

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет
(повне найменування факультету)

Фізичне матеріалознавство
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження особливостей термічної обробки сталей для вимірювального інструменту
(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ІФз- 210сп_2

Спеціальності 132 Матеріалознавство

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Прикладне матеріалознавство

ГАВРИК О.К

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник

КЛИМОВО.В

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Інженерно – фізичний
Кафедра Фізичне матеріалознавство
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 132 Матеріалознавство
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Прикладне матеріалознавство
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)
ГАВРИК Олексій Костянтинович
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження особливостей термічної обробки сталей для вимірювального інструменту

керівник проєкту (роботи) доцент. к.т.н. КЛИМОВ Олександр Володимирович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «» року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12.06.2024

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) ескіз пробки різьбової, вимоги до матеріалу, хімічний склад сталі 9ХС.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) характеристика та умови експлуатації виробу. вимоги до матеріалу, номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення, характеристика матеріалів виробів, розробка режимів та технології термічної обробки, технічний контроль попередження та виявлення дефектів, технічний контроль попередження та виявлення дефектів, спеціальна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Ескіз деталі та характеристики сталі 9ХС, механічні властивості сталі 9ХС, графік термічного оброблення, характеристика хромування

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	КЛИМОВ О.В, доцент к.т.н		
2	КЛИМОВ О.В, доцент к.т.н		
3	КЛИМОВ О.В, доцент к.т.н		
4	КЛИМОВ О.В, доцент к.т.н		
5	КЛИМОВ О.В, доцент к.т.н		
6	НЕСТЕРОВ О.В, доцент к.т.н		
7	ФАСОЛЬ Є.О, ст.викладач		

7. Дата видачі завдання «14» квітня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Характеристика та умови експлуатації виробу. Вимоги до матеріалу	19.04.2024	
2	Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення	26.04.2024	
3	Характеристика матеріалів виробів	15.05.2024	
4	Розробка режимів та технології термічної обробки	25.05.2024	
5	Технічний контроль попередження та виявлення дефектів	30.05.2024	
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	01.06.2024	
7	Аналіз причин руйнування болтів зі сталі 30	05.06.2024	

Студент(ка)

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Характеристика та умови експлуатації виробів. Вимоги до матеріалів.....	7
2 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення.....	10
3 Характеристика обраного матеріалу	13
4 Розробка режимів та технологій термічної обробки	20
5 Технічний контроль, попередження та виправлення дефектів	35
6 Охорона праці.....	40
6.1 Фактори небезпеки.....	40
6.2 Заходи по забезпеченню безпеки.	41
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	43
6.4 Заходи з пожежної безпеки	46
7 Спеціальна частина	48
7.1 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття	48
7.2 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття.....	49
7.3 Вибір анодів.....	51
Висновки	53
Перелік джерел посилань	54

ВСТУП

У сучасній промисловості вимірювальний інструмент відіграє ключову роль у забезпеченні високої точності та якості виготовленої продукції. Одним із найважливіших аспектів виготовлення таких інструментів є вибір матеріалу та його термічна обробка. Сталі для вимірювального інструменту повинні мати високі показники твердості, зносостійкості, стабільності розмірів та низький коефіцієнт теплового розширення. Це визначає важливість дослідження процесів термічної обробки, які дозволяють досягти необхідних експлуатаційних властивостей сталей.

Мета дослідження. Основною метою даного дослідження є вивчення особливостей термічної обробки сталей, призначених для виготовлення вимірювального інструменту, з метою оптимізації технологічних процесів та покращення експлуатаційних характеристик кінцевого продукту.

Завдання дослідження:

Аналіз літературних джерел щодо термічної обробки сталей для вимірювального інструменту.

Дослідження впливу різних режимів термічної обробки на структурні та механічні властивості сталей.

Визначення оптимальних параметрів термічної обробки для забезпечення необхідних властивостей сталі.

Розробка рекомендацій щодо застосування оптимізованих режимів термічної обробки у виробництві вимірювального інструменту.

Об'єкт дослідження. Процеси термічної обробки сталей, що використовуються для виготовлення вимірювального інструменту.

Предмет дослідження. Вплив різних режимів термічної обробки на мікроструктуру та експлуатаційні властивості сталей.

Наукова новизна. У ході дослідження будуть визначені оптимальні параметри термічної обробки сталей для вимірювального інструменту, що дозволить покращити їхні експлуатаційні характеристики та забезпечити більш високу точність виготовленої продукції.

Практичне значення. Отримані результати можуть бути використані у промисловості для вдосконалення технологічних процесів виготовлення вимірювального інструменту, що сприятиме підвищенню якості продукції та зменшенню виробничих витрат.

Висновки. Дослідження особливостей термічної обробки сталей для вимірювального інструменту є важливим етапом у забезпеченні високої якості та надійності вимірювальних засобів. Оптимізація термічної обробки дозволить значно покращити механічні властивості сталей, що позитивно вплине на їхню довговічність та точність.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ

Вимірювальний інструмент - це пристрій, призначений для вимірювання фізичних величин, таких як довжина, вага, тиск, температура, час тощо. Ці інструменти використовуються у різних галузях, включаючи будівництво, механіку, електротехніку, медицину, науку та багато інших.

Існує безліч типів вимірювальних інструментів, які можуть бути аналоговими або цифровими, ручними або автоматизованими. Деякі з найпоширеніших вимірювальних інструментів включають:

Лінійні вимірювальні інструменти: Такі як лінійки, мікрометри, калібри, висотоміри та штангенциркулі.

Термометри: Для вимірювання температури, включаючи ртутні, цифрові, інфрачервоні та інші типи.

Ваги: Використовуються для вимірювання маси різних об'єктів.

Тискомери: Для вимірювання тиску рідин або газів.

Мультиметри: Використовуються для вимірювання електричних величин, таких як напруга, струм та опір.

Секундоміри та таймери: Для вимірювання часу.

Оптичні вимірювальні інструменти: Такі як мікроскопи, телескопи, нивеліри та інші, використовуються для вимірювання відстаней, кутів, а також для огляду об'єктів.

Умови роботи вимірювального інструменту можуть значно варіюватися залежно від типу інструменту, його призначення та технічних характеристик. Проте, деякі загальні умови роботи вимірювальних інструментів включають:

Температура: Більшість вимірювальних інструментів працюють у певному діапазоні температур. Екстремальні температури можуть вплинути на точність вимірювань.

Вологість: Деякі вимірювальні прилади можуть бути чутливими до вологості. Вологі середовища можуть призвести до корозії або інших проблем з електронікою.

Чистота: Вимірювальні інструменти, особливо оптичні, можуть вимагати чистого середовища для точних вимірювань. Пил, бруд або інші забруднення можуть вплинути на результати.

Електромагнітні поля: Деякі вимірювальні прилади можуть бути чутливими до електромагнітних полів, що можуть впливати на їхню роботу.

Живлення: Більшість вимірювальних інструментів потребують живлення, чи то від мережі, батарей або інших джерел енергії. Нестабільне живлення може вплинути на роботу приладу.

Калібрування: Багато вимірювальних приладів потребують періодичного калібрування для забезпечення точних вимірювань. Таке калібрування може вимагати спеціалізованого обладнання та навичок.

Дотримання цих умов допомагає забезпечити точність та надійність вимірювань і підтримує оптимальну ефективність роботи вимірювального інструменту.

В даній роботі розглядається пробка різьбова. Рисунок 1.1

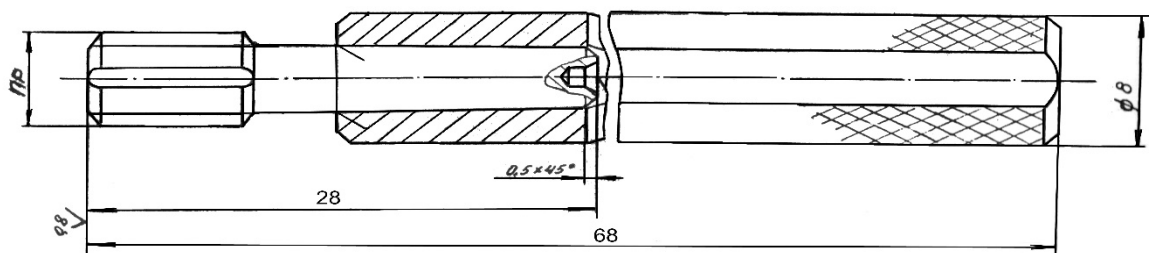


Рисунок 1.1 - Ескіз пробки різьбової

Вимірювальний інструмент(пробку різьбову) використовують для перевірки розмірів деталей. При вимірюванні поверхня інструмента торкається поверхні перевіряємої деталі і зношується. Саме тому поверхня вимірювального інструменту повинна бути твердою (60...64HRC) і зносостійкою для збереження розмірів і форм в процесі роботи.Для вимірювального інструмента (особливо високих класів точності) велике значення має збереження постійних лінійних розмірів та форм загартованого інструменту впродовж тривалого часу. Поступова зміна розмірів і форми загартованого виробу пов'язане зі зменшенням тетраганальності решітки мартенситу, мартенситним перетворенням залишкового аустеніту, зменшенням і перерозподілом внутрішніх напружень (природним старінням). Хоча ця зміна і невелика, але недозволена для виробу високої точності. Процеси старіння проходять повільно; результати старіння стають помітними через 3-6 місяці і значно зростають через 10-12 місяців після проведення термічної обробки. Саме тому при термічній обробці вимірювального інструмента велика увага приділяється стабілізації напруженого стану, мартенситу і аустеніту залишкового, що досягається певним режимом низькотемпературного відпуску (штучне старіння) й обробкою при температурах нижче 0°C.

Для отримання, відповідного та точного профілю і розмірів вимірювального інструмента після термічної обробки необхідно забезпечити мінімальне його короблення при гартуванні.

Проаналізувавши умови експлуатації розглядаємого інструменту – пробки різьбової, можна зробити висновок про те, що найкращим чином для його виготовлення підійде група інструментальних високовуглецевих низьколегованих або нелегованих сталей.

2 НОМЕНКЛАТУРА ВИРОБІВ ТА МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Номенклатура – це перелік виробів, що оброблюються у виробничому підрозділі. У термічному цеху проходять термічну обробку зубчасті колеса. Ескіз деталей наведено на рис. 1.1. У табл. 2.1 наведено номенклатуру оброблюваних деталей

Таблиця 2.1 – Номенклатура виробів

№ п/п	Назва виробу	Матеріал виробу	Маса виробу, кг	Розміри виробу, мм				Вимоги до матеріалу
				b	l	h	d	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пробка різьбова	9ХС	0,105	-	60	-	8	HRC 62-64
2	Пробка різьбова	9ХС	0,120	-	70	-	10	HRC 62-64
3	Пробка різьбова	9ХС	0,135	-	50	-	6	HRC 62-64

Технологія виготовлення виробів на машинобудівних, інструментальних, спеціальних заготівельних підприємствах уявляє собою логічну послідовність технологічних операцій. Маршрутна технологія уявляє собою рух заготовок по цехам та відділенням підприємства, в ній зазначаються виконувані операції, які можуть повторюватися, але мати різне призначення, режими та забезпечувати зміну форми, розмірів, шорсткості поверхні, мікроструктури та властивостей. В розробці маршрутної технології приймають участь фахівці тих цехів, в яких відбувається обробка даного

виробу. Вона може включати десятки операцій. Ураховуючи це в курсовому проекті необхідно розробити спрощену маршрутну технологію, виготовлення пробки різьбової тобто схему маршрутної технології (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Схема маршрутної технології виготовлення пробки різьбової зі сталі 9ХС

№ п/п	Назва операції (комплексу операцій)	Цех (дільниця), де виконується операція	Призначення операції
1	2	3	4
1	Вхідний контроль	Заготівельний цех	Контроль хімічного складу, розмірів, макроструктури, відсутності дефектів гарячих прутків.
2	Заготівельна	Заготівельний цех	Отримання заготовок із прокату (порізка).
3	Попередня термічна обробка	Термічне відділення ковальського цеху	Ізотермічний відпал для отримання однорідної структури, перерозподілу легувальних елементів, зменшення рівня напружень та твердості, підготовка мікроструктури для наступної термічної обробки.
4	Механічна обробка	Механічний цех	Надання інструменту необхідних форм та розмірів.
5	Основна термічна обробка	Термічний цех	Гартування, обробка холодом та низький відпуск для отримання заданих робочим кресленням властивостей матеріалу, виконання вимог щодо геометрії заготовки.

Кінець таблиці 2.2

1	2	3	4
6	Остаточна механічна обробка	Механічний цех	Ручне шліфування і надання виробу остаточних розмірів, геометрії, шорсткості у відповідності із робочим кресленням
7	Додаткова обробка	Гальванічний цех	Хромування для підвищення твердості, зносостійкості, корозійної стійкості.
8	Вихідний (завершальний) контроль	Механічний цех	Контроль відсутності дефектів на поверхні готового виробу; перевіряється мікроструктура та механічні властивості, щоб вони відповідали робочому кресленню

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАНОГО МАТЕРІАЛУ

Матеріал для виготовлення пробки різьбової обирають виходячи з умов її експлуатації та технологічності виготовлення. Вимірювальний інструмент – пробка різьбова повинна мати твердість 60...64 HRC та високі показники зносостійкості.

Виходячи з вимог, які були висунуті до пробки різьбової, для виготовлення даного виробу доцільно буде використання таких сталей: У10, 9ХС, ХВГ. Саме вони найбільше задовольняють технічним вимогам за своїми характеристиками.

Запропоновані сталі відносяться до нетеплостійких сталей високої твердості. Всі сталі – заевтектоїдні; основна зміцнююча фаза – цементит (M_3C), в нормалізованому стані – перлітний клас.

До переваг цих сталей можна віднести :

- при правильному легуванні вони менш чутливі до негативного впливу масштабного ефекту і мають у великому перетині дрібніші і рівномірно розподілені карбіди в невеликій кількості;
- придатні для місцевого зміцнення виробів гарту з індукційним нагріванням, більш ніж теплостійкі і напівтеплостійкі сталі;
- мають більш високу в'язкість, через меншу кількість надлишкових карбідів;
- більш високі технологічні властивості;
- краще оброблюються різанням і тиском в холодному стані;
- підлягають простішій термічній обробці: гартування з низьких температур; це спрощує вибір пічного обладнання і захист від знеуглецювання;

- отримують менші об'ємні зміни при гартуванні, за умов вірного вибору хімічного складу; у зв'язку з цим вироби із деяких сталей, навіть при такій обробці майже не деформуються.

Але, при наявності вуглецю $>1,0 - 1,1\%$ зростає кількість і розміри карбідних частинок, що погіршує їх розподіл. Це знижує міцність і в'язкість, та посилює негативний вплив масштабного ефекту. Тому сталі з підвищеною кількістю вуглецю доцільно використовувати для виробів невеликого перетину.

Сталі 9ХС, ХВГ, У10 використовують для витяжних і висадочних штампів, які через некрізну прогартуваність мають твердий зносостійкий шар і в'язку серцевину, що дозволяє використовувати їх при невеликих ударних навантаженнях.

Основні властивості, якими повинна володіти інструментальна сталь для вимірювального інструменту – висока зносостійкість; повинні зберігатись розміри і форма при тривалому терміні експлуатації.

Сталі 9ХС та ХВГ – леговані. Стисло розглянемо призначення основних легувальних елементів. Додавання $1,0 - 1,5\%$ Cr забезпечує збільшення прогартуваності. Додавання кремнію також збільшує прогартуваність та міцність, а також підвищує стійкість проти відпуску і утворення відокремленої окалини, що забезпечує кращу працездатність інструмента.

Марганець ($1-2\%$) додають для забезпечення мінімальної зміни розмірів при гарті. Значно знижує інтервал мартенситного перетворення, він сприяє збереженню підвищеної кількості залишкового аустеніту ($15-20\%$), який частково або повністю компенсує збільшення об'єму в результаті утворення мартенсита, вольфрам ($1-1,5\%$) для підвищення зносостійкості.

Всі розглянуті сталі можна використовувати для виготовлення пробки різьбової, всі вони задовольняють вимогам твердості та зносостійкості. Хоча, сталь У10 є найбільш дешевою через відсутність легувальних елементів, але в неї буде спостерігатися високий рівень напружень після охолодженні у воді

при гатуванні. Сталь ХВГ містить вольфрам, який є коштовним елементом. Тому найбільш доцільно, для виготовлення пробки різьбової, використовувати сталь 9ХС.

У попередньому пункті було визначено, що найкращою для виготовлення пробки різьбової є сталь 9ХС.

Розглянемо хімічний склад даної сталі, який наведено у таблиці 3.1, значення критичних точок – в таблиці 3.2, рекомендований режим термічної обробки – таблиця 3.3 .

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 9ХС, % (мас.)

Сталь	Хімічний склад, % (мас)											
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	W	Ti	V
9ХС	0,85-0,95	0,30-0,60	1,20-1,60	≤0,030	≤0,03	0,95-1,25	≤0,35	≤0,20	≤0,03	≤0,2	≤0,03	≤0,15

Таблиця 3.2 – Критичні точки сталі 9ХС

Сталь	Температура критичних точок, °С			
	A _{c1}	A _{cm}	A _{r1}	M _n
9ХС	770	870	730	160

Таблиця 3.3 – Режими термічної обробки для сталі 9ХС

Марка сталі	Відпал		Гартування			Відпуск	
	Температура, °С	Твердість НВ	Температура, °С	Середовище охолодження	Твердість, НРС (не менше)	Температура, °С	Твердість, НРС
9ХС	790-810	255-207	820-860	Масло	62	140-160	65-62

Легувальні елементи в невеликій кількості вводять для збільшення загартованості, прогартованості, зменшення деформацій і небезпеки розтріскування інструмента, оскільки дозволяють проводити гартування в маслі або гарячих середовищах. Хром – постійний легуючий елемент низьколегованих сталей. Для покращення властивостей в них додатково вводять марганець, кремній, вольфрам.

Наявність в сталі хрому та кремнію добре впливає на властивості. Кремній підвищує стійкість аустеніту в перлітній області, він не є карбідоутворювальним елементом, і його кількість в сталі обмежують до 2%. Він значно підвищує межу текучості і міцність сталі і при вмісті більше 1% знижує в'язкість, пластичність і підвищує поріг холодноламкості.

Марганець – корисна домішка; його вводять в сталь для розкислення і залишається в ній в кількості 0,3 – 0,8%. Марганець знижує негативний вплив кисню і сірки.

Шкідливі домішки: сірка, фосфор і гази присутні практично у всіх сталях і залежно від типу сталі вони можуть впливати на властивості по-різному.

При кімнатній температурі розчинність сірки в залізі практично відсутня. Тому вся сірка в сталі зв'язана в сульфіди заліза й марганцю, частково в сульфіди легувальних елементів. Із підвищенням температури, сірка розчиняється в α - і γ -залізі, хоча й незначно, але до цілком певних концентрацій (0,02 % в α -залізі при 913°C і 0,05 % в γ -залізі при 1365 °C). Тому включення сірки можуть видозмінюватися при термічній обробці сталі.

Збільшення вмісту сірки в сталях мало впливає на характеристики міцності, але істотно змінює в'язкість сталі та її анізотропію в напрямках поперек та уздовж прокатки.

Розчинність фосфору в α - і γ -залізі значно вище, ніж вміст фосфору в сталі, як домішки. Тому фосфор у сталі цілком перебуває у твердому розчині.

При підвищенні вмісту вуглецю полегшується перехід сталі в холодноламкий стан. Вважається, що кожна 0,1 % C підвищує температуру

порогу холодноламкості приблизно на 20°C і розширює інтервал переходу від в'язкого до крихкого стану.

Із збільшенням вмісту вуглецю в сталі знижується густина, ростуть електроопір і коерцитивна сила і знижуються теплопровідність, залишкова індукція і магнітна проникність.

Хром є легувальним елементом, в цій сталі він знаходиться в кількості 0,95-1,25%, його вводять для збільшення прогартуваності

Збільшення вмісту хрому та інших легувальних елементів в аустеніті позитивно впливає прогартуваність.

Крім того, сталь 9ХС володіє такими особливостями:

Переважно рівномірний розподіл карбідів, що пов'язано з меншою кількістю вуглецю(0,9%); карбідна неоднорідність не перевищує 1 – 2 бали.

Невеликою чутливістю до перегріву; кремній перешкоджає протіканню процесу самодифузії, сприяє збереженню малого зерна;

Меншою кількістю аустеніту залишкового ($\leq 6-8\%$);

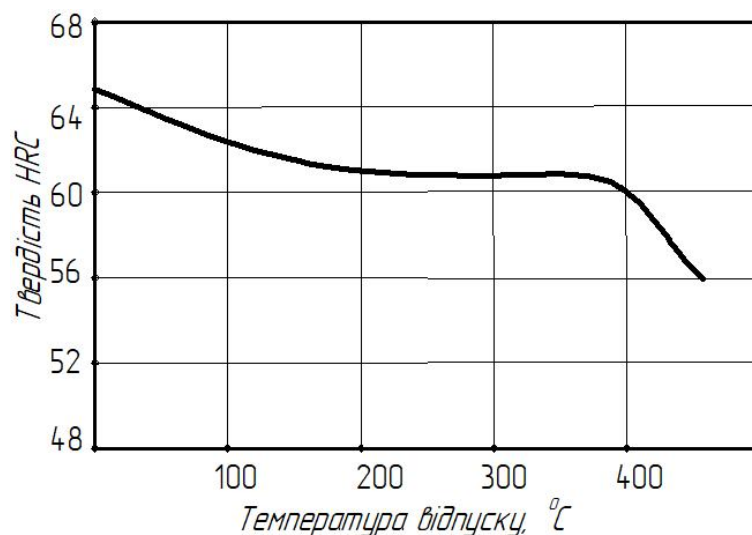


Рисунок 3.1- Вплив температури відпуску на твердість 9ХС

Таблиця 3.4 – Прогартуваність сталі 9ХС

Сталь	Критичний діаметр, мм, при охолодженні	
	У воді	В маслі

9ХС	40 – 50	20 – 25
-----	---------	---------

Після термічної обробки мікроструктура

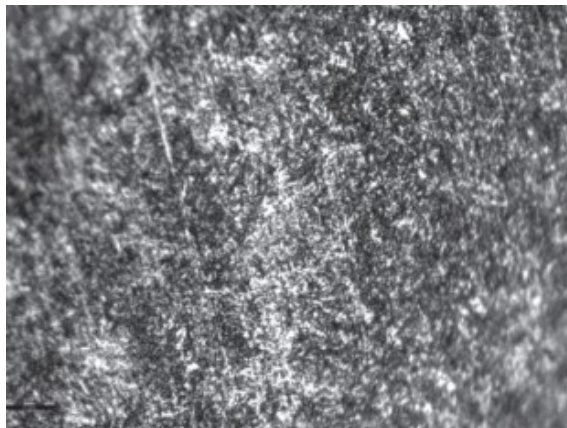


Рисунок 3.2 -Мікроструктура сталі 9ХС після термічної обробки

На рисунку 3.2 показана діаграма ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту сталі 9ХС. З діаграми видно, що введення хрому призведе до зсуву С-кривої праворуч, що супроводжується збільшенням стійкості аустеніта і прогартовуваності, та зменшенням критичної швидкості охолодження.

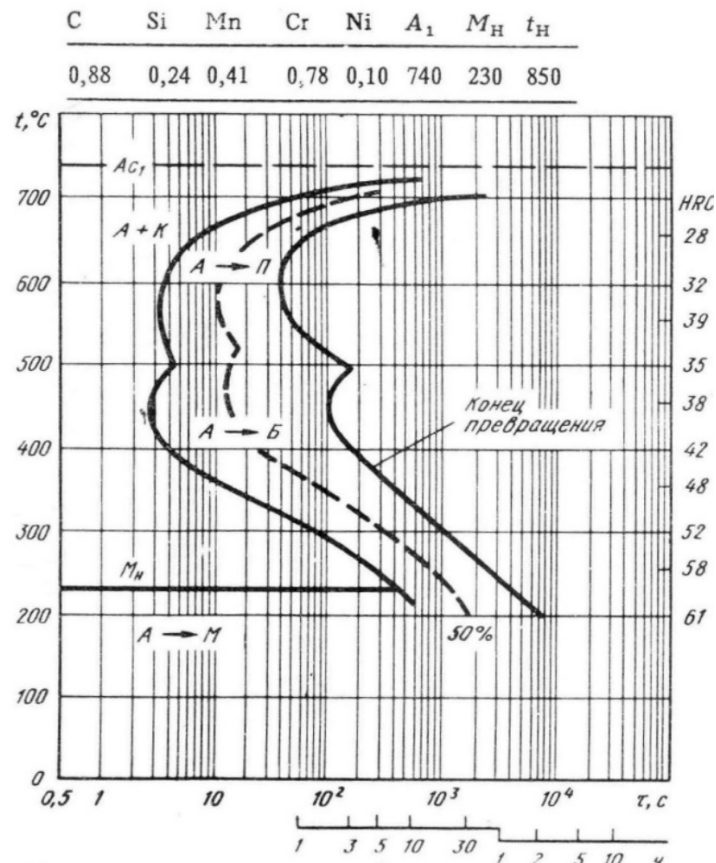


Рисунок 3.3 – Діаграма ізотермічного розпаду сталі 9ХС

Він також розділяє її на два мінімуми стійкості переохолодженого аустеніту: окремо виділяють область перлітного та бейнітного перетворень. Разом з тим, знижується температура початку мартенситного перетворення, що сприяє збільшенню аустеніта залишкового в структурі загартованої сталі.

Розрахуємо критичну швидкість охолодження:

(3.1)

$$V = (850 - 450)/(1,5 \times 2,8) = 400/4,2 = 95,24 \text{ } ^\circ\text{C/c}$$

4 РОЗРОБКА РЕЖИМІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Технологія термічної та хіміко-термічної обробки – складова частина технологічного процесу виготовлення металевого виробу, яка забезпечує отримання необхідної структури, механічних та експлуатаційних властивостей, якості цього виробу тощо.

Вибір основних та допоміжних операцій технологічного процесу.

Термічна обробка буває попередня й остаточна.

Попередню термообробку проводять безпосередньо після кування з метою зниження твердості для полегшення наступної механічної обробки, зменшення залишкових напружень і підготовку структури під остаточну термообробку.

Сталь 9ХС в стані постачання має структуру перліту з вторинними карбідами.

Механічна обробка різанням сталі з такою структурою дуже ускладнена. З метою поліпшення обробки різанням й підготовки структури до остаточної термічної обробки сталь піддають попередній термічній обробці.

Для заготовки зі сталі 9ХС попередня термічна обробка уявляє собою ізотермічний відпал. Відпал складається із нагрівання до певної температури, витримки й повільного охолодження у печі для одержання рівноважної, менш твердої структури, вільної від залишкових напружень.

Переваги ізотермічного відпалу:

1) скорочується тривалість процесу для легованих сталей, які при повному відпалі доводиться досить повільно охолоджувати із піччю;

2) утворюється більш однорідна перлітна структура за всім перетином виробу, внаслідок чого забезпечується отримання однорідних властивостей у всьому об'ємі виробу.

Відпал виконується в наступній послідовності: вихідна структура $P + K_{II}$; спочатку відбувається нагрівання вище A_{C1} , при цьому проходить перетворення перліту на аустеніт, при $840 \pm 10^\circ C$ відбувається гомогенізація аустеніту, потім охолодження із піччю до $680 \pm 10^\circ C$, витримка і охолодження із піччю. Остаточна термічна обробка полягає в гартуванні і низькотемпературному відпуску.

Садку нагрівають до температур, $840 \pm 10^\circ C$ і гартують. Після витримки вироби охолоджуються у маслі.

Температура для гартування обирається в залежності від властивостей які необхідно отримати. Для сталі 9ХС оптимальна температура нагріву під гартування становить $840 \pm 10^\circ C$. При нагріванні до менш низьких температур не відбудеться повне розчинення карбідів і таким чином не відбудеться гомогенізація аустеніту. Перевищення цих температур приведе до інтенсивного росту зерна аустеніту, збільшенню кількості залишкового аустеніту та зниження твердості. Вироби нагрівають під гарт у печах СВС в середовищі розплавлених солей, з наступним складом: 55% KNO_3 та 45% $NaNO_3$.

При гартуванні в сталі відбуваються наступні перетворення: із вихідної структури, що уявляє собою $P_{зерн}$ при нагріванні вище температури A_{C1} відбувається перетворення перліту в аустеніт; подальше підігрівання призводить до розчинення карбідів і протікання процесу гомогенізації аустеніту. При $840 \pm 10^\circ C$ аустеніт набуває максимальної легованості, і при цьому не відбувається значного росту зерна. При охолодженні нижче лінії M_{II} проходить перетворення аустеніту на мартенсит, проте він не повністю перетворюється і тому після завершення операції гарту отримується структура $M_{II} + A_{зал} + K_{II}$. Для зменшення кількості аустеніту залишкового і проводять операцію обробки холодом: охолоджують вироби до температур -60 – $-80^\circ C$.

Для зняття внутрішніх напружень та отримання більш стабільної структури сталь піддають низькому відпуску при температурі $150 \pm 10^\circ C$ в

печах СВС , у середовищі 55% KNO_3 та 45% NaNO_3 . Температуру відпуску обирають із умов отримання максимально стабільної структури, коли якомога більше виділено ε – карбідів з мартенситу, вона не повинна бути настільки високою, щоб викликати процеси розпаду залишкового аустеніту і коагуляції карбідів, що виділяються та сприяють зниженню ударної в'язкості. Під час відпуску мартенсит гартування перетворюється в мартенсит відпускання, підвищується міцність і знижується твердість на 1...5 одиниць HRC. Виріб після низькотемпературного відпускання буде мати високу зносостійкість.

В результаті такої обробки (ізотермічний відпал + гартування + обробка холодом + низький відпуск) виріб отримає твердість HRC 60...64 і структуру $M_{\text{від}}+K_{\text{II}}$.

До додаткових операцій можна віднести промивання виробу від мастил; контроль операцій; рихтування.

Промивання здійснюється як перед термічним обробленням, так і в процесі здійснення термічного оброблення.

Мета – вилучення забруднень з поверхні виробу. Основний розчин для промивання: 5 – 8% водного розчину Na_2CO_3 , $t = 80...95\%$.

Для промивання використовують баки або мийні машини в яких, розчин під тиском великим струменем подається на виріб, і за 10 – 15 хв. здійснюється його високоякісне очищення.

При рихтуванні усувається короблення виробу. Причиною є пластична деформація. Її величина може сягати $\varepsilon_{\text{пл}} \approx 0,5...3\%$. Як обладнання для рихтування можна використовувати ручні преси ($d(S) < 15\text{мм}$) або гідравлічні преси ($d(S) < 200\text{мм}$).

Допоміжне обладнання забезпечує роботу основного та додаткового обладнання (обладнання для охолодження гартівної рідини, обладнання для створення розчинів для гартування). Виріб на допоміжному обладнанні не обробляється.

Розробка режимів основних та допоміжних операцій ТО.

Для попередньої термообробки – ізотермічного відпалу, обираємо піч СНЗ-6.12.4/10 – електрична камерна піч із нерухомим подом та захисним робочим середовищем. Параметри цієї печі наступні: ширина (Ш) – 6 дм (600 мм), довжина (L) – 12 дм (1200 мм), висота (Н) – 4 дм (400 мм); максимальна температура, до якої нагрівається піч, складає 1000°C.

Розробимо схему садки: садка – це сукупність виробів, які одночасно перебувають в печі. Вироби розташовуються в садці регулярно на певній відстані один від одного.

В даний тип печей вироби завантажуються на піддонах. Розміри пробки різьбової становлять: діаметр – 8 мм, довжина (l) – 68 мм. Розрахуємо кількість виробів, що розташується по ширині робочого простору:

$$n_{\text{ш}} = \text{Ш} / (b + b/2) = 600 / (8 + 8/2) = 50 \text{ виробів}$$

та по довжині:

$$n_{\text{д}} = \text{Д} / (l + l/2) = 1200 / (68 + 68/2) = 11 \text{ виробів}$$

Таким чином на кожному піддоні розташовується 50 виробів по ширині, з відстанню між виробами рівною половині діаметру одного виробу, а по довжині розташовується 11 виробів, також з відстанню між ними рівною половині довжини інструменту. Загальна кількість: $n = n_{\text{ш}} * n_{\text{д}} = 50 * 11 = 550$ виробів, тобто на кожному ярусі будуть розташовуватися 550 пробок різьбових (рисунок 4.1.).

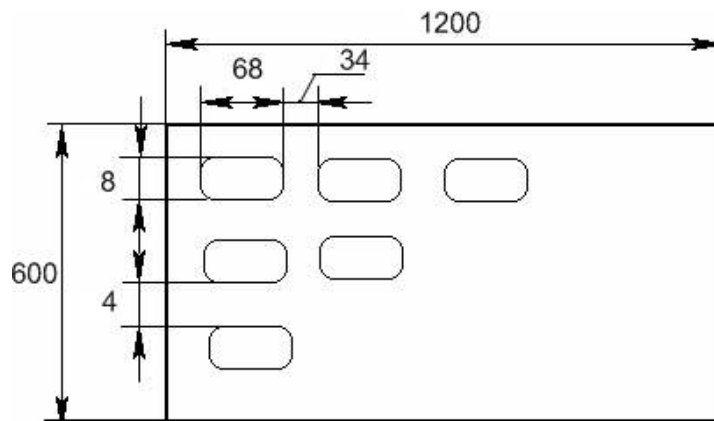


Рисунок 4.1 – Схема садки печі СНЗ - 6.12.4/10

Згідно зі схемою в першому ярусі розташовують 550 виробів. Кількість ярусів, згідно з висотою робочого простору можна розташувати 5 ярусів

Таким чином в печі розміщується 5 яруси і тоді одночасно в печі будуть оброблятися вироби, кількість яких можна розрахувати за наступною формулою:

$$n_{\text{я}} = n_{\text{шт}} \times n_{\text{я}} = 550 \times 5 = 2750 \text{ шт}$$

Визначимо масу садки:

$$M_c = n_c \cdot M_b = 2750 \times 0,042 = 115,5 \text{ кг}$$

Гартування пробки різьбової зі сталі 9ХС проводять в електродних печах типу СВС – 1,5.3.4/8,5.

Параметри цієї печі наступні: ширина – 1,5 дм(150мм), довжина – 3 дм(300мм), висота – 4 дм(400мм); максимальна температура, до якої нагрівається піч, складає 850°C.

Розробимо схему садки. В даний тип печей вироби завантажуються на піддонах, виріб розташовується вертикально. На кожному піддоні по довжині розташовується:

$$n_{\text{ш}} = \text{Ш} / (b + b/2) = 150 / (8 + 4) = 12 \text{ виробів}$$

та по довжині:

$$n_{\text{д}} = \text{Д} / (l + l/2) = 300 / (8 + 4) = 25 \text{ виробів}$$

Таким чином на кожному піддоні розташовується 12 виробів по ширині, з відстанню між виробами рівною половині діаметру одного виробу, а по довжині розташовується 25 виробів, також з відстанню між ними рівною половині довжини інструменту.

Загальна кількість: $n = n_{\text{ш}} \times n_{\text{д}} = 12 \times 25 = 300$ виробів, тобто на кожному ярусі будуть розташовуватися 300 пробок різьбових (рисунок 5.2.).

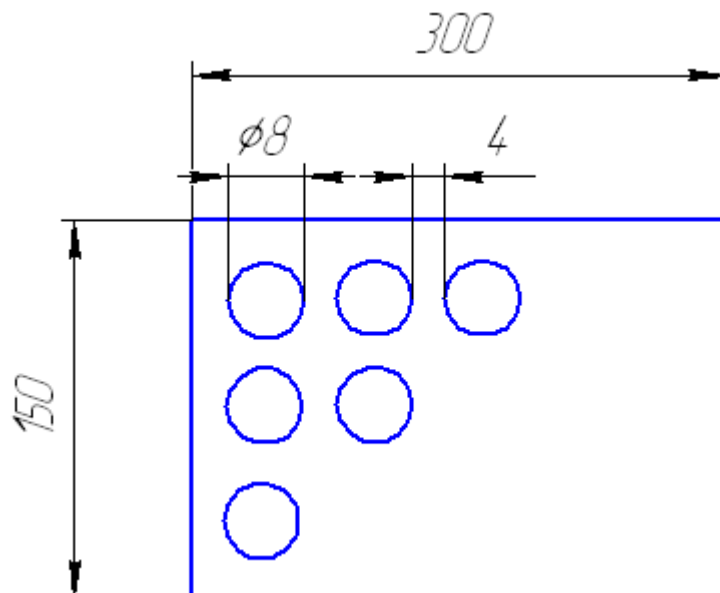


Рисунок 4.2 – Схема садки печі СВС – 1,5.3.4/8,5

Кількість ярусів:

$$n_{\text{я}} = H / (h + h/2) = 400 / (68 + 34) = 3$$

Таким чином в печі розміщується 3 яруси і тоді одночасно в печі будуть оброблятися вироби, кількість яких можна розрахувати за наступною формулою:

$$n_{\text{я}} = n_{\text{шт}} \times n_{\text{я}} = 300 \times 3 = 900 \text{ шт}$$

Визначимо масу садки:

$$M_{\text{с}} = n_{\text{с}} \cdot M_{\text{в}} = 000 \times 0,042 = 37,8 \text{ кг}$$

При гартуванні вироби охолоджуються в маслі у гартівному баку.

Далі для зняття залишкових напружень проводиться низькотемпературний відпуск, для якого використовується піч СВС – 1,5.3.4/8,5. Параметри цієї печі такі самі як і для гартування. Таким чином схема та маса садки зберігаються такими ж. Охолодження виробів при відпуску відбувається на повітрі.

Розрахуємо температуру та час кожної операції технологічного процесу.

Режим термічної обробки складається з наступних параметрів: швидкість нагрівання, температура нагрівання, час витримки та швидкість охолодження.

В більшості випадків швидкість нагрівання не обумовлюється, тобто вона є величиною технічно довільною.

Для попередньої термічної обробки, а саме ізотермічного відпалу використовується піч СНЗ - 6.12.4/10

Розрахуємо час проведення відпалу за формулою:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}} + \tau_{\text{ізв}},$$

де $\tau_{\text{н}}$ – час нагрівання до заданої температури, хв;

$\tau_{\text{в}}$ – час витримки при технологічній температурі, хв.

Вироби завантажуються в холодну (не нагріту) піч. Швидкість нагрівання із піччю становить десь приблизно 100°C/год. Необхідно нагріти виріб до 800°C, таким чином $\tau_{\text{н}} = (800-20)/100 = 7,8$ год = 468 хв.

Час витримки при заданій температурі можна вважати таким, що отримується з розрахунку 1,5 – 2 хв./мм товщини, тобто для пробки різьбової зі сталі 9ХС за умови їх нагрівання в електричних пристроях при відпалі. Таким чином

$$\tau_{\text{в}} = 2 \times 8 = 16 \text{ хв}$$

Потім садку переносимо в піч (також СНЗ) вже нагріту до 680°C. Витримка при цій температурі узгоджується з діаграмою ізотермічного розпаду аустеніту сталі 9ХС (риунок 4.2) та згідно довідникових даних становить 3 години, тобто $\tau_{\text{в}} = 180$ хв для повного перетворення аустеніту у перлит.

Таким чином

$$\tau_{\text{заг}} = 468 + 16 + 30 = 514 \text{ хв}$$

Після ізотермічного відпалу отримується структура $\Pi_{\text{зерн}}$.

Далі вироби переносяться у піч СВС – 1,5.3.4/8,5 де відбувається їх гартування

Розрахуємо час проведення гартування за наступною формулою:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}} + \tau_{\text{ох}}$$

Для визначення часу нагрівання $\tau_{\text{н}}$, можна використовувати методику приблизного розрахунку. Ця методика базується на тому, що садка металу складається з простих за формою виробів (куля, циліндр, призма і тощо.) при нескладному їх розташуванні в один або декілька шарів з забезпеченням певних відстаней між виробами і без урахування негативної дії нерухомих прошарок нагрівального середовища. Тоді тривалість нагрівання визначається за формулою:

$$\tau_{\text{н}} = S \cdot k \cdot f \cdot L,$$

де S – характеристичний розмір виробу, мм;

k – коефіцієнт форми;

f – коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої, що впливає на час нагрівання, хв.;

L – модифікований коефіцієнт легування, хв/мм

$$L = f(c/\lambda),$$

де c – теплоємність, кДж/(кгК);

λ – теплопровідність, Вт/(мК).

Так як виріб представлений у вигляді прямокутника, то характеристичний розмір дорівнює половині половині ширини заготовки, а саме $S = 4$ мм.

Коефіцієнт форми обирається з таблиці і він дорівнює $k = 1$

Коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої, що впливає на час нагрівання також обирається з таблиці і він дорівнює $f = 1,4$.

Модифікований коефіцієнт легування дорівнює $L = 0,43$ хв./мм.

Тоді можна розрахувати тривалість нагрівання

$$\tau_n = S \times k \times L \times f = 4 \times 1 \times 1,4 \times 0,43 = 2,4 \text{ хв}$$

$$\tau_B = 2,5 + 0,3 \times 8 = 4,9 \text{ хв}$$

Далі розраховуємо час, який затрачено для охолодження виробу після гартування. Цей час можна розрахувати за формулою:

$$\tau_{\text{охол}} = (t_n - t_k) / v_{\text{ох}}$$

Де $\tau_{\text{охол}}$ – час витрачений на охолодження після гартування, хв..

t_k – кінцева температура виробу, °C

t_n – початкова температура виробу, °C

$v_{\text{ох}}$ – швидкість охолодження, °C/хв.

Так як охолодження ведеться на у маслі, то швидкість охолодження 50°C /с. Виріб охолоджується від температури 840°C, до кімнатної температури, тобто до 20°C. Таким чином ми можемо визначити час витрачений на охолодження

$$\tau_{\text{ох}} = (t_n - t_k) / v_{\text{ох}} = (840 - 20) / 50 = 16,4 \text{ хв}$$

$$\tau_{\text{заг}} = 2,4 + 4,9 + 16,4 = 23,7 \text{ хв}$$

Обробку холодом проводять протягом 2 годин $t = 120$ хв.

Низькотемпературне відпускання проводять при температурі $150 \pm 10^\circ\text{C}$ в печі СВС – 1,5.3.4/8,5. Таким чином час витрачений на відпуск сплаву розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{відп}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}} + \tau_{\text{охол}}$$

де $\tau_{\text{відп}}$ – час проведення операції відпуску, хв.;

$\tau_{\text{н}}$ – час нагрівання до заданої температури відпуску, хв.;

$\tau_{\text{в}}$ – час витримки при технологічній температурі відпуску, хв.;

$\tau_{\text{охол}}$ – тривалість охолодження, хв.

Загальна тривалість нагрівання розраховується за тією ж формулою як і при гартуванні. Її складова саме час нагрівання розраховується за формулою, в якій такі показники, як характеристичний розмір, коефіцієнт форми та коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої залишаються такими ж, а саме $S = 4$ мм, $k = 1$, $f = 1,4$. В розрахунках замінюється лише модифікований коефіцієнт легування $L = 0,45$ хв./мм.

Тоді можна розрахувати тривалість нагрівання

$$\tau_{\text{н}} = S \times k \times L \times f = 4 \times 1 \times 1,4 \times 0,45 = 2,52 \text{ хв}$$

$$\tau_{\text{в}} = 30 \text{ хв}$$

$$\tau_{\text{ох}} = (t_{\text{вп}} - t_{\text{вк}}) / V_{\text{ох}} = (150 - 20) / 5 = 26 \text{ хв}$$

$$\tau_{\text{відп}} = 2,52 + 30 + 26 = 32,78 \text{ хв}$$

Розробка контрольних операцій

Раціональне використання контрольних операцій дозволяє попередити появу браку і надає можливість оцінити якість продукції, що обробляється.

N п/п	Операція	Обладнання (прилади)	Умови нагрівання	Умови охолодження	Назва пристосування, кількість виробів	Умови оброблення та контролю
1	2	3	4	5	6	7
1	Контроль вхідний	Стилоскоп, вимірювальні інструменти				3% від партії. 100% - стан поверхні та розмірів
2	Підігрівання					Контролюється температура та тривалість нагрівання
2.1	Нагрівання	СНЗ - 6.12.4/10	$t=800 \pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{H}}=468 \pm 5 \text{хв}$		Піддони, садка, n=550шт.	
2.2	Витримка	СНЗ - 6.12.4/10	$t=800 \pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau=16 \pm 5 \text{хв}$		Піддони, садка, n=550шт.	Контролюється температура та тривалість витримки.

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
3	Гартування					
3.1	Нагрівання	СВС – 1,5.3.4/8,5	$t=840 \pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{H}}=2,4 \pm 5 \text{хв}$		Піддони, садка, n=900шт.	Контролюється температура та тривалість нагрівання
3.2	Витримка	СВС - 1,5.3.4/8,5	$t=840 \pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau=4,9 \pm 5 \text{хв}$		Піддони, садка, n=900шт.	Контролюється температура та тривалість витримки.
3.3	Охолодження			Масло, $t \leq 25^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{ох}}=26 \text{хв}$	Піддони, садка, n=900шт.	Контролюється температура та тривалість

4	Контроль поточний (мікроструктура: $M_{\text{гарт}} + A_{\text{зал}} + K_{\text{II}}$)	ТШ, металографічний мікроскоп МІМ-7				Контроль твердості та номера зерна
5 5.1	Низький відпуск: Нагрівання	СВС – 1,5.3.4/8,5	$t=150\pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{H}}=5\pm 5\text{хв}$		Піддони, садка, $n=900\text{шт}$	Контролюється температура та тривалість нагрівання
5,2 1	Витримка	СВС – 1,5.3.4/8,5	$t=150\pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{H}}=30\pm 5\text{хв.}$ 4		Піддони, садка, $n=900\text{шт}$ 6	Контролюється температура та тривалість витримки 7
2		3		5		
5.3	Охолодження			Повітря		Контролюється швидкість охолодження
6	Контроль вихідний	металографічний мікроскоп МІМ-7, УВМ-10				Контролюються: $\text{HRC} = 60 \dots 64$,

Графік термічної обробки пробки різьбової виготовлені зі сталі 9ХС представлений на рисунку 5.2.

При суворому дотриманні всіх технологічних параметрів і при правильному проведенні процесу термічної обробки отримують якісні вироби, що відповідають заданим вимогам.

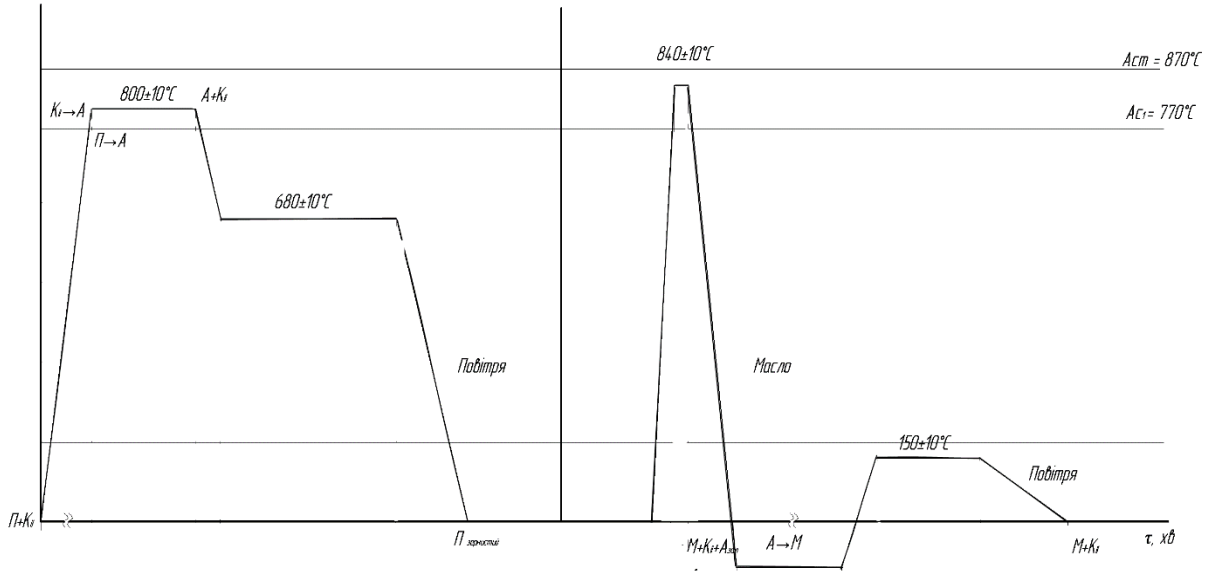


Рисунок 4.2 – Графік термічної обробки пробки різьбової виготовленої зі сталі 9ХС

5 ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ, ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ВИПРАВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ

При якісно розробленій технології термічної обробки та відповідному здійсненні цієї обробки, не повинно виникати відхилень від технічних вимог до виробу. Проте, у виробництві нерідко виникають випадки, коли технолог вимушений з'ясувати причини виникнення тих чи інших дефектів. На підставі цих досліджень, технолог розробляє заходи по усуненню дефектів. Слід зважити на те, що дефекти можуть бути виправними та невиправними.

Виправні дефекти – дефекти, котрі усуваються термічною обробкою, або іншими технологічними операціями.

Невиправні дефекти – дефекти, які не усуваються термічною обробкою. Заготовки із такими дефектами утилізуються (переплавляються).

При якісно розробленій технології термічної обробки та відповідному здійсненні цієї обробки, не повинно виникати відхилень від технічних вимог до виробу. Проте, у виробництві нерідко виникають випадки, коли технолог вимушений з'ясувати причини виникнення тих чи інших дефектів. На підставі цих досліджень, технолог розробляє заходи по усуненню дефектів. Слід зважити на те, що дефекти можуть бути виправними та невиправними. Виправні дефекти – дефекти, котрі усуваються термічною обробкою, або іншими технологічними операціями. Невиправні дефекти – дефекти, які не усуваються термічною обробкою. Заготовки із такими дефектами утилізуються (переплавляються). До виправних дефектів відносяться тріщини і їх вибійки, деформація та пористість, які можна усунути додатковими операціями обробки. Однак невиправні дефекти, такі як фісури та тріщини з низьким рівнем розгалуження або дефекти в мікроструктурі, можуть призвести до відмови заготовки та потребувати її утилізації або переплавлення.

В таблиці 5.1 наведені види дефектів при ТО пробки різьбової зі сталі 9ХС.

Таблиця 5.1 – Види дефектів при ТО пробки різьбової зі сталі 9ХС

Вид дефекту	Причини виникнення	Заходи по запобіганню	Заходи по усуненню
1	2	3	4
При гартуванні			
Гартівні тріщини	Завищена швидкість нагрівання	Зменшити швидкість нагрівання; використати сходинкове підігрівання	Невиправний дефект
	Завищена швидкість охолодження	Зменшити швидкість охолодження	
	Помилка конструктора, внаслідок якої в деталі є концентратори напружень (малі радіуси переходів, гострі крайки)	Ретельний аналіз технологічності виробу і уточнення її конструкції	
Неоднорідність структури за перерізом	Невідповідний охолоджувач	Використання відповідного гартівника	Високотемпературний відпуск або повний відпал
	Використання сталі із пониженою прогартованістю	Узгодження марки сталі із розмірами виробу або використовувати за можливістю гартівника з більш високою інтенсивністю охолодження.	Високотемпературний відпуск або повний відпал із повторним гартуванням з більш швидким охолодженням
Понижена твердість	Підвищена кількість залишкового аустеніту	Використання понижених температур	Використання обробки холодом

		гарту	
	Занижена швидкість охолодження	Збільшити швидкість охолодження	Високотемпературний відпуск або повний відпал із повторним гартуванням
	Знеуглецювання	Використати захист атмосфер	Повторний відпал в активному (науглецьованому середовищі) з повторним гартом.
Крупне зерно	Завищена температура гартування	Дотримуватися оптимальної температури гартування	Високотемпературний відпуск або повний відпал із повторним гартуванням
	Завищений час витримки	Дотримуватися оптимального часу витримки	
При відпуску			
Понижена твердість	Підвищені температура та час відпуску	Здійснювати термічну обробку за технологією	Відпал або високотемпературний відпуск, гарт і відпуск за раціональним режимом
	Підвищена кількість залишкового аустеніту	При термічній обробці охолоджувати вироби до кімнатної температури	Обробка холодом із наступним відпуском
Ізотермічний відпал			
Завищена твердість	Занижена температура ізотермічної витримки	Дотримання оптимальних температур ізотермічної витримки	Здійснити відпал за раціональним режимом.
	Занижений час витримки при ізотермічному відпалі.	Дотримання оптимального часу витримки	

Знижена твердість	Знеуглецювання при аустенізації	Використання захисних атмосфер при відпалі	Проведення повторного відпалу в активному (знеуглецьованому) середовищі.
	Завищена температура ізотермічної витримки при перетворенні аустеніту на ферито-карбідну суміш.	Зниження температури ізотермічного перетворення.	Здійснити відпал за раціональним режимом
	Завищений час ізотермічної витримки при перетворенні аустеніту на ферито-карбідну суміш.	Зниження часу ізотермічного перетворення.	Здійснити відпал за раціональним режимом
Перегрів	Нагрів до температури вище A_{cm} або близької до неї. Тривала витримка при аустенізації.	Дотримання оптимального режиму термічної обробки	Здійснити відпал за раціональним режимом

В технологічній карті передбачено три види контролю:

а) Вхідний контроль:

- хімічний склад – є обов'язковою операцією і перевіряється відповідність матеріалу виробів робочому кресленню. Використовуються експресні методи контролю (спектральний, хроматографічний). Приладом є стилоскоп.

- розмір та геометрія виробів, стан поверхні (на поверхні не повинно бути грубих подряпин, вдавлювань і тріщин).

- мікроструктура шару (рентгеноструктурні, рентгеноспектральні, оптичні мікроскопи).

б) Поточний контроль – здійснюється після виконання основних та додаткових операцій. Після гартування контролюється твердість та розмір зерна. Випробування здійснюються на твердомірі Роквела (ТК), металографічний метод використовують для визначення структури сталі.

в) Вихідний або завершальний контроль – обов’язково перевіряються параметри виробу, які передбачені кресленням. Випробування на розтяг, згин, стиснення проводять на універсальній випробувальній машині (УВМ – 10); на твердість – ТК (твердомір Роквела). Контролюється час та температура гартування, низького відпуску. Контролю піддається процентний вміст захисної атмосфери (прилади непрямого та прямого регулювання атмосфери).

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Фактори небезпеки

В цьому розділі наведені основні небезпечні фактори, які можуть виникнути при хімікотермічній обробці шестерен коробки передач

Цементация виконувалась в печі СШЦМ-6.12/10. Для дослідження зразків біли використані прилад для вимірювання твердості ТК-2, оптичний мікроскоп МИМ-8, а для оформлення дипломної роботи використовувався ноутбук. Робота на цьому обладнанні передбачає дотримання правил безпеки, тому до виконання робіт допускаються працівники які пройшли інструктажі з техніки безпеки та охорони праці.

При роботі з зазначеним обладнанням існує небезпека електричного впливу (ураження електричним струмом внаслідок торкання оголених частин проводів, які з'єднуються з приладами, що знаходяться під напругою) та виникнення пожежі в результаті короткого замикання.

Під час роботи в металографічній лабораторії також існує небезпека механічного впливу (поранення абразивним інструментом, зразками при витягуванні із заливки та закладення зразків), хімічного впливу(хімічні опіки реактивами при травленні зразків), термічного впливу(опіки гарячими зразками), впливу навколишнього середовища(утворення пилу при сухому шліфуванні, роботі з дрібним абразивом і порошками).

При виконанні обробки зразків в печі СШЦМ-6.12/10 необхідно суворо дотримуватись правил роботи з піччю, бо існує небезпека вибуху. Визначимо основні заходи, використані для зменшення впливу вище наведених небезпечних факторів:

- можливість отримання механічних травм, що може бути пов'язано з порушенням правил з охорони праці при підготовці деталей до нітроцементации;

- надлишкова напруженість та інтенсивність праці;
- негативний вплив теплового випромінювання при завантаженні садки в піч, що може бути пов'язано з відсутністю індивідуальних засобів захисту;
- можливість отримання термічних опіків внаслідок виплесків гартувального мастила при гартуванні;
- можливість отримання механічних травм внаслідок порушень правил з охорони праці при підготовці зразків для випробування твердості;
- небезпеки, які пов'язані з використанням насичувальної в процесі нітроцементування, зокрема при підготовці насичувальної атмосфери;
- можливість ураження електричним струмом. Головними причинами можуть бути порушення правил електробезпеки, несправність енергоспоживаючого обладнання. Відсутність групових або індивідуальних засобів захисту;
- підвищена загазованість шкідливими речовинами в процесі нітроцементування, що є специфікою цього процесу та може призвести до отруєння;
- незадовільне освітлення, через вихід з ладу чи забрудненість приладів освітлення, що призводить до погіршення зору;
- можливість загорянь, причиною яких є порушення правил пожежної безпеки, що може призвести до пожеж.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки.

Для виключення механічних травм передбачено:

- Організаційні заходи дотримання чистоти і порядку на робочих місцях: використання індивідуальних засобів захисту, а саме брезентові захисні костюми, рукавиці брезентові, спеціальне взуття з металевим битком, на носку; при роботі з нагрітими матеріалами використовуються волочені

костюми, азбестові фартухи і рукавиці згідно із ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия».

– Технічні: використання тільки справного інструменту та їх пристосувань. Пересування оброблювальних деталей по дільниці, як правило виконується за допомогою кран – балки, в зв'язку з цим існують вимоги, до зачеплення тари з деталями яке не повинно призвести до повороту цієї тари. Пересування повинно виконуватись тільки за схемою переміщення, одночасний рух в напрямках суворо забороняється. Перед початком роботи доцільно перевірити працездатність блокуючи кінцевих перемикачів та гальмівної системи.

– Для зменшення негативного впливу напруження та інтенсивної праці передбачено: оптимальний розподіл робочого часу (10 хв на 1 годину) та використання засобів автоматизації та механізації.

– Основним захистом від теплових потоків підвищеною інтенсивністю використовують спеціальний одяг, для захисту від підвищених температур (суконний одяг) згідно із ГОСТ 12.4.221-2002 ССБТ «Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения», в тому числі з азбестовими накладками, на головних щитків згідно із ГОСТ 12.4.035-78 ССБТ «Щитки защитные лицевые. Технические условия».

– Для виключення можливості опіків при виплесках гартувального мастила при гартуванні використовують спеціальний одяг (суконний чи брезентовий) згідно із ГОСТ 12.4.221-2002 ССБТ «Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения» та інструктажі по техніці безпеки при роботі із гартувальним мастилом.

– Для виключення механічних травм при підготовці зразків для випробування на твердість використовують тільки справне обладнання, а також не допускають працівників, які не пройшли інструктажі з правил безпеки. Перед установкою абразивного круга ретельно оглянути і

перевірити токарно-шліфувальний верстат, та абразивний круг на відсутність тріщин легким постукуванням (в підвішеному стані) дерев'яним молотком масою

200-300 г. Справний круг при постукуванні дає чистий дзвінкий звук, несправний - глухий. При обробці абразивними кругами виробів, утримуваних в руках, застосовують підручники. Підручники повинні бути пересувними, які забезпечують можливість установки їх в необхідне положення по мірі обертання круга НПАОП 28.52-1.22-64 «Правила и нормы безопасной работы с абразивным инструментом.» Не приступати до роботи при відсутності захисного екрана або бічних стінок.

– Для виключення ураження електричним струмом в проекті передбачені основні заходи електробезпеки:

Організаційні. До роботи допускаються особи які пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки та отримали допуск до певної групи електробезпеки згідно ПУЕЗ 2017 або ПТБЕ. Ремонт обладнання повинен здійснювати тільки спеціально підготовлений персонал.

Технічні. розташування не ізолюваних струмопровідних ліній на недоступній висоті (до 1000 Вт, не менше 3,5 м, а вище 1000 Вт, не менше 6м), також передбачене заземлення. Спуски шинопроводів повинні бути надійно огороженні суцільним огороженням, відкриття якого можливе для спеціальних пристроїв. Кабельні мережі повинні мати надійну ізоляцію опір якої не менше 0,5 МОм. Усе технологічне обладнання надійно заземлене ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Защитное заземление, зануление». Обов'язковим є використання блокуючих і ізолюючих пристроїв.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для виключення підвищеної загазованості шкідливими речовинами в

процесі азотування над пічками потрібно розміщувати місцеву вентиляцію, яка буде всмоктувати шкідливі гази.

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення та штучне, здійснюване електричними лампами, і комбіноване, при якому в світлий час доби недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним. До складу системи штучного загального рівномірного освітлення рекомендовані дуго-розрядні лампи типу ДРЛ 250 – 400 Вт, які встановлені в світильники типу РСП по одній шт.

Виробничу будівлю проектуємо з урахуванням можливості максимального використання природного освітлення, що дозволить отримати значну економію електроенергії. Виробниче освітлення в проектуваному цеху передбачає як природне, через скло стін прольоту і на даху будівлі - крізь світлові вставки ліхтарі, так і штучне. Освітлення робочого місця виконана відповідно с ДНБ В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне та штучне освітлення».

Норма освітлення для цеху 200лк. При верхньому і боковому природному освітленні коефіцієнт природної освітленості буде не менше 2, а при верхньому і боковому буде не менше 1.2. Світильники місцевого освітлення оснащені відбивачами, виготовленими з матеріалу, що не просвічує та із захисним кутом не менше 30 градусів, а при розташуванні світильників нижче рівня очей працюючого - не менше 10 градусів. Крім робочого освітлення в цеху передбачено аварійне освітлення, яке необхідно для освітлення в випадку аварій і надзвичайних ситуацій.

Для приведення параметрів повітряного середовища до норм, вказаних в таблиці 4.1, на ділянці встановлюється система загальнозмінної вентиляції. Проект вентиляції виконується відповідно до СНіП 20485-86 «Опалювання, вентиляція і кондиціонування. Норми проектування». При проектуванні враховуються вимоги ГОСТу 121005-88 «Загальних санітарно-гігієнічних вимог до повітря робочої зони» і СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств». У холодний період використовується калорифер.

Розрахунок продуктивності природної вентиляції:

$$L=K \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.1)$$

де: K – кратність повітря обміну ($K=2$)

V_n – об'єм приміщення

$$S = 850 \text{ м}^2 \text{ h}=7$$

$$L = K \cdot V_n = 2 \cdot (850 \cdot 7) = 11900 \text{ м}^3$$

Таблиця 6.1 – Оптимальні норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Сезон року	Температура, °C (оптимально- допустима)	Відносна вологість, % (оптимальна)	Швидкість руху, м/с (оптимальна)
Холодний період	16-19	40-60	<0,3
Теплий період	18-26	40-60	<0,4

Розрахунок продуктивності природної вентиляції:

$$L=K \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.2)$$

де: K – кратність повітря обміну ($K=2$)

V_n – об'єм приміщення

$$S = 850 \text{ м}^2 \text{ h}=7$$

$$L = K \cdot V_n = 2 \cdot (850 \cdot 7) = 11900 \text{ м}^3$$

Розрахунок кількості зовнішнього повітря, необхідного для асиміляції надлишкового тепла у приміщенні:

$$L = \frac{Q}{c \cdot \gamma (t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}})} \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.3)$$

де: Q – загальна кількість тепловиділення, кДж/год

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1 кДж/(кг °С)

γ – густина зовнішнього повітря

$$Q = 38000 \text{ кДж/год}$$

$$t_{\text{вн.}} = 37, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{зовн.}} = 27, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\gamma = \frac{353}{273 + 27} = 1,17 \text{ кг/м}^3$$

$$L = 3247,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Згідно із ДНБ В.1.1.7. - 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» ступінь вогнестійкості будівельних конструкцій будівлі - II, тобто воно зібрано в основному з важко займистих матеріалів.

Основні причини пожеж в цеху:

- порушення технологічного режиму;

- несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження)

- конструктивні недоліки обладнання;

- ремонт обладнання на ходу.

Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель, території, протипожежний інструктаж працівників, і тощо.

До технічних заходів належать, дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будинків, при влаштуванні електромереж і устаткування, опалення, вентиляції, освітлення, правильне освітлення обладнання.

Заходи режимного характеру - це заборона куріння в невстановлених місцях, виробництва зварювальних та інших вогневих робіт в пожежонебезпечних приміщеннях.

Кількість первинних засобів пожежогасіння визначаються відповідно до НАПБ 03.001 - 2004 «Типові норми належності вогнегасників». Площа цеху 1815 м². Виходячи з цього обираємо 2 порошкових вогнегасника, ємністю по 5 кг кожен.

При проектуванні передбачені шляхи евакуації на випадок пожежі - по проходах, проїздах, аварійні виходи. Оскільки будівля одноповерхова, то евакуаційним вважається вихід, що веде з приміщень цеху назовні через коридор (вестибюль). Шляхи евакуацій розосереджені, і найбільша відстань від найвіддаленішого робочого місця до найближчого виходу не перевищує 50 м.

Пірина пожежних проїздів дорівнює 4 м. Ширина проходів, службовців для евакуації людей, 1 м, коридорів 1,4 м, дверей 2 м. Всі ворота і двері, службові для евакуації людей, відкриваються назовні.

Будівля забезпечена різним протипожежним інвентарем і вогнегасниками, є внутрішній пожежний водопровід.

7 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

7.1 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття

Хімічна й електрохімічна підготовка деталей полягає у видаленні з їх поверхні оксидів, гідроксидів, солей, жирів та інших органічних речовин. Цей процес включає в себе знежирення та травлення. Основною метою підготовки поверхні металу є повне згладжування її поверхні та видалення будь-яких плівок, що можуть мати різне походження.

Підготовка поверхні деталі до нанесення захисно-декоративного та зносостійкого покриття хромом має багато спільних етапів. Ось послідовність технологічних операцій:

Механічна обробка поверхні (шліфування або полірування).

Промивання органічними розчинниками для видалення жирових забруднень і протирання тканиною.

Закладення отворів та ізоляція ділянок поверхні деталі, що не підлягають хромуванню.

Монтаж підвіски.

Знежирення.

Промивання у воді.

Декапірування.

Вимоги до механічної підготовки вказують на те, що перед нанесенням покриття поверхню деталі обробляють з урахуванням встановленого класу чистоти. Для захисно-декоративного покриття хромом необхідно ретельно відполірувати поверхню деталі. При шліфуванні важливо уникати утворення прижогів, які можуть виникнути внаслідок недостатнього охолодження оброблюваної поверхні. Це особливо актуально при обробці загартованих інструментальних сталей.

7.2 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

Залежно від умов електролізу та складу електроліту, можна отримати різні типи хромових покриттів:

Сірі осади, які характеризуються низькими фізико-хімічними властивостями і не мають практичного застосування.

Блискучі осади, що відрізняються високою твердістю та зносостійкістю.

Молочні осади, які є найменш пористими та найбільш пластичними.

Крім цього, за допомогою спеціальних типів електроліту можна отримувати чорні покриття хрому.

Зазвичай на практиці застосовують "універсальні" сульфатні електроліти для хромування. Це можуть бути розведений, стандартний та концентрований електроліти. Усі вони містять хромові кислоти, такі як H_2CrO_4 і $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, та аніони SO_4^{2-} у вигляді сірчаної кислоти. Крім того, вони містять і сполуки тривалентного хрому.

Розведений електроліт хромування дозволяє отримувати високотверді осади хрому з високим виходом за струмом, але при цьому можуть утворюватися шорсткі осади при осадженні товстих шарів (від 100-150 мкм і більше). Крім того, втрати напруги в розведеному електроліті є найвищими, оскільки його електропровідність низька (приблизно 50 см/м), що прямо впливає на витрати електроенергії під час хромування.

Стандартний електроліт хромування застосовується найчастіше. При середніх значеннях виходу за струмом, струмових режимах хромування від 3000 до 6000 А/м² і температурах 45...70°C, з цього електроліту можна отримати товсті осади до 300 мкм при менших витратах електроенергії завдяки більш високій електропровідності. Крім того, при температурах 45-55 °C твердість покриттів, отриманих з розведених електролітів, не

відрізняється від твердості хромових покриттів, отриманих зі стандартних електролітів.

Концентровані електроліти хромування використовуються рідко, оскільки характеризуються низькими виходами за струмом при осадженні хрому та низькою твердістю осадів, що практично не рекомендує їх для зносостійкого хромування.

Тетрахроматний електроліт хромування відрізняється від універсальних тим, що хромово кислота нейтралізується лугом і перетворюється на тетрахромат натрію. Цей електроліт рекомендується в таких випадках:

Нанесення захисно-декоративних покриттів без підшару міді та нікелю з товщиною хромового покриття в межах 10-15 мкм.

Відновлення деталей хромуванням, коли не потрібна висока твердість і блискуча поверхня.

Хромування деталей із складною конфігурацією.

Можливість безпосереднього нанесення хрому з тетрахроматних електролітів на сталь, латунь та цинкові сплави пояснюється зниженням агресивності розчину після нейтралізації хромової кислоти. Для нормального процесу необхідно підтримувати співвідношення між концентрацією Cr^{6+} та Cr^{3+} , що регулюється кількістю відновника. Висока густина струму може призвести до значного нагрівання електроліту, тому для уникнення розкладання тетрахромату, який нестійкий при температурі вище 24°C , необхідно охолоджувати електроліт.

Електроліти для хромування з додатками сірчаної кислоти мають свої недоліки, включаючи низький вихід металу за струмом і зміну співвідношення між CrO_3 та H_2SO_4 під час процесу. Саморегулюючі електроліти вирішують ці проблеми. Принцип їх дії полягає в тому, що солі, такі як сірчаноокислий стронцій і кремній-фторид калію, які додаються до електроліту, обмежують їх розчинність, що призводить до автоматичного відновлення їх співвідношення при зміні концентрації іонів.

Ці електроліти менш чутливі до зміни температури і менш схильні до забруднення розчину металами, такими як залізо та мідь. Однак їхнє поширення обмежене тим, що вони можуть мати розтравлюючий ефект на деякі метали, включаючи залізо. Окрім цього, для холодного хромування також використовуються сульфатно-фторидні електроліти.

Тривалість підготовчих, завершальних операцій та промивок визначається з урахуванням конкретних умов виробництва, відповідно до галузевих стандартів або на основі практичних дослідів, і вноситься у карту технологічного процесу.

7.3 Вибір анодів

Використання розчинних анодів для процесу хромування вважається неефективним, оскільки хром розчиняється на аноді з більшим виходом за струмом, ніж осаджується на катоді. Це призводить до переходу хрому у вигляді іонів розчину електроліту з різною валентністю. Крім того, розчинні хромові аноди виявляються досить крихкими, що ускладнює їх механічну обробку. Тому для хромування використовують нерозчинні свинцеві аноди або аноди із сплаву на основі свинцю, які є найбільш стійкими в сульфатному електроліті.

Аноди з чистого свинцю уникаються через утворення плівки хромату свинцю, яка майже не проводить електричний струм. Для збільшення стійкості та жорсткості анодів часто додають сурму. Плоскі аноди часто мають ширину від 50 до 60 мм.

У ваннах для хромування рекомендується підтримувати оптимальне співвідношення площин поверхні анода до катода в межах від 1:2 до 2:3. У вашому проекті використовуються аноди із сплаву, склад якого виражений у

відсотках: 90% свинцю, 8% сурми та 2% олова. Ці аноди не пасивуються, що означає, що їх не потрібно чистити постійно.

7.4 Вибір завершальних операцій

Після процесу хромування деталі промиваються в непроточній ванні для уловлення залишків електроліту. Потім вони промиваються в проточній холодній воді та гарячій воді та піддаються сушці. Ці операції виконуються залежно від вимог щодо покриття та основного металу деталі. Операція уловлення розчину електроліту спрямована на зменшення втрат розчину та підтримання чистоти ванни промивання. Це зазвичай виконується шляхом занурення деталі в холодну непроточну воду на 0,25–0,5 секунди. Після цього деталь промивається в проточній холодній воді також протягом 0,25–0,5 секунди.

Після обробки, вологу з поверхні готової деталі видаляють через операцію висушування. Ця процедура виконується у спеціальних сушильних шафах при температурі від 90 до 110 °C протягом 10 до 20 хвилин.

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проєкту було розглянуто особливості термічної обробки вимірювального інструменту. Розроблено маршрутну технологію виготовлення пробки різьбової. Зазначено, що основною вимогою до вимірювального інструменту є стабільність розмірів, що забезпечується термічною обробкою, а саме обробкою холодом. Додаткові властивості забезпечуються хромуванням.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Романюк В. В. Вузлова жорсткість болтових з'єднань елементів металевих конструкцій / В. В. Романюк, В. В Супрунюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2018. – №. 36. – С. 172-179.
2. Романюк В. В. Вплив фактичної жорсткості болтових шарнірних з'єднань на несучу здатність елементів / В. В Романюк, Супрунюк, В. В., Т. Я Місюк // Редакційна колегія – 2022. – С. 85.
3. Невдаха А. Ю. До розрахунку міцності різьбових з'єднань / В. О. Дубовик, А. Ю. Невдаха // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2016. – №. 46. – С. 87-91.
4. Davis J. R. ASM SpecialityHandbookStainlessSteels (AsmSpecialtyHandbook) /J. R. Davis // ASM International – 1995. – 600 p.
5. Budinski K. G. Properties and Selection.Engineering Materials. Englewood Cliffs/ K. G.Budinski, M. K. Budinski // New Jersey: Prentice-Hall – 1992. – 817 p.
6. George E. Totten. SteelHeatTreatment - MetallurgyAnd Technologies / George E. Totten // CRC Press - 2006.- 1077 p.
7. Rajan T.V. Heattreatment: principlesandtechniques [Текст] / T.V Rajan C. P. Sharma // PHI LearningPvt. Ltd – 2011. – 611p.
8. Основи фізико-технічних та хіміко-термічних процесів для підвищення ресурсу виробів машинобудування. Навчальний посібник / Уклад. С.П. Гожій // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 104 с.
9. Greenberg J. H. IndustrialThermalProcessingEquipmentHandbook / J. H. Greenberg // AsmInternational. 1994. – 400 p.
10. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської дипломної роботи для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство» усіх форм

навчання. / Укл.: І.М. Лазечний, О.В. Климов, О.А. Глотка, Ю.І. Кононенко, О.В. Лисиця. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 57 с.

11. Typical Heat Treatment Defects Analysis and Countermeasures Part / Yan Cheng Pei Bian Zhu – 1991.– 480 p

12. Катренко Л. А. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: навчальний посібник / Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Піскун – 2-ге вид., стер. – Суми: ВТД «Університетська книга» - 2007. – 496 с.

13. Salman K. D. Effect of quenching media on mechanical properties of medium carbon steel 1030 / K. D. Salman, B. A. Ahmed, I. N. Frhan // Journal of University of Babylon for Engineering Sciences. – 2018. – Т. 26. – №. 2. – С. 214 – 222.

14. Martinez-Munoz P. E. Effect of tempering on the metallurgical, structural, and thermal properties of AISI/SAE 1030 steel / P. E. Martinez-Munoz // Materials Today Communications. – 2022. – Т. 31. – С. 103535.

15. Kadhim Z. D. Effect of quenching media on mechanical properties for medium carbon steel / Z. D. Kadhim // International Journal of Engineering Research and Application. – 2016. – Т. 6. – №. 8. – С. 26-34.

16. Motagi B. S. Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of medium carbon steel / B. S. Motagi, R. Bhosle // International Journal of Engineering Research and Development. – 2012. – Т. 2. – №. 1. – С. 7-13.