

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедри
Гапонова О. П.

дата, підпис

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи «Вибір матеріалу, розробка технологічного процесу виготовлення і зміцнення деталі «вал подрібнювача рослинних проб».

Виконав:

студент Верещага Богдан
Анатолійович

Керівник:

Дегула Андрій Іванович

Залікова книжка № 16510008

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

Завідувач кафедри

_____ О. П. Гапонова

«__» _____ 20__ року

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

Верещаги Богдана Анатолійовича

1. Тема проекту (роботи) Вибір матеріалу, розробка технологічного процесу виготовлення і зміцнення деталі «вал подрібнювача рослинних проб».

Selection of material, development of the technological process of manufacturing and strengthening the details of the "shaft of the shredder of plant samples" _____ затверджена Наказом по університету від _____ 20__ р. № _____

2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані проекту (роботи) креслення деталі вал та заводський технологічний процес. _____

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, план розробленого термічного відділення.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапу проекту (роботи)	Примітка
1.	Характеристика та умови		
2.	Огляд літератури		
3.	Вибір матеріалу та методів дослідження		
4.	Маршрутна технологія виготовлення деталі		
5.	Розрахункова частина		

6. Дата видачі завдання _____

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 63 сторінка, зокрема 22 таблиці, 13 рисунків, список із 24 використаних джерел на 7 сторінках та додатки.

Мета роботи – вибір марки сталі й розроблення перспективної маршрутної технології виготовлення вала подрібнювача рослинних проб.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз умов роботи деталі.
2. На основі результатів порівняльного аналізу фізико-механічних властивостей сталей заводського та запропонованого варіантів запропонувати марку сталі для виготовлення деталі.
3. Розробити технологію виготовлення деталі.
4. Розробити технологію зміцнення деталі з обраної марки сталі.
5. Дослідити товщину та мікротвердість нітрацементационного шару.

Провести вибір обладнання для проведення термічного оброблення і розробити план термічної ділянки.

Методи досліджень: металографічні дослідження структури поверхневого шару сталей, вимірювання мікротвердості.

Ключові слова: ВАЛ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ТВЕРДІСТЬ, МІЦНІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА, ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ, ХІМІКО-ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ, НОРМАЛІЗАЦІЯ, ГАРТУВАННЯ З НІТРОЦЕМЕНТАЦІЙНИМ НАГРІВОМ, ВІДПУСК, СТРУКТУРА.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1	10
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ	10
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ, ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ	10
1. 1 Аналіз умов роботи деталі «вал»	10
1.2 Причини виходу з ладу деталі «вал»	12
Висновки	14
РОЗДІЛ 2	16
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	16
2.1 Технології виготовлення та методи зміцнення деталі «вал»	16
2.2 Хіміко-термічне оброблення валів	17
Висновки	22
РОЗДІЛ 3	23
ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ	23
3.1 Вибір матеріалу деталі «вал»	23
3.2 Опис впливу легувальних елементів на властивості матеріалу	31
3.3 Методи дослідження матеріалів	33
Висновки	38
РОЗДІЛ 4	39
РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	39
4.1 Маршрутна технологія виготовлення і термічної обробки деталі вал	39

4.2 Вибір та обґрунтування технологічного процесу термічної обробки деталі	40
Висновки.....	47
РОЗДІЛ 5	49
РОЗРАХУНКОВО ЧАСТИНА.....	49
5.1 Вибір і розрахунок основного та допоміжного обладнання для термічної обробки деталі вал	49
5.1.1 Вибір основного обладнання	49
5.1.2 Допоміжне і додаткове обладнання.....	52
5.1.3 Прилади контролю якості термічної обробки	52
5.1.4 Транспортні засоби.....	53
5.2 Розрахунок обладнання термічного ділянки.....	53
5.3 Проектування плану дільниці (відділення, цеху) та вантажопотоків	55
Висновки	57
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Більшість деталей машин працюють в умовах зношування, кавітації, циклічних навантажень, корозії при криогенних або високих температурах, при яких максимальні напруження виникають в поверхневих шарах металу, де зосереджені основні концентратори напруги. Газотермічне напилення, наплавлення, хіміко-термічна обробка підвищують твердість, кавітаційну і корозійну стійкість і, створюючи на поверхні сприятливі залишкові напруги стиску, збільшують надійність і довговічність деталей машин. Крім того збільшити міцність і опір втоми можна створенням відповідних композицій сплавів і технології обробки. При збереженні досить високої пластичності, в'язкості і тріщиностійкості дані методи підвищують надійність і довговічність машин і знижує витрату металу на їх виготовлення внаслідок зменшення перетину деталей.

Мета дослідження: вибір марки сталі й розроблення перспективної маршрутної технології виготовлення вала подрібнювача рослинних проб.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз умов роботи деталі.
2. На основі результатів порівняльного аналізу фізико-механічних властивостей сталей заводського та запропонованого варіантів запропонувати марку сталі для виготовлення деталі.
3. Розробити технологію виготовлення деталі.
4. Розробити технологію зміцнення деталі з обраної марки сталі.
5. Дослідити товщину та мікротвердість нітрацементационного шару.
6. Провести вибір обладнання для проведення термічного оброблення і розробити план термічної ділянки.

Методи досліджень: металографічні дослідження структури поверхневого шару сталей, вимірювання мікротвердості.

Об'єкт дослідження: твердість, мікротвердість деталі вал після зміцнення методом нітрацементациї, структура, властивості і характеристики.

Предмет дослідження: деталь вал виготовлена зі сталі 30ХГТ на яку наноситься покриття методом нітрацементациї.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ

ЕКСПУАТАЦІЇ ВИРОБІВ, ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ

1. 1 Аналіз умов роботи деталі «вал»

Подрібнювач рослинних проб (рис. 1.1) - це універсальні, довговічні й ефективні прилади для розмелювання сухих рослинних проб вологістю не більше 14% і частинками 40 мм за найбільшим розміром, застосовуються на невеликих фармацевтичних і хімічних виробництвах, а також для подрібнення проб в лабораторіях [1]. Млин працює на принципі подрібнення рослинних проб різанням. Млин складається з основи, на якій розміщені: камера помелу зі стійкою, пульт управління і двигуна.

Технічні характеристики [1]:

- продуктивність, не менше ніж, проб/год. - 10
- час розмелювання однієї проби, не менше ніж. - 3
- маса проби, не більше, г - 100
- споживана потужність, не більше, кВт - 0,6
- живлення, В/Гц - 220/50
- габарити, мм - 570x280x480
- маса, кг - 30.

Ріжучі млини оснащені спеціальними притискними кришками, що дозволяють швидко подрібнювати великі кількості листя, гілля, деревини, кісток, насіння, харчових концентратів, будівельних матеріалів і хімікатів в тонкий порошок. Крупність отримуваної фракції залежить від часу помелу. Як правило, час помелу становить до 3-х хвилин.

Млини відмінно підходять для подрібнення таких проб, як зерно, солод, насіння, прянощі, рис, пшениця, сіль високомолекулярні сполуки, деревина, листя, чай, тютюн, пігменти, миючі засоби, коріння, стебла, вугілля,

кокс, таблетки, капсули, проби ґрунтуґірських порід, будівельні матеріали.

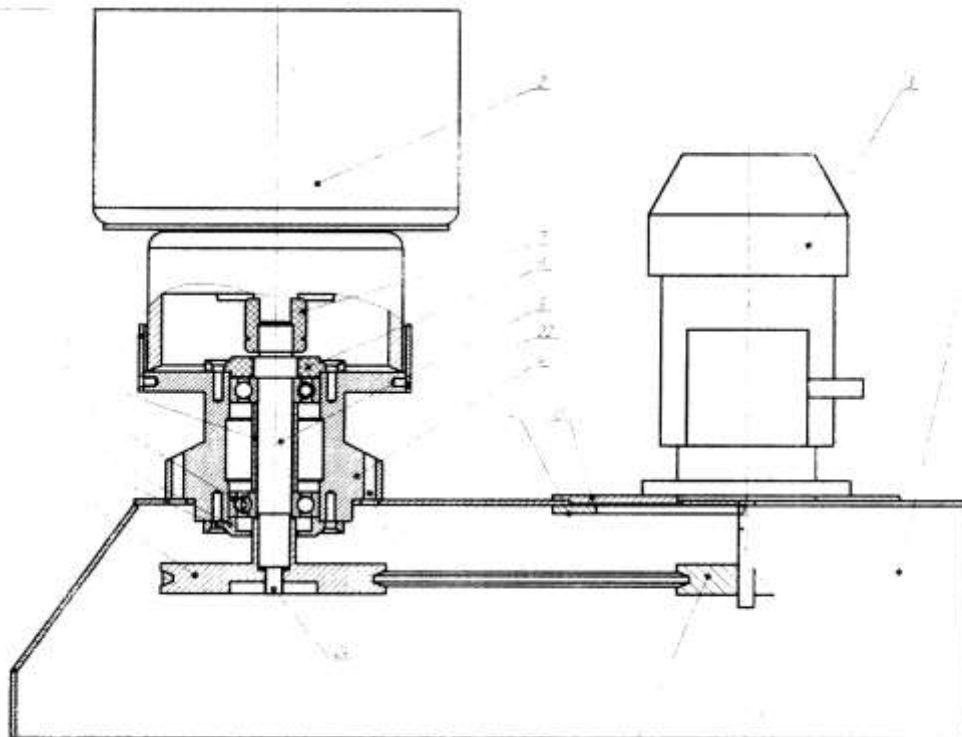


Рисунок 1.1 – Подрібнювач рослинних проб 1- основание, 2- ось, 3-втулка проставочная, 4-втулка, 5-прокладка, 6-диск, 7-чаша, 8-нож, 9- шайба, 10- гайка. 11- штифт

Вал (рис. 1.2.) служить для передачи крутного моменту вздовж своєї осі та для закріплення деталей, що обертаються подрібнювача, а саме шківів і втулки.

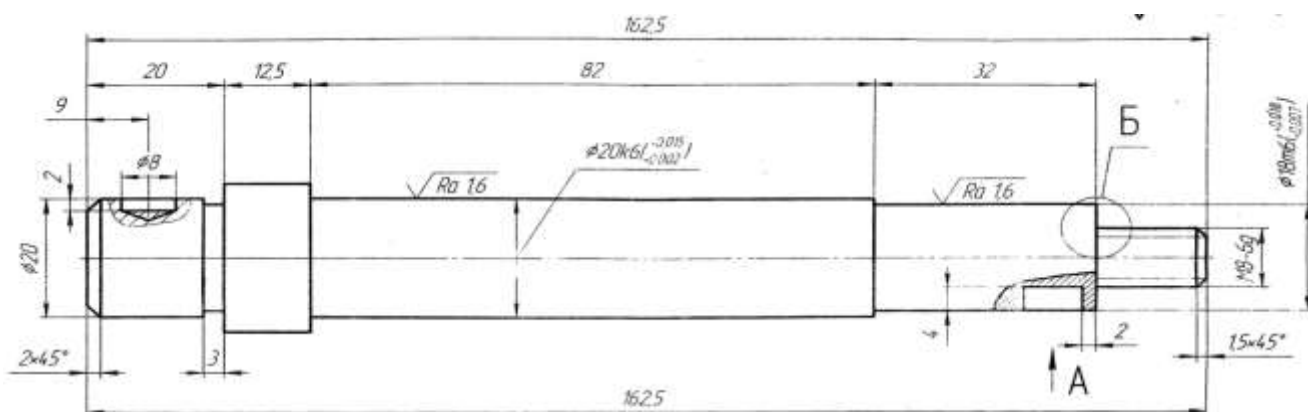


Рисунок 1.2 – Вал

Деталь вал [2] може бути навантажена окружними, радіальними та осьовими силами, крутного моменту. На деталь навантаження передаються через елементи з'єднання. Сума моментів тисків або елементарних сил тертя на поверхнях контакту з'єднання врівноважує зовнішній крутний момент. Передача крутного моменту здійснюється внаслідок обертання шківів з'єднанні клиноременною передачею зі шківом двигуна і сполучної втулкою на іншому кінці вала.

Вал відчуває також напруги крутіння і вигину. У перетинах, де є місцева зміна форми та розмірів перетинів, виникає концентрація напружень, величина якої залежить від форми концентраторів і виду напруженості.

Таким чином, дана деталь піддається впливу знакозмінного навантаження.

Змінні напруги є причиною втомного руйнування.

1.2 Причини виходу з ладу деталі «вал»

Якісно виготовлені вали при кваліфікованому їх обслуговуванні безвідмовно працюють протягом багатьох років.

Через помилки при розрахунку, порушення технології виготовлення або умов експлуатації можуть виникнути биття вала, коливання і вібрації. Надмірні гнучкі та крутильні деформації призводять до порушення умов сполучення в з'єднаннях з деталями та відносного положення їх контактуючих елементів. На основних ділянках можуть виникнути змінання робочих поверхонь пазів шпон, зубів (шліців), концентрація тисків тощо, чим створюються передумови для виникнення вогнища втомного руйнування [3].

Поломки валів в більшості випадків мають втомний характер і трапляються в зоні концентраторів напружень.

Великий вплив на знос поверхонь деталей надає середовище, в якому вони працюють. Вал, представлений в даній роботі працює в неагресивних середовищах.

Вали сприймають навантаження від розташованих на них деталей і працюють на вигин і кручення. При дії на встановлені на валах деталі осьових навантажень вали додатково працюють також на розтягнення або стиснення. Багаторазовий додаток до валу знакозмінних навантажень при недостатньому запасі міцності або при наявності концентраторів напружень може викликати його утомлююче руйнування. Втома визначає службову довговічність вала, його витривалість.

Поломки та пластичні деформації від статично прикладеного навантаження вкрай рідкісні і можуть виникнути в результаті короточасних пікових перевантажень, наприклад, при раптовій зупинці устаткування або при попаданні в зачеплення стороннього предмета.

Контактні руйнування можуть бути поверхневими або глибинними. Обидва види руйнувань є втомлюючим явищем, при якому тріщини утворюються під дією знакозмінних напружень на поверхні матеріалу або в глибині. Поява того чи іншого виду руйнування залежить від співвідношення між діючими напруженнями та опором матеріалу втоми самого по перетину вала.

Глибинне руйнування характерно для матеріалів з хіміко-термічним зміцненням поверхні. При термічному або хіміко-термічному зміцненні поверхні контакту матеріал володіє різною опірністю викришування по перетину і при певних обставинах втомні тріщини можуть виникнути не на поверхні, що має високу твердість, а в глибині під зміцненим шаром або в межах самого шару.

Висновки

Для підвищення втомної витривалості, зносостійкості слід підвищувати твердість поверхні вала що досягається: об'ємним загартуванням, поверхневим загартуванням, хіміко-термічною обробкою, пластичною деформацією для створення на поверхні деталей залишкових напружень стиску.

Товщина дифузійного шару робить досить істотний вплив на міцність (перш за все на опір втоми при вигині і на контактну витривалість).

Ефективна товщина поверхневого шару повинна складати від 0,3 до 1,2 мм.

Вельми істотний вплив на міцність сталі з поверхневим зміцненням надає твердість серцевини, яка залежить головним чином від концентрації вуглецю в сталі. Хоча показники міцності сталі з поверхневим зміцненням підвищуються, з ростом вмісту вуглецю і твердості серцевини, однак це збільшення не може бути безмежним, бо при надмірно високому вмісті вуглецю в серцевині порушується бажана послідовність мартенситного перетворення в серцевині та шарі. При високій концентрації вуглецю ($> 0,35\%$) в серцевині мартенситна точка знижується, внаслідок чого, при загартуванні можливе спочатку мартенситних перетворення в шарі, а потім в серцевині, що призводить до зменшення залишкових напружень стиску на поверхні, а отже, і до зниження втомної міцності. Крім того, з підвищенням концентрації вуглецю в серцевині знижується в'язкість сталі. У зв'язку з цим, на основі результатів експериментальних досліджень в сталях з поверхневим зміцненням рекомендується вміст вуглецю не вище 0,30%, а оптимальні значення твердості серцевини після хіміко-термічної обробки повинні знаходитися в межах HRC 24-32.

На показники міцності сталі, з поверхневим зміцненням має великий (часто вирішальне) вплив концентрація вуглецю на поверхні. Оптимальний вміст вуглецю, при якому забезпечується максимальний опір крихкому руйнуванню, становить 0,6-0,8%, втомна міцність при вигині досягає максимальних значень при 0,8-1,05% на поверхні, а максимальні значення контактної витривалості виходять при вмісті вуглецю в межах 1,0-1,25%.

Надійність і довговічність при експлуатації виробів, виготовлених з таких сталей, залежать також від структури шару і серцевини, що утворюється в результаті повного циклу хіміко-термічної обробки. У зв'язку з необхідністю забезпечення поверхневої твердості HRC 59-63 структура шару повинна складатися, в основному, з дрібногольчатого мартенситу з невеликими ізольованими ділянками залишкового аустеніту. Абсолютно неприпустимі виділення карбідів в формі сітки по межах зерен, бо при цьому різко зростає крихкість. Небажані також виділення, в значній кількості, ізольованих карбідів, помітних при збільшенні $\times 100$, так як і в такій формі, вони знижують в'язкість цементованої сталі, особливо в кутах і на торцях деталей. Зміст залишкового аустеніту в шарі не повинно перевищувати 15-20%.

Таким чином, для отримання високих показників міцності виробів - валів - необхідно забезпечити регулювання у вузьких межах ряду параметрів, що характеризують будову і властивості шару і серцевини.

Разом з тим, при високих значеннях межі міцності, межі витривалості при вигині, межі контактної витривалості сталі необхідно забезпечити і задовільну в'язкість. Тому сталі повинні бути спадково дрібнозернистими (бал 6-8). Крім того, застосування дрібнозернистих сталей повинен дозволяти використовувати найбільш раціональний режим термічної обробки.

Сталі також повинні мати гарну оброблюваність різанням, тому попередня термічна обробка повинна забезпечувати оптимальну мікроструктуру. При незадовільній мікроструктурі заготовок погіршується якість робочої поверхні, а виникають в процесі різання внутрішня напруга сприяють збільшенню деформації виробів при подальшій хіміко-термічній обробці.

Таким чином, вал повинен мати високу твердість і зносостійкість поверхневого шару, підвищену контактну витривалість, а також в'язку, м'яку серцевину для того, щоб сприймати (гасити) знакозмінну напругу, які діють на деталі.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технології виготовлення та методи зміцнення деталі « вал»

Спосіб нітроцементації, як один з видів підвищення зносостійкості деталей металургійного устаткування, добре відомий і описаний в літературі. Існують різні методи нітроцементації з паст, порошків та ін. Всі вони мають загальні недоліки - велику тривалість процесу і недостатню пластичність дифузійного шару, що призводить до мікротріщинуватості покриття і зменшення терміну служби виробів. Для інтенсифікації насичення і пластифікування дифузійного шару використовують комплексне дифузійне насичення азотом спільно з іншими елементами [4]. Однак проведені попередні дослідження з одночасного насичення сталі азотом і вуглецем показали необхідність детального вивчення даного способу насичення в псевдозрідженому шарі, внаслідок утворення пористого покриття на поверхні сталей, а також через зниження насичувальних здатностей суміші, причиною якого є невивченість процесів в псевдозрідженому шарі.

Для вивчення кінетики росту нітроцементованих шарів на поверхні зразків армко-заліза, сталей 45, 40Х, ШХ15, ХВГ, ХІ2М проводили насичення зразків у псевдозрідженій суміші, що містить порошки карбиду бору B_4C , хлористого амонію NH_4Cl і корунду Al_2O_3 . Кількість хлористого амонію підтримувалася постійною і становила 0,05 мас. %. Кількість карбиду бору в суміші варіювалася в межах від 1 до 25 мас. %, в результаті чого пропорційно змінювалася кількість корунду в насичуваній суміші. Нітроцементація поверхні зразків у псевдозрідженому шарі здійснювали при температурах 850, 900, 950 і 1000 °C на протязі 30, 60, 90 і 120 хвилин.

Дослідження процесів нітроцементації сталей 45, ХВГ, 5ХВ2С в псевдозрідженому шарі [4] проводилося в порошкової суміші, що складалася з порошків окису нікелю, хлористого амонію та корунду. Окис нікелю додавали в

насичуючу суміш в кількості від 2 до 10 мас. %. Зміст хлористого амонію підтримувався постійним і становив 0,05 мас. %.

Етап дифузійного нітроцементациї в псевдозрідженому шарі полягав в обробці зразків з попередньо нанесеними шарами різної товщини в порошковій суміші, що складається з порошку карбіду бору B_4C і корунду в присутності активаторів: хлористого амонію NH_4Cl і тетрафторборатів натрію $NaBF_4$. Тетрафторборат натрію вводився з метою активізації процесу звільнення бору та інтенсифікації процесу нітроцементациї нікельованих зразків.

2.2 Хіміко-термічне оброблення валів

Аналіз шарів, отриманих на армко-залізі, сталях 40X, ШХ15, ХВГ і Х12М, від змісту карбіду бору в насичуваній суміші [5]. Збільшення вмісту карбонітриду в суміші до 15 мас. % супроводжується збільшенням товщини нітроцементованого шару. При досягненні змісту карбонітриду в суміші 15 мас. % відбувається уповільнення швидкості росту нітроцементованого шару на всіх досліджуваних зразках. Збільшення вмісту карбонітриду в насичуваній суміші понад 15 мас. % не приводить до зростання нітроцементованих шарів. Одночасно з цим відбувається різке погіршення якості поверхні нітроцементованих зразків через налипання частинок карбонітриду. При охолодженні насичуваної суміші, що містить карбонітриду понад 20 мас. %, відбувається спікання суміші разом з розташованими в ній зразками, що призводить до спеціальної переробки суміші для подальшого її використання. У зв'язку з цим з метою збільшення технологічності процесу нітроцементациї в псевдозрідженому шарі було вирішено підтримувати вміст карбонітриду в суміші в межах 15 мас. %.

При нанесенні нітроцементациї них покриттів в інтервалі температур 850-1000 °C спостерігається параболічна залежність росту товщини фаз FeV і Fe_2V від тривалості процесу. При температурі насичення 850 °C в досліджених тимчасових інтервалах на всіх зразках утворюється тільки фаза Fe_2V , а фаза FeV відсутня. На поверхні зразків зі сталі Х12М фаза FeV не з'являється і при температурі

насичення $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, що ймовірно пов'язано з впливом легуючих елементів самої сталі на зростання азотного шару. Проведені дослідження показали, що істотний вплив на утворення і зростання азотних шарів надають легуючі елементи сталей. Так, в досліджуваних температурно-часових інтервалах нітроцементациї в псевдозрідженому шарі максимальна товщина вуглецевих фаз FeV і Fe_2V досягалася на зразках з армко-заліза. При температурі насичення $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і часу витримки 120 хв. товщини фаз FeV і Fe_2V на армко-залізі складають 35 і 40 мкм відповідно. На поверхні зразків сталі 45 при порівняльних параметрах насичення товщина фаз FeV і Fe_2V склала 30 і 45 мкм відповідно. Порівняльний аналіз товщини фаз FeV і Fe_2V , отриманих на армко-залізі і сталі 45 показує вплив вуглецю на зростання азотних фаз і дозволяє зробити висновок про зниження швидкості нітроцементациї в результаті збільшення вмісту вуглецю в сталі [6].

При порівняльних способах аналізу результатів нітроцементациї сталей 45 і 40Х встановлено, що хром істотно уповільнює швидкість нітроцементациї. На сталі ХВГ також спостерігається досить сильне зниження товщини нітроцементацийних шарів в порівнянні з армко-залізом. Найбільше зниження товщини нітроцементацийних шарів відзначено на сталі ХІ2М. При порівнянних температурно-часових параметрах насичення товщини фаз FeV і Fe_2V на зразках сталі ХІ2М складають 24 і 28 мкм відповідно. Аналіз результатів, отриманих при нітроцементациї в псевдозрідженому шарі легованих сталей 40Х, ШХ15, ХВГ, ХІ2М дозволяє зробити висновок про неадитивний вплив легуючих елементів на товщину нітроцементацийних шарів при їх спільному введенні в сталь. Так, товщини нітроцементацийних шарів FeV і Fe_2V на сталі ШХ15 були менше, ніж на сталі 40Х, хоча порівняно зі сталями ХВГ і ХІ2М товщини фаз FeV і Fe_2V на сталі ШХ15 була і більше.

При температурі нітроцементациї $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ на всіх зразках досліджуваних марок сталей в інтервалах часу насичення 30 - 120 хв. утворюється шар, що складається тільки з фази Fe_2V . Товщина нітроцементацийних шарів на сталях 45, 40Х, ШХ15 і армко-залізі приблизно однакова і коливається в межах 5-7 мкм. На сталях ХВГ і ХІ2М товщина нітроцементацийних шарів склала 2-3 мкм. Із

збільшенням температури насичення до 900 °С на сталях 45, 40Х, ШХ15, ХВГ, крім фази Fe₂V, з'являється фаза FeV. Товщина нітроцементацийних шару, що складається з фази FeV, становить при часі витримки 120 хв. на сталях 45, 40Х, ШХ15, ХВГ і армко-залізі 18,18, 16,14 і 20 мкм відповідно. На всіх досліджуваних сталях з появою і зростанням фази FeV спостерігається зростання фази Fe₂V. На зразках сталі Х12М фаза FeV з'являється тільки при температурі насичення 950 °С і часі витримки при цій температурі 30 хв. і становить 3 мкм. Із збільшенням температури і часу насичення на сталі Х12М спостерігається зростання як фази Fe₂V, так і фази FeV. Зростання товщини нітроцементацийних шару на всіх досліджуваних сталях як функція температури підпорядковується експоненційній залежності [3].

З попередньо проведених дослідів було визначено, що процес розкладання окису нікелю у присутності хлористого амонію і адсорбція активних атомів нікелю поверхнею сталі відбуваються в інтервалі температур 300-500 °С. При нагріванні насичуваної суміші вище зазначених температур на поверхні сталі починають утворюватися пористі пухкі нікелеві шари, що, в свою чергу, призводить до погіршення якості обробленої поверхні. Із збільшенням температури насичення до 850-900 °С, при яких здійснюється процес нітроцементації, схильність до утворення пористого шару посилюється. Враховуючи результати проведених досліджень, було вивчено вплив вмісту окису нікелю в насичуваній суміші на зміну товщини нікелевого шару в інтервалі температур 300-450 °С з витримкою при цих температурах на протязі 5-20 хв.

Із збільшенням вмісту окису нікелю в суміші спостерігається зростання нікелевого шару на поверхні сталі при всіх досліджуваних температурах. При фіксованому вмісті окису нікелю в суміші зменшення температури витримки призводить до зменшення товщини нікелевого шару, внаслідок часткового розкладання окису нікелю та адсорбції активних атомів нікелю поверхнею сталі. При температурах витримки нижче 300 °С розкладання окису нікелю з утворенням активних атомів нікелю не спостерігається. Нагрівання насичуваної суміші з окисом нікелю, що частково розклався, до температур борування 850-

1000 °C призводить до швидкого розкладання окису нікелю з утворенням на поверхні сталі пористого нікелевого шару, що погіршує якість поверхні. Зменшення вмісту окису нікелю в суміші до 2-4 мас. % при температурі 350-450 °C і часу витримки 5-15 хв. призводить до утворення на поверхні сталі щільного безпористого нікелевого шару завтовшки 5-7 мкм. Подальше нагрівання насичуваної суміші до температур борування 850-1000 °C не погіршує якість отриманого нікелевого шару. Таким чином додавання в насичуючу суміш окису нікелю в кількості 2-4 мас. % при температурі 350-450 °C і часу витримки 5-15 хв. забезпечує отримання щільного нікелевого шару, що не зраджує свої якості при подальшому нагріванні до температур борування, що надзвичайно важливо для розробки процесу нітроцементациї інструментальних сталей в псевдозрідженому шарі.

Результати металографічних досліджень дифузійних покриттів, що представлені у роботі [7] показали, що залежно від режиму насичення на армко-залізі, вуглецевих, низьколегованих конструкційних та інструментальних сталях можуть утворюватися дифузійні нітроцементацийні шари різного фазового складу. Дифузійні шари мають таку ж будову, що і при нітроцементациї і складаються з фаз Fe₃N, Fe₂N і α-фази. Границя між зоною карбонітридів і основою металу досить різка і завжди чітко виявляється. Наявність над шаром карбонітридів дифузійного шару і зменшення загальної товщини карбонітридів шарів із збільшенням товщини дифузійного шару дозволяють зробити висновок про те, що дифузія азоту та вуглецю в сталеву поверхню відбувається через дифузійний шар, який утворюється при температурах 350-450 °C. Розгляд структури білого шару карбонітридів показує, що він складається з стовпчастих кристалів, які переплітаються. Рентгеноструктурні дослідження шару, отриманого нітроцементациєю в псевдозрідженому шарі, показали, що поверхнева зона, що фарбується при кольоровому травленні у фіолетовий колір, являє собою борид заліза Fe₃N, а коричнева - борид заліза Fe₂N. Бориди обох типів мають стовпчасті голчасті будови. Між кінцями голок бориду Fe₂N поблизу границі з основним металом знаходяться включення твердого розчину бору в α-залізі. Слід зазначити,

що дифузійні шари, отримані послідовною нітроцементациєю в псевдозрідженому шарі, менш схильні до утворення пористості і викришування в порівнянні з нітроцементациєю в псевдозрідженому шарі. Збільшення вмісту окису нікелю при попередньому нікелюванні зразків інструментальних сталей призводить до утворення товстого пористого шару нікелю на поверхні зразків, що, в свою чергу, призводить до погіршення якості поверхні нітроцементацийних шарів і збільшення пористості дифузійного шару. Фазовий аналіз дифузійних шарів, отриманих послідовним насиченням поверхні зразків досліджуваних марок сталей в псевдозрідженому шарі показав, що співвідношення фаз FeV і Fe₂V істотно залежить від вмісту окису нікелю в суміші на етапі попереднього насичення. Збільшення окису нікелю в суміші призводить до утворення на поверхні зразків товстих нікелевих шарів, що в свою чергу призводить до уповільнення дифузійних процесів і до зменшення товщини шарів. З утворенням на поверхні зразків шарів більше 7 мкм зміст фази FeV в поверхневих шарах різко зменшується, а іноді відсутній взагалі. При послідовному боронікелюванні в псевдозрідженому шарі, як і при боруванні, форма кристалів боридів істотно залежить від наявності легуючих елементів в сталях. Фазовий аналіз показав, що легуючі елементи, що входять до складу сталей, своїх власних боридів не утворюють. Відсутність спеціальних карбонітридів на легованих сталях дозволяє зробити припущення про розчинність легуючих елементів в сполуках заліза FeV і Fe₂V. Якщо це припущення вірне, то слід очікувати зміни параметрів кристалічних ґраток цих карбонітридів в порівнянні з карбонітридами, отриманими на вуглецевій сталі при насиченні азотом і вуглецем. Для підтвердження припущення розчинності нікелю і легуючих елементів в сполуках заліза FeV і Fe₂V проведений мікрорентгеноспектральний аналіз шарів. Аналіз показав присутність в сполуках заліза FeV і Fe₂V нікелю, вольфраму, хрому, кремнію. Дані дозволяють зробити висновок про те, що в процесі нітроцементациї в псевдозрідженому шарі відбувається дифузійний перерозподіл наявних в сталі легуючих елементів, а також розчинення в карбонітридах заліза нікелю. У результаті цього сполуки заліза містять, крім бору і заліза, легуючі елементи

сталі, а також нікель, і по всій видимості буде правильніше їх позначати як (Fe, Л.Е.)В і (Fe, Л.Е.)₂В.

Висновки

Проведені дослідження показали перспективність використання псевдозрідженого шару для отримання дифузійних нітроцементаційних покриттів на поверхні дослідженої марки сталі.

Виходячи з результатів проведених досліджень, спрямованих на вивчення впливу температурно-часових факторів процесу нітроцементації в псевдозрідженому шарі на структуру і кінетику росту дифузійних шарів, отриманих на армко-залізі та інструментальних сталях, можна зробити наступні висновки:

1. Застосування псевдозрідженого шару для процесів газової нітроцементації в 1,5-2 рази збільшує швидкість росту дифузійних шарів порівняно з порошковим насиченням.

2. Найбільш прийнятним змістом карбонітридів в суміші для процесу нітроцементації в псевдозрідженому шарі слід вважати 15 мас. %.

3. Для процесу нітроцементації у віброкиплячому шарі армко-заліза і сталей 45, 40Х, ШХ15 найбільш прийнятним слід вважати режим нітроцементації при температурі 950 °С протягом 120 хвилин.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ

3.1 Вибір матеріалу деталі «вал»

Для виготовлення валу в заводському варіанті застосовувалася сталь 45[8]. Загальні відомості і хімічний склад, механічні, технологічні та фізичні властивості наведено в табл. 3.1 – 3.11.

Замінники. Сталі: 40Х, 50, 50Г2

Вид поставки. Сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 1050-74, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 2879-69, ГОСТ 8509-86, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-72, ГОСТ 8240-72, ГОСТ 10702-78.

Калібрувальний пруток ГОСТ 1050-74, ГОСТ 7414-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78.

Лист товстий ГОСТ 1577-81, ГОСТ 19903-74.

Лист тонкий ГОСТ 16523-70.

Стрічка ГОСТ 2284-79.

Полоса ГОСТ 1577-81, ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70.

Проволока ГОСТ 17305-71, ГОСТ 5663-79.

Поковки та ковани заготовки ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1131-71.

Труби ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-87, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 8731-87, ГОСТ 21729-78

Призначення. Вали-шестерні, колінчаті і розподільні вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки і інші нормалізовані, покращувані деталі і деталі, які піддаються поверхневій термообробці, від яких потрібна підвищена міцність.

Таблиця 3.1

Хімічний склад сталі 45 згідно ДСТУ 7809 : 2015

Марка сталі	Хімічний склад, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu	As
Сталь 45	0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	≤ 0,25	≤ 0,25	-	≤ 0,04	≤ 0,035	≤ 0,25	≤ 0,08

Таблиця 3.2

Механічні властивості сталі 45 при підвищених температурах згідно ДСТУ 7809 : 2015

Температура випробувань, °C	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²
Нормалізація						
200	340	690	-	10	36	64
300	255	710	-	22	44	66
400	225	560	-	21	65	55
500	175	370	-	23	67	39
600	78	215	-	33	90	59
Зразок діаметром 6 мм і довжиною 30 мм, кований і нормалізований. Швидкість деформування 16 мм/хв. Швидкість деформації 0,009 1/с.						
700	140	170	43	-	96	-
800	64	110	58	-	98	-
900	54	76	62	-	100	-
1000	34	50	72	-	100	-
1100	22	34	81	-	100	-
1200	15	27	90	-	100	-

Таблиця 3.3

Механічні властивості сталі 45 (прокату) згідно ДСТУ 7809 : 2015

Термообробка, стан поставки	Переріз, мм	σ_B , МПа	δ_5 , %	δ_4 , %	ψ , %
Сталь гарячекатана, кована, калібрована та срібрянка 2-ї категорії після нормалізації	25	600	16	-	40
Сталь калібрована 5-ї категорії після нагартівки	25	640	6	-	30

Сталь калібрована і калібрований зі спеціальною обробкою після відпуску або відпалу	25	<590	-	-	40
Листи нормалізовані і гарячекатані	80	590	18	-	-
Смути нормалізовані або гарячекатані	6-25	600	16	-	40
Лист гарячекатаний	<2	550-690	-	14	-
Лист гарячекатаний	2-3,9	550-690	-	15	-
Лист холоднокатаний	<2	550-690	-	15	-
Лист холоднокатаний	2-3,9	550-690	-	16	-

Таблиця 3.4

Механічні властивості сталі 45 (поковок) згідно ДСТУ 7809 : 2015

Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	НВ
Нормалізація					
100-300	245	470	19	42	143-179
300-500	245	470	17	35	143-179
500-800	245	470	15	30	143-179
<100	275	530	20	44	156-197
100-300	275	530	17	34	156-197
Гартування. Відпуск					
300-500	275	530	15	29	156-197
Нормалізація. Гартування. Відпуск					
<100	315	570	17	39	167-207
100-300	315	570	14	34	167-207
300-500	315	570	12	29	167-207
<100	345	590	18	59	174-217
100-300	345	590	17	54	174-217

Таблиця 3.5

Механічні властивості залежно від температури відпуску сталі 45

згідно ДСТУ 7809 : 2015

Температура відпуску, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
Гартування 850 °С, вода. Зразки діаметром 15 мм						
450	830	980	10	40	59	
500	730	830	12	45	78	
550	640	780	16	50	98	
600	590	730	25	55	118	
Гартування 840 °С, вода. Діаметр заготовки 60 мм						
400	520-590	730-840	12-14	46-50	50-70	202-234
500	470-520	680-770	14-16	52-58	60-90	185-210
600	410-440	610-680	18-20	61-64	90-120	168-190

Таблиця 3.6

Механічні властивості залежно від перерізу сталі 45 згідно ДСТУ 7809 : 2015

Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²
Гартування 850 °С, відпуск 550 °С. Зразки вирізалися з центру заготовок.					
15	640	780	16	50	98
30	540	730	15	45	78
75	440	690	14	40	59
100	440	690	13	40	49

Таблиця 3.7

Технологічні властивості сталі 45 згідно ДСТУ 7809 : 2015

Температура кування	Початку 1250, кінця 700. Переріз до 400 мм охолоджуються на повітрі
Зварюваність	Важкозварювальна. Способи зварювання: РДС і КТС. Необхідний підігрів і подальша термообробка
Оброблюваність різанням	В гарячекатаному стані при НВ 170-179 и $\sigma_B = 640$ МПа $K_{ц\text{ тв.спл.}} = 1$, $K_{ц\text{ б.ст.}} = 1$
Схильність до відпускнуї здатності	Не схильна
Флокеночутливість	Малочутлива

Температура критичних точок згідно ДСТУ 7809 : 2015

Критичні точки	Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	Ar ₁	Mn
Температура, °C	730	755	690	780	350

Таблиця 3.9

Межа витривалості сталі 45 згідно ДСТУ 7809 : 2015

σ_{-1} , МПа	τ_{-1} , МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа
245	157	590	310
421	-	880	680
231	-	52 σ_0	270
331	-	660	480

Таблиця 3.10

Ударна в'язкість сталі 45 КСУ, Дж/см² згідно ДСТУ 7809 : 2015

Стан поставки, термообробка	+20	-20	-40	-60
Пруток діаметром 25 мм. Гарячекатаний стан	14-15	10-14	5-14	3-8
Пруток діаметром 25 мм. Відпал	42-47	27-34	27-31	13
Пруток діаметром 25 мм. Нормалізація	49-52	37-42	33-37	29
Пруток діаметром 25 мм. Гартування. Відпуск	110-123	72-88	36-95	31-63
Пруток діаметром 120 мм. Гарячекатаний стан	42-47	24-26	15-33	12
Пруток діаметром 120 мм. Відпал	47-52	32	17-33	9
Пруток діаметром 120 мм. Нормалізація	76-80	45-55	49-56	47
Пруток діаметром 120 мм. Гартування. Відпуск	112-164	81	80	70

Фізичні властивості сталі 45 згідно ДСТУ 7809 : 2015

Температура випробування, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Модуль нормальної пружності, E, ГПа	200	201	193	190	172	-	-	-	-	-
Модуль пружності при зсуві крученням G, ГПа	78	-	-	69	-	59	-	-	-	-
Щільність, ρ, кг/см ³	782 6	779 9	776 9	773 5	769 8	766 2	762 5	758 7	759 5	-
Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м·°С)	-	48	47	44	41	39	36	31	27	26
Температура випробування, °С	20- 100	20- 200	20- 300	20- 400	20- 500	20- 600	20- 700	20- 800	20- 900	20- 100 0
Коефіцієнт лінійного розширення (α, 10 ⁻⁶ 1/°С)	11.9	12.7	13.4	14.1	14.6	14.9	15.2	-	-	-
Питома теплоємність (C= Дж/(кг °С))	473	498	515	536	583	578	611	720	708	-
Температура випробування, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900

Заводський варіант технологічного процесу термообробки сталі 45 представлений на рис. 3.1.

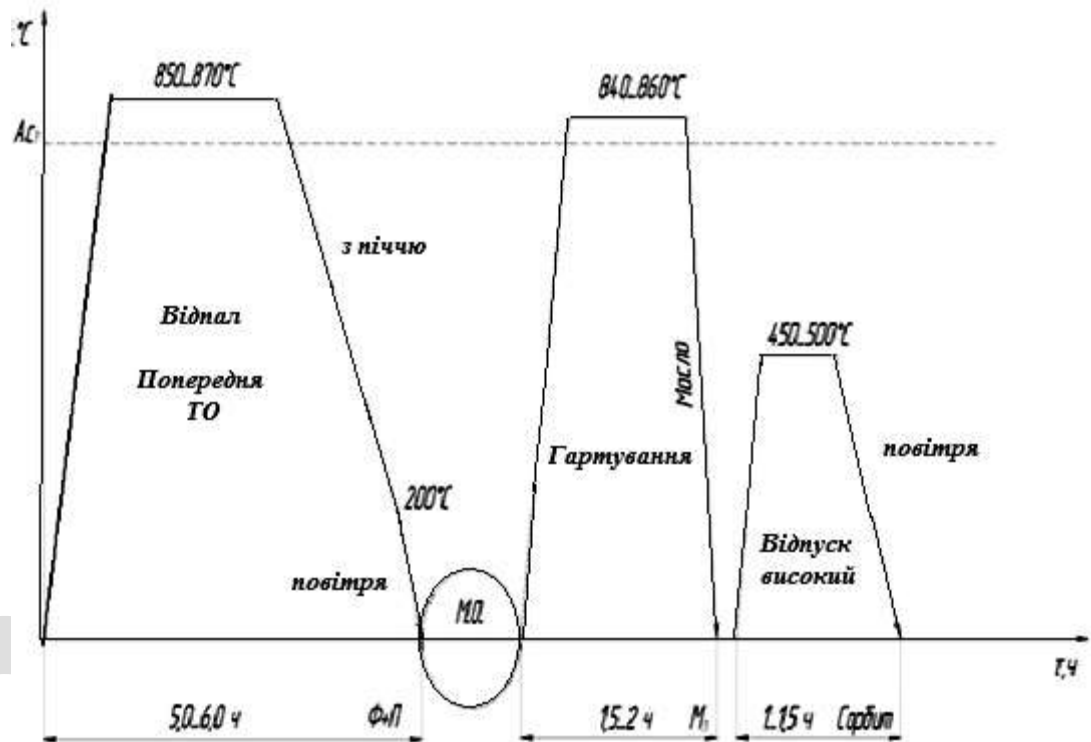


Рисунок 3.1 – Заводський варіант технологічного процесу термообробки деталі «вал» зі сталі 45

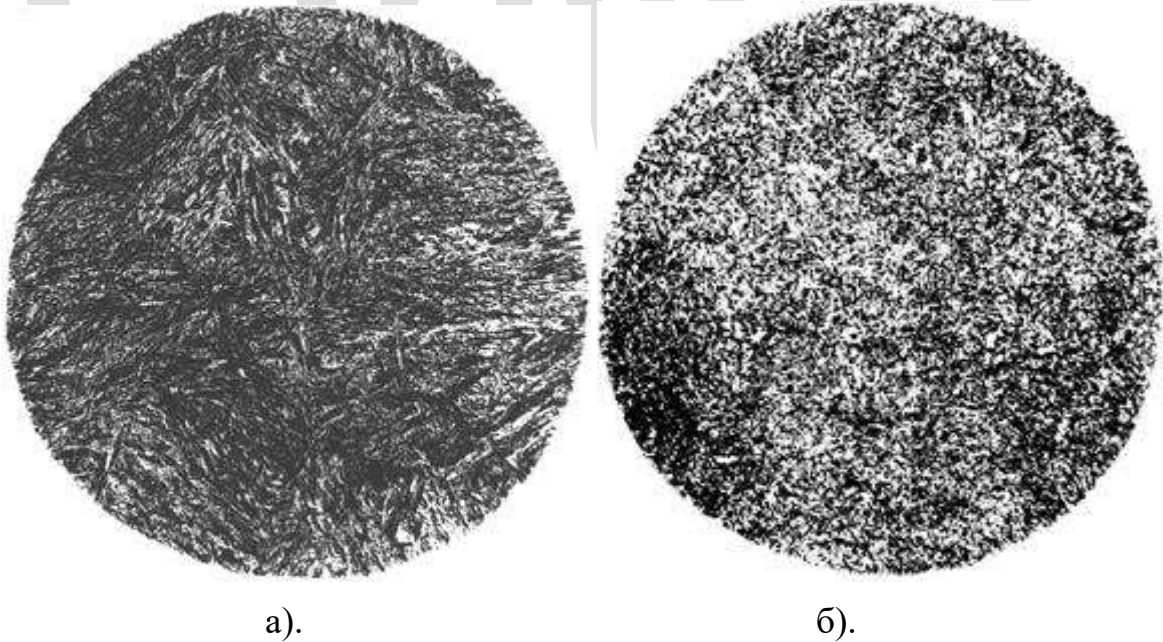


Рисунок 3.2 – Фотографія структури сталі 45: а). Сталь з 0,45%С після гартування 830°C у воді структура мартенсит; б). Сорбінг (х450).

Вибір матеріалу для виготовлення валу необхідно проводити, виходячи з умов експлуатації та технічних вимог.

Виходячи з умов експлуатації та технічних вимог, ми вибираємо сталь 30ХГТ, що підвищить зносостійкість робочих поверхонь деталі і збільшить термін експлуатації валу.

Сталь 30ХГТ - конструкційна легована цементована і економно легована сталь.

Для сталі 30ХГТ можлива висока температура цементації, що скорочує час проведення процесу, сталь не схильна до перегріву і росту зерна, тому гартування після цементації можливе з нагрівання під хіміко-термічну обробку, а також немає необхідності проводити обробку холодом для усунення залишкового аустеніту після гартування. Сталь 30ХГТ не схильна до перегріву.

В таблицях 3.12-3.14 наведені загальні відомості, хімічний склад, критичні точки і механічні властивості обраної сталі 30ХГТ.

Таблиця 3.12

Хімічний склад сталі 30ХГТ, % згідно ДСТУ 4737 : 2007

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	Cu	P	S
					не більше				
30ХГТ	0,24-0,32	0,80-0,10	0,17-0,37	1,00-1,30	0,30	0,03-0,09	0,30	0,035	0,035

Таблиця 3.13

Температури критичних точок сталі 30ХГТ, °С згідно ДСТУ 4737 : 2007

Марка сталі	A _{c1}	A _{c3}	A _{r3} (A _{гcm})	A _{r1}
30ХГТ	770	825	740	665

Механічні властивості сталі 30ХГТ згідно ДСТУ 4737 : 2007

Марка сталі	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	КСУ, Дж/см ²	НВ (HRC)
30ХГТ	690	830	49	Серцевини 240-300, поверхні (57-63)

3.2 Опис впливу легувальних елементів на властивості матеріалу

Хром є елементом, що впливає ефективно на зміну механічних і фізичних властивостей сталі. Розчиняючись в фериті і утворюючи міцні карбіди, а також надаючи помітний вплив на дисперсність одержуваної структури і коагуляцію структурних складових, він підвищує твердість і міцність сталі, межі пружності і плинності, не знижуючи пластичних властивостей [7].

Вплив хрому різний для різних структурних складових сталі. Вплив хрому на твердість фериту невеликий. Найбільш різко хром підвищує твердість і міцність мартенситу.

Внаслідок збільшення дисперсності структури легування хромом сталі сприяє деякому підвищенню класичних властивостей (поперечного звуження, подовження і ударної в'язкості). Однак збільшення вмісту хрому понад 1,0-1,5 % знижує ударну в'язкість.

Хром чинить значний вплив на фізичні властивості сталі: зменшує питому вагу і значно знижує теплопровідність. Хром підвищує стійкість сталі проти корозійної дії біосфери і деяких кислот при кімнатній, а також при підвищених температурах. Хром підвищує температури нагріву сталі під відпал, гартування і зменшує необхідну критичну швидкість охолодження при гартуванні внаслідок збільшення здатності аустеніту до переохолодження. Чим вище температура гартування, тим нижче твердість безпосередньо після гартування внаслідок збільшення кількості залишкового аустеніту, але тим вище може бути твердість, одержувана після відпуску.

Хром підвищує прогартованість сталі тим більшою мірою, чим вище його вміст у сталі. Хром підвищує точки A_3 і A_1 . У міру збільшення його вмісту зсуває криву ізотермічного розпаду вправо, тобто збільшує стійкість аустеніту. При цьому легування сталі карбідотворними елементами (Cr, Mn) змінює характер ізотермічної кривої. У сталях, легуваних цими елементами, стійкість аустеніту із збільшенням ступеня переохолодження нижче A_1 зменшується, досягає мінімуму близько 600 - 650 °С, а потім знову зростає.

Важливе значення має вплив елементів на поріг холодноламкості, що характеризує схильність сталі до крихкого руйнування. Наявність хрому в залізі сприяє деякому підвищенню порога холодноламкості. Збільшення вмісту в сталі хрому або марганцю до 1 % практично не впливає на поріг холодноламкості. Проте при великих концентраціях поріг холодноламкості підвищується.

Аналіз діаграми Fe - Cr показує, що хром має одну модифікацію, яка кристалізується в об'ємноцентрованій ґратці, ізоморфної $Fe\alpha$ (рис. 3.3).

Хром розчиняється в α -Fe від 1 до 100 %, знижує обидві точки поліморфного перетворення заліза, але оскільки точка A_4 знижується швидше, ніж A_3 , то, врешті-решт, обидві точки зливаються і область замикається при 13 % Cr.

Поблизу співвідношення Cr : Fe = 1 : 1 утворюється нестійка хімічна сполука FeCr, яка називається, зазвичай, як σ -фаза, верхня температура існування цієї сполуки 815 °С.

В сталі 30ХГТ хром присутній в кількості 0,9 ÷ 1,2 %. Як сильно карбідотворний елемент, в таких кількостях він не утворює самостійних карбідів хрому, а тільки легує цементит, утворюючи $(Fe, Cr)_3C$ (легований хромом цементит), і також легує ферит.

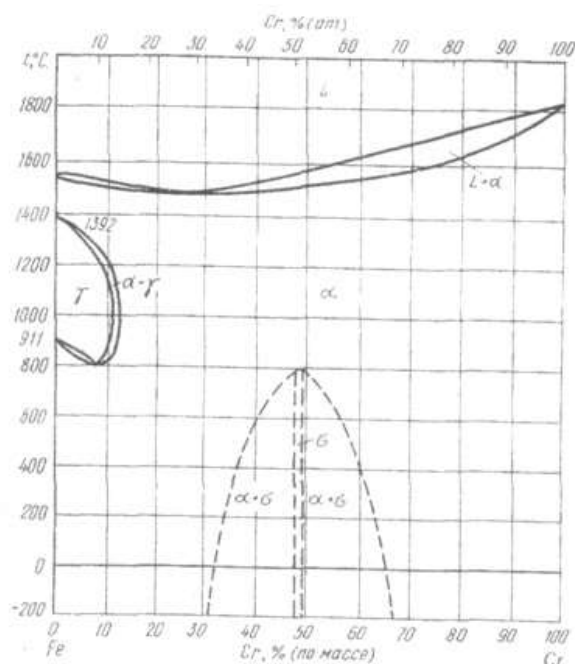


Рисунок 3.3 – Діаграма стану Fe – Cr [4]

Марганець – спільно з хромом підвищує прогартованість. Однак марганець сприяє зростанню зерна, підвищує холодноламкість до +40... +60 °С.

Для подрібнення зерна до складу хромо-марганцевистих сталей вводять титан.

Титан, зменшуючи схильність до зростання зерна, робить сталь 30ХГТ спадково дрібнозернистою, не схильною до перегріву, що дає можливість проводити гартування з цементаційного нагріву.

3.3 Методи дослідження матеріалів.

Вимірювання твердості по Брінеллю

Вимоги до підготовки матеріалу зразків. Поверхневий шар повинен по можливості повно характеризувати матеріал, твердість якого необхідно визначити. Все поверхневі дефекти (окалина, вибоїни, вм'ятини, грубі ризики та ін.) повинні бути видалені. Вимоги до якості випробуваної поверхні залежать від

застосовуваного індентора і величини додатнього навантаження. Чим менше глибина вдавнення індентора, тим вище потрібна чистота поверхні і тим більше строго потрібно стежити, щоб властивості поверхневого шару не змінювалися внаслідок наклепу або розігріву при шліфуванні і поліруванні. Випробувана поверхня повинна бути перпендикулярна осі вдавлюють індентора, і для виконання цієї умови використовують спеціальні опорні столики або пристосування.

При вимірюванні твердості по Бринеллю (ГОСТ 9012-59) сталева кулька діаметром D (1; 2; 2,5; 5 і 10 мм) вдавлюють в випробуваний зразок (рис.1), дії прикладеної певний час (10 с) навантаженням P (625-30000 Н), після зняття якої вимірюють діаметр d залишився на поверхні зразка. У поверхневому шарі під індентором відбувається інтенсивна пластична деформація і витіснення матеріалу з-під індентора, що може спотворювати форму відбитка. Діаметр відбитка виходить тим менше, ніж більше опір матеріалу зразка деформації, виробленої індентором. Число твердості по Бринеллю (НВ, Н / мм²) є ставлення навантаження P , що діє на кульової індентор діаметром D , до площі F кульової поверхні відбитка, тобто.

$$HВ = \frac{P}{F} = P / D^2 \left[\frac{2 / \pi}{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}} \right]. \quad (3.1)$$

Схема пристрою приладу Бринелля приведена на.рис.7.



Рисунок 3.4 – Фотографія приладу ТШ-2 для визначення твердості по Брінеллю [8]

Кульовий індентор найчастіше виготовляють із сталі з твердістю не менше 8500 МПа для випробування матеріалів з твердістю від 8 НВ до 450 НВ. Для вимірювання твердості по Брінеллю матеріалів з > 450 НВ використовують кульки з твердого сплаву з твердістю ≈ 15000 МПа. Число твердості, яке визначається з використанням таких індентором, позначають НВW.

Діаметр відбитка від впливу індентора вимірюють спеціальною лупою МПБ-2, на якій є шкала з ціною ділення 0,1 мм. Схема вимірювання наведена на рис 3.5.

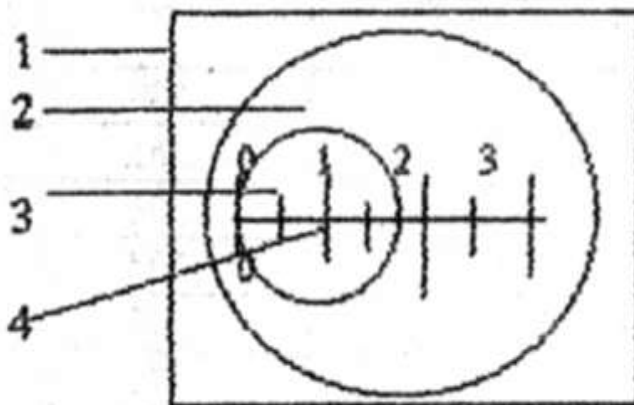


Рисунок 3.5. – Схема вимірювання діаметра відбитка з використанням мікроскопа; 1 - зразок; 2 - поле зору мікроскопа; 3 - площа відбитку на зразку; 4 - вимірювальна шкала мікроскопа

Вимірювання мікротвердості

Метод визначення мікротвердості призначений для оцінки твердості дуже малих (мікроскопічних) обсягів матеріала. Його застосовують для вимірювання твердості дрібних деталей, тонкого дроту або стрічки, тонких поверхневих шарів і покриттів.

Для визначення мікротвердості використовують прилади типу ПМТ ~ 3 (рис. 3.6). На чавунному підставі 1 приладу закріплена колона 3 з різьбленням, а на ній -

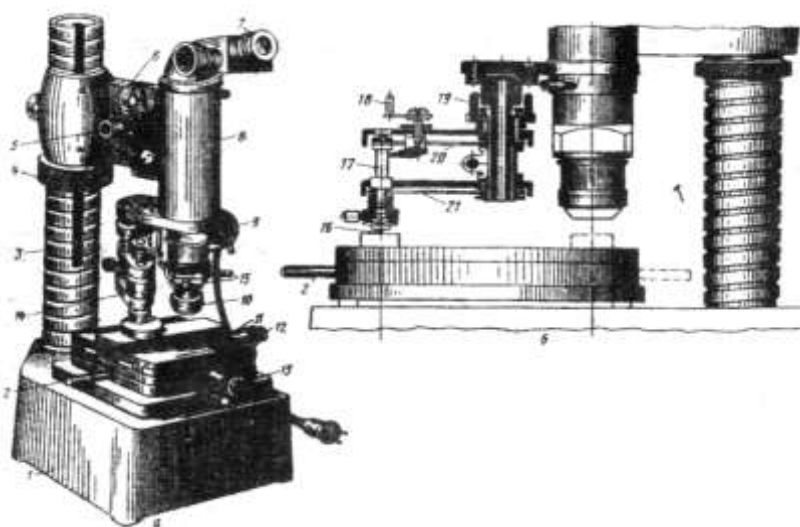


Рисунок 3.6 – Прилад ПМТ-3 для вимірювання

кронштейн з мікроскопом і навантажувальним пристроєм. Для установки кронштейна на необхідній висоті служить гайка 4 н гвинт.

Мікроскоп складається з тубуса – 8, окуляр - мікрометра – 7, змінних об'єктивів – 10, освітлювального пристрою – 9. Для грубої наводки на різкість, мікроскоп переміщається по висоті щодо кронштейна гвинтом – 6, зв'язаним з рейковим пристроєм. Перед обертанням гвинта необхідно послабити гвинт-важіль, розташований на правій частині кронштейна. Для тонкої наводки на різницю служить мікрометричеській гвинт – 5. До нижньої частини тубуса мікроскопа прикріпленій механізм навантаження – 14. Важки у вигляді дисків з прорізами надягають на стрижень – 17, в нижньому кінці якого кріпиться оправлення з алмазним індентором – 16. Стрижень підвішений до кронштейну на двох плоских пружинах 20 і 21. При повороті рукоятки – 18 проти годинникової стрілки (на себе) стрижень звільняється і переміщається під дією вантажів вниз, вдавлюючи індентор в поверхню зразка. Предметний столик – 11 може переміщатися в двох взаємно перпендикулярних напрямках завдяки мікрометричним гвинтам 12, 13 і повертатися рукояткою – 2 навколо своєї осі на 180° , забезпечуючи переміщення зони дослідження під вістря алмазного індентора і зворотного переміщення під мікроскоп для виміру довжини діагоналі відбитка для забезпечення точного виміру мікротвердості прилад повинен бути ретельно юстований. Завдання юстирування - точне сполучення оптичної осі з віссю навантаження при повороті предметного стола на 180° і правильна установка по висоті механізму навантаження.

Для визначення числа мікротвердості по довжині діагоналі при різних навантаженнях Р існують спеціальні, таблиці і номограми. Вимірювання довжини діагоналей здійснюють пересування перехресті, видимого в окулярі за допомогою вимірювального барабана мікрометра. Перехрестя встановлюються щодо відбитка в положення II і записується відлік M1 по окулярної мікрометра, а потім обертанням вимірювального барабана перехрестя переміщається в нове положення II і записуються показання M2; величина діагоналі відбитка визначається за формулою $d = tc$, де $t = M2 - M1$; c - ціна поділки вимірювального барабана окуляр-мікрометра, визначається за допомогою об'єкт-мікрометра і складає 0,3 мкм. Для

зменшення похибок вимірювання мікротвердості, які пов'язані з інструментальними помилками, вібраціями, спотвореннями структури поверхневого шару, неідентичністю умов ручного навантажених і ін., Що не рекомендується працювати з навантаженнями, які дають відбиток з $d < 8-9$ мкм; визначати середнє значення мікротвердості по результатами 3-5 випробувань.

Висновки

Для виготовлення валу в заводському варіанті застосовувалася сталь 45. Виходячи з умов експлуатації та технічних вимог, ми вибираємо сталь 30ХГТ, що підвищить зносостійкість робочих поверхонь деталі і збільшить термін експлуатації валу.

Сталь 30ХГТ - конструкційна легована цементована і економно легована сталь.

Для сталі 30ХГТ можлива висока температура цементації, що скорочує час проведення процесу, сталь не схильна до перегріву і росту зерна, тому гартування після цементації можливе з нагрівання під хіміко-термічну обробку, а також немає необхідності проводити обробку холодом для усунення залишкового аустеніту після гартування. Сталь 30ХГТ не схильна до перегріву.

Проведено опис впливу легувальних елементів на властивості матеріалу.

Розглянуті методи дослідження твердості та глибині нітроцементованого шару для запропонованого процесу зміцнення.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ
ДЕТАЛІ

4.1 Маршрутна технологія виготовлення і термічної обробки деталі вал

Маршрутна технологія виготовлення і термічної обробки деталі вал приведена в таблиці 4.1 і в графічній частині дипломного проекту.

Таблиця 4.1

Маршрутна технологія виготовлення деталі «прес-форма для вулканізації
гуми»

№	Назва операції	Призначення операції	Обладнання та інструменти
1	Відрізна	Відрізка мірної заготовки з прокату	Механічна пила тертя
2	Попередня ТО - нормалізація	Зменшення твердості та зняття внутрішніх напруг	Муфельна піч
3	Контроль	Вимір твердості	Твердомір ТК, ТШ
4	Токарна обробка деталі	Обробка внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталі	Верстат - токарно-гвинторізний Інструмент – прохідні і підрізні, різьбонарізні різці Пристосування - патрон трикулачний
5	Фрезерна	Фрезерування пазів	Верстат –фрезерний Інструмент – пальцева фреза Пристосування – універсальний фрезерний поворотний стіл
6	Свердлувальна	Свердління отвору	Верстат – вертикально-свердлильний Інструмент-спіральне свердло; Пристосування - тиски

7	Термічна обробка	Нітроцементация, гартування і відпуск деталі	Нітроцементацийна та відпускна піч, гартівний масляний бак
8	Контроль	Контроль твердості деталі та товщини нітроцементацийного шару	Твердоміри ТК, ПМТ-3
9	Шліфувальна	Шліфування	Верстат – кругло - шліфувальний Інструмент – абразивний круг
10	Слюсарно-доводочна	Остаточне доведення поверхонь деталі	Універсальний слюсарний інструмент
11	ОТК	Контроль якості та клеймування деталі	Стіл контролю якості

4.2 Вибір та обґрунтування технологічного процесу термічної обробки деталі

Основними параметрами процесу нітроцементации деталей триетаноламіном, від яких залежить глибина і якість нітроцементованого шару, є: температура процесу, тривалість витримки, склад карбюратора, витрата його в одиницю часу, надлишковий тиск у печі і конструкція пристосувань для завантаження деталей, вага (поверхня) деталей.

Нітроцементацию деталі необхідно виробляти в підвішеному стані для виключення деформації в процесі нагрівання під власною вагою.

Перед установкою деталі в піч поверхні прес-форми необхідно очистити від іржі і знежирити, так як за наявності іржі та захисних плівок швидкість нітроцементации знижується в 2-5 разів.

Для захисту місць, які не повинні піддаватися нітроцементации, ці поверхні знежирюють і покривають силікатом натрію (силікатний клей).

При розрахунку загальної тривалості перебування виробів у печі використовуємо формулу:

$$\tau_{заг.} = \tau_n + \tau_n + \tau_e + \tau_{техн} + \tau_{охл} \quad (4.1)$$

де τ_n - час нагріву до заданої температури, год.

τ_n - час прогріву деталі по перетину, год.

$\tau_{\text{в}}$ – час витримки, год.

$\tau_{\text{техн}}$ – тривалість підготовчих процесів, год.

$\tau_{\text{охл}}$ – час охолодження виробів з піччю, год.

Час нагріву печі до заданої температури визначається конфігурацією печі, об'ємом робочого простору, потужністю печі, ступенем завантаження. Виробничі печі розраховані таким чином, що при дотриманні зазорів розташування і садки печі швидкість нагріву печі становить 70-100 °С / год.

$$\tau_n = \frac{T-20}{100}, \text{ год.} \quad (4.2)$$

Час прогріву визначається, виходячи з перетину деталі. У процесі прогріву деталі по перетину відбувається зменшення різниці температури між поверхнею і серцевиною, що дозволяє підвищити однорідність структури і властивостей по перетину деталі. Час прогріву вибирається, виходячи з розрахунку 1,5-2 хв. на 1 мм перерізу деталі:

$$\tau_n = \frac{s}{0,025}, \text{ год.} \quad (4.3)$$

Технологічний час, що необхідний для підготовки, завантаження, установки деталей у піч, включає також час, необхідний на витяг деталей з печі. Технологічний час залежить від типу оснастки, обладнання і при нітроцементації в середовищі триетаноламіну становить 15 хв. (0,25 год.).

Час охолодження деталей у печі визначається, головним чином, швидкістю охолодження печі в закритому стані і температурою, до якої деталі лежать в печі. Швидкість охолодження складає для більшості виробничих печей 40 °С/год.

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{T-T_k}{V_{\text{охл}}}, \text{ год.} \quad (4.4)$$

де T - температура процесу, °С

T_k – температура, при якій деталі витягуються з печі, °С

$V_{\text{охл}}$ - швидкість охолодження печі в закритому стані, °С/год.

Деталь вал отримана з прокату і подальшою механічною обробкою. Для підготовки структури до механічної обробки після відрізки, заготовки необхідно провести попередню термообробку - нормалізацію.

Під нормалізацією розуміється така термічна обробка, яка полягає в нагріванні сталі до температури $A_{c3} + 30-50$ °C з подальшим охолодженням на спокійному повітрі.

Нормалізацію можна розглядати як один з видів відпалу, хоча перетворення аустеніту відбувається при більш значному переохолодженні точки A_{c1} .

Структура, що отримується в результаті нормалізації, значною мірою залежить від складу сталі: у маловуглецевих сталей (до 0,3% C) структура виходить перліто-феритна, а у середньовуглецевих і у низьколегованих - сорбіт з невеликою кількістю структурно вільного фериту.

Механічні властивості після нормалізації відрізняються (якщо порівняти нормалізований стан з відпаленим) більш високою міцністю (σ_b , $\sigma_{0,2}$, НВ) і меншою пластичністю (δ , ψ). Різниця ця тим більше, чим менше містить сталь вуглецю (і легуючих елементів).

Нормалізація, будучи більш дешевою термічною операцією, замінила майже повністю відпал стосовно до простих мало - і середньовуглецевих сталей (0,2 - 0,3 % C).

Після нормалізації заготовки відправляють на ділянку механічної обробки, де розмір заготовки доводиться до розмірів готової деталі, враховуючи припуск на шліфування і полірування.

Після механічної обробки заготовка піддається хіміко-термічній обробці – нітроцементатії по описаній вище технології.

З метою зниження енерговитрат на термічну обробку гартування деталі вал проводимо з температури цементатії (гартування з підстужуванням).

Температуру нітроцементатії і час витримки визначаємо, виходячи з вимог до зносостійкості поверхні і глибини дифузійного шару. Чим вище температура і більший час витримки, тим глибина нітроцементованого шару більше. Так як сталь 30ХГТ не схильна до зростання зерна, то вибираємо температуру

нітроцементації 880 °С. Зниження температури насичення без збільшення тривалості процесу, дозволяє знизити деформацію оброблюваних деталей, підвищити стійкість пічного обладнання і зменшити час на підстижування перед гартуванням.

Графік пропонованого режиму термічної та хіміко-термічної обробки сталі 30 ХГТ представлений на рис. 4.1.

При даній температурі для отримання шару глибиною 0,5 мм час витримки складає 10 год.

В результаті отримаємо такі властивості поверхневого шару:

- глибина дифузійного шару - 0,5 мм;
- твердість поверхні після гартування - HRC 64.

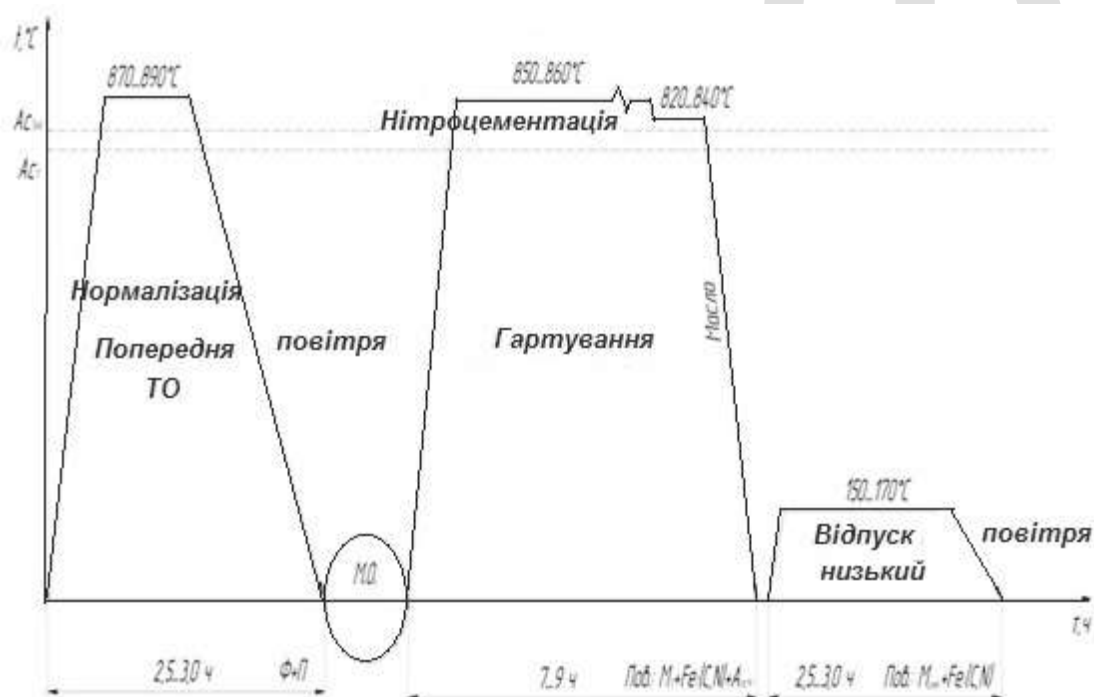


Рисунок 4.1 – Графік пропонованого режиму термічної та хіміко-термічної обробки деталі вал зі сталі 30 ХГТ

З метою економії енергетичних ресурсів гартування проводимо з температури нітроцементації, підстижуючи деталь до температури 860-840 °С.

Легуючі елементи Cr, Ni, Mo, розчиняючись в аустеніт при температурі вище т. A_{c1} , легують його, збільшуючи параметр решітки. Хром, молібден є карбідотворними елементами, утворюючи складні карбіди, які стримують зростання зерна. Всі легуючі елементи збільшують стійкість переохолодженого аустеніту, тому гартування необхідно проводити в масло для зниження внутрішніх термічних напруг.

Гартування необхідно проводити при температурі 840-860 °С з подальшим охолодженням у маслі. Особливістю термічної обробки деталі є те, що гартування необхідно проводити також у підвішеному стані, поступово опускаючи його у ванну з маслом, яке переміщується (бомбардується стисненим повітрям) для усунення парової сорочки навколо штока. Структура після гартування - легований мартенсит, карбіди і залишковий аустеніт (рис. 4.2).

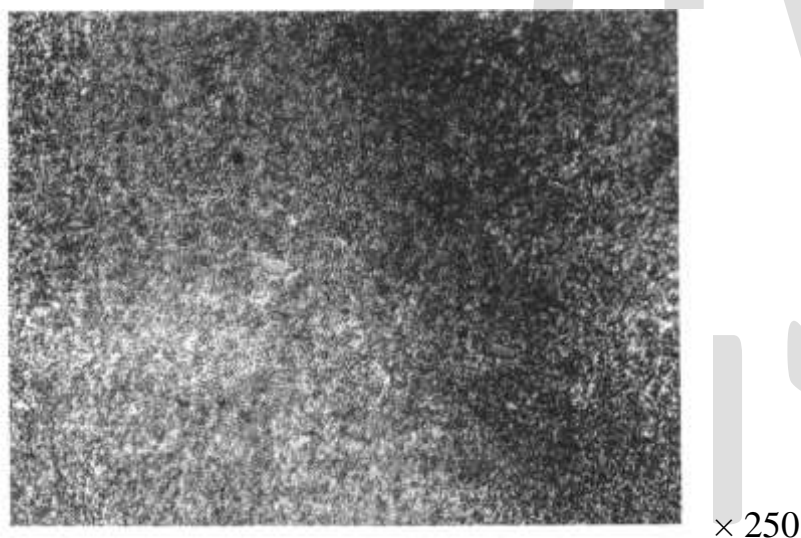


Рисунок 4.2– Мікроструктура серцевини сталі 30ХГТ після гартування

В якості заключної операції (після закінчення всієї термічної обробки) рекомендується проводити відпуск нітроцементованих деталей.

Залежно від призначення оброблюваних деталей і вимог, що пред'являються до них, відпуск може проводитися при різних температурах. Деталі, загартовані з температур нітроцементациї, при відпуску зазнають структурні зміни, пов'язані з перетворенням залишкового аустеніту в мартенсит.

Залишковий аустеніт при звичайно прийнятих температурах відпуску 180-200 °С не розпадається. Відпуск при температурі 250 °С протягом 30 хв. призводить майже до повного розкладання залишкового аустеніту. Подальше підвищення температури відпуску викликає дуже швидкий розпад залишкового аустеніту, але при цьому відбувається і розпад мартенситу, що супроводжується зниженням твердості сталі.

Велика структурна неоднорідність після гартування нітроцементованих деталей викликає значні напруги між шаром і серцевиною. Мартенсит, утворений в шарі при гартуванні, є тетрагональним і займає об'єм майже на 4 % більше, ніж серцевина.

Нестійкий тетрагональний мартенсит з часом або після поступового нагрівання переходить в кубічний, який має однакові властивості з тетрагонами, але менший об'єм (2 %), а тому й менші внутрішні напруги. Цей перехід при температурі 150-200 °С відбувається за кілька хвилин.

Зниження навантаження в мартенситі зменшує напруги між шаром і серцевиною, а це істотно знижує можливість появи тріщин при шліфуванні й позначається на працездатності виробу.

Тому низький відпуск (150-200 °С) нітроцементованих деталей необхідний завжди як заключна операція термічної обробки.

Вживаний іноді низький відпуск перед обробкою холодом недоцільний, оскільки він викликає стабілізацію аустеніту, що знижує ефект такої обробки.

У деяких роботах автори пропонують не проводити відпуск після нітроцементзації для тих деталей, працездатність яких визначається втомною міцністю, яка істотно не залежить від величини і характеру розподілу залишкових напружень по перерізу деталі.

Операція гартування з поверхневим насиченням розвиває в поверхневому шарі залишкові напруги стиску з деяким спадом їх до поверхні, приблизно на глибині 0,7 мм.

Низькотемпературний відпуск істотно змінює розподіл напруги і доводить залишкові напруги стиску до поверхні до нульових значень або до напружень розтягу.

Відпуск на 170-200 °С практично повністю знімає напругу, що сприятливо впливають на втомну міцність.

З цієї точки зору найбільш високу втомну міцність повинні дати нітроцементовані деталі безпосередньо після гартування без низькотемпературного відпуску.

Може бути прийнятний і другий варіант, що дає однозначні результати: нітроцементация - гартування - відпуск - наклеп дробом. При цьому варіанті вдається поєднувати хороші властивості серцевини деталі з напруженим станом поверхневого шару.

Перестановка послідовності операцій відпуску і наклепу дробом є небажаною.

Для зняття гартівних напруг і отримання структури тростит, а також усунення залишкового аустеніту, необхідно провести низькотемпературний відпуск. Відпуск проводиться при температурі 180-200 °С, з витримкою 3-5 годин і подальшим охолодженням на повітрі. Після відпуску ми отримаємо твердість 58-60 HRC нітроцементованого шару (структура - складні комплексні карбонітриди Fe, Cr, Mo в мартенситній матриці) і 35-38 HRC серцевини (структуру тростосорбіт), що забезпечить найкращі пружні та міцнісні властивості деталі.

За отриманими даними (табл. 4.2) побудували графік зміни мікротвердості по глибині зміцнення зразка зі сталі 30ХГТ (рис. 4.3).

Таблиця 4.2

Значення мікротвердості для зразка, підданого газовій нітроцементации і низькому відпуску

h, мкм	95	220	480	580	800	1500	1800	2000
H _μ , МПа	747	711	658	611	397	267	236	231

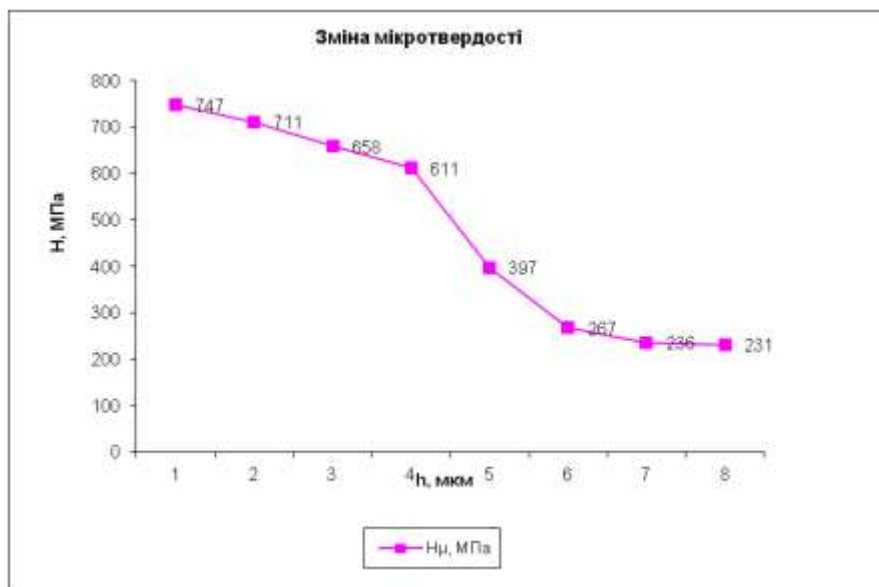


Рисунок 4.3 –Зміна мікротвердості по глибині зміцнення зразка

З графіку видно, як змінюється мікротвердість по глибині нанесеного шару від поверхні до серцевини.

Висновки

В розділі розроблена маршрутна технологія виготовлення і термічної обробки деталі вал.

Деталь вал отримана з прокату і подальшою механічною обробкою. Для підготовки структури до механічної обробки після відрізки, заготовки необхідно провести попередню термообробку - нормалізацію.

Після нормалізації заготовки відправляють на ділянку механічної обробки, де розмір заготовки доводиться до розмірів готової деталі, враховуючи припуск на шліфування і полірування.

Після механічної обробки заготовка піддається хіміко-термічній обробці – нітроцементатії по описаній вище технології.

З метою економії енергетичних ресурсів гартування проводимо з температури нітроцементатії, підстужуючи деталь до температури 860-840 °С.

Відпуск проводиться при температурі 180-200 °С, з витримкою 3-5 годин і подальшим охолодженням на повітрі. Після відпуску ми отримаємо твердість 58-60 HRC нітроцементованого шару (структура - складні комплексні карбонітриди

Fe, Cr, Mo в мартенситній матриці) і 35-38 HRC серцевини (структуру тростосорбіт), що забезпечить найкращі пружні та міцнісні властивості деталі.

СуммДУ

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1 Вибір і розрахунок основного та допоміжного обладнання для термічної обробки деталі вал

Економічна доцільність впровадження нового технологічного процесу термічної обробки пов'язана з правильним і раціональним вибором обладнання і енергії для нагрівання деталей внаслідок значної питомої ваги амортизації та вартості палива в структурі собівартості термічної обробки.

Вибір обладнання повинен орієнтуватися на використанні потужного сучасного продуктивного обладнання (печей) та їх максимальне завантаження, щоб виключити роботу печей в холосту.

При правильному виборі обладнання зменшується як собівартість термічної обробки, так і питоме капіталовкладення, що веде до мінімальних витрат.

5.1.1 Вибір основного обладнання

Щоб спроектувати термічну ділянку обробки деталі вал, вибираємо основне, допоміжне і додаткове обладнання для проведення термічної, хіміко-термічної обробки, контролю якості та транспортування деталей.

Для проведення попередньої термічної обробки - нормалізації обираємо камерну електричну піч типу СНО/СНЗ - 6.12.4/10 (рис. 5.1). Технічні характеристики печі приведені в табл. 5.1.

Печі цього типу мають стрічкові нагрівальні елементи 3, розташовані зигзагами в два ряди по бічних стінкам, на поду і склепінні. Підповоді нагрівачі розміщені на спеціальних гребінках 5 і захищені масивною металевією плитою 6 з бічними ребрами. Кінці нагрівачів виведені на задню стінку і захищені кожухом 4. У заслінки 1 печі матися трубка 7 з отворами для подачі захисної атмосфери. Деталі завантажуються в піч на спеціальних піддонах з жаростійкої сталі.

Укладання деталей на піддоні передбачає максимальне завантаження для підвищення ККД печі і скорочення питомих витрат електроенергії.



Рисунок 5.1 – Типова камерна електрична піч [9]

Таблиця 5.1

Технічні характеристики печі СНО/СНЗ - 6.12.4/10 [9]

Розмір робочого простору, м	0,6 × 1,2 × 0,4
Площа поду, м ²	0,72
Температура нагріву (max), Т ⁰ С	1000
Зовнішні габарити, м	2,0 × 2,8 × 2,5
Потужність, кВт	58
Продуктивність, кг/год.	100

Для проведення нітроцементації в газовому карбюризаторі вибираємо високотемпературну камерну піч СНЗ - 6.12.4/12 з карборундовими неметалевими нагрівачами, що дають температуру до 1400 °С. Температура нижче 1300 °С може бути досягнута і з металевими нагрівачами зі сплаву Х27Ю5. Під печі являє собою жароміцну карборундову плиту, на яку встановлюється ящик з деталями, пересипаними карбюризатором. Ящик повинен бути герметично закупорений.

Технічні характеристики печі СНЗ-6.12.4/12 представлені в табл. 5.2.

Технічні характеристики печі СНЗ-6.12.4/12 [10]

Розмір робочого простору, м	0,6 x 1,2 x 0,4
Площа поду, м ²	0,72
Температура нагріву (мах), Т ⁰ С	1200
Зовнішні габарити, м	2,0 x 2,8 x 2,5
Потужність, кВт	52
Продуктивність, кг/год.	110

Для гартування нітроцементованих деталей вибираємо електричну піч-ванну з зовнішнім обігрівом, так як нітроцементовані деталі не можна нагрівати в електричних камерних печах через погіршення якості нітроцементованого шару.

В якості нагрівального середовища вибираємо натрій-боро-силікатний розплав, що складається з 32-36 % SiO₂, 28 - 32 % В₂О₃, 20-24 % Na₂O, 6-7% К₂O і по 1 % Al₂O₃, СаО, MgO. Даний розплав може застосовуватися при температурах 850 – 1300 °С. Він має невелику в'язкість, оберігає сталь від окислення і знеуглецювання, дає чисту поверхню, не порушує якість нітроцементованого шару.

В електричних ваннах з зовнішнім обігрівом обігрівачі розташовуються на внутрішній поверхні кладки в кілька рядів на висоті. Температура нагрівачів зазвичай 100 – 150 °С вище робочої температури ванни. Тигель ванни має кошик, в який поміщають деталі.

Технічні характеристики печі-ванни представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Технічні характеристики печі-ванни із зовнішнім обігрівом [11]

Розмір робочого простору, м	0,4 x 1,2
Зовнішні габарити, м	1,5 x 2,9 x 2,6
Потужність, кВт	150
Продуктивність, кг/год.	160-250

Для проведення низькотемпературного відпуску вибираємо відпускну піч СШО - 6.12/7. Після гартування в пристосуванні «кошик» деталі переносимо у відпускну піч у тому ж пристосуванні.

Технічні характеристики печі СШО - 6.12/7 представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Технічні характеристики печі СШО - 6.12/7 [12]

Розмір робочого простору, м	0,6 x 1,2
Площа поду, м ²	0,34
Температура нагріву (мах), Т ⁰ С	700
Зовнішні габарити, м	2,8 x 2,7 x 4,0
Садка, т	1,0
Потужність, кВт	50
Продуктивність, кг/год.	100

Для охолодження вала після гартування вибираємо бак періодичної дії, немеханізований з примусовою циркуляцією води. Завантаження та розвантаження деталей проводиться за допомогою кран-балки безпосередньо в пристосуванні «кошик». Розмір бака залежить від величини садки деталей з розрахунку ~ 20 л води на 1 кг. гарячих деталей. В нашому випадку розміри бака 1,0 x 1,5 x 1,5 м. Для зручності обслуговування бак занурений на 0,5 м. в підлогу термічного відділення.

5.1.2 Допоміжне і додаткове обладнання

Для відрубки зразків і зачистки місць контролю твердості на деталях у термічному відділенні передбачаються механічні дискові або стрічкові пили, а також заточувальні верстати (кожного з них по одній одиниці).

5.1.3 Прилади контролю якості термічної обробки

Контроль твердості проводиться після всіх операцій термічної обробки на приладі ТК (по Роквелу).

Якість, мікроструктуру і твердість нітроцементованого шару визначається на зразках - свідках в заводській металографічній лабораторії.

5.1.4 Транспортні засоби

Для транспортування деталей використовуємо самохідні візки з підцепною платформою (електронавантажувач) з вантажопідйомністю до 1т. Для завантаження деталей у печі застосовується кран-балка вантажопідйомністю до 3 т.

5.2 Розрахунок обладнання термічного ділянки

Для розрахунку необхідної кількості обладнання вибираємо спосіб за укрупненими показниками, який призначений для проектних завдань, як і в нашому випадку.

Розрахунок полягає в тому, що кількість потрібного обладнання визначається, виходячи з продуктивності вибраного обладнання - часової і питомої, так як продуктивність печей залежить від тієї операції, яка на ній виконується. Для цього в проектних завданнях спочатку складаємо відомість розподілу деталей програми за операціями. Потім проводимо визначення заборгованості печі, тобто кількість годин роботи печі, які потрібні для обробки однієї садки деталей по програмі.

Розрахунок необхідної кількості обладнання за укрупненими показниками виробляємо, користуючись відомостями з таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Середня продуктивність печей на окремих операціях в кг/год.

Тип печі	Операція термічної обробки	Середня продуктивність, кг/год.
СНО – 6.12.4/10	Нормалізація	100
СНЗ – 6.12.4/12	Нітроцементация	25
Піч-ванна з зовнішнім обігрівом	Гартування після нітроцементации	250
СШО – 6.12/7	Відпуск низькотемпературний	50

Приймаємо програму термообробки деталей рівну 250000 кг/р, при нормалізації в обраній печі СНО - 6.12.4/10 з продуктивністю 100 кг/год. і програмі 25000 кг/р, заборгованість становить:

$$\frac{250000}{100} = 2500 \text{ год.} \quad (5.1)$$

Визначаємо кількість печей, приймаючи фонд часу роботи обладнання, при двозмінній роботі ~ 3800 годин.

$$\frac{2500}{3800} = 0.67 \text{ печи} \quad (5.2)$$

Приймаємо кількість печей на цій операції, що дорівнює одній, ККД при цьому дорівнює:

$$\frac{0.67 * 100}{1} = 67 \% \quad (5.3)$$

При боруванні в обраній печі СНЗ - 6.12.4/12 з продуктивністю 25 кг/год. і програмі 250000 кг на рік, заборгованість становитиме:

$$\frac{250000}{25} = 10000 \text{ год.} \quad (5.4)$$

Визначаємо кількість печей, приймаючи фонд часу роботи обладнання, при двозмінній роботі ~ 3800 годин.

$$\frac{10000}{3800} = 2.63 \text{ печи} \quad (5.5)$$

Приймаємо три печі для нітроцементзації, при цьому ККД дорівнює:

$$\frac{2,63 * 100}{3} = 87,7 \% \quad (5.6)$$

При гартуванні в печі-ванні з зовнішнім обігрівом з продуктивністю 250 кг/год. при програмі 250000 кг/р., заборгованість становитиме:

$$\frac{250000}{250} = 1000 \text{ год.} \quad (5.7)$$

Визначаємо кількість печей-ванн, приймаючи фонд часу роботи даного виду обладнання при роботі в одну зміну ~ 1500 годин.

$$\frac{1000}{1500} = 0.67 \text{ печи} \quad (5.8)$$

Приймаємо кількість печей-ванн рівною одній, при цьому ККД дорівнює:

$$\frac{0,67 * 100}{1} = 67 \% \quad (5.9)$$

Відпуск низькотемпературний обраної печі СШО - 6.12/7 з продуктивність 50 кг/год. і програмі 250000 кг/р., заборгованість становитиме:

$$\frac{250000}{50} = 5000 \text{ год.} \quad (5.10)$$

Визначаємо кількість печей, приймаючи фонд часу роботи обладнання, при двозмінній роботі ~ 3800 годин.

$$\frac{5000}{3800} = 1,32 \text{ печи} \quad (5.11)$$

Приймаємо кількість печей на цій операції, що дорівнює двом, ККД при цьому дорівнює:

$$\frac{1,32 * 100}{2} = 66 \% \quad (5.12)$$

Отже, для проектування термічної ділянки приймаємо:

- для нормалізації - піч СНО - 6.12.4/10 - 1 шт.
- для нітроцементзації в газовому середовищі - піч СНЗ - 6.12.4/12 - 3 шт.
- піч-ванна з зовнішнім обігрівом для гартування - 1 шт.
- для відпуску низького - СШО - 6.12 / 7 - 2шт.

5.3 Проектування плану ділянки (відділення, цеху) та вантажопотоків

Зовнішні стіни будівлі виготовлені з утеплених залізобетонних панелей товщиною 300 мм. Ширина прольоту становить 18 м, а крок колон 6 м. Висота до мостового крана становить 8 м. Транспортний проїзд становить 3 м.

Розташування обладнання на плані ділянки проводиться по технологічному процесу з урахуванням забезпечення поточності виробництва і безперервності роботи на ділянці. Тому на початку цеху розташовується склад сировини та прес-форм, потім розташовується силове обладнання, на якому виготовляють вироби.

При подальшому просуванні розташовується ділянка ВТК, де перевіряють 10 % продукції, і потім всю виготовлену продукцію відправляють на ділянку комплектування, де після упаковки вироби потрапляють на склад готової продукції.

Розмір цехових воріт - 4 x 4.

Підлоги виконані з цементу. Вони повинні мати особливо тверде і міцне покриття на проїжджій частині та на ділянках складування, не ковзати і добре очищатися від бруду.

Вікна шириною 2,5 м з одинарним склінням.

Для поліпшення освітленості будівлі забезпечені ліхтарями. Ліхтарі забезпечують більш рівномірне освітлення будівлі.

Будівля термічного цеху виготовляється з вогнетривких матеріалів, відповідних I - II ступеню вогнестійкості.

Дах ділянки виконаний з жаростійких і теплоізолюючих матеріалів з ліхтарем, що призначаються для додаткового освітлення ділянки і провітрюють його в теплу пору року.

Ділянка для термічної і хіміко-термічної обробки розроблена згідно нормативів, прийнятих при проектуванні термічних цехів і дільниць.

При проектуванні були враховані всі розрахункові дані щодо кількості основного та допоміжного обладнання, прийняті до уваги вантажопотоки деталей при виготовленні (механічній обробці), термічній і хіміко-термічній обробці.

У плануванні ділянки передбачені місця для складування заготовок і готової продукції, а також виділені приміщення (побутові) для відпочинку робітників і розташування ІТП, обслуговуючих спроектовану ділянку.

Схема ділянки представлена на рис. 5.2 по тексту роботи.

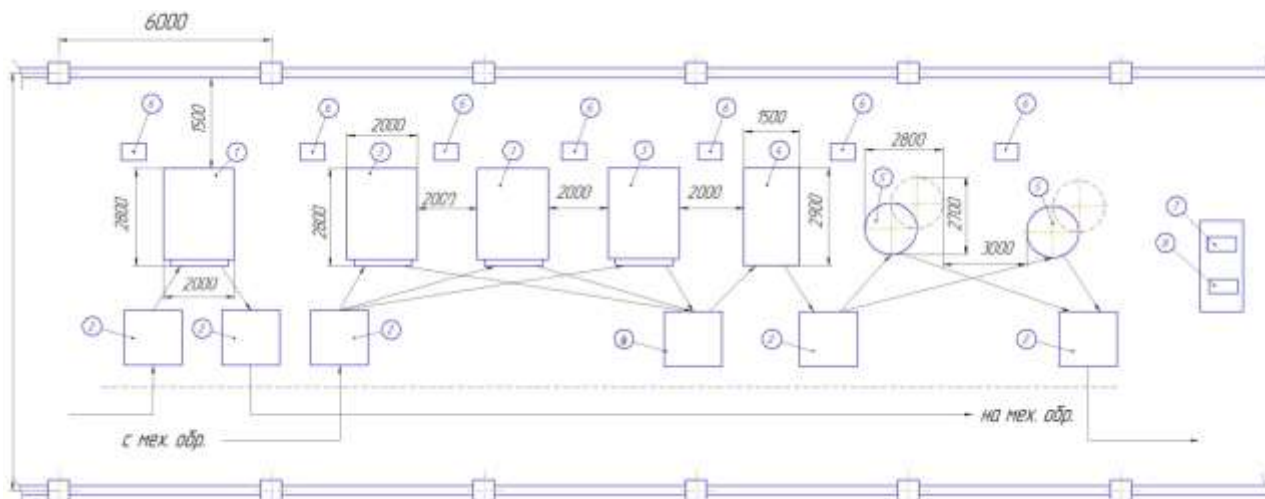


Рисунок 5.2– Планування ділянки ТО і ХТО деталі вал

Специфікація обладнання ділянки

Основне обладнання	Обладнання контролю
1. Піч СНО/СНЗ-6.12.4/10 – 1 шт.	7. Твердомір ТШ-2 – 1 шт.
2. Місце для складування – 6 шт.	8. Твердомір ТК-2 – 1 шт.
3. Піч СНЗ-6.12.4./12 – 3 шт.	9. Масляний бак
4. Мийна машина	
5. Піч СШО-6.12/7 – 2 шт.	
6. Шафа керування – 7 шт.	

Висновки

Вибрано і розраховано обладнання (основне, допоміжне, контрольне) для забезпечення виконання технологічного процесу термічної та хіміко-термічної обробки деталі вал подрібнювача рослинних проб.

Сплановано ділянку для проведення термічної та хіміко-термічної обробки деталі.

ВИСНОВКИ

В процесі роботи над дипломним проектом був проведений:

1. Аналіз умов роботи деталі і призначені вимоги на властивості матеріалу деталі. Товщина дифузійного шару робить досить істотний вплив на міцність (перш за все на опір втоми при вигині і на контактну витривалість). Ефективна товщина поверхневого шару повинна складати від 0,3 до 1,2 мм. В сталях з поверхневим зміцненням рекомендується вміст вуглецю не вище 0,30%, а оптимальні значення твердості серцевини після хіміко-термічної обробки повинні знаходитися в межах HRC 24-32. У зв'язку з необхідністю забезпечення поверхневої твердості HRC 59-63 структура шару повинна складатися, в основному, з дрібногольчатого мартенситу з невеликими ізольованими ділянками залишкового аустеніту.

2. Проведено аналіз сталей для виготовлення деталі вал подрібнювача рослинних проб і обрана конструкційна легована цементована і економнолегована сталь 30 ХГТ.

Для сталі 30ХГТ можлива висока температура цементації, що скорочує час проведення процесу, сталь не схильна до перегріву і росту зерна, тому гартування після цементації можливе з нагрівання під хіміко-термічну обробку, а також немає необхідності проводити обробку холодом для усунення залишкового аустеніту після гартування.

Проведено опис впливу легувальних елементів на властивості матеріалу.

Розглянуті методи дослідження твердості та глибини нітроцементованного шару для запропонованого процесу зміцнення.

3. Призначено режим термічної та хіміко-термічної обробки, що забезпечує виконання всіх вимог до технологічних і механічних властивостей деталі.

З метою економії енергетичних ресурсів гартування проводимо з температури нітроцементації, підстужуючи деталь до температури 860-840 °С.

Відпуск проводиться при температурі 180-200 °С, з витримкою 3-5 годин і подальшим охолодженням на повітрі. Після відпуску ми отримуємо твердість 58-

60 HRC нітроцементованого шару (структура - складні комплексні карбонітриди Fe, Cr, Mo в мартенситній матриці) і 35-38 HRC серцевини (структуру тростосорбіт), що забезпечить найкращі пружні та міцнісні властивості деталі.

4. Вибрано і розраховано обладнання (основне, допоміжне, контрольне) для забезпечення виконання технологічного процесу термічної та хіміко-термічної обробки деталі вал подрібнювача рослинних проб.

5. Сплановано ділянку для проведення термічної та хіміко-термічної обробки деталі.

СумДДУ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Решетов, Д. Н. Детали машин [Текст] : учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов / Д. Н. Решетов. – 4 – е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989, – 496 с.
2. Богуславский, Б. Л. Справочник металлиста [Текст] / Б. Л. Богуславский. – т. 8. – М. : Машиностроение, 1976. – 675с.
3. Дальский, А. М. Технология конструкционных материалов [Текст] : учебник для вузов /А. М. Дальский. - М. : Машиностроение, 1977. - 664 с., ил.
4. Казаков, Н. Ф. Технология металлов и других конструкционных материалов [Текст] : учебн, пособие для студентов механических специальностей немашиностроительных вузов / Н. Ф. Казаков, А. М. Осокин, А. П. Шишкова. - М. : «Металлургия», 1976. – 687 с.
5. Технология термической обработки стали [Текст] : учебник для вузов / Ю. А. Башнин, Б. К. Ушаков, А. Г. Секей. - М. : Metallurgy, 1986. - 424 с.
6. Вязников, Н. Ф. Термист [Текст] / Н. Ф. Вязников. – М. : Изд-во «Металлург», 1957. – 264 с.
7. Охрана труда в машиностроении [Текст] / под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1983. – 431 с.
8. Иванов, М. Н. Детали машин [Текст] : учебник для вузов / М. Н. Иванов. М. : «Высшая школа», 1991. – 330 с.
9. Ерохин, А. В. Механизация и автоматизация в термических цехах [Текст] : учебник для вузов / А. В. Ерохин, С. К. Самохин. – М. : Машгиз, 1953. – 478 с.
10. Корсаков, В. С. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник для вузов / В. С. Корсаков. - М. : «Высшая школа», 1974. - 336 с.
11. Маталин, А. А. Технология машиностроения [Текст] : учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения,

металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. - Л. : Машиностроение, Ленингр. отд – ние, 1985. – 496 с.

12. Гуляев, А. П. Материаловедение [Текст] : учебник для вузов / А. П. Гуляев. - М. : «Металлургия», 1976. – 647 с.

13. Гуляев, А. П. Термическая обработка сталі [Текст] / А. П. Гуляев. – Машгиз, 1953. – 384 с.

14. Зуев, В. М. Термическая обработка металлов [Текст] : учебник для сред. ПТУ / В. М. Зуев. - 3-е изд., перераб и доп. – М. : Высш. шк., 1986. – 288 с.

15. Лахтин, Ю. М. Материаловедение и термическая обработка [Текст] / Ю. М. Лахтин. - М., : Изд-во «Металлург», 1964. – 389 с.

16. Долотов, Г. П. Оборудование термических цехов и лабораторий испытания металлов [Текст] : учеб, пособие для учащихся машиностроительных и металлургических техникумов / Г. П. Долотов, Е. А. Кондаков. – М. : Машиностроение, 1988. – 336 с.

17. Рустем, С. Л. Оборудование и проектирование термических цехов [Текст] / С. Л. Рустем. - М. : Машгиз, 1962. – 321 с.

18. Соколов, В. М. Механизация и автоматизация в термических цехах [Текст] / В. М. Соколов. - М. – Свердловск : Машгиз, 1962. – 365 с.

19. Сигова, В. И. Методические указания к лабораторной работе «Выбор материала и термическая обработка деталей типа шестерён» по курсу «Технология упрочнения сталей и сплавов» [Текст] / В. И. Сигова. – Сумы : СумГУ, 1988. – 18 с.

20. Мельник, Л. Г.. Экономика предприятия [Текст] : учебн, пособие / Л. Г. Мельник, А. М. Каринцева. – Сумы : ИТД «Университетская книга», 2002. – 400 с.

21. Химико-термическая обработка металлов и сплавов [Текст] : справочник / Г. В. Борисенко, Л. А. Васильев, Л. Г. Ворошин и др. - М. : Металлургия, 1981. - 424 с.

22. Способ боромеднения стальных изделий в виброкипящем слое: пат. 2005811 РФ: МПК С23С 8/70; заявл. 21.11.1991; опубл. 15.12.1993, Бюл. №45-46 /, С. В. Грачев, А. С. Колпаков, Ю. А. Баландин (Россия). 4 с.

23. Способ бороникелирования стальных изделий в псевдооживленном слое: пат. 2190688РФ МПК С23С 9/04; заявл.25.08.1987; опубл. 07.12.1989, Бюл.№45/ Ю.А.Баландин (Россия). 4 с.

24. Способ никелирования металлических материалов в псевдооживленном слое: пат. 2001111385/02, МПК С23С 10 /39; заявл. 02.12.1959; опубл. 01.01.1960, Бюл.№17 / Ю. А. Баландин (Россия). 5 с.

Сумдду

ДОДАТКИ

Сумдү