

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства і технології
конструкційних матеріалів**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі «муфта».

Виконав:

студент Московченко Микола
Іванович

Керівник:

Харченко Надія Анатоліївна

Залікова книжка

№19510262

Підпис _____

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК

Оцінка, дата

_____ Марченко К.С.

Прізвище, підпис

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних
матеріалів
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н. А.
«23» червня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Московченку Миколі Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи:
2. Вихідні дані: Креслення деталі «муфта» та вимоги до неї вказані на кресленні (додаток А)
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу
 - 1) Креслення деталі.
 - 2) Графік термічної обробки деталі
4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1 Характеристики та умови експлуатації деталі «муфта»	X			
2	Розділ 2 Огляд літератури	X			
3	Розділ 3 Вибір матеріалу деталі та методів дослідження		X		
4	Розділ 4 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «муфта»			X	
5	Розділ 5 Розрахунково - експериментальна частина				X

5. Дата видачі завдання 26.04.2022 р.

Керівник _____
(підпис)

доцент, Харченко Н. А.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра вміщує 65 сторінок, зокрема 6 таблиць, 3 рисунків, список із 48 використаних джерел на 5 сторінках, 2 додатків на 2 сторінках.

Мета роботи – провести вибір матеріалу, розробити сучасну маршрутну технологію виготовлення та термічної обробки деталі «муфта»

Методи досліджень: металографічний аналіз , визначення твердості.

Проаналізовано робочий стан деталі «муфта» та сформульовано вимоги до матеріалів, з яких вона виготовлена. За результатами огляду літератури підібрано марку сталі, розроблено технологію виготовлення деталі «муфта» та запропоновано оптимальний спосіб термічної обробки деталі.

Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки. Проведено вибір основного та допоміжного обладнання та на основі річної програми розраховано необхідну кількість та спроектовано термічну дільницю.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕРТЯ, МУФТА, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, АЗОТУВАННЯ

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ «МУФТА»	8
1.1 Умови роботи муфти	8
1.2. Причини виходу з ладу	9
Висновки	13
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	14
2.1. Методи насичення із твердої фази	15
2.2 Методи насичення із рідкої фази	16
2.3 Методи насичення із газової фази	17
2.4 Цементация	18
2.5 Нітроцементация	19
2.6 Азотування	21
Висновки	28
РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ «МУФТА» ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	29
3.1. Вибір матеріалу деталі	29
3.2. Вибір методів дослідження деталі	35
Висновки	39
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «МУФТА»	40
Висновки	43
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	44
5.1 Призначення режиму термічної та хіміко-термічної обробки деталі	44

	5
5.2 Вибір і розрахунок обладнання для проведення термічної обробки деталі «муфта»	49
5.3 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується	51
5.4 Розробка плану розташування обладнання на термічній дільниці	54
Висновки	55
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТОК А	63
ДОДАТОК Б	64

ВСТУП

Актуальність роботи

Муфта – деталь, яка призначена для передачі моменту, що крутить, від силової турбіни двигуна до нагнітача, який складається з чотирьох основних частин: пружної муфти з боку ротора силової турбіни; проміжного валу; зубчастої муфти з боку ротора нагнітача; кожуха муфти.

Компенсуючі муфти утворюють окрему групу і використовуються для з'єднання валів, що мають незначні осьові, радіальні і кутові зміщення. Компенсуючі жорсткі муфти не пом'якшують поштовхів, а пружні пом'якшують удари і крутильні коливання за рахунок деформації пружних елементів, що передають крутний момент.

Відмінною особливістю роботи зубчастих муфт проти зубчастими передачами є сталість зачеплення між зубами. Зубчаста муфта працює в умовах дії двох циклічних навантажень: питомих та терті ковзання; піддаються впливу різнобічних та численних видів зовнішніх факторів: силових механічних, хімічних, термічних, радіаційних тощо. Ці впливи призводять до виникнення та розвитку в поверхневих та об'ємних зонах деталей складних незворотних руйнівних процесів, що призводять до відмов в роботі.

Відповідно до роботи найбільша кількість відмов зубчастих муфт зумовлена поверхневими фізико-хімічними процесами зношуванням, корозією, ерозією, кавітацією, а також їх загальною дією.

Тому тема кваліфікаційної роботи бакалавра вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі «муфта» і є **актуальною**.

Мета роботи – провести вибір матеріалу, розробити сучасну маршрутну технологію виготовлення та термічної обробки деталі «муфта»

Завдання досліджень: аналізувати умови роботи деталі; літературні джерела; раціонально підбирати матеріал для виготовлення деталі; розробка

технологічного процесу та вибір оптимальної термічної обробки виробу; вибір обладнання та проектування.

Методи досліджень: металографічний аналіз , визначення твердості.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ

ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ «МУФТА»

1.1 Умови роботи муфти

Муфта – деталь, яка призначена для передачі моменту, що крутить, від силової турбіни двигуна до нагнітача, який складається з чотирьох основних частин: пружної муфти з боку ротора силової турбіни; проміжного валу; зубчастої муфти з боку ротора нагнітача; кожуха муфти [1].

Компенсуючі муфти утворюють окрему групу і використовуються для з'єднання валів, що мають незначні осьові, радіальні і кутові зміщення. Компенсуючі жорсткі муфти не пом'якшують поштовхів, а пружні пом'якшують удари і крутильні коливання за рахунок деформації пружних елементів, що передають крутний момент [1].

Досягнення строгої співвісності валів пов'язане зі значною трудомісткістю і не завжди виправдане, а в окремих випадках і важко здійсненне. Неспівпадіння осей валів обумовлюється відхиленнями на виготовлення деталей та збирання вузлів машин і призначаються залежно від характеру роботи. Далі будь-яка точність, досягнута при збиранні, в процесі роботи може бути порушена внаслідок вібрацій і деформацій валів і основи під навантаженням, осадки фундаменту, зміни температури і інших причин. З'єднання таких валів глухими муфтами неминуче призводить до виникнення значних додаткових навантажень на вали і опори, погіршенню роботи з'єднання, аж до виходу його з ладу [2].

Муфти, що мають широке поширення, стандартизовані. Основними характеристиками муфти є момент, на передачу якого муфта розрахована, і діаметри валів, що сполучаються [2].

Відмінною особливістю роботи зубчастих муфт проти зубчастих передач є сталість зачеплення між зубами. Зубчаста муфта працює в умовах дії двох циклічних навантажень: питомих та терті ковзанні; піддаються

впливу різнобічних та численних видів зовнішніх факторів: силових механічних, хімічних, термічних, радіаційних тощо. Ці впливи призводять до виникнення та розвитку в поверхневих та об'ємних зонах деталей складних незворотних руйнівних процесів, що призводять до відмов в роботі [2].

1.2. Причини виходу з ладу

Відповідно до роботи [2] найбільша кількість відмов зубчастих муфт зумовлена поверхневими фізико-хімічними процесами зношуванням, корозією, ерозією, кавітацією, а також їх загальною дією. Аналіз відмов показав, що їх основною причиною є різні види зношування – 65 %, корозії – 25 %, ерозії та кавітації – понад 5 % [2].

До основних видів зношування зубчастих муфт належать: схоплювання з'єднаних металевих поверхонь, втомний знос і фреттинг [2]. Зниженню працездатності деталі сприяють також тверді абразивні частки, що у робочому середовищі. Вони спричиняють утворення на поверхні металу подряпин, канавок та заглиблень, значно знижуючи при цьому його втомні характеристики. У разі великої швидкості переміщення абразивних частинок вони, вдарившись поверхню металу, самі здатні викликати руйнування.

На зносостійкість зубчастої муфти ГПА відчутно впливають фізико-хімічні властивості матеріалів пар тертя і, зокрема, їх твердість, шорсткість, міцність та ін.

Працездатність матеріалів за умов тертя залежить від трьох груп чинників [2]:

- 1) внутрішніх, визначених властивостями матеріалів;
- 2) зовнішніх, що характеризують вид тертя (ковзання, кочення) та режим роботи (швидкість відносного переміщення, навантаження, характер її застосування, температура);

3) робочого середовища та мастильного матеріалу. Сукупність цих факторів обумовлює різні види зношування, класифікація яких за ГОСТ 23.002-78 наведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Види зношування [2]

Спосіб впливу при зношуванні	Вид зношування
Механічний	Абразивне, адгезійне, гідро- та газоабразивне, ерозійне, гідро- та газоерозійне, кавітаційне, втомне, фреттинг-процес
Корозійно-механічний	Окислювальна, фреттинг-корозія

Деталі, що піддаються зношування, поділяють на дві групи: деталі, що утворюють пари тертя (підшипники ковзання та кочення, зубчасті передачі тощо); деталі, зношування яких викликає робоче середовище (рідина, газ тощо) [2].

Характерні види зношування деталей першої групи - абразивне (твердими частинками, що потрапляють у зону контакту), адгезійне, окисне, втомне, фреттинг-процес (фреттинг-корозія). Для деталей другої групи типово абразивне зношування (наприклад, стирання ґрунтом), гідро- та газоабразивне (твердими частинками, що переміщуються рідиною або газом), ерозійне, гідро- та газоерозійне (потокм рідини або газу), кавітаційне (від гідравлічних ударів рідини) [3].

Причина зношування сполучених деталей - робота сил тертя. Під дією цих сил відбувається багаторазове деформування ділянок контактної поверхні, їх зміцнення і знеміцнення, виділення теплоти, зміна структури, розвиток процесів втоми, окислення та змінання. Взаємодія ковзних поверхонь у цих плямах відповідно до теорії має подвійну природу –

деформаційну та адгезійну. Деформаційна взаємодія обумовлена багаторазовим деформуванням мікрооб'ємів поверхневого шару нерівностями, що впровадилися. Адгезійна взаємодія пов'язана з утворенням на ділянках контакту адгезійних містків зварювання [2].

Розрізняють три види механічної взаємодії: пружне контактування; пластичне деформування; мікрорізання [3].

Інтенсивність зношування мінімальна при пружному контактуванні. При пластичному деформуванні інтенсивність зношування збільшується на кілька порядків. Це пов'язано з тим, що ділянки поверхні під впливом пластичної деформації інтенсивно зміцнюються і з вичерпання запасу пластичності руйнуються. Цьому сприяє і посилення адгезійної взаємодії. Мікрорізання відноситься до неприпустимих механізмів зношування, оскільки викликає інтенсивне руйнування поверхневого шару. Мікрорізання можливе не тільки нерівностями, що впровадилися, але і сторонніми твердими частинками. Такий вид руйнування поверхні називають абразивним зношуванням [3].

Можливі два види адгезійної взаємодії: схоплювання та руйнування поверхневих плівок; схоплювання металевих поверхонь, що супроводжується заїданням, тобто глибинним вириванням [3].

При першому виді взаємодії зріз адгезійних зв'язків відбувається по оксидних або адсорбованих плівках, якими завжди покриті поверхні, що труться. Швидкість утворення оксидних плівок зазвичай висока, чому сприяють високі температури, що розвиваються на поверхнях тертя. Руйнування поверхні шляхом зрізу оксидних плівок називається окисним зношуванням. Це найбільш сприятливий вид зношування, при якому процеси руйнування локалізуються у найтонших поверхневих шарах [3].

Схоплювання металевих поверхонь виникає між чистими плівками поверхнями тертя при руйнуванні плівок пластичною деформацією в місцях контакту. Між очищеними ділянками утворюються адгезійні зв'язки, які за

міцністю перевершують міцність одного з матеріалів пари тертя. Зріз відбувається у менш міцному матеріалі у глибині від місця захоплення. На одній поверхні тертя утворюються поглиблення, на іншій - вирвані частинки, які повторно захоплюються і борознять поверхні, що труться, викликаючи їх інтенсивне руйнування, а іноді через велике тепловиділення і зварювання.

Висновки

Встановлено, що муфта призначена для передачі моменту, що крутить, від силової турбіни двигуна ГПА до нагнітача і складається з чотирьох основних частин: пружної муфти з боку ротора силової турбіни; проміжного валу; зубчастої муфти з боку ротора нагнітача; кожуха муфти.

Компенсуючі муфти утворюють окрему групу і використовуються для з'єднання валів, що мають незначні осьові, радіальні і кутові зміщення. Компенсуючі жорсткі муфти не пом'якшують поштовхів, а пружні пом'якшують удари і крутильні коливання за рахунок деформації пружних елементів, що передають крутний момент.

Відмінною особливістю роботи зубчастих муфт проти зубчастими передачами є сталість зачеплення між зубами. Зубчаста муфта працює в умовах дії двох циклічних навантажень: питомих та терті ковзання; піддаються впливу різнобічних та численних видів зовнішніх факторів: силових механічних, хімічних, термічних, радіаційних тощо. Ці впливи призводять до виникнення та розвитку в поверхневих та об'ємних зонах деталей складних незворотних руйнівних процесів, що призводять до відмов в роботі.

Відповідно до роботи найбільша кількість відмов зубчастих муфт зумовлена поверхневими фізико-хімічними процесами зношуванням, корозією, ерозією, кавітацією, а також їх загальною дією.

На зносостійкість зубчастої муфти ГПА відчутно впливають фізико-хімічні властивості матеріалів пар тертя і, зокрема, їх твердість, шорсткість, міцність та ін.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У зв'язку з прискореним розвитком техніки, актуальними є проблеми підвищення міцності та ефективності роботи деталей машин, інструментів та оснащення. Вирішення цих проблем значною мірою пов'язане зі зміцненням поверхневих шарів виробів.

Хіміко-термічна обробка (ХТО) дозволяє отримати в поверхневому шарі метал практично іншого хімічного складу, і, забезпечити комплекс необхідних властивостей – фізичних, хімічних, механічних та інших [1]. Захисні покриття, нанесені на поверхню виробу, що обробляється, істотно підвищують його надійність і довговічність.

У роботі [2] наведено класифікацію методів нанесення покриттів залежно від характеру взаємодії оброблюваного матеріалу основи та насичуючого елемента та можливостей отримання покриттів. Кожен із технологічних методів нанесення покриттів на сталі та тверді сплави має свої переваги та недоліки.

При ХТО зміна хімічного та фазового складу, структури та властивостей поверхневих шарів здійснюється за підвищених температур. При цьому протікають такі процеси: утворення активних атомів насичуючих елементів, їх перенесення до поверхні, що обробляється; адсорбція активних атомів оброблюваною поверхнею; дифузійне переміщення адсорбованих атомів всередину виробу і обумовлений цим дифузійний перерозподіл елементів сплаву, що обробляється.

За версією Г.М. Дубініна [3], в основу якої покладено фізико-хімічні характеристики активної фази (або середовища, що містить дифузний елемент), існують такі основні методи дифузійного насичення: з твердої фази (твердофазний метод); з рідкої фази (рідкофазний метод); із газової фази (газовий метод); із парової фази (парофазний метод).

2.1 Методи насичення із твердої фази

Цей метод використовують тоді, коли необхідно провести насичення елементом, пружність пари якого значно нижче пружності пара насичуючого металу [3].

Насичення із твердої фази здійснюється контактним способом. У цьому випадку тверді частинки насичуючого металу знаходяться в безпосередньому контакті з поверхнею оброблювального металу або сплаву. При цьому спостерігається пряме перенесення речовини в місцях контакту частинок дифузного елемента з поверхнею, що обробляється. Процес здійснюється за температур 1273-1673 °С.

Метод насичення з твердої фази простий із технологічної точки зору. Основний його недолік - приварювання частинок насичувального матеріалу до поверхні, що обробляється, що призводить до погіршення її якості [3, 4]. Порошкові суміші містять баластні домішки, дають великі відходи, технологічний процес дифузійного насичення в порошкових сумішах енергоємних і трудомістких, погано контролюється і часто шкідливий [5].

2.2 Методи насичення із рідкої фази

Насичення з рідкої фази здійснюється зануренням оброблюваних виробів у розплав, у якому дифузний елемент знаходиться найчастіше у вигляді хімічної сполуки. У випадку, коли дифузний елемент знаходиться у вільному стані, насичення відбувається безпосередньо в розплаві металу при взаємодії з поверхнею, що обробляється. Коли дифузний елемент знаходиться в рідкій фазі у зв'язаному стані (у вигляді з'єднання), при цьому перехід в активний стан здійснюється в результаті хімічних реакцій, які протікають на межі розділу насичуюче середовище - виріб. Насичення з рідкої фази протікає в інтервалі температур 1173-1373 і часу витримки 1-7 годин [3, 4].

Слід зазначити такі переваги даного методу насичення порівняно з газовим та твердофазним методами насичення: можливість управління процесом насичення, що досягається зміною складу ванни; можливість багаторазового використання розплаву та безперервність технологічного циклу; простота технологічного устаткування; можливість реалізовувати загартування безпосередньо після закінчення процесу ХТО; економічність.

Однак рідинний метод насичення має ряд недоліків: - низька стійкість ванн для розплаву; великі витрати компонентів, що виносяться з розплаву разом із оброблюваними виробами; старіння розплаву; леткість компонентів. [4].

2.3 Методи насичення із парової фази

Для насичення з парової фази характерно формування реакційної середовища за рахунок випаровування елемента, що насичує, з його подальшою конденсацією на оброблюваному виробі. Даний метод може бути реалізований двома способами: контактним та безконтактним. Контактний спосіб випаровування насичуючого металу відбувається в реакційному просторі при безпосередньому контакті оброблюваної поверхні з речовиною, що насичує. При безконтактному способі випаровування металу в реакційному просторі відбувається на деякій відстані від поверхні, що обробляється. При використанні парофазного методу процес здійснюють при температурах 1273-1723 протягом декількох годин [3, 4].

Основною перевагою даного методу є висока якість покриттів та відсутність у їхньому складі з'єднань, які погіршують пластичність покриттів. Дифузійні шари на сталях мають високу пластичність, що дозволяє обробляти тиском виробів з покриттями без порушення їх цілісності.

До недоліків цього методу можна віднести складність технологічного обладнання, зокрема застосування вакуумних агрегатів, створення високих температур у зоні випаровування та конденсації, великі витрати насичувальних елементів. [4]

2.4 Методи насичення із газової фази

Метод насичення з газової фази заснований на отриманні дифузійних елементів в атомарному стані з хімічного з'єднання, яке знаходиться в газоподібному стані, при його взаємодії з розігрітою поверхнею виробу, що обробляється. При цьому дифузійний елемент транспортується до оброблюваної поверхні у вигляді газу, а його адсорбція здійснюється після протікання хімічних реакцій або на межі розділу "газова фаза - поверхня виробу" або в обсязі газової фази. Як з'єднання, які виступають транспортерами та постачальниками насичуючих елементів найчастіше використовують галогеніди або органічні сполуки. Процес здійснюють при температурах 1173-1373 К протягом декількох годин.

Метод насичення з газової фази може бути реалізований двома способами: контактним та неконтактним [3, 4, 6-8]. При неконтактному методі газова фаза генерується на значній відстані від поверхні, що обробляється і не вступає в безпосередній контакт з дифузійним елементом, перебуваючи тільки в оточенні чистої газової фази, яка містить галогенід цього елемента [9]. Сутність контактного способу полягає в тому, що вироби, які піддають хіміко-термічній обробці, поміщають у контейнер та засипають порошковою сумішшю. До складу сумішей входять порошки насичувальних метал або їх сполук, активатори та інертні добавки. Як інертну добавку для запобігання спіканню металевій складовій часто використовують оксид алюмінію, каолін, магнезит. Слід зазначити, що уявлення про оксид алюмінію Al_2O_3 , як повністю інертної добавки у складі порошкової суміші,

не повністю відповідає дійсності. Результати деяких робіт [10, 11] показали, що зразки технічно чистого заліза і сталей після витримки в порошку оксиду алюмінію і хлористого амонію при температурі 1373 протягом декількох годин насичуються алюмінієм і киснем. Як активатори, після взаємодії з якими насичуючий метал утворює газоподібні сполуки, застосовують галогеновмісні речовини: галогеніди алюмінію, лужних і лужноземельних металів, галогеноводородні, галогеновмісні вуглеводні [2, 8, 11-14]. Найпоширенішим видом активатора є хлористий амоній NH_4Cl . При контактному способі активна газова фаза утворюється в безпосередній близькості до поверхні матеріалу, що обробляється в результаті взаємодії порошку легуючого елемента з галогеном в газовому стані.

Контактний спосіб технологічно простий, не вимагає спеціального дорогого обладнання, забезпечує високу якість покриттів, легко може бути реалізований в умовах виробництва. Однак висока енергоємність і тривалість процесу, зумовлені необхідністю прогріву крім оброблюваного виробу порошкової суміші з низькою теплопровідністю, погіршення чистоти поверхні виробів за рахунок прилипання робочої суміші, значні витрати компонентів суміші, погана керованість процесом стримують широке впровадження даного методу. у виробництво [14].

2.5 Цементация

Цементация-дифузійний процес, при якому поверхня сталі насичується вуглецем.

До цементованих відносять сталі, склад яких дозволяє легко виробляти насичення поверхні вуглецем. Поверхня цих сталей після гарту набуває підвищеної твердості, а серцевина залишається досить в'язкою. Сталі, що містять близько 0,25% вуглецю з невеликою кількістю легуючих елементів, легко цементуються; високий вміст легуючих елементів може перешкоджати дифузії вуглецю [14].

Необхідно відзначити вплив вуглецю на якість серцевини. Зі зростанням вмісту вуглецю збільшуються міцність і твердість серцевини. У той самий час ударна в'язкість поступово знижується. При однаковому вмісті у складі легованих та вуглецевих сталей вуглець більше впливає на якість легованої сталі, ніж вуглецевої. Це пов'язують із усуненням положення окремих точок діаграми рівноваги залізо — вуглець під впливом легуючих елементів.

Щоб зберегти оптимальне співвідношення між ударною в'язкістю і міцністю серцевини у легованих сталей, вміст вуглецю не повинен перевищувати 0,18%, в той час як вуглецеві сталі можна успішно цементувати і при вмісті до 0,22% вуглецю. При цьому абсолютна міцність та ударна в'язкість легованих сталей збільшуються.

Термічна обробка дуже важлива, оскільки за її допомогою після цементації надають виробу необхідних властивостей. Важлива також і попередня термічна обробка виробів, що цементуються, так як вона дозволяє, наприклад, зменшити жолоблення після цементації, коли роблять загартування. Термічну обробку сталей проводять перед цементацією, після цементації та для виправлення дефектів [15].

2.6 Нітроцементация

Нітроцементация – процес одночасного насичення азотом та вуглецем. Основна мета нітроцементация-підвищення твердості, зносостійкості, межі витривалості. [16]

Найбільш широке поширення в промисловості набула рідинна нітроцементация, хоча на практиці застосовуються способи нітроцементация в твердих сумішах. Проте останнім часом завойовує загальне визнання і дедалі ширше застосовується газова нітроцементация, що має низку переваг, проти іншими методами нітроцементация.

При відносно невисоких температурах процесу нітроцементациї йде переважно насичення поверхні стали азотом, а при високих температурах - вуглецем. Низькотемпературна нітроцементация застосовується для інструментальних сталей, зокрема, для швидкорізальних та високохромистих сталей, а також для середньовуглецевих сталей.

Застосування високотемпературної нітроцементациї є доцільним для більшості марок сталей, що цементуються.

Для здійснення процесу газової нітроцементациї робочий простір печі вводять газоподібний або рідкий карбюризатор і аміак. Рідина нітроцементация здійснюється у ваннах із розплавленими солями. До складу ванн вводяться нейтральні солі, необхідні для регулювання, і солі, що є джерелом вуглецю та азоту. Найчастіше до складу ванни додають ціаністий натрій, який служить активною добавкою. Іноді як активну складову використовується у ванні жовта кров'яна сіль [14-16].

Тривалість рідинної нітроцементациї становить 1-2 години. Для тонкостінних виробів її зменшують до 10-30 хвилин. Швидкість охолодження після нітроцементациї залежить від оброблюваного матеріалу, конфігурації та розмірів деталі. Для очищення охолоджених деталей від солей, що налипли, їх промивають у гарячій воді (80°C) і просушують. Цей процес є завершальною операцією технологічного циклу: проводиться після повної термічної та механічної обробки. Висока жорсткість поверхні деталей зберігається до температури 630 °C. Стійкість інструментів після низькотемпературної нітроцементациї зростає у 1,5-2,0 рази.

Нітроцементация з наступним загартуванням підвищує межу витривалості в 4-5 разів.

Газова нітроцементация проти іншими методами найкраща, т.к. вона: дешевша за нітроцементацию в ціаністих солях (ціаністі солі дорожчі за аміак і нітробензол); нешкідлива та більш технологічна; при її проведенні легко можна регулювати рівень насичення азотом і вуглецем поверхневого шару.

Нітроцементация сприяє підвищенню стійкості деталей проти зношування, а також підвищує опір втоми. Нітроцементация нешкідлива, дешева і забезпечує можливість регулювання шару, насиченого вуглецем та азотом. Нітроцементация стала основним методом ХТО у великосерійному та масовому виробництві. Випереджальний розвиток нітроцементации обумовлено низкою переваг перед газовою цементацией: значне (в 1,5 рази) скорочення тривалості процесу та підвищення продуктивності; менші деформації та можливість здійснення безпосереднього загартування після нітроцементации без підстужування; менша енергоємність процесу; можливість підвищення терміну служби пічного обладнання та зменшення витрати жаротривких матеріалів завдяки зниженню температури процесу приблизно на 100°C ($800-860^{\circ}\text{C}$ замість $950-1000^{\circ}\text{C}$); вищу якість обробленого шару. Нітроцементовані шари мають більш високу прогартовуваність, ніж цементовані, що дозволяє замінювати складнолеговані сталі на низьколеговані. При нітроцементации забезпечується значне підвищення фізико-механічних властивостей деталей: зносостійкості (на 40-60%), втомної міцності та ударної в'язкості [16].

2.6 Азотування

Азотування – хіміко-термічна обробка, дифузійне насичення поверхневі виробу азотом.

За даними работ [17-18] сталеві вироби після насичення азотом характеризуються унікальним комплексом властивостей: високою зносостійкістю, опором схоплювання, корозійною стійкістю, опором втоми, теплостійкістю. Найважливіші позитивні ознаки, що відрізняють азотування, – це незначна деформація та короблення деталей. При низькотемпературної обробки сталь не відчуває фазових переходів, як це відбувається при цементации та нітроцементации. Крім того, зміцнення, яке досягається при азотуванні, не пов'язане з отриманням поверхневого шарі мартенситної

структури. Тому локальне підвищення температури до ~ 600 °C у місцях контакту з'єднань при терті ще не викликає місцевого знеміцнення дифузійного шару, тоді як мартенсит цементованих та нітроцементованих виробів при такому нагріванні (навіть короткочасно) розпадається, і досягнуте раніше зміцнення зникає [18]. Азотований шар добре шліфується та полірується.

Молекули азоту дуже стійкі: енергія дисоціації їх у атоми становить 942,9 кДж/моль (225,2 ккал/моль), тому навіть за температури 3300 °C ступінь дисоціації азоту становить лише близько 0,1% [19]. Лише з такими активними металами як літій, кальцій, магній азот взаємодіє при нагріванні до порівняно невисоких температур. З більшістю інших елементів азот реагує за високої температури й у присутності каталізаторів окислюється. З воднем азот взаємодіє лише за високих температурах й у присутності каталізаторів із заснуванням аміаку NH_3 .

Взаємодія азоту з металами за високих температур призводить до формування нітридів. При вплив на нормальний азот електричних розрядів (1-2 мм рт. ст.) або при розкладанні нітридів В, Тi, Mg і Са, а також при електричних розрядах у повітрі може утворюватися вільний активний азот, який є сумішшю молекул і атомів азоту, які мають підвищений запас енергії. На відміну від молекулярного активний азот енергійно взаємодіє з киснем, воднем, парами сірки, фосфором та деякими металами.

Раніше присутність азоту у сталях визначали як шкідливу домішку [20-21]. Згодом було встановлено, що азот може покращити деякі властивості сталей. Розвиток нових технологій дозволяє створювати нові сталі з певним вмістом азоту та високими механічними властивостями.

Зміст азоту в маловуглецевих і низьколегованих сталях, виплавлених мартенівських печах, становить 0,002...0,005%. Одержання високоякісного металу, в якому вміст азоту значно перевищує т стандартну розчинність, стало можливим з появою принципово нових способів плавки, таких як

вакуумно-дуговий переплав (ВДП), електрошлаковий переплав (ЕШП), плазмово-дугова плавка (ПДП). Незважаючи на дуже високий вміст азоту, який досягає 1% і вище, зливки сталей відрізняються високою щільністю, повністю позбавлені підкіркової пористості та крихкості усадки.

Легуючи сталь азотом із газової фази, вдається зменшити вартість процесу. Вплив азоту на міцність аустенітних сталей майже вдвічі сильніший за вуглецю. Азот, підвищуючи міцність сталі, водночас майже знижує її пластичності. Легування азотом підвищує жароміцність аустенітних сталей, крім того азот може бути використаний для часткової заміни нікелю (0,1% азоту замінює 1,5-2,5% нікелю), що підвищує економічність нержавіючих сталей. Також азот є сильним зміцнюючим елементом аустенітних сталей. Відомо також корисна дія азоту на властивості інструментальних сталей. Введення азоту підвищує червонотійкість та ріжучу здатність середньовольфрамової сталі Р9 та сталі Р6М5. Стійкість інструменту, виготовленого з азотомісткої швидкорізальної сталі вище, ніж у сталі без азоту.

Поверхнєве зміцнення сталей та сплавів азотом має свої переваги перед легуванням у литому стані.

Одна з повних класифікацій методів азотування, наведена в роботі [22], базується на механізмі одержання елементарних азотистих частинок (атоми або іони; газовий, твердий, рідкий або плазмовий стан); технологічні характеристики; фазовому складі та властивостях; температурі та вихідним компонентам.

Азотування зазвичай піддають середньовуглецеві сталі, що містять сильні нітридоутворюючі елементи (хром, алюміній, ванадій, вольфрам, молібден) та тверді сплави. Для газового азотування сталей і твердих сплавів використовують різні насичувальні середовища: аміак, суміш аміаку та азоту, аміаку та газів, що науглецьовують (природний газ, пропан, ендогаз, екзогаз та ін.) [4, 20].

Сьогодні існують роботи з азотування нержавіючих сталей [23, 24]. Експериментальними дослідженнями впливу ступеня дисоціації аміаку при азотуванні на товщину та твердість дифузійних шарів сталей X12M, 12X13, 40X13 та 12X17 встановлено, що оптимальним ступенем дисоціації аміаку при 540 °C є 25-35 %. При цьому забезпечується максимальна швидкість формування азотованого шару з високою мікротвердістю, зносостійкістю, корозійною стійкістю. 60-70%.

Рідинне азотування - обробка в сольовій ванні також використовується як метод азотування сталей сплавів. Даний метод азотування проводять, як правило, при температурах 560-580 °C у розплаві, що містить ціаністі солі (KCN, NaCN, KCNO, NaCNO, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) [62, 63]. Тривалість рідинного азотування становить 1-2 год. Для тонкостінних виробів її зменшують до 10-30 хв.

Газове азотування зазвичай проводять у атмосфері газу - аміаку за нормальної температури процесу 495 – 565 °C. Аміак дисоціює, внаслідок чого атоми азоту адсорбуються на поверхні та дифундують углиб матеріалу. Через відносно низькі температури азотування та через те, що азот реагує з елементами сплаву в процесі дифузії, час азотування досить великий і коливається в межах 10 – 130 годин залежно від марки сталі. Глибина нітридного шару відносно мала і зазвичай не перевищує 0,5 мм і знаходиться в межах 0,1 мм. Для зниження крихкості азотованого шару та економії аміаку рекомендується азотування в аміаку, розведеному азотом (азотним газом $\text{N}_2 + 4\% \text{H}_2$) до 70-80% або попередньо продисоційований аміак ($\text{N}_2 + \text{H}_2$). При азотуванні в аміачній атмосфері ступінь дисоціації аміаку за нормальної температури 500-560 °C становить 20-40%, при 540-560 °C – 40-60% і за 600-650 °C – 50-70 %.

Азотування може бути інтенсифіковано активізацією трьох елементарних процесів, відповідальних формування дифузійного шару: 1.

освіту активного азоту; 2. абсорбція та адсорбція атомів азоту на металевій поверхні; 3. дифузії азоту в метал.

З нагріванням ТВЧ тривалість азотування скорочується в 5-6 разів, знижується витрата аміаку. Цей вид ХТО дозволяє проводити місцеве насичення. Процес ведуть у неметалевому контейнері, розміщеному в багатовитковому індукторі. Оптимальна температура процесу 500-550 °С при ступені дисоціації аміаку 18-25%. При азотуванні за цією технологією впродовж 3 годин на сталі 40Х утворюється шар глибиною 0,21 мм із твердістю 620 HV [25].

При азотуванні в ультразвуковому полі прискорюється процес у газових та рідких середовищах у 1,5 рази. При газовому азотуванні коливання передаються безпосередньо на деталь, з'єднану з магнітострикційними вібраторами, а при рідинному - накладання вібрацій через ванну [25].

Азотування в киплячому шарі відбувається у печах-ваннах заповненими порошками графіту, ацетиленової сажі, окису алюмінію, аміаком, азотом, сумішшю повітря та аміаку. Газ подається через газопроникну перегородку у дні ванни. Швидкість тепловіддачі вища, що дозволяє скоротити час нагрівання [25].

Азотування при підвищених тисках реалізується при температурі 510-565 °С та тиску 5-55 ат. Деталі поміщають у герметичний реактор, з'єднаний з балоном з рідким аміаком [25].

З недавнього часу використовують плазмове та іонне азотування [25]. Плазмове та іонне азотування – найбільш удосконалена модифікація азотування, що застосовується для сталей. Плазмове азотування проводять у вакуумованій холодостінній камері, в якій робоча частина виступає як катод, а стінки камери - як анод [20].

Значна перевага такого азотування – найкраще переміщення маси молекул та іонів азоту з великою енергією углиб поверхні сталі та твердого

сплаву під дією електричного поля. Глибина проникнення атомів азоту в матеріал контролюється дифузією та формуванням нітридів. Іншою перевагою іонного азотування в порівнянні з традиційним газовим азотуванням є: нешкідливість, зниження температури процесу ($375\text{ }^{\circ}\text{C}$), зменшення викривлення форми, споживання газу, енергії в холоднокамерній печі, менша забрудненість навколишнього середовища та контроль за утворенням крихких нітридів заліза, які іноді формуються на поверхні азотованих деталей. Незважаючи на покращення зносо- та корозійної стійкості, головною перевагою процесу є висока твердість поверхні після азотування, при цьому ударна в'язкість падає. Іноді в процесі експлуатації відбувається розтріскування та руйнування деталі по межі розділу „покриття – основа”. У таких випадках зменшують твердість азотованої поверхні, змінюючи температурно-часові умови процесу [29].

Азотування призводить до значного підвищення поверхневої твердості сталей та сплавів ($> 1000\text{ HV}$) по відношенню до загартованої та відпущеної сталі. Утворений нітридний шар дуже стійкий до підвищених температур до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, які можуть розвинути у процесі тертя. Саме тому азотовані деталі мають високу зносо- та корозійну стійкість, стійкість проти захоплення при контакті з іншими матеріалами [27].

Вплив азоту на структуру та властивості сталей доведено багатьма експериментами [27]. Встановлено, що в деяких сталях азот суттєво підвищує характеристики міцності при незначному зниженні чи навіть збереженні показники пластичності. Також азот підвищує магнітні властивості сплавів. Автором роботи [27] відзначаються суттєві відмінності впливу азоту та вуглецю на структуру та властивості сталей, їх різний вплив на електрохімічну поведінку сплавів, більш ефективно зміцнення азотом як аустеніту, так і відпущеного мартенситу, що пояснюється тим, що вуглець, на відміну від азоту не схильний до впорядкування.

Попри очевидність переваг азотування проти іншими методами поверхневого зміцнення, застосування його тривалий час залишалося обмеженим [18]. Широкому поширенню цього методу перешкоджали висока трудомісткість процесу, крихкість та незначна товщина азотованого шару, низька контактна витривалість. Стримуючим фактором є відсутність необхідної інформації про ті складні процеси, які відбуваються при азотуванні, вплив структури на формування найважливіших експлуатаційних властивостей азотованих деталей-зносостійкості, контактної витривалості, витривалості при згині.

Висновки

Хіміко-термічна обробка дозволяє отримати в поверхневому шарі метал практично іншого хімічного складу, і, забезпечити комплекс необхідних властивостей – фізичних, хімічних, механічних та інших. Захисні покриття, нанесені на поверхню виробу, що обробляється, істотно підвищують його надійність і довговічність.

У роботі наведено класифікацію методів нанесення покриттів залежно від характеру взаємодії оброблюваного матеріалу основи та насичуючого елементу та можливостей отримання покриттів. Кожен із технологічних методів нанесення покриттів на сталі та тверді сплави має свої переваги та недоліки.

Перспективною технологією є азотування. Азотування належить до галузі хіміко-термічної обробки сталевих виробів, і може бути використане у машинобудуванні та інших галузях народного господарства для підвищення поверхневої твердості, міцності, зносостійкості деталей машин та інструменту.

У більшості випадків азотування піддаються деталі, які, крім високої твердості поверхні, повинні мати високі механічні властивості серцевини, тому перед азотування вони проходять термополіпшення.

РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Вибір матеріалу деталі

Потрібно знати властивості різних матеріалів і вимоги, які висувають до них умовами роботи і виготовлення даної деталі. При виборі матеріалу потрібно врахувати наступні фактори:

1) експлуатаційний – властивості матеріалу повинні відповідати умовам роботи деталі в машині (зносостійкість, антикорозійна стійкість, теплостійкість тощо);

2) технологічний – властивості матеріалу повинні відповідати способу виготовлення деталі і забезпечувати мінімальну трудомісткість виготовлення, (ливарні властивості, обробка різанням, ковкість);

3) економічний – матеріал повинен бути вигідним з врахуванням усіх затрат, пов'язаних з вартістю матеріалу, затрат на виготовлення та експлуатацію машини.

Правильний вибір матеріалу можна зробити на основі зіставлення декількох варіантів. Обґрунтований вибір матеріалу з врахування всіх факторів – складна технологічна задача.

Виходячи з напряму досліджень даної роботи та поставлених завдань, необхідно вибрати марку сталі для виготовлення муфти газоперекачувального агрегату (ГПА) Ц-16.

Вибір матеріалів проводять аналізуючи вимоги, які пред'являються даному виробу в процесі експлуатації. Вибраний матеріал з подальшою термічною або хіміко-термічною обробкою повинен відповідати міцності, твердості, зносо- та корозійній стійкості. З точки зору технології виготовлення важливі пластичність, ковкість і оброблюваність різанням.

Одними з найпоширеніших матеріалів, які застосовуються для виготовлення муфт, є вуглецеві сталі. Однак головний їх недолік - недостатня стійкість у корозійному середовищі. Цей недолік можна усунути

проведенням процесу ХТО-азотування. Азотування піддають сталі перлітного, феритного, аустенітного та карбідного класів [25]. В останні роки для виробів, зміцнюваних азотуванням, частіше використовують конструкційні поліпшувані сталі, що не містять алюмінію, наприклад сталі 40Х, 40ХФА, 18ХГТ, 20Х3МВФ, 30Х3МВФ1, 38ХНМФА, 40ХГМ, застосовують сталь 38Х2МЮА або 38ХН3МФА.

Найбільш висока поверхнева твердість при азотуванні досягається в хромомолібденових сталях, додатково легованих алюмінієм. Подібні сталі для азотування застосовують у США: нітраллою-Nitr135М, в Англії - EN41, у Німеччині - 32А1CrМо4, у Швейцарії - 2940 [28].

Розглянемо марки сталі, що застосовуються на виробництві та пропонувані нами у даній роботі для виготовлення муфти. Проведемо аналіз даних марок сталі та виберемо оптимальну для виготовлення сполучної муфти.

Таблиця 3.1

Застосування конструкційних сталей [29].

Марка сталі	Замінник	Область застосування
38ХН3МФА		Найбільш відповідальні важконавантажені деталі, що працюють при температурах до 400°С.
38Х2МЮА	38Х2ЮА 38ХВФЮ 20Х3МВФ 38Х2Ю	Штоки клапанів парових турбін, що працюють при температурі до 450°С, гільзи циліндрів двигунів внутрішнього згорання, голки форсунок, тарілки букс, розпилувачі, пальці, плунжери, розподільні валики, шестірні, вали, втулки та інші деталі

Таблиця 3.2

Хімічний склад сталей, % (ГОСТ 4543-71) [29, 30].

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V/Al	P	S	Cu
								не більше		
38ХНЗМФА (ГОСТ 4543-71)	0,33- 0,40	0,25- 0,50	0,17- 0,37	1,20- 1,50	3,00- 3,50	0,10- 0,18	0,10- 0,18	0,025		0,30
38Х2МЮА (ГОСТ 4543-61)	0,35- 0,42	0,30- 0,60	0,20- 0,45	1,35- 1,65	не >0,25	0,15- 0,25	0,70- 1,10	0,025		0,20

Таблиця 3.3

Механічні властивості сталей. Термічна обробка: гартування 850 °С,
масло; відпуск 650 °С, повітря [29, 42]

Марка сталі	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	НВ
	МПа		%			
38ХНЗМФА	785	930	11	35	49	293-331
38Х2МЮА	850	1000	15	40	39	269-330

Застосування виготовлення муфти ГПА Ц-16 пропонуваної марки сталі 38Х2МЮА економічно вигідніше, ніж сталь 38ХНЗМФА. Остання містить дорогі компоненти ванадій та нікель.

Розглянемо докладніше сталь 38Х2МЮА. Основними легуючими елементами цієї сталі є хром, молібден та алюміній.

Азотована легована сталь є значно складнішою системою, ніж система залізо-азот, тому що наявні в ній легуючі елементи здатні утворити різні нітриди, а присутність вуглецю створює умови для утворення в дифузійній зоні карбідних і карбонітридних фаз з різним ступенем дисперсності, кількістю та характером розподілу за шаром. Тому не викликає сумнівів, що наявність легуючих елементів сталі можуть вносити ряд особливостей у формуванні дифузійного шару. Легуючі елементи, розчинені у ферриті, впливають на вміст азоту в нітридних фазах та у твердому розчині, а також на кінетику зростання дифузійних шарів при азотуванні сталей (рис. 3.1).

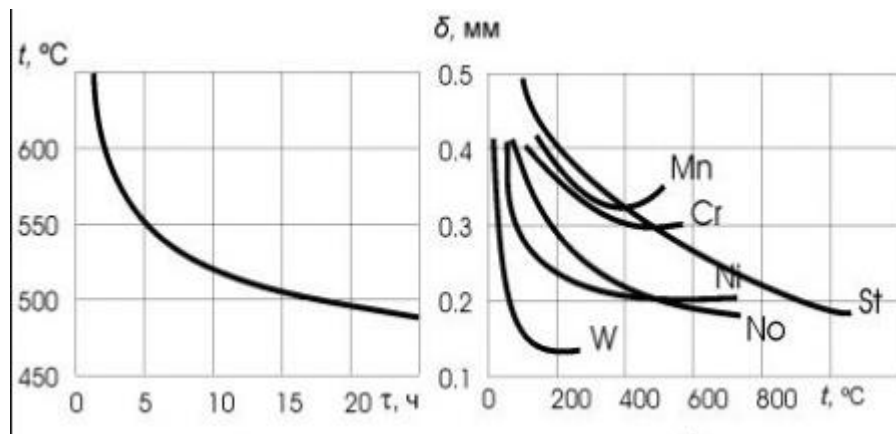


Рисунок 3.1 – Вплив легуючих елементів на концентрацію азоту в ϵ -фазі (а) та глибину ϵ -фазі (б) [25]. Концентрація визначалася у шарі завглибшки 0,005 мм. Режим азотування: 550 $^\circ\text{C}$, 24 год

Всі легуючі елементи більшою чи меншою мірою зменшують коефіцієнт дифузії азоту в ϵ -фазі. Зниження дифузійної рухливості азоту в легованому ферит пов'язане зі збільшенням енергії активації. [26]

Всі елементи, що легують, різко підвищують твердість на поверхні і по перерізу азотованого шару. Наявні у літературі відомості недостатні для вирішення питання про природу високоміцного стану дифузійних шарів. Для вибору найбільш раціональних науково обґрунтованих складів сталей для азотування потрібно отримання нових даних про структуру та властивості фаз, що виникають при азотуванні сталей, легованих різними елементами. У цій частині роботи розглядаються основні закономірності формування азотистих фаз при дифузії азоту у легованому твердому розчині та деякі властивості дифузійних шарів, отриманих у різних умовах азотування.

Вплив алюмінію

Вивчення впливу алюмінію на процеси азотування сталі представляє значний інтерес у зв'язку зі сприятливим його впливом на фізико-хімічні та механічні властивості дифузійних шарів, які успішно працюють не тільки в звичайних умовах служби деталей та виробів, але й в умовах експлуатації їх

за підвищених температур. Незважаючи на те, що азотування сплавів заліза, що містять алюміній, застосовується вже близько 50 років, нині ще не знайдено оптимальних складів сплавів для азотування і не встановлено причин, що пояснюють високоміцний стан дифузійних шарів. Вже встановилася думка, що висока міцність дифузійних шарів азотованих нітралої пов'язана з наявністю в них високодисперсних нітридів алюмінію, що блокують площини ковзання матриць і перешкоджають руху дислокацій. Однак така думка не знаходить експериментального підтвердження, так як в азотованих сплавах заліза методами структурного аналізу нітрид алюмінію ніким не було виявлено. Посилання на його високий ступінь дисперсності, малу схильність до коагуляції при нагріванні та пов'язані з цим труднощі експериментального виявлення суперечать відомим фактам розміщення дифузійних шарів за високих температур. Зростання легованої алюмінієм нітридної γ' фази супроводжується розвитком великої внутрішньої напруги. Висока мікротвердість гетерогенної структури дифузійних шарів підтверджують це. При вимірюванні мікротвердості азотованих шарів було виявлено, що максимальне її значення досягалося після азотування при температурах 550-650°C. У літературі наводиться опис причин високої твердості азотованих шарів залізоалюмінієвих сплавів, в основу якого покладено поширену думку про виділення з твердого розчину високодисперсних частинок нітриду алюмінію. Ця думка поки що не знайшла надійних експериментальних підтверджень. Зареєстровані досить відчутні ефекти структурних змін, насамперед у кубічному нітриді, спричинені присутністю алюмінію [27].

Вплив хрому

Хром є найпоширенішою легуючою добавкою багатьох сталей та сплавів спеціального призначення. З'ясування особливостей індивідуального впливу хрому на процеси азотування сплавів заліза має велике значення для розуміння закономірностей та пояснення явищ, що відбуваються при

утворенні дифузійних шарів. Вплив хрому на процеси азотування заліза у літературі висвітлено недостатньо. Хром, також як і ванадій, утворює із залізом безперервний ряд твердих розчинів і при азотуванні підвищує їхню активність до азоту, але в дещо меншій мірі. Незначне збільшення періоду решітки хромистої - фази в ізотермічних умовах азотування свідчить про мале збільшення межі розчинності азоту в ній. Хром незначно впливає на періоди грат нітридних - ϵ і γ' - фаз. З підвищенням вмісту хрому збільшується розчинність азоту у ферриті і це у повній відповідності з даними хімічного аналізу. Формування азотистих фаз у шарі починається з утворення азотистого фериту. При 500°C у хромистому ферит розчиняється трохи більше 2% азоту. Після досягнення межі розчинності азоту у твердому розчині виникає високоазотиста фаза [28].

Вплив молібдену

Молібден як нітридоутворюючий елемент сприятливо впливає на зміцнення дифузійних шарів при азотуванні сталі, Позитивна дія молібдену проявляється і при здійсненні перед азотуванням попередньої термічної обробки ряду-нітралоїв, до складу яких він входить як легуюча добавка. Підвищення дифузійної пористості поверхневих шарів збільшується зі зростанням вмісту молібдену. Наявність пористості в поверхневих шарах азотованих металів знижує середнє значення мікротвердості. Позитивний вплив молібдену може проявлятися за умови; добавці його в невеликих кількостях до складнолегованих сталей, призначених для азотування, коли його роль зводиться до підвищення прожарюваності та усунення відпускнуї крихкості [28].

Вплив кремнію

Кремній є не тільки постійною домішкою всіх сталей, але і входить до складу багатьох їх спеціальних сталей. Літературні відомості про вплив кремнію на процеси азотування нечисленні і не дозволяють дати конкретних рекомендацій щодо поверхневого зміцнення залізокремних сплавів шляхом

азотування. При азотуванні железокремнистих сплавів у сфері температур нижче 550 °З утворення азотистих фаз відбувається у такій послідовності як і армко-железе. Вплив кремнію у разі проявляється у уповільненні швидкості зростання дифузійного шару. Зміна періодів кристалічної решітки від температури азотування та вмісту кремнію показали, що розчинність азоту в крем'янистому ферриті мізерно мала (не перевищує сотих часток відсотка) і зменшується зі збільшенням вмісту кремнію в сплавах. Таким чином, практично весь азот, що дифундує сплави витрачається на утворення високоазотистих нітридних фаз.

Характерною особливістю росту високоазотистих фаз у сплавах є переважне їх просування по межах зерен кремнистого фериту, а в окремих зернах фериту γ' - фаза у вигляді тонких голок зростає не в напрямку дифузійного потоку, а в певних кристалографічних напрямках, вздовж яких дифузні атоми перешкоди [27].

Азотування кремнистих сплавів у температурному інтервалі 600-650°C супроводжується утворенням максимальної кількості фаз у дифузійному шарі: азотистого фериту, азотистого аустеніту, і γ' і ϵ -нітридів. При цьому зі зростанням температури азотування відбувається різке зниження мікротвердості шарів, що пояснюється появою в структурі м'якої складової азотистого аустеніту, а також розміцнення металевої матриці за рахунок виділення з неї та коагуляції нітридних фаз. При подальшому підвищенні температури азотування вище 700°C порядок утворення фаз у крем'янистих сплавах зберігається таким же, як і в армко-залізі [29].

3.2. Методи дослідження

3.2.1 Дослідження мікроструктури

Слід зазначити ще важливу особливість, виявлену під час обстеження зубів. На всіх, без винятку, поверхнях зубів, що контактують, видно кольори

втечі, виникнення яких обумовлено температурними спалахами від зони контакту. За квітами втечі можна припустити, що освіта їх проходила за температури вище 350-400°C. У зоні контакту температура була набагато вищою.

Вирізка зразків

Металографічний зразок часто відбирається великого обсягу матеріалу. Вибір місця нарізки зразка диктується метою металографічного дослідження. Наприклад, якщо необхідно визначити природу дефекту в металі, зразок вирізається таким чином, щоб площина шліфу перетнула цей дефект. Для вивчення деформації в кованих матеріалах зазвичай необхідно відібрати два зразки: площина шліфу одного з них має бути перпендикулярною, а іншого – паралельна головній осі деформації. Причини руйнувань можуть бути краще вивчені, якщо образні вирізуються таким чином, що площина шліфу перетинала вогнище руйнування (якщо це вогнище можна виявити в зламі). Для звичайного металографічного дослідження при виборі найбільш відповідного місця вирізки зразка необхідно пам'ятати, що зразок повинен давати справжнє уявлення про мікроструктуру матеріалу, що вивчається [29].

Закріплення (монтаж) зразків

Закріплення зразків в основному проводиться для того, щоб було зручно готувати та досліджувати шліфи, які мають складну конфігурацію або незручні для виготовлення розміри. Друга мета полягає у захисті та збереженні гострих кромek та поверхневих дефектів при виготовленні шліфів. Зазвичай шліфу надають круглу або прямокутну форму, діаметром 25-50 мм. Ставлення довжини до ширини прямокутного шліфу має перевищувати 2.

Шліфування

Шліфування здійснюється шляхом стирання поверхні зразка при послідовному переході до дедалі більш дрібнозернистого абразивного матеріалу. Шліфування повинне починатися з найбільш крупнозернистого

абразивного матеріалу, здатного за кілька хвилин створити вихідну рівну поверхню зразка та зняти ефект розрізки. Кожна наступна операція шліфування повинна проводитися на все більш дрібнозернистому абразивному матеріалі, причому треба переходити до наступного за розміром частинок абразивного матеріалу.

Полірування

Полірування є кінцевим щаблем у процесі виготовлення гладкої дзеркальної поверхні, вільної від подряпин. Одержання такої поверхні є необхідною умовою для проведення правильного металографічного аналізу як якісного, так і кількісного. При цьому використовується методика полірування не повинна створювати додаткових спотворень будови металу, ямок, виривів у вигляді «хвості комет», не повинна сприяти фарбуванню неметалевих включень і викликати фарбування окремих ділянок [31].

3.2.2 Визначення твердості

Твердість матеріалу – це здатність чинити опір механічному проникненню його поверхневий шар іншого твердого матеріалу. Вона визначається величиною навантаження, необхідної для початку руйнування матеріалу. Твердість ділиться на відносну та абсолютну. Відносна твердість – це твердість одного матеріалу стосовно іншого. Абсолютна жорсткість визначається за допомогою методів вдавлювання.

Твердість залежить від багатьох факторів. Серед них: міжатомні відстані речовини, валентність, природа хімічного зв'язку, крихкості та ковкості матеріалу, гнучкості, пружності, в'язкості та інших якостей.

Найбільш твердими з існуючих на сьогоднішній день матеріалів є дві алотропні модифікації вуглецю — лонсдейліт, який твердіший за алмаз у півтора рази і фулерит з перевищенням твердості алмазу вдвічі. Однак серед поширених речовин, як і раніше, найтвердішим є алмаз.

Для виміру твердості існує кілька шкал (методів виміру). Для різних матеріалів вони будуть різними. Для виміру твердості металів застосовуються методи:

Метод Брінелля - твердість визначається за діаметром відбитка, що залишається металевією кулькою, що вдавлюється в поверхню. Твердість обчислюється як відношення зусилля, прикладеного до кульки, площі відбитка.

Метод Роквелла - твердість визначається за відносною глибиною вдавлювання металевіого або алмазної конуса в поверхню матеріалу, що тестується. Твердість позначається HR, де H - hardness, а R - Rockwell. Твердість обчислюється за формулою $HR = 100 - kd$, де d – глибина вдавлювання наконечника після зняття основного навантаження, а k – коефіцієнт. Таким чином, максимальна твердість за Роквеллом відповідає HR 100. 3-ї літерою в позначенні йде найменування типу шкали, напр. HRA, HRB, HRC і т.д. Для ножів твердість визначається за шкалою HRC, яка фактично закінчується на 70 одиницях, оскільки велика твердість ножа не дозволяє їм повноцінно користуватися через зниження ударної в'язкості, підвищення крихкості тощо. Ця система була найпоширенішою у XX столітті.

Висновки

Виходячи з напрямку досліджень даної роботи та поставлених завдань, необхідно вибрати марку сталі для виготовлення муфти газоперекачувального агрегату (ГПА) Ц-16. Вибір матеріалів проводитимемо аналізуючи вимоги, які пред'являються даному виробу в процесі експлуатації. Вибраний матеріал з подальшою термічною або хіміко-термічною обробкою повинен відповідати міцності, твердості, зносо- та корозійній стійкості. З точки зору технології виготовлення важливі пластичність, ковкість і оброблюваність різанням.

Одними з найпоширеніших матеріалів, які застосовуються для виготовлення муфт, є вуглецеві сталі. Однак головний їх недолік - недостатня стійкість у корозійному середовищі. Цей недолік можна усунути проведенням азотування.

Застосування виготовлення муфти ГПА Ц-16 пропонованої марки сталі 38Х2МЮА економічно вигідніше, ніж сталь 38ХНЗМФА. Остання містить дорогі компоненти ванадій та нікель.

Азотована легована сталь є значно складнішою системою, ніж система залізо-азот, тому що наявні в ній легуючі елементи здатні утворити різні нітриди, а присутність вуглецю створює умови для утворення в дифузійній зоні карбідних і карбонітридних фаз з різним ступенем дисперсності, кількістю та характером розподілу за шаром, тому не викликає сумнівів, що наявність легуючих елементів сталі можуть вносити ряд особливостей у формуванні дифузійного шару.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «МУФТА»

Вибір методу виготовлення деталі визначається:

- 1) Технологічною характеристикою матеріалу заготовки.
- 2) Конструктивними формами і розмірами заготівлі. Необхідною точністю виконання заготівлі, шорсткістю і якістю її поверхонь. Програмою випуску і заданими термінами виконання цієї програми. На вибір методу виконання заготівлі впливає час підготовки технологічного оснащення, наявність відповідного технологічного обладнання і бажана міра автоматизації процесу. Вибраний метод повинен забезпечувати найменшу собівартість виготовлення деталі, тобто витрати на матеріал, виконання заготівлі і подальшу механічну обробку разом з накладними витратами повинні бути мінімальними. Для виготовлення деталі «муфта» як заготовка застосовується сортовий сталевий горячекатаний круглий прокат ГОСТ 2590-8.

Технологічний процес - частина виробничого процесу, дії по зміні стану предмета виробництва. Технологічний процес обробки деталей ділиться на: операція - це частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, означаються арабськими цифрами; частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні заготівель; перехід - це закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю вживаного інструмента і поверхонь що утворюються обробкою [22].

Таблиця 4.1

Технологічний процес виготовлення деталі «муфта»

№ операції	Найменування і короткий зміст операції	Технологічні бази	Обладнання	Прийоми	Ріжучий інструмент	Міряльний інструмент
005	Отримання зливку Безперервне розливання		Установка безперервного лиття	машина безперервного лиття заготовок (МБЛЗ)		
010	Отримання сортового прокату		Прокатний стан	Газові різачки для розрізання металу на сляби.		
015	Отримання мірних заготовок		Прес-ножиці			
020	Токарна		токарно-гвинторізний верстат	трикулачковий патрон		Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2
025	Свердлильна	свердлильний верстат	призма ТУ2-034-812-88.		Два свердла центровочних	Штангенциркуль.
030	Шліфувальна	центр упорний ГОСТ 18259-72, центр, що обертається ГОСТ 8742-75, хомутик ГОСТ 2578-70,	коло шліфувальний ПП 500x50305.ГОСТ 2424-83.			Зажимні шпці
035	Зубофрезерна	центр упорний ГОСТ 18259-72, центр, що обертається	коло шліфувальний ПП 500x50305.ГОСТ 2424-83			

Продовження таблиці 4.1.

040	Гартування		Піч СШО 6.20/7			
045	Чистова токарна	токарно- гвинторізний верстат,.	трикулачковий патрон ГОСТ 2675-80, різець			
050	Свердлильна	свердлильні й верстат,	призьма			
055	Довбіжна	верстат довбіжний,	різець довбіжний			
060	Зубофрезерна	фрезерний верстат.	фреза модульна			Скоби
065	Контроль розмірів	індикатор, стійка,	радіусні шаблони, зразки шорсткості	Скоби
070	Остаточна термічна обробка (азотування).		США 8.13/7		.	аміак
075	Шліфувальна остаточна		шлифовальний круг		.	
080	Контроль твердості, товщини шару.	Супер- Роквелла, індентор,				

Висновки

Технологічний процес - частина виробничого процесу, дії по зміни стану предмета виробництва. Технологічний процес обробки деталей ділиться на: операція - це частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, означаються арабськими цифрами; частина технологічної операції, що виконується при незмінному закріпленні заготовки; перехід - це закінчена частина технологічної операції, що характеризується постійністю форми і розмірів інструмента і поверхонь що утворюються обробкою.

У загальному вигляді технологічний процес виготовлення виробів, що азотуються, може бути представлений у вигляді наступних послідовних етапів:

- 1) попередня термічна обробка з метою надання основі сталі необхідного комплексу механічних властивостей,
- 2) механічне обробка деталі, включаючи шліфування;
- 3) захист місць, що не підлягають азотуванню;
- 4) азотування;
- 5) остаточне шліфування або доведення виробу відповідно до заданих розмірів

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Призначення режиму термічної та хіміко-термічної обробки деталі «муфта»

В даній роботі пропонуємо реалізовувати сучасну термічну обробку деталі «муфта» зі сталі 38ХМЮА. Дана обробка є комплексною і представляє собою поєднання власне термічної обробки і хіміко-термічної обробки. Основним операціями власне термічної обробки муфти є відпал, гартування та відпуск (табл. 5.1, рис.5.1). При проведенні термічної обробки необхідно враховувати, що дана сталь схильна до знеуглецювання. Внаслідок цього заготовки повинні мати достатні припуски на обробку (2,0-2,5 мм), які б гарантували повне видалення знеуглецьованого шару. Наявність на муфті знеуглецьованих поверхонь неприпустимо, оскільки це тягне у себе різке збільшення крихкості азотованого шару, котрий іноді його «лущення».

Наявність у сталі 38Х2МЮА хрому, алюмінію та молібдену (що підвищують критичні точки та ускладнюють гомогенізацію аустеніту) пояснює необхідність застосування підвищених температур нагріву під гартування та великих при цьому витримок. ГОСТ 4543-48 рекомендує застосовувати для сталі 38Х2МЮА як гартівне середовища масло або теплу воду.[23]

Відпал - термічна обробка, в результаті якої метали і сплави набувають структуру, близьку до рівноважної. Він викликає знеміцнення металів і сплавів, що супроводжується підвищенням пластичності, в'язкості і зняттям залишкових напружень [44].

Гартування - термічна обробка, яка застосовується до тих металів і сплавів, у яких є фазові перетворення в твердому стані. Існують два види загартування: гарт з поліморфним перетворенням і загартування без поліморфного перетворення. Гартування є зміцнюючою операцією термічної обробки і виконується на виробках (деталях машин і інструментах).

Відпуск - остаточна термічна обробка, яка полягає в нагріванні сплавів зі структурою пересиченого нерівновісного твердого розчину, попередньо отриманого гартуванням, до температур нижче критичної точки, витримці і наступному охолодженні [24].

Метою відпуску є отримання остаточної структури і властивостей, які формуються в результаті розпаду пересиченого твердого розчину, зменшення рівня гартівних напруг і наближення сплаву до рівноважного стану. При цьому чим вище температура відпуску, тим ефективніше знижуються гартівні напруги [24].

Таблиця 5.1

Режим термічної обробки та механічні властивості сталі 38X2МЮА [23]

Вид термічної обробки	Температура, °С	Середовище	σ_b , кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	δ , %	ψ , %	a_n , кгс м/см ²
Відпал	700	Повітря	-	-	-	-	-
Гартування	930- 950	Масло	100	85	14	50	9
Відпуск	600-675	Повітря					

Термічна обробка, яка проводиться для отримання необхідної структури серцевини виробу, проводиться напередодні хіміко-термічної обробки – азотування, і практично не впливає на твердість та глибину азотованого шару сталі 38X2МЮА [34, 36].

Азотування називається процес дифузійного насичення поверхневих шарів сталевих виробів азотом.

Азот, на відміну від вуглецю, досить добре розчиняється в α -залізі. Його розчинність в Fe α становить 0,01% при 20 ° С і підвищується до 0,1% при нагріванні до температури 591 ° С, що впливає з діаграми стану "залізо - азот". Тому дифузійне насичення сталей азотом можливо вести при більш низьких температурах, ніж цементацію.

Азотування виконують при температурі 500 - 580 ° С в муфельних герметичних печах. Як азотомісткі середовища використовується аміак (NH₃). При нагріванні він дисоціює на поверхні сталевих виробів з утворенням іонів азоту (NH₃ → 3H + N +), які активно дифундують углиб виробу, розчиняючись в фериті, і утворюють нітриди заліза, що володіють високою твердістю. Крім того, велика кількість дисперсних нітридів при охолодженні виділяється з азотистого фериту внаслідок зменшення розчинності азоту в залозі-α. Дисперсні частинки нітридів мають високу твердість, це забезпечує високу зносостійкість деталей [25].

Температура відпуску після гартування повинна на 40-70 ° С перевищувати температуру азотування, щоб виключити вплив фазових перетворень серцевини деталей на якість азотування.

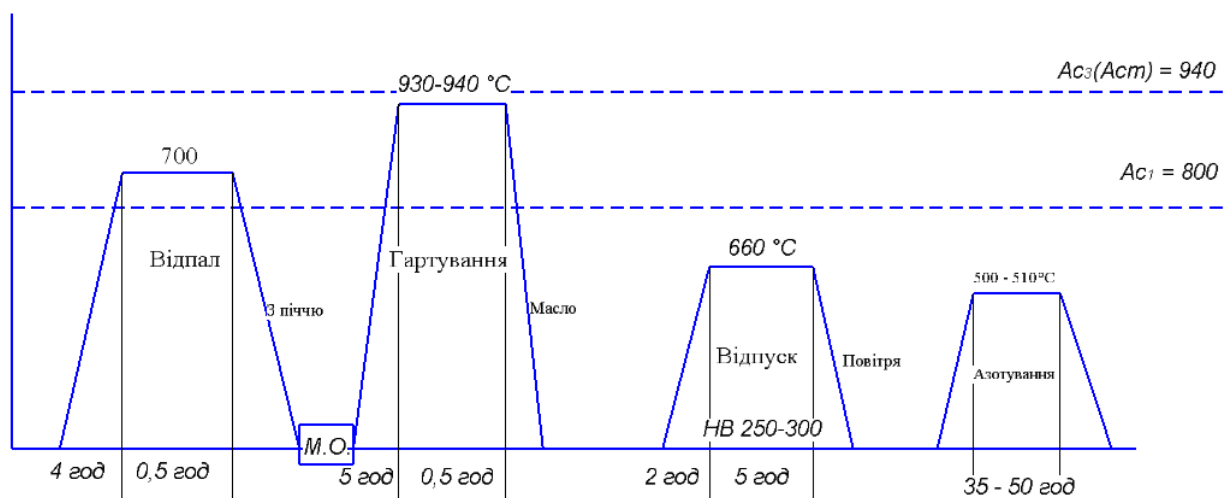


Рисунок 5.1 – Графік термічної обробки муфти 38X2МЮА.

Охолодження після відпуску має бути повільним (у печі або на повітрі), щоб виключити можливість появи внутрішньої напруги і короблення деталей у процесі азотування. Так як сталь 38X2МЮА містить молібден у кількості, достатньому для зменшення оборотної відпускнуї крихкості, таке повільне охолодження практично не знижує ударної в'язкості.

З питання впливу попередньої термічної обробки на властивості азотованого шару єдиної думки немає. А. Н. Мінкевич [35] вважає, що при азотуванні сталі 38X2МЮА сорбітна структура дає дещо вищу поверхневу твердість, ніж ферито-перлітна. Приріст твердості в процесі азотування залежить від ступеня дисперсності, форми та розподілу карбідів, що існували в сталі до початку азотування. Ю. М. Лахтін [25] показує, що глибина азотованого шару, його твердість, крихкість та інші властивості не залежать від попередньої термічної обробки.

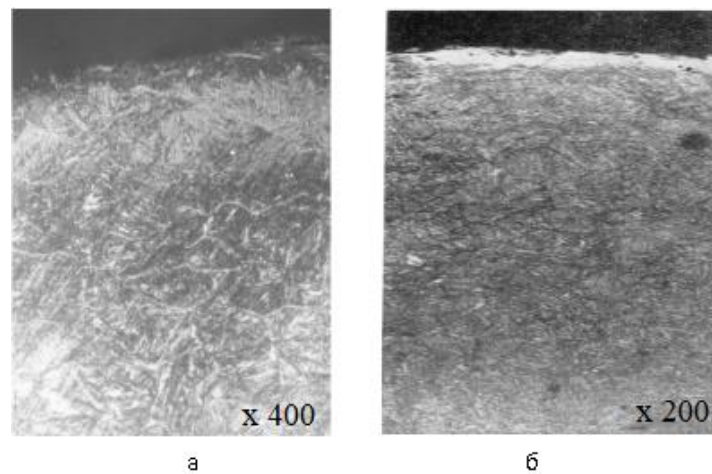


Рисунок 5.2 – Структура азотованого шару сталі 38X2МЮА

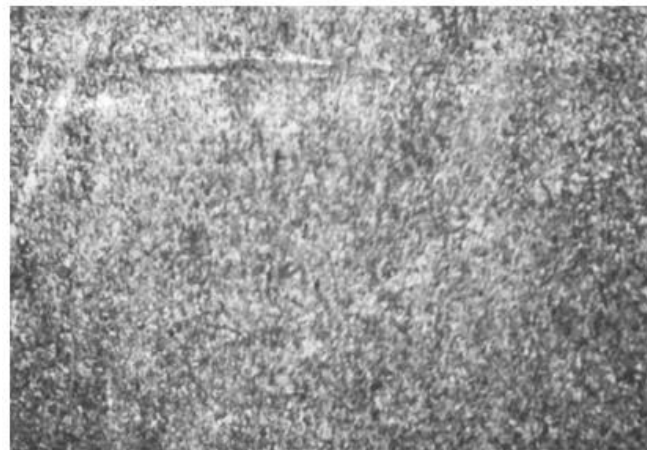


Рисунок 5.3 – Структура основи сталі 38X2МЮА після термічної обробки

У ряді робіт [25, 27, 31, 36] встановлено, що для деталей, що містять хром, ванадій, молібден, попередня термічна обробка значною мірою впливає

на властивості азотованої поверхні, і пояснюють це наслідком великої кількості нітридоутворюючих елементів, що знаходяться в твердому розчині. Чим більше в сталі вуглецю, тим нижча температура гартування, температура відпуску, тим більше нітридоутворюючих елементів буде пов'язано у карбідах, тим менше залишиться утворити нітридів і тим нижче буде твердість азотованого шару.

Режим азотування – температура від 500°C до 510°C, час азотування від 10 до 25 год.

У проміжках проведення етапів термічної обробки, заготівлі проходять обов'язкове миття, після занурення в гартівний бак з маслом. Ця операція проводиться з метою забезпечення чистоти поверхні заготівлі від масляної плівки, оскільки вона небажаним чином позначається на якості термообробки та умовах роботи в цеху.

Азотування сталі полягає в тому, що метал піддають нагріванню в середовищі, що характеризується високим вмістом аміаку. В результаті такої обробки з поверхневим шаром металу, що насичується азотом, відбуваються такі зміни: покращується зносостійкість деталі, зростає втомна міцність виробу, поверхня виробу стає стійкою до корозії.

Якість азотованого шару контролюють методами металографічного, хімічного, рентгеноструктурного, магнітного та інших методів аналізу. У виробничих умовах якість азотування визначають на зразках-свідках і безпосередньо на деталі. Контролюють товщину шару, поверхневу твердість, короблення, розміри та якість поверхні (лущення, тріщини тощо). Зразки-свідки виготовляють із тієї ж сталі, піддають аналогічній термічній обробці, як і азотовані деталі.

5.2. Вибір і розрахунок обладнання для проведення термічної обробки деталі «муфта»

Для виготовлення певного об'єму готового виробу потрібна деяка кількість обладнання та устаткування. Для проведення термічної обробки на певну кількість виробів в рік потрібно розрахувати кількість необхідного обладнання. В це обладнання входить основні термічні печі, додатково до яких входять: дільниці контролю, проїзди, установки для приготування карбюратору, майстерні механіка і енергетика з ремонту устаткування, експрес – лабораторії з аналізу матеріалів.

Розрахунок основного обладнання

Встановлюємо річну програму з виготовлення валу-шестерні 100000 штук.

Розрахунок обладнання проводимо користуючись інформацією, щодо річної програми та вихідних даних, щодо деталі:

- діаметр деталі $d = 0,058$ м;
- довжина поверхні деталі $l = 0,046$ м;
- маса деталі $m = 0,8$ кг = 1 кг.

Так як ми знаємо кількість всіх деталей виготовлених за рік – це 100000 штук, ми можемо розрахувати масу всіх деталей виготовлених за рік.

$$100000 * 6,7 = 670000 \text{ кг або } 670 \text{ т.}$$

Для процесу термічної обробки муфти будуть застосовані такі печі:

- СШО 6.20/7 – відпал;
- США 8.13/10 – гартування, азотування;
- СШО 6.20/7 – низькотемпературний відпуск;

Розрахуємо кількість та КПД печей:

- СШО 6.20/7 продуктивність печі = 220 кг/год.

$$670000 / 220 = 3045$$

$$3045 / 3900 = 0,78 - 1 \text{ піч}$$

$$\text{КПД} = 0,77 * 100 / 1 = 78\%$$

- США 8.13/10, продуктивність = 220 кг/год.

$$670000/220 = 3045$$

$$3045/3900 = 0,78 - 1 \text{ піч}$$

$$\text{КПД} = 0,77 * 100/1 = 78\%$$

- СШО 6.20/7, продуктивність = 60 кг/год.

$$670000/60 = 11200$$

$$11200/3900 = 2,86 - 4 \text{ печі}$$

$$\text{КПД} = 2,86 * 100/4 = 72\%$$

Розраховуємо час нагріву і витримки усього процесу виготовлення деталі:

$$\tau = \tau_{\text{H}} + \tau_{\text{B}},$$

де τ_{H} – час нагріву;

τ_{B} – час витримки.

$$\tau_{\text{H}} = 0,1 D_1 * k_1 * k_2 * k_3,$$

де D_1 – розмірна характеристика виробу, \min і \max розмір перетину деталі;

k_1 – коефіцієнт нагріву середовища: газове середовище – 2, розплав солей – 1, нагрів розплаву металу – 0,5;

k_2 – коефіцієнт форми для кулі = 1; циліндр = 2; паралелепіпед = 2,5; пластина = 4;

k_3 – коефіцієнт рівномірності розміра, якщо нагрів буде з 1 сторони = 4; з 3 сторін = 1,5; і 4 сторін = 1.

$\tau_{\text{H}} \text{ відпалу} = 30 \text{ хвилин}; \tau_{\text{B}} \text{ відпалу} = 2,5 \text{ годин.}$

$\tau_{\text{H}} \text{ гартування} = 4 \text{ години}; \tau_{\text{B}} \text{ гартування} = 8-10 \text{ хвилин.}$

$\tau_{\text{H}} \text{ відпуску} = 0,5 \text{ години}; \tau_{\text{B}} \text{ відпуску} = 2,5-3 \text{ годин.}$

$\tau_{\text{H}} \text{ азотування} = 0,5 \text{ години}; \tau_{\text{B}} \text{ азотування} = 10-25 \text{ годин.}$

Тепер знаходимо загальний час, кожної термічної обробки за формулою:

$$\tau = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}},$$

$\tau_{\text{н}}$ відпал = 2,5-3 годин;

τ гартування = 8-10 годин;

τ відпуск = 2,5-3 годин;

τ азотування = 10-25 годин.

Загальний час виготовлення деталі:

$$\tau = \tau_{\text{відпал}} + \tau_{\text{гартування}} + \tau_{\text{відпуску}} + \tau_{\text{азотування}} = 41 \text{ година.}$$

5.3. Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується

Головними елементами виробничої структури підприємства є робочі місця, дільниці і цеху.

Дільниця – виробничий підрозділ, що об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за певними ознаками, що здійснює частину загального виробничого процесу по виготовленню продукції або обслуговування виробничого персоналу [33].

Для розміщення проектованої дільниці цеху, з шкідливими газовиділеннями і значними надлишками тепла (більше 20 ккал / м³ на годину), як правило, має використовуватися одноповерхова будівля прямокутної форми, що забезпечує найбільш ефективне видалення шкідливих речовин звичайним шляхом [33].

При компонованні термічного цеху в загальному корпусі з іншими цехами виробниками (ковальський, механічний), цех слід розташовувати у найбільш протяжної сторони, уздовж зовнішньої стіни корпусу з метою покращення операцій [33].

Всі елементи будинку термічного цеху відносяться до категорії Т за ознакою пожежонебезпеки і повинні виконуватися з негорючих матеріалів, що відповідають I і II ступенях вогненебезпечності [33].

Ширина прольотів дорівнює 12, 18, 21, 30 і 36 м, встановлюється в залежності від схеми розміщення обладнання і необхідної ширини проїздів.

У проектуваному цеху приймаються наступні сітки колон 12 x 18, 12 x 24, для кранових будівель 12 x 24, 12 x 30 для будинків обладнаних кранами. Прольоти 6, 9 і 12 метрів. Висота прольоту приймається в залежності від умов роботи. Для термічної дільниці, яка характеризується значним теплом і не вимагає утеплення покриття, проектуємо його з азбоцементних листів. На дільниці застосовуємо світло аерозольні ліхтарі "П"-подібного профілю. Покриття підлог на дільниці використовуємо не слизьке, яке легко очищається від забруднень. Для монтажу і ремонту устаткування використовується підвісне обладнання (кран), і транспортні пристрої (кари, навантажувачі) [33].

Термічні цехи характеризуються великою кількістю інженерних комунікацій, установка і монтаж яких ускладнює нормальне проведення технологічного процесу і не задовольняє вимогам промислової естетики. Питання раціонального розміщення комунікацій, допоміжного обладнання та складських приміщень може бути вирішене шляхом спорудження, тунелів підвалу або технологічного поверху.

Для визначення геометричних параметрів дільниці необхідно розрахувати її площу.

Загальна площа дільниці за призначенням ділиться на [33]:

- виробничу;
- допоміжну;
- контрольно-побутову.

До виробничо-побутової площі відносяться площі виробництва, на яких проводиться обробка виробів, а також площі для зберігання виробів до і після термічної обробки.

До складу допоміжних площ входять:

- дільниця контролю термічної обробки;
- проїзди для внутрішнього транспортування вантажів;
- площі, займані установками для приготування карбюратору;
- Майстерні механіка і енергетика з ремонту устаткування;
- Експрес - лабораторії з аналізу матеріалів і технологічних параметрів карбюраторів.

До конторських-побутовим площами належать приміщення контор дільниці. Необхідні площі проектованої дільниці розраховуємо за укрупненими показниками, використовуючи довідкові дані.

Розрахунок площі цеху:

$$S_{ЗАГ} = S_{ПОЛ} + S_{ПРОХ} + S_{ВСП}$$

де $S_{ПОЛ}$ - корисна виробнича площа необхідна для розташування обладнання;

$S_{ПРОХ}$ - площі проходів і проїздів;

$S_{ВСП}$ - допоміжна площа.

$$S_{ПОЛ} = \sum S_i,$$

S_i - площа для даного обладнання.

$$S_{ПОЛ} = 405 \text{ м}^2$$

Допоміжна площа і площа проходів та проїздів встановлюється в розмірі 25-35% від виробничої площі

$$S_{ВСП} = 25 \dots 35\% * SKOP = 30\% * 238 = 142 \text{ м}^2$$

$$S_{ПРОХ} = 25 \dots 35\% * SKOP = 30\% * 238 = 142 \text{ м}^2$$

$$S_{ЗАГ} = 405 + 142 + 142 = 689 \text{ м}^2$$

Отриману $S_{ЗАГ}$ розбивають на сітку колон.

Таким чином, ми отримуємо термічний дільницю розмірами: $42 \times 18 = 756$ (м²).

5.4. Розробка плану розташування обладнання на термічній дільниці

Термічні цехи в своєму складі мають:

- виробничі дільниці;
- допоміжні окремі (склади);
- склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосовування;
- трансформаторні підстанції;
- службові і побутові приміщення.

Склад площ змінюється в залежності від розміру і структури цеху, характеру технологічних процесів та інших особливостей.

В основу розстановки обладнання на плані і розрізах цеху повинні бути покладені:

- 1) намічена компоновочна схема технологічного вантажопотоку, що не допускає перетину шляхів руху оброблюваних виробів. Виняток може бути тільки для цехів індивідуального і дрібносерійного виробництва, але при цьому загальний вантажопотік повинен йти в одному напрямку.
- 2) можливість обслуговування і ремонту устаткування.
- 3) організація між операційного транспорту оброблюваних виробів.

При встановленні схеми розташування устаткування необхідно врахувати, що печі повинні розташовуватися уздовж зовнішніх стін.

Проїзди і проходи бажано розміщувати по периметру з обов'язковим розташуванням воріт і дверей у зовнішніх стін.

План термічної дільниці наведено у ДОДАТОК Б.

Висновки

Попередня термічна обробка перед азотуванням муфти із сталі 38Х2МЮА складається з відпалу, гартування та відпуску. При проведенні термічної обробки необхідно враховувати, що дана сталь схильна до знеуглецювання. Внаслідок цього заготовки повинні мати достатні припуски на обробку (2,0-2,5 мм), які б гарантували повне видалення знеуглецьованого шару. Азотування виконують при температурі 500 - 580 °С в муфельних герметичних печах.

Для виробництва певної кількості кінцевого продукту необхідна певна кількість обладнання. Для проведення термічної обробки певної кількості виробів на рік необхідно розрахувати обсяги необхідного обладнання, що і було реалізовано в даній роботі.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було проаналізовано характеристики та умови роботи деталі «муфта», яка є складовою частиною агрегату (ГПА) Ц-16. Втрата працездатності виробу відбувається на поверхні в результаті зносу, розмивання, відколу зубів та інших і може призвести до виходу з ладу машини або механізму в цілому.

1. Встановлено, що муфта призначена для передачі моменту, що крутить, від силової турбіни двигуна ГПА до нагнітача і складається з чотирьох основних частин: пружної муфти з боку ротора силової турбіни; проміжного валу; зубчастої муфти з боку ротора нагнітача; кожуха муфти.

2. У роботі наведено класифікацію методів нанесення покриттів залежно від характеру взаємодії оброблюваного матеріалу основи та насичуючого елемента та можливостей отримання покриттів. Перспективною технологією є азотування, відноситься до галузі хіміко-термічної обробки сталевих виробів, і може бути використаний у машинобудуванні та інших галузях народного господарства для підвищення поверхневої твердості, міцності, зносостійкості деталей машин та інструменту. У більшості випадків азотування піддаються деталі, які, крім високої твердості поверхні, повинні мати високі механічні властивості серцевини. Тому перед азотування вони піддаються термополіпшенню.

3. Результат досліджень даної роботи та поставлених завдань, необхідно вибрати марку сталі для виготовлення муфти газоперекачувального агрегату (ГПА) Ц-16. Застосування виготовлення муфти ГПА Ц-16 пропонованої марки сталі 38Х2МЮА економічно вигідніше, ніж сталь 38ХНЗМФА. Остання містить дорогі компоненти ванадій та нікель.

4. Розроблено технологічний процес виготовлення виробів, що азотуються, може бути представлений у вигляді наступних послідовних етапів: Отримання зливку, безперервне розливання, отримання сортового

прокату, отримання мірних заготовок, токарна ,свердлильна, шліфувальна, зубофрезерна, чистова токарна, свердлильна, довбіжна, зубофрезерна, контроль розмірів, остаточна термічна обробка (азотування)., шліфувальна остаточна, контроль твердості, товщини шару.

5. Запропонована сучасна термічна обробка, яка складається з відпалу, гартування та відпуску, після яких проводять азотуванням муфти із сталі 38Х2МЮА. Азотування виконують при температурі 500-580 ° С в муфельних герметичних печах в середовищі аміаку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Артемова Т. Г. Эксплуатация ГПА-Ц-16. УГТУ-УПИ, 2002. 116 с.
2. Свирид М. Н. Мониторинг трибологических параметров узла трения в условия переноса массы Паращанов В. Г., Химков А. Н., Беспалов И. Ю. Проблемы тертя та зношування. 2009. № 51. С. 26– 33.
3. А. С. Верещака, Режущие инструменты с износостойкими покрытиями И. П. Третьяков. М. : Машиностроение, 1986. 192 с.
4. Каратаев А. М. Спосіб азотування сталєвих виробів .№ 31768 А, МПК 6 С23 С 8/26, 15.12.2000.
5. Костик В. О., Склад для азотування сталєвих та титанових виробів №42478, МПК С23С 8/06, 10.07.2009.
6. В. Г. Тиняев, «Способ ионного азотирования» С.М.Свирид, В.Е.Романов № 1577384 С 23 С8/36. 18.02.1988.
7. Пастух И. М. «Способ вакуумно-дифузийного газоразрядного азотування» №51906, МПК 6С23С8/26, 16.12.2002.
8. Ляшенко Б. А., «Способ поверхностного упрочнения сталевих деталей іонно-плазмовим азотуванням у пульсуючому тліючому розряді» Рутьковський А.В., Мірненко В.І., Радько О.В. №19782, МПК (2006) С23С 8/06, 19.09.2006.
9. Г. В. Самсонов, Тугоплавкие покрытия. А. П. Эпик.– М. : Metallurgiya, 1973. – 398с.
10. Фиргер И. В. Термическая обработка сплавов: [Справочник] – Л. : Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1982. – 304 с., ил.
11. Арзамасов Б. Н. Циркуляционный метод химико-термической обработки. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metalliv. 2004. № 6. С.3– 6.
12. Ляхович Л. С. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М. : Metallurgiya, 1981. 424 с.

13. Маргулес А. У. Резание металлов керметами М. Машиностроение, 1980. 160 с. ил.
14. Г. В. Борисенко, Л. А. Васильев, Л. Г. Ворошник. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: [Справочник] М.:Металлургия, 1981. 424 с.
15. М. Л. Бернштейн, А. Г. Рахштадт. Металловедение и термическая обработка стали: Справ, изд.в 3 т. М. : Metallurgiya, 1983 Т. 1. Методы испытаний и исследования. 1983. 352 с.
16. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойким покрытием М. : Metallurgiya, 1993. 399 с.
17. Криворучко В. И. Получение тугоплавких соединений из газовой фазы. М. : Атомиздат, 1976. 120 с.
18. Митин Б. С. Порошковая металлургия и напыленные покрытия М. Metallurgiya, 1987. 792 с.
19. Захаров В. В. Создание промышленной технологии химико-термической обработки режущего инструмента из твердых сплавов: дисс. ... доктора. техн. наук : 05.16.01 Захаров Василий Васильевич. Москва, 1989. 268 с.
20. Исследование условий нанесения многокомпонентных карбидных покрытий на стали и твердые сплавы. сб. докладов IV Всесоюзной научной конференции по химико-термической обработке металлов и сплавов – Минск, 1981, С. 256.
21. Арзамасов Б. Н. Циркуляционный метод химико-термической обработки. Металловедение и термическая обработка металлов. 2004. № 6. С. 3–6.
22. Арзамасов Б. Н. Химико - термическая обработка металлов в активизированных газовых средах. М. Машиностроение, 1979. – 225 с.
23. Киричок П. О., Олійник В. Г., Киричок Т. Ю. Зміцнення поверхонь металевих деталей: навч. посіб. К.: Преса України, 2004, – 240 с.

24. С. А. Герасимов, А. В. Жихарев, Е. В. Березина, Г. И. Зубарев, В. А. Пряничников. Новые идеи о механизме образования структуры азотированных сталей МиТОМ. 2004. № 1. С. 13–17.
25. Т. Д. Шермергор, Н. Н. Стрельцова. Пленочные пьезоэлектрики. М. Радио и связь, 1986. 136 с..
26. Ремізов Г. О. Азот як легуючий елемент сталей (короткий огляд) Спеціальна металургія вчора, сьогодні, завтра. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції НТУУ «КПІ» К. Політехніка, 2002. С. 58-61.
27. Бабаскин Ю. З. , Щипицын С. Я. , Кирчу И. Ф. Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой. Киев Наукова думка, 2005. 354 с.
28. Крукович М. Г. Моделирование процесса азотирования МиТОМ. 2004. № 1. С. 24–31.
29. Бильченко А.В., Формирование и фазовый состав азотированных слоев нержавеющей хромистых сталей МиТОМ.1969. - №11. С. 39-43.
30. Бильченко А.В., Выносливость нержавеющей сталей после поверхностного упрочнения азотом, азотом и углеродом Физико-химическая механика материалов.- 1980. - №3. С. 112-114.
31. Лахтин Ю. Азотирование стали. М. Машиностроение, 1976. 256 с.
32. С. Н. Knerr, Т. С. Rose, J. Н. Fikowski. Gas Nitriding. Heat Treating, ASM Handbook. ASM International. 1991. Vol 14. p. 387–409.
33. Базалеева Ю. О. Механизмы влияния азота на структуру и свойства сталей (обзор). Металловедение и термическая обработка металлов. 2005. 10 (604). – С. 17–23.
34. М. И. Гольдштейн, Специальные стали учебник для вузов. С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. М. Металлургия, 1985. 408 с.
35. В.Н. Журавлев. Машиностроительные стали. О.И. Николаева. [Справочник]. М. Машиностроение, 1968. 332 с.

36. Сорокин В. Г. Марочник сталей и сплавов. М. Машиностроение, 1989. 638 с.
37. Винокур Б.Б. Флокени в сталі (огляд). Металознавство та обробка металів. 2009. № 2. С. 45–50.
38. Дорофеев А.Л. Индукционная структуроскопия. М. «Энергия», 1973,- 176 с.
39. Глазов В. М., Вигдорович В. Н. Микротвердость металлов и полупроводников М. Металлургия, 1969. 248 с.
40. Юргенсон А. А. Азотирование в энергомашиностроении Свердловск. Metallurgizdat, 1962. 130 с.
41. М. Хансен, К. Андерко. Структуры двойных сплавов М. ГННИЛ по горной металлургии, 1962. 608 с.
42. Львовский А.Я., Герасимов Л.П. Твердость азотированного слоя при повышенных температурах.. МиТОМ, 1973, №3, С. 64–65.
43. Белов Н. Диаграммы состояния тройных и четверных систем учебное пособие для вузов. М. МИСиС, 2007. 356 с.
44. Г. Н. Ковальчук, В. П. Шаповалов, Н. С. Горбунов. Применение титаноазотированных покрытий для повышения стойкости твердосплавного инструмента. Защитные покрытия на металлах. 1976. № 10. С. 107.
45. А. В. Белоцкий, А. В. Мохорт, В. Г. Пермяков. Высокотемпературная рентгенография азотирования армко-железа. Известия Вузов. Черная металлургия. 1966. № 5. С. 147–151.
46. F. Borgioli, A. Fossat, E. Galvanetto, T. Vacci. Glowdischarge nitriding of AJSJ 316 L austenitic stainless steel influence of treatment. Surface and Coating Technology. 2005. № 7. P. 2474–2480.
47. Будник А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць Навчальний посібник. Суми Видавництво СумДУ, 2008. 212 с.
48. Сігова В.І., Пчелінцев В.О. Технологія конструкційних матеріалів і металознавство. Частина 2. програма, методичні вказівки та завдання до

курсвої роботи з розділів матеріалознавство і термічна обробка
Навчальний посібник для студентів інженерних спеціальностей усіх форм
навчання. Суми Видавництво СумДУ, 2005. 183 с.

ДОДАТОК А

Technical drawing of a coupling flange (муфта) showing front, side, and detail views with dimensions. Key dimensions include: outer diameter 85, inner diameter 73, total width 105, and various radii and chamfers.

√ 32

Умовні позначення	
Модуль	15
Число зубів	20
Діаметр ролика	2.59
Ширинка отвору по округлості	2.355
Діаметр ділительної окружності	30

1. ГР М – НВ223...262
 2. Невказані межі відхилення розмірів Н14h14
 3. *Розміри для довідок

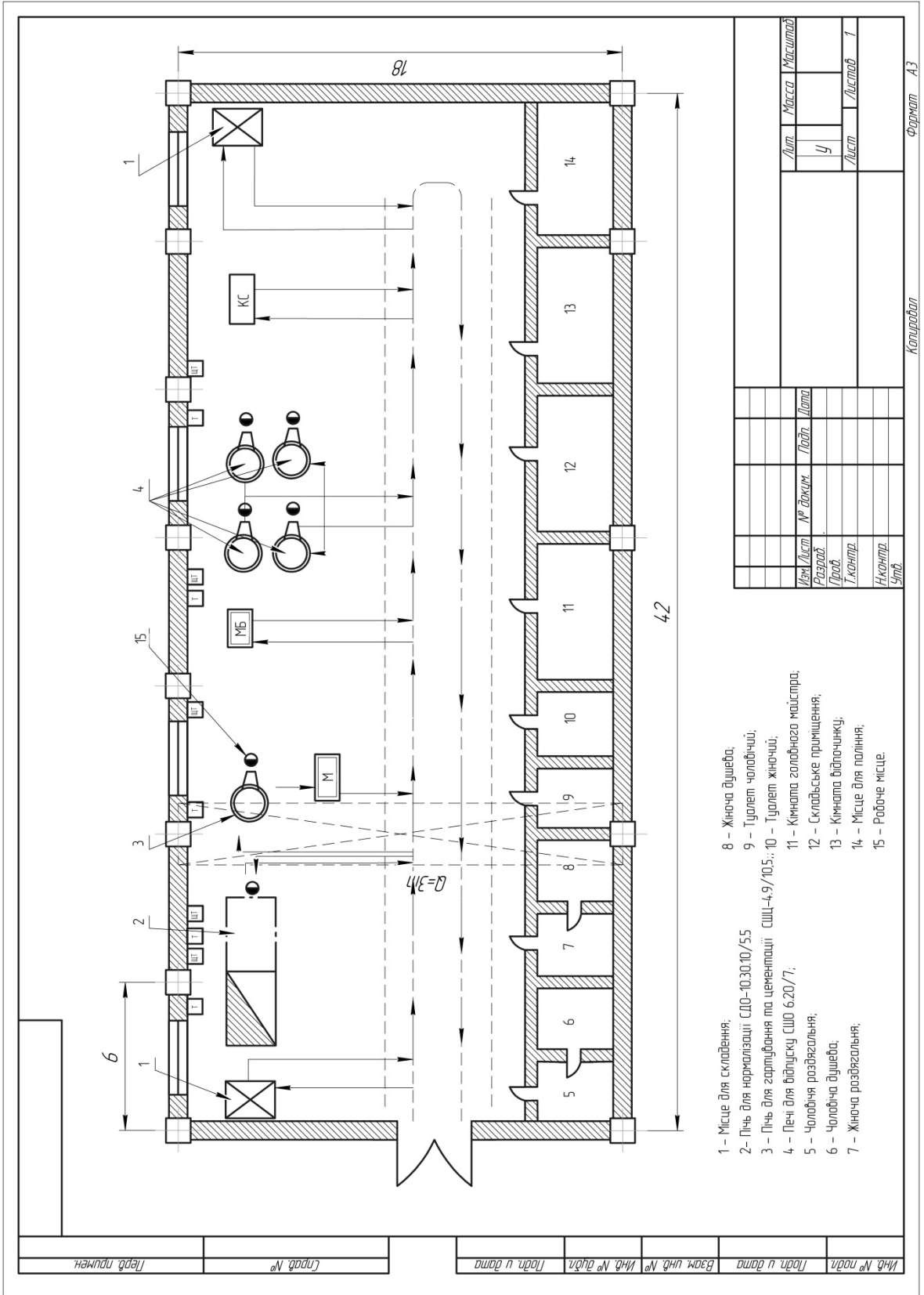
Мат. / Лист	№ док-м	Повт.	Лист	Масштаб	Т
				1:1	

муфта	
--------------	--

Інв. № подл.	Підп. у дата	Інв. № док-м	Взам. інв. №	Інв. № підл.	Підп. у дата

Копія дані
Формат А3

ДОДАТОК Б



- 1 – Місце для складення;
 2 – Печь для нормалізації СЛО-10.30.10/55
 3 – Печь для гартування та цементації СШЦ-4.9/10.5.;
 4 – Печь для відпуску СШО 6.20/7;
 5 – Чоловічий роздягальня;
 6 – Чоловіча душева;
 7 – Жіноча роздягальня;
 8 – Жіноча душева;
 9 – Туалет чоловічий;
 10 – Туалет жіночий;
 11 – Кімната головною маістра;
 12 – Складське приміщення;
 13 – Кімната відпочинку;
 14 – Місце для палина;
 15 – Робоче місце.

Лінійний номер: _____
 Грай, № _____

Лінійний номер: _____
 Погода, дата _____

Ім'я	Лист	Маса	Масштаб
Розрад.	У		
І.контр.	Лист		Листов 1
І.контр.			
Утв.			

Копія А3 Формат А3