікрошліфа. Твердість сталі 4X5MФ1С після ізотермічного відпалу 240 НВ [4].

Після ізотермічного відпалу проводимо механічну обробку – обробка заготовки за допомогою механічної дії різного роду з метою створення заготовки по заданим формам і розмірам для наступних технологічних операцій [1].

Гартування призначене для підвищення твердості та зносостійкості сталі [59, 60]. В зв'язку з низькою теплопровідністю даної сталі нагрів даного виробу проводимо в два етапи. Температура ізотермічної витримки при гартуванні проводиться при температурі 700-750⁰С. Остаточна ізотермічна витримка реалізується за дещо вищих температур, а саме 1020-1040⁰С

Після чого – охолодження в маслі, забезпечить структуру мартенсит гартування (рис. 5.3).

Структура сталі 4X5MФ1С після гартування: мартенсит гартування + карбіди нерозчинені ($M_6C + MC$, 7-15 %) + аустеніт залишковий (10-20%). В нашому випадку формується так званий прихованокрісталічний (безструктурний) мартенсит [34]. Основна структура-мартенсит-погано

виявляється. Структуру досліджуємо при значних збільшеннях, так як після гартуванні без перегріву зерна аустеніту і кристали мартенситу дуже малі.



Рисунок.5.3 – Зерна мартенситу в сталі 4X5MФ1С, x1500

Підвищення температури нагріву під гартування призводить до зростання дійсного зерна аустеніту при підвищенні температури через прагнення системи до мінімуму вільної енергії [34]. У свою чергу розмір дійсного зерна аустеніту робить істотний вплив на дисперсність мартенситу і механічні властивості сталі в загартованому і відпущеному стані [34].

Загальною для всіх штампових сталей тенденцією є великий вміст залишкового аустеніту після гартування. Причому з підвищенням легованості твердого розчину знижуються температури мартенситного перетворення і зростає кількість аустеніту. У комплекснолегованих сталях його кількість може досягати 15-30% після обробки за оптимальними режимами і 60-80 % після гартування з перегрівом на 50–70 °С [34].

При зниженні температури гартування кількість вуглецю в мартенситі зменшуються, при цьому його перерозподілу в легованій сталі супроводжує збіднення твердого розчину і легуючими елементами. Цей процес поряд з виділенням карбідів по межах зерен аустеніту супроводжується також зниженням пластичності, ударної в'язкості і теплостійкості [34].

Дослідження показали, що зі збільшенням температури гартування збільшується твердість (рис.5.3), так як аустеніт (мартенсит після охолодження) стає більш легованим за рахунок розчинення карбідів при нагріванні [34].

Крім того цікавим представляється твердження, що з підвищенням температур гартування частка карбідної фази зменшується (рис.5.4).

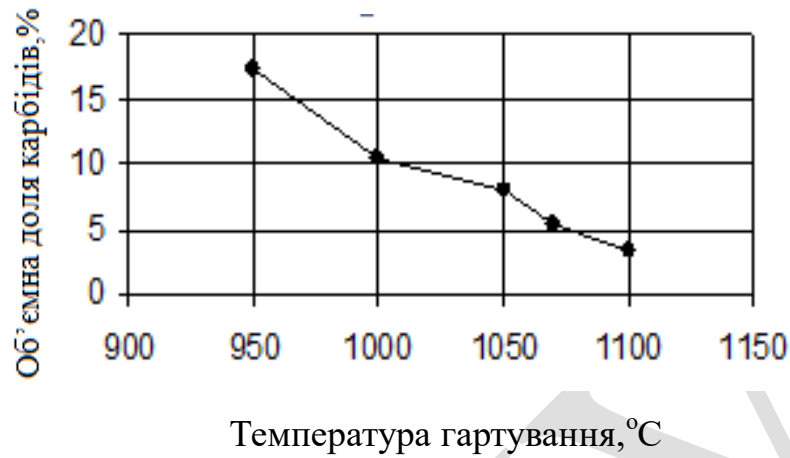


Рисунок 5.4 – Залежність кількості карбідної фази від температури нагріву під гартування [34]

Таким чином, при більшому нагріванні отримуємо більш легований мартенсит. Це забезпечує високі значення твердості після гартування і можливість дисперсійного твердіння при подальшому відпуску.

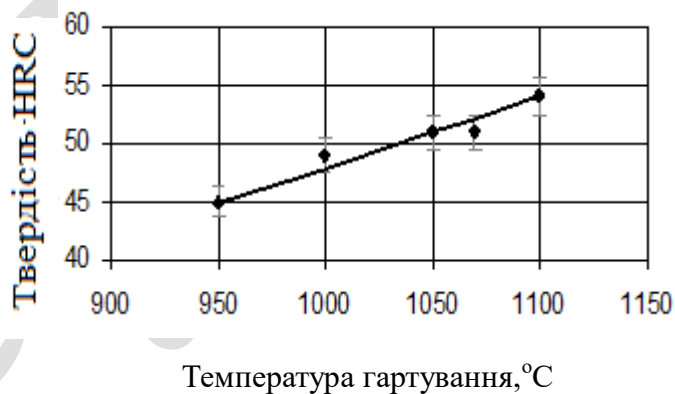


Рисунок 5.5 – Залежність твердості гартування від температури [34]

Як зазначається в роботі [34], температура гартування впливає на розмір та форму карбідних включень. При нагріванні до 950°C в сталі присутній карбід цементитного типу Me_3C , що має неправильну витягнуту форму. Даний карбід не володіє теплостійкістю і тому розчиняється при нагріванні до 1000 °C.

Включення округлої форми є спеціальні карбіди (наприклад, VC). Вони мають більшу теплостійкість і розчиняються в повному обсязі і при більш високих температурах нагріву.

Відпуск – це процес термічної обробки, який проводиться після гартування з метою зняття, внутрішніх напруг. В нашому випадку відпуск буде проводитися і для іншої цілі: зміцнення за рахунок вторинного твердіння.

Відпуск є обов'язковою складовою термічної обробки штампових сталей і призводить до істотних змін в їх структурі і властивості. У сталях, що мають після аустенізації певну легованість твердого розчину, відпуск при 450–550°C призводить до помітної зміни хімічного складу мартенситу, збільшення вмісту карбідів і чітко вираженого ефекту зміцнення. В роботі [34] було проаналізовано зміну твердості сталі 4X5MФ1С в залежності від температури відпуску (рис. 5.6.).

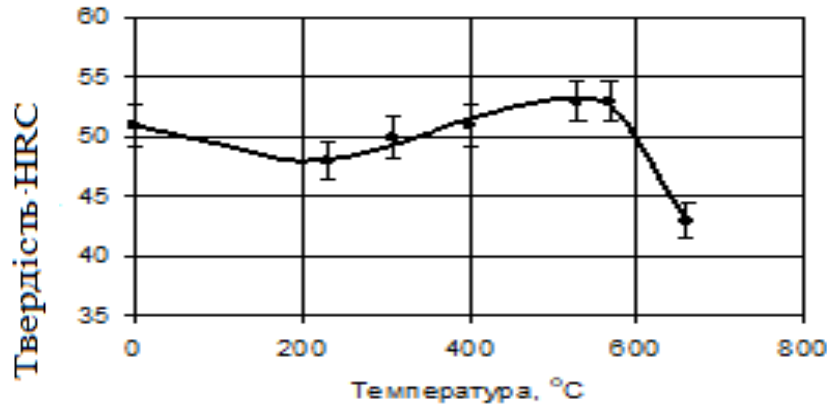


Рисунок 5.6 – Залежність твердості сталі 4X5MФ1С від температури відпуску (температура гартування 1070 °C, час витримки при відпуску 1 год) [34]

Видно, що відпуск при 200–300°C знижує твердість через виділення з мартенситу цементитного карбиду. Відпуск при температурах близько 500–550°C створює вторинну твердість, внаслідок дисперсійного твердіння. У молібденових сталях на цій стадії виділяються карбіди $Me_{23}C$ і Me_6C . При подальшому підвищенні температури посилюється коагуляція карбідів, що веде

до зниження твердості [34].

Як вже з'ясували при відпуску сталі 4X5MФ1С протікають два процеси: виділення спеціальних карбідів із мартенситу гартування та перетворення аустеніту залишкового на мартенсит [23].

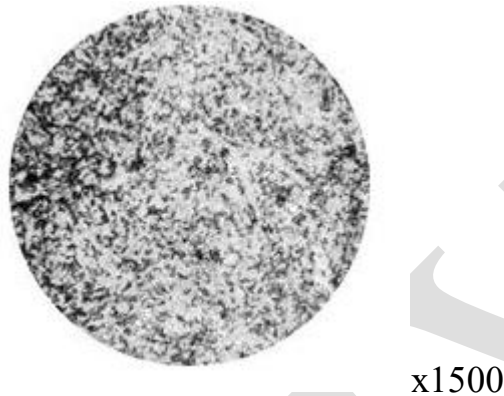


Рисунок 5.7 – Мікроструктура сталі 4X5MФ1С після: подвійного відпуску.

Включення неправильної форми являють собою карбід типу Me_3C ($(Cr,Fe)_3C$). Хром заміщує залізо до 18%. Цей Карбід не володіє теплостійкістю і розчиняється при нагріванні в інтервалі 950–1000 °С. Карбіди округлої форми мають склади, відповідні формулам Me_6C і VC . Структура після відпуску троостосорбіт, карбіди легуючих елементів і незначна кількість аустеніту залишкового [34].

Дисперсійно-твердіючі сталі

Для виготовлення високоміцних виробів з високою стійкістю до підвищених температур експлуатації використовують сталі з вторинним твердінням. Ефект вторинного твердіння при відпуску загартованих на мартенсит сталей заснований на виділенні спеціальних карбідів в інтервалі температур 550–650 °С. При цьому підвищуються характеристики міцності сталі і падає пластичність і в'язкість. Зростання міцності і твердості сталей при вторинному твердінні відбувається при певній об'ємній частці виділених

карбідів.

Відпуск дисперсійно-твердіючих високоміцних сталей зазвичай проводять при температурах трохи вище максимуму приросту міцності властивостей, а саме, при 600-650 °С в області деякого перестарювання, що підвищує пластичність і в'язкість, так як при максимальному розвитку вторинного твердіння найбільш інтенсивно падає ударна в'язкість сталі.

Одним з важливих переваг дисперсійно-твердіючих сталей є збереження високої стійкості проти відпуску і, отже, високі механічні властивості при підвищених температурах експлуатації. Дисперсійно-твердіючі високоміцні сталі можуть бути використані для роботи при температурах на 100-150 °С нижче температури відпуску, тобто до 500-550 °С (при не дуже тривалих витримках при експлуатації).

Особливістю дисперсійно-твердіючих високоміцних сталей є в ряді випадків відсутність чітко вираженої температурної межі крихко-в'язкого переходу. Різко виражений поріг холодоламкості спостерігається тільки після відпуску при 650 °С.

Для високоміцних дисперсійно-твердіючих сталей характерна також висока чутливість до надрізів і неметалевих включень. Застосування більш чистих шихтових матеріалів і якісних методів виплавки (вакуумна плавка) дозволяють істотно підвищити пластичність високоміцних сталей і, отже, надійність виробів [32].

Визначення неметалевих включень

Однією із відповідальних операцій металографічного дослідження є визначення якості матеріалу. Наявність неметалевих включень визначали методом Ш 1 на нетравленому шліфі. Метод засновано на порівнянні металографічних зображень неперотравленого зразка (рис. 5.8, а) та еталона (рис. 5.8, б, в). Встановлено, що в структурі сталі 4X5МФ1С наявні такі неметалеві включення, як силікати недеформівні (СН) та оксиди точкові (ОТ)

(рис. 5.8).

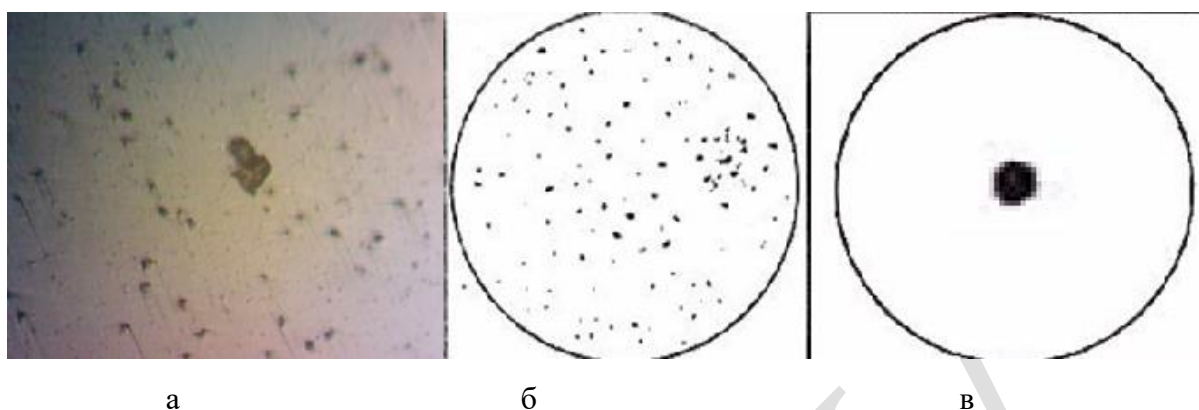


Рисунок.5.8- Визначення неметалевих включень:
а) нетравлений шліф, x100; б) ОТ-5а; в) СН-3а

5.2 Обладнання для проведення термічної обробки

Для проведення відпалу я обираю піч ПКМ 3.6.2 (рис. 5.9).



Рисунок 5.9 – Піч ПКМ 3.6.2

Технічні характеристики печі ПКМ 3.6.2

Зовнішній розмір, мм, Д-Ш-В	1600-1300-1700
Внутрішній розмір, мм, Д-Ш-В	600-300-200
Максимальна температура, °С	1150/1250
Потужність, кВт	12
Вага, кг	410

Для виконання гартування буду використовувати піч типу СНО ПКМ 3.6.2.

Піч складається з нагрівальної камери і системи управління. Основні складові частини електропечі: каркас з підвісним кожухом; заслонки, що переміщуються по напрямних; футеровка; нагрівачі, подова плита.

Кожух печі навісний і пофарбований термостійкою фарбою. Футеровка печі виконана багатошаровою з використанням сучасних малотеплоємних матеріалів з високими теплоізолюючими властивостями. Нагрівачі сплаву високого оммічного опору. Заслонка теплоізолювана тими ж матеріалами, що і камера нагріву електропечі. Привід механізму відкриття, заслонки-ручна. Подова плита оберігає футеровку пода печі від руйнування в процесі завантаження і розвантаження садки і виконана з карбідокремнієвої плити.

Охолодження деталей відбувається у гартівному баку, наповненому технічним маслом «Індустріальне 20» або «Веретене №3». Об'єм баку визначається масою садки, з розрахунку 10...20 л на 1 кг деталей при температурі гартування 800...1100 °С. Для охолодження деталей буду використовувати охолоджувальну ванну ВНМ 05.Э.078.52.000 фірми Kron (рис. 5.10).



Рисунок 5.10 – Охолоджувальна ванна ВНМ фірми Kron

Технічні характеристики

Гартувальне середовище	масло
Зовнішній розміри, мм, Д-Ш-В	900x1243,5x706,5
Максимальні габарити деталі, в одній корзині, Д-Ш-В	500x500x500
Вага, кг	156

Ванна для охолодження деталей при загартуванні 05.Е. 078.52. 000 - призначена для охолодження металевих деталей при процесі гарту. Ванна розділена на два відсіки, герметично ізольованих один від одного, що дозволяє використовувати різні рідини для загартування деталей.

Виріб має суцільнозварну конструкцію зі сталевих листів, що не вимагає додаткової збірки в місці установки. Складається з корпусу і двох кошиків, які також є кришками ванної.

У тих випадках, коли деталі гартуються в маслі і потім надходять на проміжний контроль або проходять відпуск в електричних печах, їх необхідно

очищати від масла. Для цього деталі промивають у гарячому (80-90°C) 10% водному розчині Na_2CO_3 або 3% водному розчині NaOH . Простою установкою для промивання є залізний бак, розчин в якому підігрівається парою. Цей бак зазвичай розташовується поблизу гартівних баків.

Шахта печі опору СНО ПКМ 3.6.2. призначена для нагріву деталей під гартування, відпал, нормалізацію, та інші види обробки при температурах до 1100°C.

Піч складається з: металевого каркаса, футеровки, подової плити, нагрівачів дверцят і системи управління. Каркас печі зварений з листової вуглецевої сталі. Верхній лист каркаса виконаний знімним. На верхньому аркуші розташована арматура для установки термоперетворювача типу ТХА і введення контрольної термопари. Арматура висновків нагрівачів розташована на задній стінці каркаса. Дверцята печі-зварна з листової вуглецевої сталі. Відкриття дверцят печі здійснюється вручну відведенням вгору.

Футеровка печі і дверцята виконана із застосуванням волокнистих вогнетривів. Опори подового листа виконані з шамотного легкового цегли. Нагрівачі-дротяні спіралі з ніхромумарки Х20Н80-Н-розташовуються на бічних стінках і поді печі. Бічні нагрівачі розташовані на керамічних трубках. Термін служби нагрівачів за умови дотримання правил експлуатації – не менше 5800 ч. подовий лист виготовлений з жароміцної листової сталі. Система управління режимом роботи печі розташовується в шафі управління, прикріпленої з лівого боку до каркасу печі. Для вимірювання і регулювання температури, завдання часу процесу і швидкостей нагріву (охолодження) використовується мікропроцесорний регулятор з цифровою індикацією температури.

Низькотемпературна СНО НКО4.4.4.\7 (рис 5.11) призначена для низькотемпературного і високотемпературного відпуску проведення операцій термічної обробки в окислювальному середовищі, що потребують відносно невисоких температур (до 700°C) та високої однорідності нагріву. Піч

характеризується малим часом виходу на температурній режим (близько 60 хв) і низькими енерговитратами.



Рисунок 5.11– Низькотемпературна електропеч СНО НКО4.4.4.\7

Технічні характеристики печі СНО НКО4.4.4.\7

Внутрішній розмір, мм, Д-Ш-В	400x400x400
Максимальна температура, °С	700
Потужність, кВт	13

Електропеч складається з кожуха, футеровки, нагрівачів, екрану, кришка відчиняється в ручну (угору) Кожух електропечі зварений з листової та профільної сталі, пофарбована термостійкою тепловідбивною фарбою. Футеровка кожуха і кришка виконана з сучасних енергозберігаючих вогнетривких і теплоізоляційних матеріалів. Нагрівачі зигзагоподібні дротові з матеріалу високої опору марки Х20Н80-Н. Нагрівачі в кількості шести штук утворюють одну теплову зону. Між нагрівачами і деталями, що нагріваються розташована фурнітура із термостійкої цегли.

5.3 Висновки

В роботі проаналізовано основні етапи термічної обробки деталі. Першим етапом реалізований ізотермічний відпал, при цьому формується зернистий перліт та карбіди легуючих елементів. Другим етапом реалізовували гартування структура мартенсит гартування карбіди легуючих елементів, аустеніт залишковий. Остаточною термічною обробкою призначено двократний відпуск, структура троостосорбіт та карбіди легуючих елементів.

Твердість виробу матриця після призначеної термічної обробки відповідає кресленню і становить 46-48 HRC.

Визначення присутність силікатів недеформівних і оксидів точкових.

В роботі проведено вибір основного та допоміжного обладнання для проведення термічної обробки. Перший етап термічної обробки (ізотермічний відпал) за температурою 850-880 °C проводимо в печі ПКМ 3.6.2. Наступний етап термічної обробки (гартування) проводимо при температурі 1020-1040 °C в печі ПКМ 3.6.2. Кінцеву операцію двократний відпуск проводимо при температурі 550°C-630°C в низькотемпературній електропічі СНО НКО4.4.4.\7. Крім того в роботі запропоноване допоміжне обладнання – охолоджувальна ванна ВНМ фірми Kron.

ВИСНОВКИ

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи було реалізовано:

1. Визначені характеристики деталі «матриця», умови експлуатації та основні причини виходу з ладу. Встановлено, що «матриця» повинна бути зносостійкою, теплостійкою, твердістю 46-48 HRC. Основними причинами виходу з ладу є знос виробу, через постійний тиск на матрицю не рідкі випадки розлому матриці «навпіл».

2. Рекомендована сталь 4X5MФ1С, як матеріал виробу матриця. Визначено вплив легуючих елементів на властивості даної сталі. Основними легуючими елементами сталі є хром, молібден, ванадій, кремній, всі ці елементи карбідоутворюючі. Кожен із них впливає на отримання необхідної структури та властивостей.

3. Розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі, яка включає сучасні методи обробки такі, як ерозійна та іскро-ерозійна. Остання реалізується на верстаті Fanuc, що дозволяє отримувати високоточні розміри каналу матриці.

4. Запропонований режим термічної обробки складається з операцій: ізотермічний відпал (860-880 °С, охолодження на повітрі), гартування (1020-1040 °С, масло), двократний відпуск (550 °С та 630 °С охолодження на повітрі).

5. Мікроструктура сталі 4X5MФ1С після термічної обробки: троостосорбіт, карбіди легуючих елементів і незначна кількість аустеніту залишкового. Твердість виробу становить 46-48 HRC, наявні неметалеві включення оксиди точкові, силікати недеформівні, що задовільняє вимогам, які висуваються до готового виробу.

6. Було обрано основне обладнання для проведення термічної обробки: печі ПКМ 3.6.2; низькотемпературна електропіч СНО НКО4.4.4.7; та додаткове обладнання: охолоджувальна ванна ВНМ фірми Kron.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. И.Артингер Инструментальные стали и их термическая обработка/ И.Артингер М. : «Металлургия» 1982. – 313с.
2. Евстратов В. А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов [Текст] / В. А. Евстратов. – Харьков : Вища школа: Изд-во при Харьк. гос. ун-те, 1987. – 143 с.
3. Позняк, Л.А., Скрынченко, С.И. Штамповые стали / Л.А. Позняк, С. И. Скрынченко. – М.: Metallurgy, 1980. – 244 с.
4. Геллер Ю.А Инструментальные стали. 4-е издание перераб.и доп. М. Metallurgy, 1975. – 584 с.
5. Марочник сталей и сплавов/ В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А. Вяткин и др; Под общ.ред. В.Г.Сорокина. – Москва, Машиностроение, 1989.- 640 с
6. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування з технології машинобудування. – М.: Машинобудування, 1995.
7. Влияние способа выплавки слитков титана на формирование субмикроструктурной структуры интенсивной пластической деформацией [Текст] / Д. В. Распорня, А. В. Овчинников, В. Г. Шевченко, Т. А. Коваленко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2014. – № 1. – С. 63-67
8. Бейгельзимер Я. Е. Исследование возможности уплотнения образцов из алюминиевой стружки методом винтовой экструзии [Текст] / Я. Е. Бейгельзимер, А. И. Шевелев, С. Г. Сынков // Порошковая металлургия. – 2004. – № 11–12. – С. 1-5.
9. Павленко Д. В. Влияние исходного состояния титановых полуфабрикатов, подверженных интенсивной пластической деформации, на структуру и свойства [Текст] / Д. В. Павленко, А. В. Овчинников // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2015. – Т. 51, № 1. – С. 50-58.
10. Перспективные материалы и технологии для деталей ротора

компрессора ГТД [Текст] / Д. В. Павленко, Т. И. Прибора, Ю. В. Коцюба, С. Н. Пахолка // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2016. – Вып. 8/135. – С. 128-138.

11. Павленко Д. В. Материаловедческие аспекты ресурсосберегающей технологии получения титановых полуфабрикатов [Текст] / Д. В. Павленко // *Технологические системы*. – 2013. – №4 (65). – С. 21-29.

12. Павленко Д. В. Формирование субмикроструктурной структуры в серийных и перспективных материалах лопаток ГТД [Текст] / Д. В. Павленко, В. Ю. Коцюба, С. Н. Пахолка // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2015. – Вып. 10/127. – С. 33-39.

13. Алтухов А. В. Систематизация процессов интенсивного пластического деформирования для формирования ультрамелкозернистых и нанокристаллических структур в объемных заготовках [Текст] / А. В. Алтухов, А. Ф. Тарасов, А. В. Периг // *Письма о материалах*. – 2012. – Т. 2, № 1. – С. 54-59.

14. Применение винтовой экструзии для получения субмикроструктурной структуры и гомогенизации титанового сплава ВТЗ-1 [Текст] / Д. В. Павленко, А. В. Овчинников, А. Я. Качан, В. Г. Шевченко // *Вестник двигателестроения*. – 2007. – № 2. – С. 185-188.

15. Геллер Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А. Геллер. – М.: *Металлургия*, 1968. – 568 с

16. Богуслаев, В. А. Модернизация прессового оборудования для реализации технологий интенсивной пластической деформации сплавов для авиационной техники [Текст] / В. А. Богуслаев, В. Ю. Коцюба, Д. В. Павленко // *Технологические системы*. – 2017. – № 4 (81). – С. 7-14.

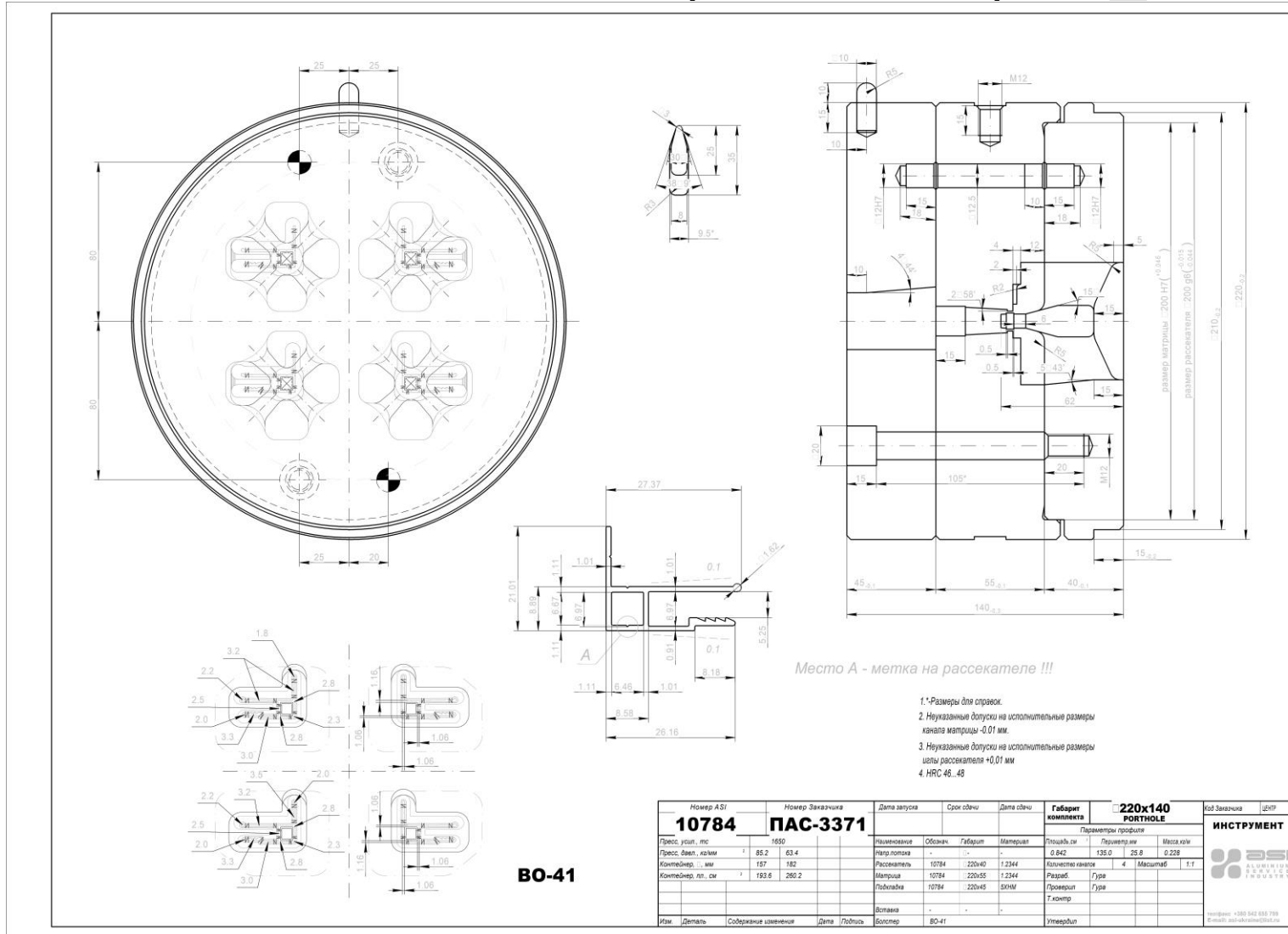
17. Тарасов, А. Ф. Расчет напряженно-деформированного состояния в элементах штампов с использованием пакета конечно-элементного анализа COSMOS/Works [Текст] / А. Ф. Тарасов, С. А. Короткий // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 2004. – № 8. – С. 27-30.

18. Тарасов, А. Ф. Влияние конструкции штампа на деформацию элементов штампового блока и рабочего инструмента штампа [Текст] / А. Ф. Тарасов, С. А. Короткий. // Кузнечно-штамповочное производство. – 2006. – № 2. – С. 34-37.
19. Мовшович, А. Я. Моделирование процессов силового нагружения базовых элементов универсально-сборной переналаживаемой оснастки [Текст] / А. Я. Мовшович, В. В. Агарков, С. А. Григоренко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – № 3 (100). – С. 42-45.
20. Технология обработки давлением цветных металлов и сплавов / А.В.Зиновьев, А.И.Колпашников, П.И.Полухин и др. – Москва Металлургия 1992 – 358с.
21. Головки О.М. Комплексний пружного формо змінення матриці консольного типу та переднього натягання на геометрію прес-вибору / О. М. Головки, О. Ю. Грідін // Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут: Машинобудування – К.: НТУУ КПІ, 2001- Вип.40-с 72-76.
22. Грідина А.Ю. Влияние переднего натяжения на геометрические размеры полузамкнутого прессованного профиля / А. Ю.Гридин, С. А.Чернов // Теория и практика металлургии. – 2002. С. 40-44.
23. Гуляев А. П. Термическая обработка стали. – Машгиз,2001. – 384 с.: ил.
24. Гуляев А. П. Термическая обработка стали. – Машгиз,2003. – 384 с.: ил.
25. Адаскін А.М. Матеріалознавство в машинобудуванні. – Херсон 2013. – 612 с
26. Инструментальные материалы для изготовления лезвийных инструментов автор: нач. лаб. НИИКМ и ТП МГТУ им. Н.Э. Баумана Зубков Н. Н. с 5-10. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/569432.html>

27. Расчет режимов резания / Безъязычный В.Ф., Аверьянов И.Н., Кордюков А.В. и др.: Учебно-методическое пособие. – М.: Машиностроение, 2010. – 270 с.
28. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні : навчальний посібник / В. О. Залога, В. Д. Гончаров, О. О. Залога; за заг. ред. В. О. Залога. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
29. Артингер И. Инструментальные стали и их термическая обработка. / И. Артингер пер. С венг. – М. : Металлургия, 1982 – 312 с.
30. Седов Ю.Е., Адаскин А.М. Справочник молодого термиста. М.: Высш. шк., 1986. - 239 с.
31. Бернштейн М.Л., Рахштадт А.Г. Металловедение и термическая обработка стали, т.1. – М. : Металлургия, 1982 – 312 с.
32. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. - Специальные стали Учебник для вузов. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. – М.: Металлургия, 1985. 408 с.
33. Марченко С. В. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 146 с.
34. Исследования свойств штамповой стали после термической обработки с 20-26 URL:<https://www.bestreferat.ru/referat-203020.html>
35. Захаров Б.П. «Терміст» Б.П. Захаров,1952 —147 с.
36. Новиков І. І. Теорія термічної обробки, І. І.Новиков, 2002 —186 с.
37. Геллер, Ю.А., Рахштадт, А.Г. Материаловедение / Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт. – М.: Металлургия, 1975. – 448 с.
38. ГОСТ 1778-70 (ISO 4967-79) ИЗДАНИЕ (июнь 2011 г.) с изменениями N 1, 2, утвержденными в апреле 1984 г., сентябре 1989 г. (ИУС 8-84, 1-90).

ДОДАТОК А

Креслення деталі «матриця»



Номер АСТ 10784		Номер Заказчика ПАС-3371		Дата заказа	Срок сдачи	Дата сдачи	Габарит комплекта 220x140 PCKTHOLE			Код Заказчика	ЦЕР
							Параметры поставки			ИНСТРУМЕНТ	
Пресс. устан., тс	1650			Наименование	Объём	Габарит	Материал	Глубина см	Периметр мм	Масса кг/м	
Пресс. двел., кз/мм	85.2	63.4		Напр. лотка	-	-	-	0.842	135.0	28.8	Ø 228
Контейнер, мм	157	182		Рассекатель	10784	220x40	1.2344	Количество каналов	4	Масштаб	1:1
Контейнер пл., см	192.6	260.2		Матрица	10784	220x55	1.2344	Разработ.	Гуря		
				Пылесоска	10784	220x45	501M	Произв. пл.	Гуря		
				Вставка	-	-	-	Типпер			
Изм.	Деталь	Содержание изменений	Дата	Листы	Болпер	ВО-41		Утвердил			



Телефон: +380 442 233 798
E-mail: asl@asi.com.ua

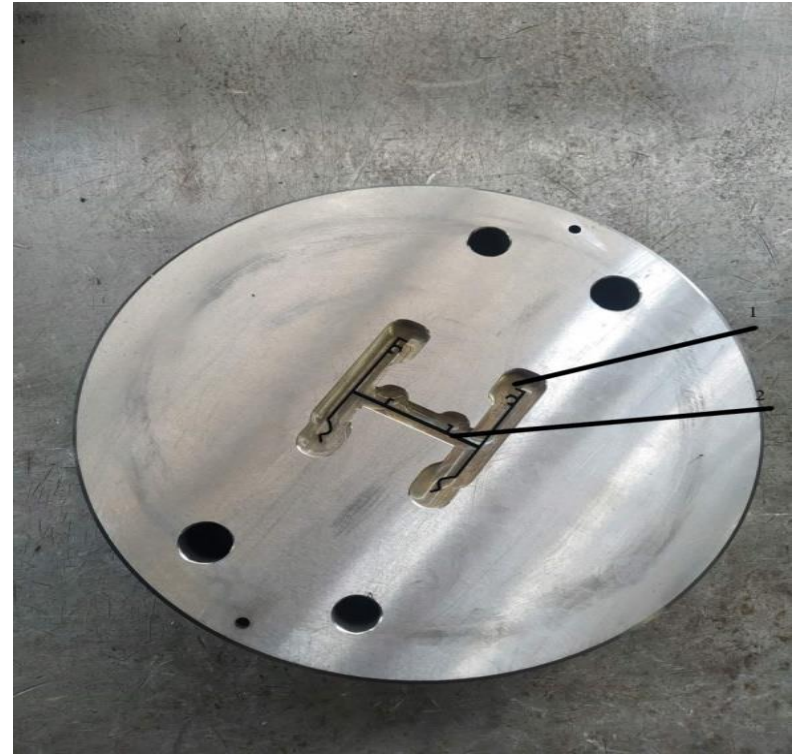
Основні положення роботи

- **Мета роботи:** розробка технологічно простого способу підвищення працездатності пресової матриці за рахунок вибору раціонального матеріалу та продуктивної комплексної термічної обробки.
- **Завдання:**
 - ✓ проаналізувати умови роботи деталі;
 - ✓ провести аналіз літературних джерел;
 - ✓ раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
 - ✓ розробити технологічний процес та термічну обробку виробу;
 - ✓ вибрати основне обладнання для проведення термічної обробки.
- **Методи дослідження:** металографічний аналіз, визначення макротвердості, визначення неметалевих включень.

Відкрита матриця



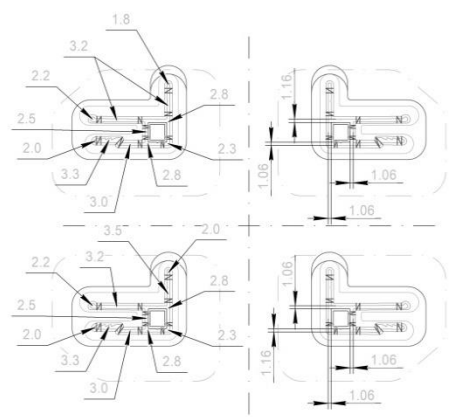
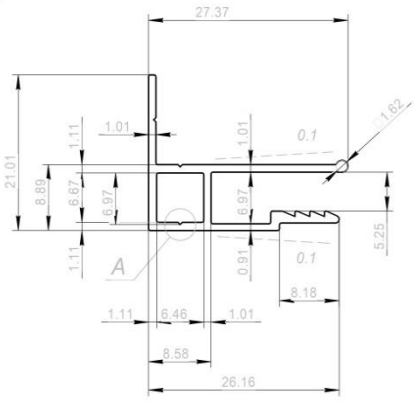
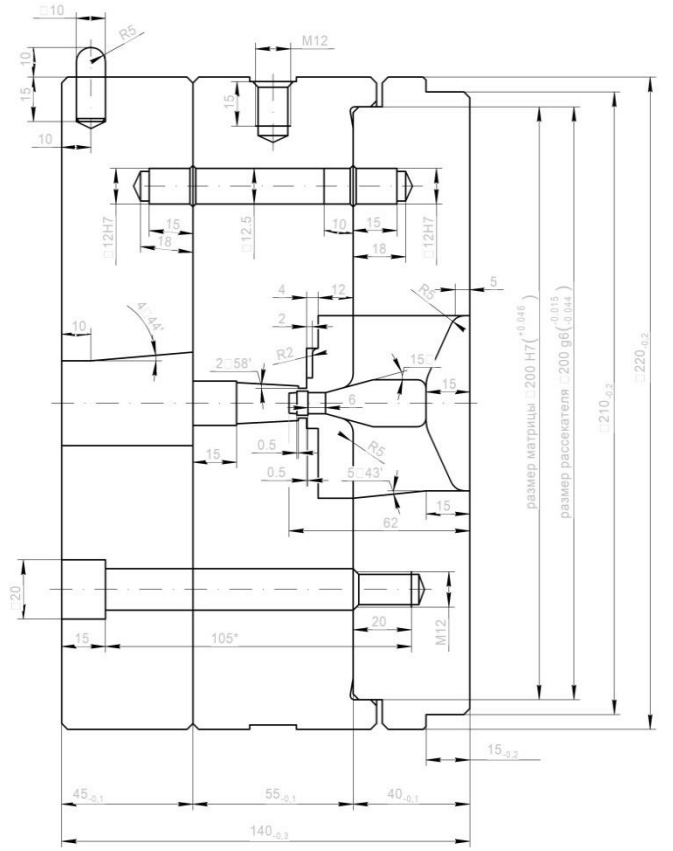
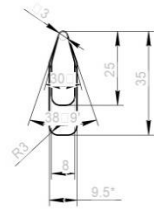
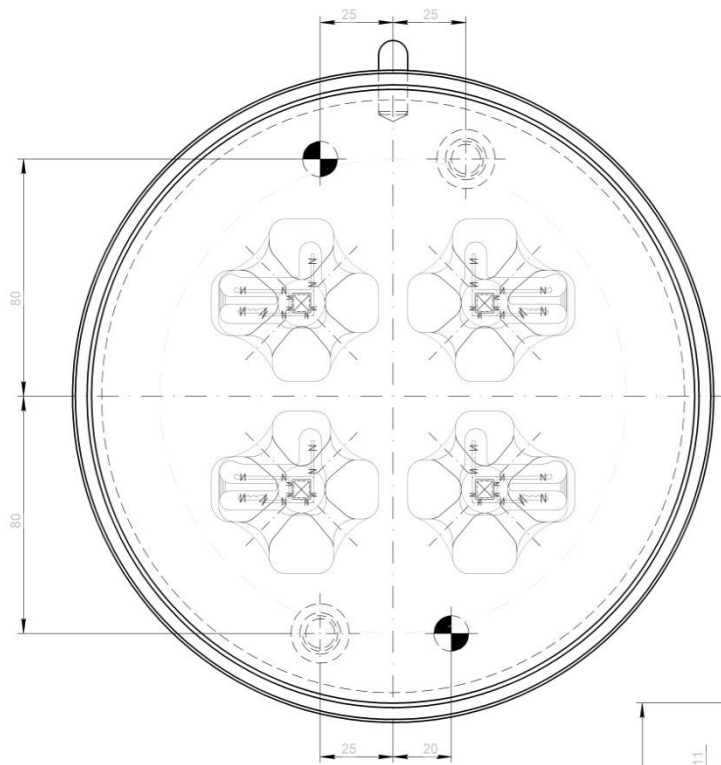
Вид зверху



1
2

Вид знизу

1.Форкамера, 2. Відкритий контур



BO-41

Место А - метка на рассекателе !!!

- 1.*-Размеры для справок.
2. Неуказанные допуски на исполнительные размеры канала матрицы -0.01 мм.
3. Неуказанные допуски на исполнительные размеры углы рассекателя +0.01 мм
4. HRC 46...48

Номер ASI 10784		Номер Заказчика ПАС-3371		Дата запуска	Срок сдачи	Дата сдачи	Габарит комплекта	220x140 PORTHOLE			Код Заказчика	ЦЕНТР
Пресс. усил. тс		1650		Наименование	Обознач.	Габарит	Материал	Параметры профиля			ИНСТРУМЕНТ	
Пресс. швел. кал/мм		85.2	63.4	Напр. порока	-	-	-	Площадь см ²	Периметр мм	Масса кг/м		
Контейнер, мм		157	182	Рассекатель	10784	220x40	1.2344	Количество каналов	4	Масштаб	1:1	
Контейнер, пл. см		193.6	260.2	Матрица	10784	220x55	1.2344	Разраб.	Гура			
				Подкладка	10784	220x45	5XNM	Проверил	Гура			
				Вставка	-	-	-	Т.контр				
Изм. Деталь		Содержание изменения		Дата	Подпись	Болстер	BO-41	Утвердил				



Матричний комплект

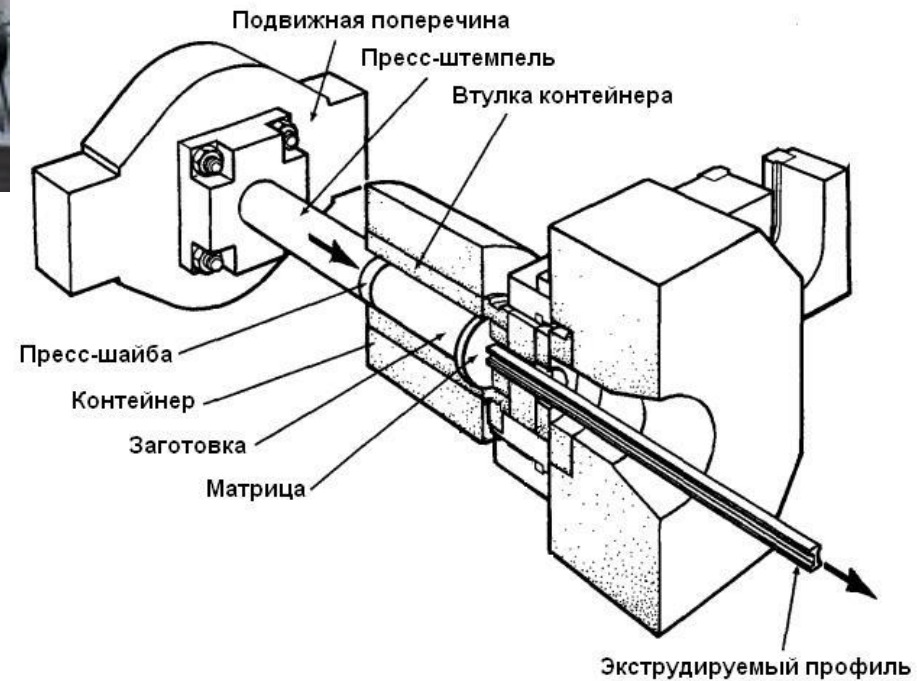


**Матричний комплект
(вид збоку)**



**Матриця
(вид зверху)**

Горизонтальный прес



ВИБІР МАТЕРІАЛУ деталі матриця

Хімічний склад сталі 4X5MΦ1C, % ГОСТ 5950 – 2000

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Cu
0.37 - 0.44	0.9 - 1.2	0.2 - 0.5	до 0.4	до 0.03	до 0.03	4.5 - 5.5	1.2 - 1.5	0.8 - 1.1	до 0.3

Температура критичних точок сталі 4X5MΦ1C, °C, ГОСТ 5950 – 2000

A_{c1}	$A_{c3}(A_{cm})$	$A_{r3}(A_{rcm})$	A_{r1}	M_n
875	935	815	760	305

Механічні властивості сталі 4X5MΦ1C при T=20 °C, ГОСТ 5950 – 2000

Термічна обробка.	σ_B	σ^t_T	d_5	y	KCU	σ_B	σ^t_T
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	МПа	МПа
Гартування 1020°C, масло, Відпуск 580°C, 2ч,	1670	1470	10	40	390	1670	1470

Технологія виготовлення деталі «матриця»

№ операції	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Дільниця, основне обладнання	Допоміжне обладнання
1	2	3	4	5	6
Етап 1. Металургійне отримання сталі					
1.1	Видобуток та підготовки вхідних матеріалів	1	Видобуток залізної руди та її збагачення	Гірничо видобувний комплекс	-
		2	Видобуток вугілля, отримання коксу	Гірничо видобувний комплекс, коксохімічний комбінат	-
		3	Видобуток пального газу, його підготовка	Газовидобувний комплекс	-
1.2	Металургійне отримання чавуну	1	Підготовки шихти	Шихтовий двір	Магніто-грейферні крани
		2	Підготовки (нагрівання) палива	Енергетичні цехи	Регенеративні теплообмінники
		3	Горіння палива, відновлення заліза і домішок, науглецювання заліза і утворення чавуну та шлаку	Доменний цех	Доменна піч
		4	Вирівнювання хімічного складу чавуну	Міксерне відділення	Міксери
1.3	Отримання сталі дуплекс процесом	1	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до конвертеру, заливання рідкого чавуну	Конвертерна піч	Мульди, ковші
		2	Продування розплаву стисненим киснем, завантаження флюсу	Конверторна піч	Фурма
		3	Зливання сталі та шлаку. Отримання зливку.	Конверторна піч	Ковші шлаковози, виливниці
		4	Завантаження твердих шихтових матеріалів, скрапу до електродугової печі	Електродугова піч	Мульди, ковші

		5	Горіння електричної дуги, завантаження флюсових матеріалів, рафінування сталі	Електродугова піч	Завальні машини
		6	Виливання сталі в розливочний ківш	Плавильне відділення	Механізм нахилу електродугової печі, розливочний ківш, мостовий кран

Етап 2. Отримання заготовки

2.1	Отримання заготовки	1	Розрізання прокату на мірні заготовки	Фрезерний верстат	Дискова фреза
2.2	Контроль	1	Контроль розмірів і дефектів	Дільниця контролю	Вимірювальний інструмент, Ультразвуковий дефектоскоп

Етап 3. Попередня термічна обробка заготовки

3.1	Попередня термічна обробка	1	Ізотермічний відпал	Термічна дільниця	Електрична камерна піч СДО – 14.28.10/10.
3.2	Контроль	1	Вимірювання твердості	Дільниця контролю	Твердомір ТШ-2, індентор

Етап 4. Чорнова механічна обробка

4.1	Токарна	1	Обточування торців та діаметрального розміру с припуском з обох боків.	Токарно – гвинторізний верстат;16к20	Різці прохідні, різці підрізні, Три-кулачковий патрон
4.2	Фрезерування	1	Сверління базових отворів та отворів під вижемні гвинти	Горизонтально фрезерний верстат (HAAS mil)	Трех-кулачковий патрон Сверло на 16 Сверло на 12
		2	Фрезерування контуру матриці та форкамери		Фреза на 4-6-8 Твердосплавни Та конусні

Етап 5. Остаточна термічна обробка

5.1	Гартування	1	Гартування	Термічна дільниця	Піч СШЗ-6.12/10
5.2	Перший відпуск	1	Відпуск	Термічна дільниця	СНО НКО4.4.4.\7
5.3	Другий відпуск	1	Відпуск	Термічна дільниця	СНО НКО4.4.4.\7

	Контроль	1	Вимірювання твердості, контроль мікроструктури після термічної обробки	Дільниця контролю	Твердомір ТШ-2, індентор, металографічний мікроскоп
--	----------	---	--	-------------------	---

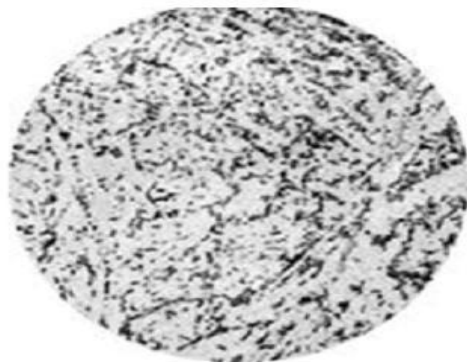
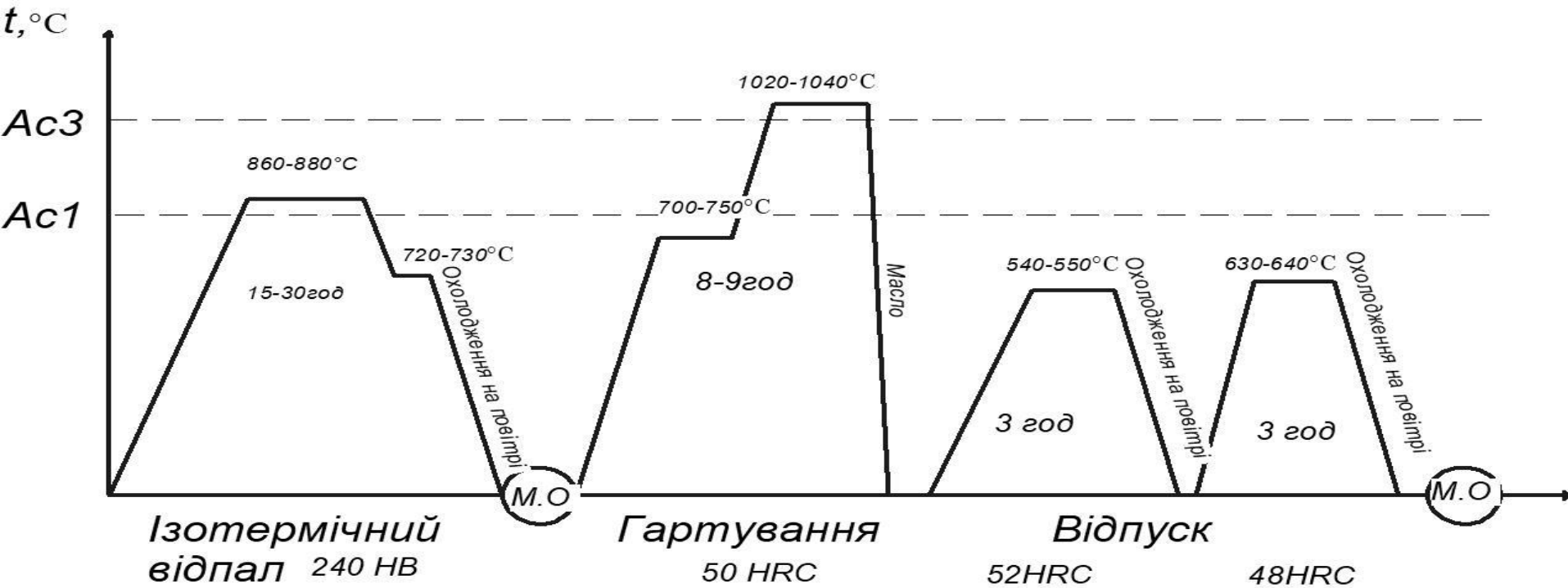
Етап 6. Чистова механічна обробка

6.1	Шліфування	1	Шліфування торців деталі у відповідності до креслення, надання деталі необхідної шорсткості	Плоскошліфувальний станок. Плита магнітна	Круг шліфувальний секторний, скоба межова
		2	Розмагнічування	Розмагнічувальний прилад	-
6.2	Токарна	1	Обточування діаметрального розміру.	Токарно – гвинторізний верстат ;16к20	Тре-кулачковий патрон Різці прохідні, різці підрізні
6.3	Фрезерування	1	Фрезерування форкамери відповідно до креслення	Горизонтально – фрезерний верстат (HAAS mil)	Тре-кулачковий патрон Фреза на 4-6-8 Твердосплавни Та конусні
		2	Фрезерування контуру матриці відповідно до креслення		
6.4	Ерозія	1	Відпалювання недо фрезерованих частин контуру матриці	Ерозіційний верстат (Agie spirit)	Магнітний стіл Графіт форми контура відпалювання
6.5	Іскрова-ерозія	1	Вирізання контуру матриці	Іскровий верстат (Fanuk)	Дріт з нанесенням купруму

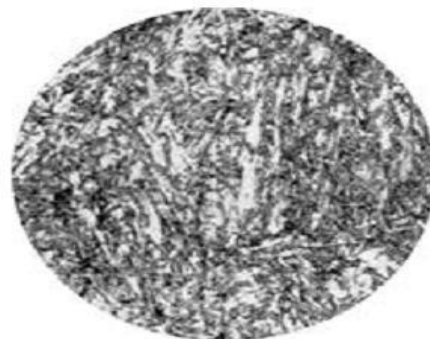
Етап 7. Вихідний контроль

7.1	Контроль	1	Контроль геометричних розмірів	Дільниця контролю	Вимірювальний інструмент, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, скоба, фаскомір
-----	----------	---	--------------------------------	-------------------	---

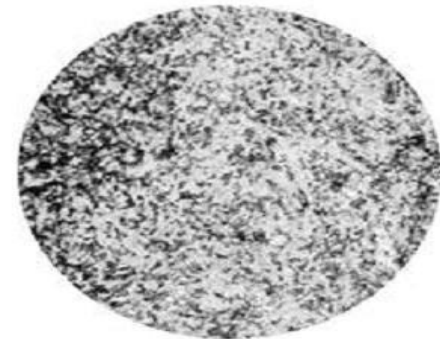
Термічна обробка деталі «матриця» зі сталі 4Х5МФ1С



x1500



x1500

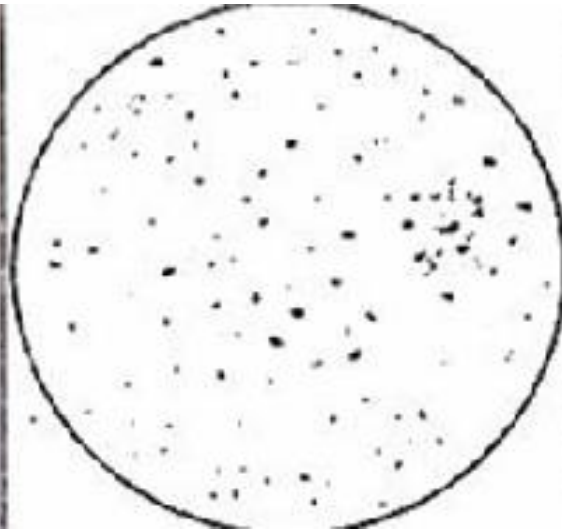


x1500

Визначення наявності неметалевих включень в сталі 4Х5МФ1С (ГОСТ 1778-70, метод Ш-1)

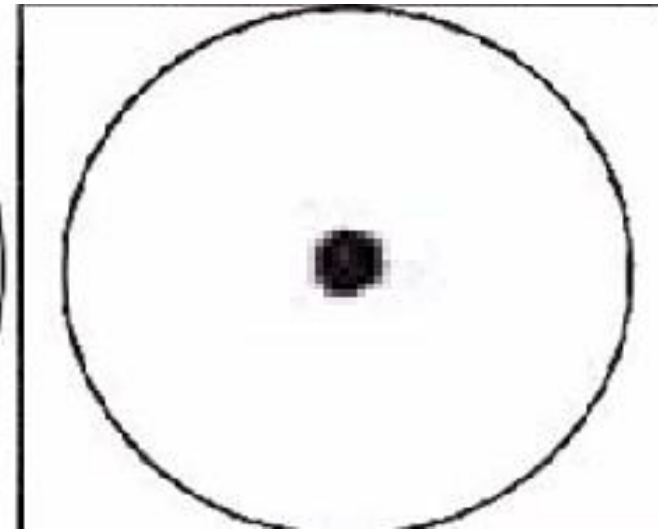


нетравлений шліф (x100)



еталон ОТ

3а



еталон СН

5а

Обладнання для термічної обробки



Піч ПКМ 3.6.2



Охолоджувальна ванна

ВНМ фірми Kron



Низькотемпературна електропіч

СНО НКО4.4.4.7

Висновки

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи було реалізовано:

1. Визначені характеристики деталі «матриця», умови експлуатації та основні причини виходу з ладу. Встановлено, що «матриця» повинна бути зносостійкою, теплостійкою, твердістю 46-48 HRC.

2. Рекомендована сталь 4X5MФ1С, як матеріал виробу «матриця». Визначено вплив легуючих елементів на властивості даної сталі. Основними легуючими елементами сталі є хром, молібден, ванадій, кремній. Всі ці елементи карбідоутворюючими. Кожен із них впливає на отримання необхідної структури та властивостей виробу «матриця».

3. Розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі, яка включає сучасні методи обробки такі, як ерозійна та іскро-ерозійна. Остання реалізується на верстаті Fanuc, що дозволяє отримувати високо точні розміри каналу матриці.

4. Запропонований режим термічної обробки складається з операцій:

ізотермічний відпал (860-880°C охолодження на повітрі), гартування (1020-1040°C, масло), двократний відпуск (550°C та 630°C охолодження на повітрі).

5. Мікроструктура сталі 4X5MФ1С після термічної обробки: троостосорбіт, карбіди легуючих елементів і незначна кількість аустеніту залишкового. Твердість виробу становить 46-48 HRC, наявні неметалеві включення оксиди точкові, силікати недеформівні, що задовільняють вимогам, які висуваються до готового виробу умовам які висуваються до готового виробу.

6. Було обрано основне обладнання для проведення термічної обробки:

печі ПКМ 3.6.2; низькотемпературна електропіч СНО НКО4.4.4.17.; та додаткове: обладнання охолоджувальна ванна ВНМ фірми Kron.

Дякую за увагу!