

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет
(повне найменування факультету)

Кафедра «Фізичне матеріалознавство»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)
магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: **«Застосування інноваційних методів термічної обробки для
покращення характеристик вимірювальних інструментів»**
(назва теми)

Виконав: студент Пкурсу, групи ІФ-232м
Спеціальності 132 Матеріалознавство
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Прикладне матеріалознавство

Віталій МАКСИМОВ

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник Дар'я ТКАЧ

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент Наталія ГОНЧАР

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інженерно-фізичний
Кафедра фізичного матеріалознавства
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 132 Матеріалознавство
Освітня програма (спеціалізація) Прикладне матеріалознавство
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

Вадим ОЛЬШАНЕЦЬКИЙ

«_____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Віталій МАКСИМОВ

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) **Застосування інноваційних методів термічної обробки для покращення характеристик вимірювальних інструментів**

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. Ткач Дар'я Володимирівна,

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «_____» _____ 20__ року №_____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Об'єкт дослідження - методи термічної обробки для покращення характеристик вимірювальних інструментів. Завдання дослідження: аналіз та оцінка існуючих методів термічної обробки, дослідження властивостей сталей для вимірювальних інструментів, розробка технології термічної обробки, методи підвищення експлуатаційних властивостей інструментальних сталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналітичний огляд. Характеристика та умови експлуатації виробів. Маршрутна технологія виготовлення виробів. Матеріали та методи дослідження. Розробка режимів та технології термічної обробки. Підвищення зносостійкості вимірювального інструменту. Економіко-організаційна частина. Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Характеристика та умови експлуатації виробів. Маршрутна технологія виготовлення виробів. Сталі для вимірювальних інструментів. Розроблення режимів і технології термічної обробки. Карта технологічного процесу хіміко-термічної обробки вимірювального інструменту (шаблони) зі сталі 18ХГТ. Вплив постійних домішок. Легування сталей для вимірювальних інструментів. Вплив термічної обробки на властивості вимірювальних інструментів

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	доц. Д.В. Ткач		
4	доц. О.В. Нестеров		
5	доц. В.В. Круглікова		
нк	ст.викл. Є.О. Фасоль		

7. Дата видачі завдання «_____» _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина		
2	Матеріали та методи дослідження		
3	Розробка технології термічної обробки виробів та підвищення їх експлуатаційних властивостей		
4	Охорона праці та безпека життєдіяльності		
5	Економіко-організаційна частина		

Студент

_____ **Віталій МАКСИМОВ**
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ **Дар'я ТКАЧ**
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 94 с., 26 табл., 11 рис., 1 дод., 21 джерело.

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ЦЕМЕНТАЦІЯ, ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ГАРТУВАННЯ, ВУГЛЕЦЕВА СТАЛЬ, ЛЕГОВАНА СТАЛЬ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

Об'єктом дослідження є застосування інноваційних методів термічної обробки для покращення характеристик вимірювальних інструментів. Метою роботи є аналіз впливу різних видів термообробки на зносостійкість та інші властивості вимірювальних інструментів, виготовлених з вуглецевих та легованих сталей.

У роботі розроблено технологію термічної обробки сталей для виготовлення вимірювальних інструментів, з акцентом на підвищену зносостійкість та задоволення специфічних вимог, таких як стабільність розмірів і форми, а також можливість отримання високої чистоти поверхні. Проаналізовано застосування цементациї, гартування, обробки холодом та низького відпуску для сталі 18ХГТ. Подано розрахунки для оптимізації обладнання та зниження собівартості термообробки, включаючи механізацію та енергозбереження, а також описано заходи з охорони праці.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	7
1 Аналітичний огляд	9
1.1 Характеристика та умови експлуатації вимірювального інструмента.....	9
1.2 Номенклатура виробів і маршрутна технологія їх виготовлення	10
1.3 Характеристика матеріалів виробів	12
1.4 Вплив постійних домішок на якість сталей	18
1.5 Особливості легування інструментальних сталей.....	20
1.6 Термічна обробка сталей для вимірювальних інструментів	21
2 Матеріали і методи дослідження	277
2.1 Матеріали дослідження	277
2.2 Технологія нанесення покриттів	288
2.3 Металографічне дослідження	288
2.4 Визначення мікротвердості.....	299
3 Результати дослідження	30
3.1 Розроблення режимів і технології термічної обробки	30
3.2 Вибір і розрахунок кількості обладнання.....	37
3.3 Планування відділення та вантажопотоків	44
3.4 Технічний контроль, попередження та виправлення браку	45
3.5 Підвищення зносостійкості вимірювальних інструментів нанесенням покриттів	53
4 Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	60

4.1 Аналіз потенційних небезпек	60
4.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	60
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.	63
4.4 Заходи з пожежної безпеки	65
4.5 Організація дослідження стійкості роботи промислового об'єкта.....	67
5 Економічна частина	69
5.1 Тенденції розвитку світового ринку технологій	70
5.2 Техніко-економічні розрахунки	76
Висновки	83
Перелік використаних джерел	84
Додаток А. Графічний матеріал до доповіді	87

ВСТУП

Розвиток технологій у сфері машинобудування та інструментального виробництва вимагає нових рішень у виробництві вимірювальних інструментів, що посідають ключове місце в забезпеченні високої точності та якості продукції. В умовах глобалізації ринків та зростання конкуренції, підвищення надійності та довговічності таких інструментів через застосування передових методів термічної обробки виступає не просто як завдання технічного вдосконалення, а як стратегічний напрямок розвитку промислових підприємств.

Сучасний стан науки та техніки відкриває нові можливості для оптимізації процесів термічної обробки, зокрема за допомогою впровадження інноваційних технологій, таких як лазерна обробка, електронно-променева обробка, плазмова та індукційна термообробка. Ці методи дозволяють досягти високого рівня контролю над процесами зміцнення поверхонь, забезпечуючи значне підвищення властивостей матеріалів, з яких виготовлені вимірювальні інструменти. Застосування таких технологій вимагає глибокого розуміння фізико-хімічних процесів, що відбуваються в матеріалах під час термічної обробки, та здатності інтегрувати ці процеси у виробничі лінії з урахуванням особливостей конкретних матеріалів і вимог до готових виробів.

Актуальність дослідження полягає в необхідності підвищення енергоефективності виробничих процесів. Інноваційні методи термічної обробки мають потенціал не тільки покращити властивості вимірювальних інструментів, але й зробити процеси їх виробництва більш екологічними та економічно вигідними. Таким чином, дослідження в цій області відкриває широкі перспективи для технологічного прогресу, підвищення якості та

надійності продукції, а також сприяти ефективному використанню ресурсів і мінімізації впливу на довкілля.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Характеристика та умови експлуатації вимірювального інструмента

До вимірювальних інструментів належать шаблони, калібр-скоби, скоби. Умови роботи вимірювального інструменту певною мірою наближаються до умов роботи ріжучого інструменту за вельми легких режимів різання, відмінність становлять лише значно менші питомі зусилля на робочі поверхні і більш низькі температури. Сталі цього призначення повинні мати високу твердість і зносостійкість, зберігати сталість форми і розмірів протягом тривалого терміну експлуатації. Крім того, від них вимагається хороша оброблюваність для отримання високого класу чистоти поверхні і мала деформація під час термічної обробки, [1]. Для таких виробів використовують сталі 12ХН2, 18ХГТ, 20? 15.

Шаблоном називається плоске пристосування (інструмент), що є жорстким носієм форми і розмірів деталі, складальної одиниці (вузла) або агрегату. Для перевірки контурів деталей складного профілю широко використовують профільні калібри (шаблони) (рис. 1.1). Профільний шаблон являє собою ніби елемент деталі, що сполучається.

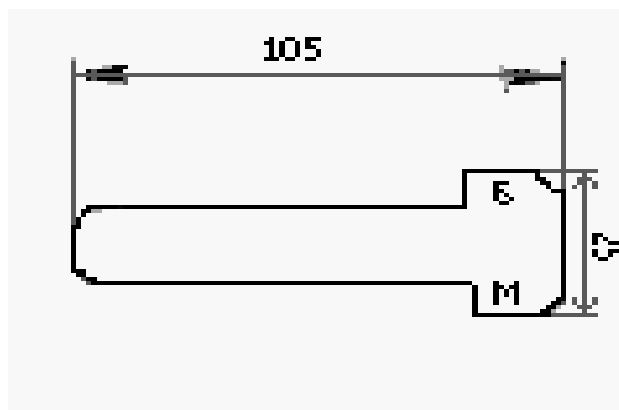


Рисунок 1.1 - Ескіз профільного шаблону

1.2 Номенклатура виробів і маршрутна технологія їх виготовлення

Для розроблення технології термічної обробки деталей, вибору обладнання виробничого підрозділу необхідно мати дані про номенклатуру виробів, їхні розміри, масу та основні вимоги до матеріалів. Номенклатура виробів представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Номенклатура виробів

Назва виробу	Марка матеріалу	Маса, кг	Розміри виробу, мм				Вимоги до матеріалу
			b	l	h	d	
Калібр скоба	- 15	0,130		60	7	40	HRC 58...64
Калібр скоба	- 15	0,320		94	7	62	HRC 58...64
Шаблон	15	0,660		255	4	84	HRC 58...64
Скоба	15	0,190	95		4	36	HRC 58...64
Шаблон	12ХН2	0,500	35	110		22	HRC 56...62
Шаблон	12ХН2	0,510		466	4	35	HRC 56...62
Шаблон	18ХГТ	0,150		105	7	25	HRC 57...63
Шаблон	18ХГТ	0,400	79		45	50	HRC 57...63

Технологія виготовлення виробів на машинобудівних та інструментальних підприємствах являє собою логічну послідовність технологічних операцій, виконання яких дає змогу отримати якісні вироби з відповідними характеристиками і властивостями матеріалу.

Виходячи з отриманих даних, розроблено схеми маршрутних технологій виготовлення виробів (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Маршрутна технологія виготовлення вимірювального інструменту

№ опер	Назва операції	Цех (дільниця), де виконується операція	Призначення операції
1	Вхідний контроль	Заготівельний цех	Контроль хім. складу, контроль металопрокату
2	Порізка заготовок	Заготівельний цех	Отримання мірної заготовки (з прутка)
3	Попередня термообробка. Нормалізація	Термічне відділення інструментального цеху	Забезпечення гарної оброблюваності різанням
4	Механічне оброблення	Інструментальний цех	Надання заготівлі форми інструменту
5	Остаточне термічне оброблення	Термічне відділення інструментального цеху	Надання остаточних експлуатаційних властивостей
6	Остаточне механічне оброблення	Інструментальний цех	Шліфування інструменту
7	Додаткове термічне оброблення (старіння)	Термічне відділення інструментального цеху	Для зняття напружень і підвищення стабільності розмірів інструменту
8	Вихідний контроль	Відділ контролю та Центральна заводська лабораторія	Контроль розмірів, геометрії, шорсткості згідно з робочими кресленнями,

			відсутність дефектів
--	--	--	----------------------

1.3 Характеристика матеріалів виробів

Для вимірювальних інструментів застосовують конструкційні якісні вуглецеві та конструкційні леговані сталі 15, 20, 12ХН2, 18ХГТ.

Основні особливості вуглецевих сталей пов'язані зі зниженою стійкістю аустеніту в перлітній і проміжній областях. Що зумовлює їхню низьку прожарюваність і гартовуваність.

Зі збільшенням вмісту вуглецю від 0,7 до 1,2% трохи підвищується його концентрація в аустеніті, що не змінює стійкості аустеніту в перлітній області, проте підвищує її в проміжній. Своєю чергою, це, мало змінюючи товщину гартованого шару, збільшує твердість серцевини; величина її більш плавно змінюється за перерізом.

Основна перевага вуглецевих сталей - можливість отримати високу твердість у поверхневому шарі та зберегти в'язку серцевину.

Інша перевага цих сталей - збереження меншої кількості залишкового аустеніту (5-10%). При підвищенні вмісту вуглецю при високій твердості зростає формостійкість робочої кромки, що дає змогу отримати точніші розміри в оброблюваних деталях.

Вуглецеві сталі мають і деякі технологічні переваги:

а) низьку твердість (165-175 НВ) і хорошу пластичність після відпалу внаслідок великої здатності цементиту до коагуляції;

б) низькі температури гартування (770-810° С), завдяки чому зменшується знеуглецювання та окислення;

в) збереження чистої поверхні під час гартування внаслідок охолодження у воді, що спрощує очищення інструментів.

При збільшенні вмісту вуглецю понад 0,9 1,0% твердість підвищується мало. Для збереження дрібного зерна заевтектоїдні сталі гартовують з

температур, за яких зберігається частина вторинних карбідів; внаслідок цього збільшення вмісту вуглецю в сталі не супроводжується збільшенням його концентрації в мартенситі. Підвищення температури гартування і розчинення вторинних карбідів, збільшуючи концентрацію вуглецю в розчині, мало змінює і може навіть знижувати твердість через зростання кількості залишкового аустеніту. Крім того, це призводить до зростання зерна, через що знижуються міцність і в'язкість.

Вплив вуглецю проявляється і у відпущеній сталі. Більшою твердістю і стійкістю проти відпустки вирізняються сталі, що містять понад 0,8-0,9% С; під час відпустки в них виділяється дещо більше карбідних частинок, що затримують зниження твердості.

У заевтектоїдних сталях за нагрівання дещо вище за A_1 зберігаються частинки вторинного цементиту; вони перешкоджають зростанню зерна. Під час нагрівання до 780-800° С розміри зерна збільшуються лише до бала 8-9; за неоднорідного розподілу цементиту в окремих ділянках зерно може зростати до бала 7. Нагрівання до 825° С, посилюючи розчинення цементиту, викликає зростання дрібних зерен, що залишилися, до бала 6-7.

Леговані сталі мають кращі механічні властивості після термічної обробки (гартування і відпуску), вони порівняно мало відрізняються від механічних властивостей вуглецевої сталі у виробках малих перетинів. У виробках великих перерізів (діаметром >15-20 мм) механічні властивості легованих сталей значно вищі, ніж вуглецевих. Особливо сильно підвищуються межа плинності, відносне звуження й ударна в'язкість. Це пояснюється тим, що леговані сталі мають меншу критичну швидкість гартування, а отже, кращу прожарюваність. Крім того, після термічної обробки вони мають дрібніше зерно і більш дисперсні структури. Через більшу прожарюваність і меншу критичну швидкість гартування заміна вуглецевої сталі легованою дає змогу гартувати деталі в менш різких охолоджувачах (масло, повітря), що зменшує деформацію виробів і

небезпеку утворення тріщин. Леговані сталі застосовують тому не тільки для великих виробів, а й для виробів невеликого перетину, що мають складну форму. Чим вища в сталі концентрація легуючих елементів, тим вища її прожарюваність.

Для досягнення високої прожарюваності сталь частіше легують дешевшими елементами - марганцем, хромом і бором, а також дорожчими - нікелем і молібденом. Однак слід мати на увазі, що після досягнення необхідної для даного перерізу прожарюваності подальше збільшення в сталі легуючих елементів може не поліпшити, а, навпаки, погіршити механічні властивості сталі. При цьому підвищується поріг холодноламкості та зменшується запас в'язкості. Наприклад, збільшення вмісту в сталі хрому або марганцю до 1,0% практично не впливає на поріг холодноламкості. Однак за великих їхніх концентрацій поріг холодноламкості підвищується. Тому вміст легуючих елементів має бути мінімальним, що забезпечує необхідну для даного перерізу і умов охолодження наскрізну прожарюваність.

Надмірне легування погіршує і технологічність сталі (обробку різанням, зварюваність тощо). Виняток становлять нікель і молібден. Нікель підвищує опір крихкому руйнуванню, підвищуючи пластичність і в'язкість, зменшуючи чутливість до концентраторів напруг і знижуючи температуру порога крихкої ламкості. При вмісті в сталі 1,0% Ni поріг холодноламкості знижується на 60-80°C, подальше збільшення концентрації нікелю до 3-4% спричиняє менш сильне, але все ж таки зниження порога холодноламкості. Нікель зменшує анізотропію і підвищує пластичність і в'язкість у напрямку, поперечному волокну. Нікель - дорогий метал. Тому частіше в конструкційні сталі його вводять спільно з хромом та іншими елементами і до того ж у граничній мінімальній кількості. У складнолегованих сталях, нікель також забезпечує високий опір крихкому руйнуванню.

Легування сталі невеликими кількостями (до 0,1-0,15%) Ti, що утворює важкорозчинні в аустеніті карбіди, подрібнює зерно, що знижує поріг холодноламкості, підвищує роботу поширення тріщини та зменшує

чутливість до концентраторів напружень. За великого вмісту цього елемента опір сталі крихкому руйнуванню зменшується.

Легувальні елементи підвищують стійкість мартенситу проти відпуску і затримують коагуляцію карбідів. Тому для отримання необхідної міцності і твердості леговані сталі піддають відпустці при більш високій температурі, ніж вуглецеві. Це дає змогу не тільки повністю зняти гартівну напругу, а й отримати в сталі краще поєднання міцності та в'язкості.

Після однакової температури відпуску легована сталь матиме вищу міцність (твердість), але дещо меншу пластичність і в'язкість. Легувальні елементи істотно підвищують міцність сталі після поліпшення, зміцнюючи феритну основу (зокрема і за рахунок збереження більшої щільності дефектів будови) і збільшуючи дисперсність карбідних частинок. Найсильніше зміцнюють сталь Сг і Si.

У зв'язку з цим легована сталь і в відпаленому (нормалізованому) стані матиме більшу міцність, але меншу пластичність, ніж вуглецева сталь.

Кремній є корисним легуючим елементом для сталей, що піддаються ізотермічному гартуванню. Сталі, що містять кремній, після ізотермічного гартування забезпечують високу в'язкість і знижену чутливість до надрізу. Це пояснюється тим, що в процесі проміжного перетворення зростає кількість високовуглецевого залишкового аустеніту і підвищується в'язкість бейніту за рахунок зменшення в α -фазі вуглецю, [2].

Хімічний склад сталей для вимірювальних інструментів наведено в табл. 1.3, критичні точки для розглянутих сталей наведено в табл. 1.4. Діаграми ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту наведено на рис. 1.2.

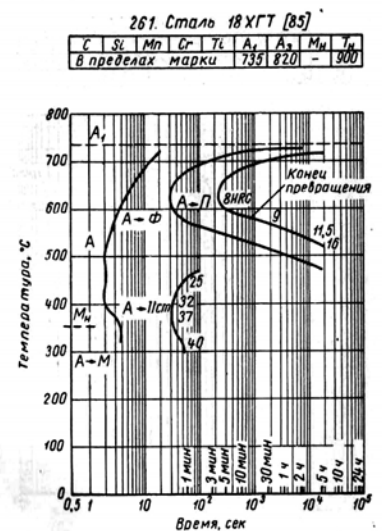
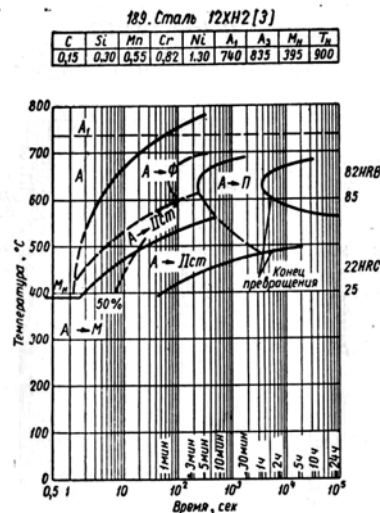
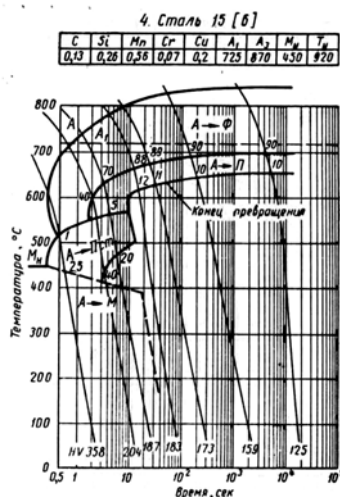
Сталі для інструментів високої точності і насамперед для вимірювальних інструментів повинні поряд з підвищеною зносостійкістю задовольнити додатковий комплекс вимог, зазвичай не пред'являються до сталей інших призначень.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад сталей для вимірювальних інструментів

Матеріал	Масова частка елемента, %								
	C	Cr	S	P	Cu	Ti	Si	Mn	Ni
15	0,12-	до	до	до	до	-	0,17-	0,35-	до
ГОСТ 1050-88	0,19	0,25	0,04	0,035	0,25		0,37	0,65	0,25
12ХН2	0,09-	0,6-	до	до	до	-	0,17-	0,3-	1,5-
ГОСТ 4543-71	0,16	0,9	0,035	0,035	0,3		0,37	0,6	1,9
18ХГТ	0,17-	1,0-	до	до	до	0,03-	0,17-	0,8-	до
ГОСТ 4543-71	0,23	1,3	0,035	0,035	0,3	0,09	0,37	0,11	0,3

Таблиця 1.4 - Критичні точки, $t^{\circ}\text{C}$ [3]

Марка сталі	Ac ₁	Ac _m	Ar ₁	Ar _m	M _H
15	735	860	680	855	
12ХН2	715	773	659	726	405
18ХГТ	740	825	650	730	360



а б в

а - сталь 15; в - сталь 12ХН2; в - сталь 18ХГТ

Рисунок 1.2 - Діаграми ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту цементуємих сталей[7]

Основними вимогами є: збереження сталості лінійних розмірів і форми (відсутність викривлення) протягом тривалого, вимірюваного роками, терміну використання; здатність для багатьох інструментів, зокрема плиток, отримувати високу чистоту поверхні після полірування (доведення) з висотою мікронерівностей $<0,07$ мкм. Ця властивість забезпечується за високої твердості $>63-64$ HRC і певного структурного стану. У сталі не повинно бути великих надлишкових карбідів і неоднорідності в їхньому розподілі, а також грубих неметалевих включень; добру зчіплюваність (притирання вимірювальних плиток). Вона створюється при зазначеній вище високій чистоті поверхні і при певному складі α -фази. Сталь не повинна мати в підвищеній кількості хром, що сприяє утворенню міцної плівки, яка погіршує зчіплюваність.

Механічні властивості сталей подано в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 - Механічні властивості сталей [3].

Матеріал	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	HRC (HB)
15	215	420	33	70	24	57-63
12ХН2	590	780	12	50	88	Серцевина (249) Поверхня 57-63
18ХГТ	780	980	9	50	78	Серцевина (240-300) Поверхня 57-63

1.4 Вплив постійних домішок на якість сталей

Вуглець чинить основний вплив на властивості сталі. Зі збільшенням у сталі вмісту вуглецю підвищується твердість і міцність її та зменшується пластичність і в'язкість. Межа міцності (σ_B) досягає максимального значення за вмісту приблизно 0,9% C; за більшого вмісту міцність зменшується. Останнє пояснюється виділенням по межах колишнього зерна аустеніту вторинного цементиту, що утворює в сталях зазначеного складу суцільний каркас. Під час випробування на розтягнення цього каркаса виникають високі напруги, і цементит, будучи крихким, руйнується. Це призводить до передчасного руйнування зразка і відповідно до зниження межі міцності.

До постійних домішок сталей відносять марганець, кремній, сірку, фосфор і гази - кисень, азот, водень.

Марганець і кремній є корисними домішками в сталі. Марганець зазвичай міститься в сталі в кількості до 0,7%, а кремній до 0,5%.

Позитивний вплив марганцю полягає ще в тому, що він здатний видаляти зі сталі шкідливі сірчисті сполуки. Марганець і кремній розчиняються у фериті та підвищують його твердість і міцність. Оскільки марганець і кремній позитивно впливають на сталь, то ці елементи іноді вводять у сталь у підвищених кількостях; у цьому разі сталь уже буде називатися не вуглецевою, а легованою, відповідно - марганцевою або кремнистою.

Сірка потрапляє в сталь із чавуну, а в чавун - із коксу і руди. Сірка із залізом утворює сульфід заліза. Сульфід заліза в сталі міститься у вигляді евтектики Fe-FeS, що розташовується на кордонах зерен сталі. Ця евтектика крихка і легкоплавка - температура її плавлення 985°C. Під час нагрівання сталі до 1000-1200°C для гарячої обробки її тиском евтектика плавиться і

зв'язок між зернами послаблюється. Це явище називається червоноламкістю сталі.

Красноламкість сталі усуває марганець; він з'єднується з сіркою з утворенням сірчастого марганцю MnS - сульфїду марганцю. Сульфїд марганцю має температуру плавлення $1620^{\circ}C$ і під час нагрівання сталі при температурах гарячої обробки тиском не розплавляється. Сульфїд марганцю пластичний і при гарячій обробці тиском витягується. Присутність сірки у вигляді включень MnS небажана. Ці включення, не чинячи значного впливу на статичну міцність сталі, знижують динамічну і втомну міцність, а також зносостійкість. Тому підвищений вміст сірки в сталях, призначених для відповідальних виробів, неприпустимий. Під час затвердіння злитка сірка схильна накопичуватися в окремих ділянках (ліквідувати). Це несприятливо позначається на властивостях сталі.

Тому вміст сірки в сталі суворо обмежують - залежно від якості сталі не більше 0,020-0,035%.

Фосфор, як і сірка, потрапляє в сталь із руд. Фосфор розчиняється у фериті, підвищує його твердість і міцність, але значною мірою знижує пластичність, тому сталь стає крихкою; це явище називають холодноламкістю. Фосфор, як і сірка, ліквідує, тобто утворюються ділянки, сильно збагачені фосфором. Вміст фосфору, залежно від якості сталі, допускається в інтервалі 0,025-0,035%.

Гази (кисень, азот, водень) частково розчинені в сталі, присутні у вигляді неметалевих включень (оксиди - сполуки металу з киснем, нітриди - сполуки металу з азотом) або розташовані у вільному вигляді в раковинах, тріщинах та інших несущільностях. Кисень у сталі міститься головним чином у вигляді оксидів Al_2O_3 , SiO_2 тощо. Оксиди на відміну від сульфїдів крихкі, під час гарячої обробки не деформуються, а кришаться, розпушують метал і розташовуються у вигляді переривчастої лінії. У присутності великої кількості водню в сталі виникає дуже небезпечний дефект - внутрішні надриви в металі, так звані флокени.

1.5 Особливості легування інструментальних сталей

Для досягнення високої прожарюваності сталь частіше легують дешевшими елементами - марганцем, хромом і бором, а також дорожчими - нікелем і молібденом. Однак слід мати на увазі, що після досягнення необхідної для даного перерізу прожарюваності подальше збільшення в сталі легуючих елементів може не поліпшити, а, навпаки, погіршити механічні властивості сталі. При цьому підвищується поріг холодноламкості та зменшується запас в'язкості. Наприклад, збільшення вмісту в сталі хрому або марганцю до 1,0% практично не впливає на поріг холодноламкості. Однак за великих їхніх концентрацій поріг холодноламкості підвищується. Тому вміст легуючих елементів має бути мінімальним, що забезпечує необхідну для даного перерізу і умов охолодження наскрізну прожарюваність.

Надмірне легування погіршує і технологічність сталі (обробку різанням, зварюваність тощо). Виняток становлять нікель і молібден. Нікель підвищує опір крихкому руйнуванню, підвищуючи пластичність і в'язкість, зменшуючи чутливість до концентраторів напруг і знижуючи температуру порога крихкої ламкості. При вмісті в сталі 1,0% Ni поріг холодноламкості знижується на 60-80°C, подальше збільшення концентрації нікелю до 3-4% спричиняє менш сильне, але все ж таки зниження порога холодноламкості. Нікель зменшує анізотропію і підвищує пластичність і в'язкість у напрямку, поперечному волокну. Нікель - дорогий метал. Тому частіше в конструкційні сталі його вводять спільно з хромом та іншими елементами і притому в гранично мінімальній кількості. У складнолегованих сталях, нікель також забезпечує високий опір крихкому руйнуванню.

Легування сталі невеликими кількостями (до 0,1-0,15%) Ti, що утворює важкорозчинні в аустеніті карбіди, подрібнює зерно, що знижує поріг холодноламкості, підвищує роботу поширення тріщини та зменшує

чутливість до концентраторів напружень. За великого вмісту цього елемента опір сталі крихкому руйнуванню зменшується.

Легувальні елементи підвищують стійкість мартенситу проти відпуску і затримують коагуляцію карбідів. Тому для отримання необхідної міцності і твердості леговані сталі піддають відпустці при більш високій температурі, ніж вуглецеві. Це дає змогу не тільки повністю зняти гартівну напругу, а й отримати в сталі краще поєднання міцності та в'язкості.

Після однакової температури відпуску легована сталь матиме вищу міцність (твердість), але дещо меншу пластичність і в'язкість. Легувальні елементи істотно підвищують міцність сталі після поліпшення, зміцнюючи феритну основу (зокрема і за рахунок збереження більшої щільності дефектів будови) і збільшуючи дисперсність карбідних частинок. Найсильніше зміцнюють сталь Сг і Si.

У зв'язку з цим легована сталь і в відпаленому (нормалізованому) стані матиме більшу міцність, але меншу пластичність, ніж вуглецева сталь.

Кремній є корисним легуючим елементом для сталей, що піддаються ізотермічному гартуванню. Сталі, що містять кремній, після ізотермічного гартування забезпечують високу в'язкість і знижену чутливість до надрізу. Це пояснюється тим, що в процесі проміжного перетворення зростає кількість високовуглецевого залишкового аустеніту і підвищується в'язкість бейніту за рахунок зменшення в α -фазі вуглецю, [2].

1.6 Термічна обробка сталей для вимірювальних інструментів

Вимірювальний інструмент піддають гартуванню в олії за якомога нижчої температури, зазвичай 840-850°C для сталей X і ХВГ і 850-880°C для сталі 12X1 для отримання мінімальної кількості залишкового аустеніту. У гартованій високовуглецевій сталі за нормальної кімнатної температури

протягом тривалого часу мимоволі протікає процес старіння, який полягає в частковому розпаді мартенситу та перетворенні деякої кількості залишкового аустеніту на мартенсит. Старіння спричиняє невелику зміну об'єму та лінійних розмірів виробу, неприпустиму для вимірювальних інструментів високих класів точності.

Для попередження подібного старіння вимірювальні інструменти тривалий час (12-60 год) піддають відпуску за 120-140°C. Твердість після зазначеної обробки становить HRC 62-64. Іноді після гартування проводять обробку холодом за -80...-50°C для повнішого перетворення залишкового аустеніту.

Вимірювальні скоби, шкали, лінійки та інші плоскі й довгі інструменти виготовляють із листової сталі марок 15, 15X і для отримання робочої поверхні з високою твердістю і зносостійкістю піддають цементації та гартуванню.

Цементация. Поліпшення властивостей поверхневого шару досягається хіміко-термічною обробкою і наплавленням, що дає змогу підвищити стійкість інструментів у 1,5-3 рази за умови, що: 1) шар, створений обробкою, міцно пов'язаний з основним металом і має більшу твердість, і 2) враховується характер зносу, переточування і перетин інструментів.

Вибір способу хіміко-термічного оброблення зумовлений не тільки вимогами, що висуваються до поверхневого шару, а й температурою, за якої виконується це оброблення.

Для вимірювальних інструментів може бути ефективнішою хіміко-термічна обробка перед гартуванням і відпусткою. Такою хіміко-термічною обробкою є цементация.

Під час цементації створюється шар більшої товщини, але меншої твердості, ніж під час азотування і низькотемпературного ціанування. Ці процеси придатні для всіх інструментальних сталей.

У результаті цементації: 1) зростає зносостійкість через підвищення кількості карбідів; інструменти придатні для роботи при підвищених тисках,

тому що товщину шару можна довести до 0,7-мм, 0 1; 2) під час подальшого гартування створюються корисні стискальні напруги. Вони значніші за величиною, ніж у разі попереднього азотування або низькотемпературного ціанування (нітроцементациї). Найкращий ефект створюється за шару 0,2-0,3 мм і концентрації в ньому вуглецю 0,6-0,7%.

Вміст вуглецю в поверхневому шарі для підвищення зносостійкості різний залежно від складу сталі.

Гартування. Особливості гартування інструментальних сталей, що визначають його основні параметри, такі

Умови нагрівання. Температура нагріву і витримка під час нагрівання повинні забезпечити достатнє насичення твердого розчину вуглецем і легуючими елементами для отримання високої твердості. Однак межею, що обмежує температуру і витримку, є збереження дрібного зерна. З цих причин характерні: значна відмінність у температурах остаточного нагріву залежно від складу сталі, порівняно вузький інтервал температур гартування, що становить 15-20°C для низки сталей, важливість запобігання знеуглецюванню та окисленню під час нагрівання.

У зв'язку з цим необхідні: а) використання електричних печей (або ванн) - механізованих, що забезпечують максимально точне дотримання температур нагріву; б) коротка витримка під час остаточного нагріву; в) підігрівання за температур, нижчих від температур гартування. Це дає змогу зменшити витримку під час остаточного високого нагрівання, і запобігти утворенню тріщин під час прискореного нагрівання малотеплопровідних сталей, і усунути зниження температури в печі (ванні), можливе під час завантаження холодного металу.

Температури підігріву краще встановлювати лише на 100-150° С нижче температур гартування. Це дає змогу додатково (на 15-20%) скоротити витримку при остаточному нагріванні.

Витримка при остаточному нагріванні визначається нагрівальним середовищем і температурою.

Умови охолодження. Вони повинні змінюватися залежно від необхідних властивостей, перерізу і форми інструментів, але насамперед визначаються складом сталі.

Для вуглецевих сталей можливості зміни середовища охолодження обмежені; для більшості інструментів це середовище практично постійне - водний розчин солі; переважно 8-12% NaCl.

Після закінчення охолодження у водному розчині інструменти негайно промивають у воді, що має температуру 60-80°C, просушують (стисненим повітрям) і нагрівають для відпустки: кристалики солі, що залишаються на поверхні інструменту, спричиняють корозію, а напруга, отримана під час гартування, може спричинити тріщини.

Для легованих сталей можливе ширше регулювання швидкості охолодження, а отже, і вибір більшої кількості гартувальних середовищ.

Інструменти простої форми охолоджують у мінеральній олії (індустріальній ІС-20) з температурою 30-70°C. Коливання температури масла в цих межах мало змінюють його охолоджувальну здатність.

Інструменти складної форми для додаткового зменшення напружень, деформації та чутливості до тріщин охолоджують у гарячих середовищах з температурами поблизу або вище M_n а потім на повітрі. Це уповільнює швидкість подальшого охолодження в інтервалі температур мартенситного перетворення.

Температури гарячих середовищ і їхній склад обирають з урахуванням ступеня легування, що визначає стійкість переохолодженого аустеніту в бейнітній області

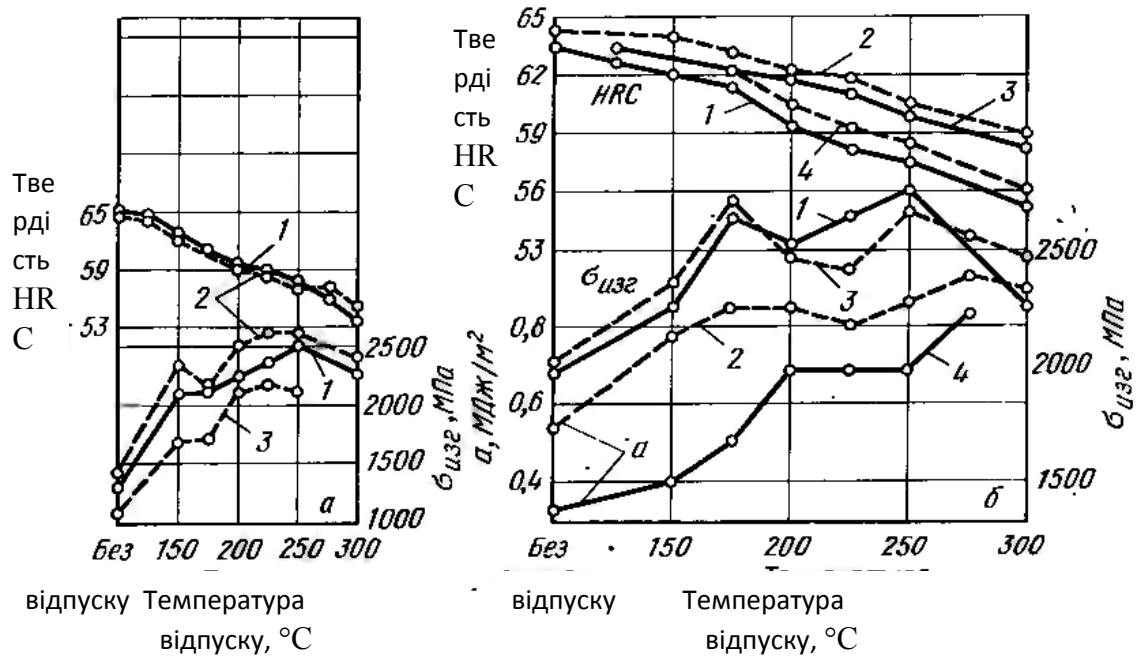
Технологія відпуску. Вона простіша (порівняно з прийнятою для гартування), незважаючи на складність процесів, що протікають у сталі. Для більшості інструментів характерні такі види відпуску.

Відпуск за знижених температур (150-200°C) застосовують для нетеплостійких сталей. Відпуск, зменшуючи концентрацію вуглецю в мартенситі та напругу, трохи підвищує міцність і в'язкість (рис. 1.3). Верхню

межу температур нагріву обмежують, як зазначено, щоб уникнути більш інтенсивного зниження твердості (рис.1.4).



Рисунок 1.3 - Вплив відпуску на залишкові напруження (σ) у поверхневому шарі сталі X. (гартування з 850°C у маслі) [9].



а б

а - вуглецеві та низьколеговані сталі; б - леговані сталі

Рисунок 1.4 - Механічні властивості вуглецевих і низьколегованих сталей залежно від температури відпуску протягом 60 хв [9]

Ці процеси протікають протягом 30-40 хв, тому тривалість відпуску становить до I год залежно від перетину інструменту. Крім того, вона залежить від легування. При збільшенні тривалості відпуску навіть до 10-12 год в'язкість і міцність додатково майже не підвищуються.

Відпуск зменшує вміст вуглецю в мартенситі до 0,4-0,5% і знижує напруження до рівня, за якого вони не спричиняють змін форми і розмірів виробів.

Водночас відпуск за зазначених температур не змінює кількості аустеніту залишкового.

Температуру відпуску знижують до 110-130°C для збереження максимальної твердості, але за меншої міцності (для вимірювальних плиток, скоб, калібрів); у цьому разі значно збільшують тривалість відпуску - до 20-24 год (і більше) головним чином для стабілізації структурного стану сталі.

Відпуск із нагріванням до 180-220° С виконують у печах СНО, СШО, оскільки окислювання і знеуглецювання за цих температур незначне [9].

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали дослідження

Розглянемо властивості і характеристики двох типів сталей: 18ХГТ та AISI 1045 (табл. 2.1). Ці матеріали були обрані з огляду на їх широке застосування в машинобудуванні та потенціал для підвищення ефективності експлуатаційних характеристик виробів завдяки їх механічним властивостям та зносостійкості. Сталь 18ХГТ, легована хромом і марганцем, відома своєю хорошою здатністю до термічної обробки та високою міцністю, тоді як сталь AISI 1045, вуглецева сталь середньої твердості, вирізняється відмінною оброблюваністю та міцністю (табл. 2.2).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад досліджуваних сталей

Елемент	18ХГТ	AISI 1045
C (Вуглець)	0.15-0.21%	0.43-0.50%
Mn (Марганець)	0.80-1.10%	0.60-0.90%
Si (Кремній)	0.17-0.37%	0.15-0.35%
Cr (Хром)	0.80-1.10%	-
Ni (Нікель)	$\leq 0.30\%$	-
Cu (Мідь)	$\leq 0.30\%$	-
P (Фосфор)	$\leq 0.035\%$	$\leq 0.040\%$
S (Сірка)	$\leq 0.035\%$	$\leq 0.050\%$

Таблиця 2.2 – Механічні властивості досліджуваних сталей

Властивість	18ХГТ	AISI 1045
Границя міцності (МПа)	780-820	620-750
Границя текучості (МПа)	590-640	310-385
Відносне подовження (%)	10-14	16-18
Твердість (НВ)	197-229	180-210

2.2 Технологія нанесення покриттів

Для дослідження в якості підкладок використовували круглі сталеві зразки з розмірами 40 мм х 6 мм. Перед напиленням підкладки були оброблені піскоструминною обробкою корундом, а потім очищені протягом 10 хв в ультразвуковій ванні з етанолом. Для зовнішнього введення порошку використовували карбіди вольфраму, які складаються з евтектичної суміші WC і W_2C . Вимірювання розміру частинок за допомогою лазерного розсіювання світла з використанням аналізатора частинок S3500 (показують, що 50-й перцентиль (d_{p50}) вибірки 38,7 мкм ($d_{p10} = 22,3$ мкм, $d_{p90} = 66,0$ мкм)).

2.3 Металографічне дослідження

Для дослідження отриманих систем покриттів зразки з покриттями були металографічно підготовлені за допомогою алмазних шліфувальних дисків та полірувальних тканин з алмазною суспензією. Зображення поперечних перерізів були отримані за допомогою польового емісійного скануючого електронного мікроскопа (FE-SEM) з детекторами вторинних і зворотно-розсіяних електронів типу JSM-7001F. Для дослідження морфології використовуються такі методи, як скануюча електронна мікроскопія (SEM), яка дозволяє отримати високороздільні зображення поверхонь зразків. SEM використовується разом з енергодисперсійною рентгенівською спектроскопією (EDS) для хімічного аналізу елементного складу. Методологія може включати підготовку зразків, їх фіксацію та покриття

тонким металевим шаром для покращення електропровідності. Аналіз зображень та спектрів, отриманих за допомогою СЕМ та EDS, дозволяє визначити морфологічні та хімічні характеристики матеріалів на мікро- та нанорівнях.

2.4 Визначення мікротвердості

Оцінка мікротвердості покриттів проводилась на мікротвердомірі LECO AMH 43 USA у відповідності до вимог ГОСТ 9450-76. Навантаження складало 10 г.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Розроблення режимів і технології термічної обробки

Технологія термічної та хіміко-термічної обробки - складові частини технологічного процесу виготовлення виробу, який забезпечує отримання необхідної структури, механічних і експлуатаційних властивостей, якості виробу.

До основних операцій належать відпал, нормалізація, гартування, старіння, відпуск, обробка холодом, цементація.

До додаткових належить промивання виробів, очищення поверхні виробів від окалини, захист поверхонь під час хіміко-термічної обробки.

Розроблення режимів основних і допоміжних операцій ТО складається з вибору температур нагріву і розрахунку часу нагрівання, витримки та охолодження. для основних операцій ТО: вибору складу робочого середовища для нагрівання, насичення та охолодження, визначення складу і витрати робочого середовища, визначення режимів допоміжних операцій.

У разі правильного вибору основних параметрів режиму ТО забезпечується отримання необхідної структури, властивостей і якості виробів під час відповідної операції. Режим ТО складається з таких параметрів: швидкість нагрівання, температура нагрівання, час витримки і швидкість охолодження.

Поверхня вимірювального інструменту повинна бути твердою, стійкою проти стирання, повинна мати постійний розмір. Для деталей, від яких вимагається тільки поверхнева твердість, а решта механічних властивостей не мають великого значення, застосовують гартування безпосередньо з цементаційного нагріву (для сталі 18ХГТ 900-920°C).

Зерно аустеніту, що виросло в результаті цементації, дає крупноголчастий мартенсит на поверхні і грубо грубозернисту структуру в

серцевині. Однак останнім часом низка удосконалень дала змогу застосувати цей спосіб і для відповідальних деталей. Цей спосіб має і деякі безсумнівні переваги. Інші режими термічної обробки передбачають вторинні нагрівання цементованих деталей до високих температур. Ці нагрівання спричиняють додаткове викривлення деталі та здорожують процес термічної обробки. Гартування з цементаційного нагріву дає меншу деформацію деталі та обходиться дешевше - це її переваги.

Недолік цього варіанту - грубозернистість будови, а також підвищений вміст залишкового аустеніту (і, отже, знижена твердість) у цементованому шарі внаслідок гартування від високих температур.

Недоліки ці значною мірою усуваються, якщо використовувати:

- спадково дрібнозернисту сталь (до таких належить 18ХГТ);
- газову цементацію; завдяки меншій, ніж за твердої цементації, тривалості процесу, виходить менше зростання зерна. цементації;
- підстужування при гартуванні, тобто гартування проводити не від температур цементації, а після підстужування до 750-800°C; це, щоправда, не веде до подрібнення зерна, але знижує внутрішні напруги;
- обробку холодом за -70...-60°C, що призводить до перетворення залишкового аустеніту і до підвищення поверхневої твердості.

У гартованій сталі за нормальної кімнатної температури протягом тривалого часу мимовільно протікає процес старіння, що полягає в частковому розпаді мартенситу і перетворенні певної кількості залишкового аустеніту на мартенсит. Старіння спричиняє

невелика зміна об'єму і лінійних розмірів виробу, неприпустима для вимірювальних інструментів високих класів точності.

Для запобігання такому старінню вимірювальні інструменти піддають відпуску за $150 \pm 10^\circ\text{C}$. Твердість після зазначеної обробки становить HRC 57-63.

Цементация виробів проводиться за температури 900-920°C в електричній печі типу СНЦА в газовій атмосфері.

Тривалість перебування виробів у печі визначається як:

$$\tau_{об} = \tau_{н} + \tau_{в} + \tau + \tau_{ох}$$

Час нагрівання розраховують за формулою:

$$\tau_{н} = S \cdot k \cdot f \cdot L_{л}$$

де S - характеристичний розмір виробу, мм ($50/2=25$ мм);

k - коефіцієнт форми (визначається за довідником) (1);

f - коефіцієнт розташування виробів у нагрівальному пристрої, який впливає на час нагрівання (1,4);

$L_{л}$ - коефіцієнт легування сталі, (0,96) хв/мм.

Цементация+гартування:

Тривалість нагрівання до температури $900 \pm 10^{\circ}\text{C}$ визначається за

$$\tau_{н} = 25 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,96 = 33,6 \text{ хв.}$$

де $S = [50/2] = 25$ мм (рис.1.2)

Час технологічної витримки для глибини цементованого шару 1,0 мм за швидкості цементации 0,1 мм/год [5]:

$$\tau_{тв} = 1,0 / 0,1 = 10 \text{ год} = 600 \text{ хв}$$

Після витримки вироби охолоджують у захисному середовищі на $120-150^{\circ}$ протягом 20 хв, а потім охолоджують у маслі.

Тривалість розвантаження і завантаження становить 15 хв.

Тоді загальний час становить:

$$\tau_{об} = \tau_n + \tau + \tau_3 = 33,6 + 600 + 20 + 15 = 668,6 \text{ хв} = 11,1 \text{ год.}$$

Обробка холодом

Тривалість обробки - 1 година

Відпуск

Тривалість нагрівання до температури 150°C визначається за

$$\tau_n = 25 - 1 - 1,4 - 2,15 = 75,2 \text{ хв.}$$

Час технологічної витримки становить 170 хв.

Тривалість розвантаження і завантаження становить 15 хв.

Тоді загальний час становить:

$$\tau_{об} = \tau_n + \tau + \tau_3$$

$$\tau_o = 75,2 + 170 + 15 = 260,2 \text{ хв} = 4,3 \text{ год}$$

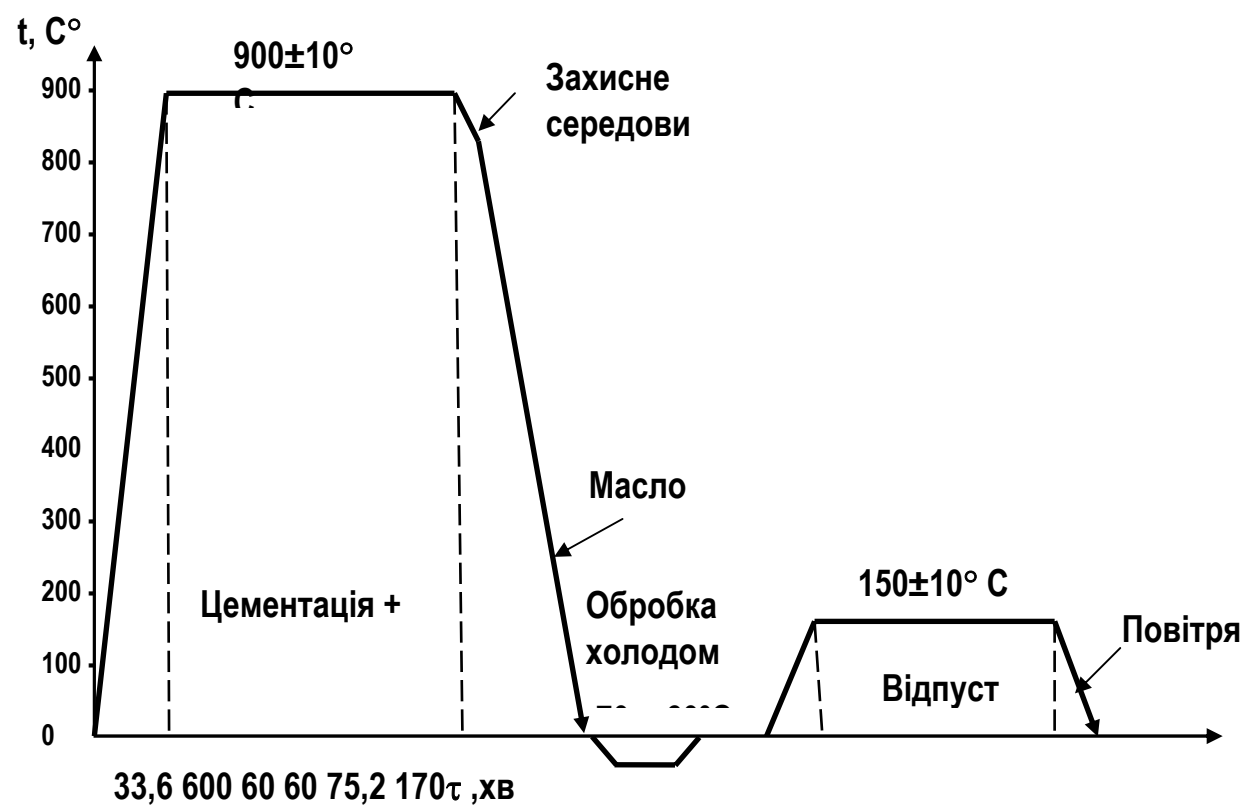
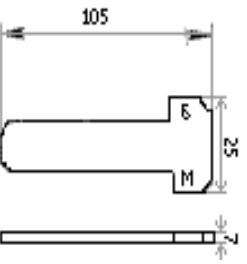


Рисунок 3.1 - Графік хіміко-термічної обробки шаблону зі сталі 18ХГТ

Таблиця 3.1 - Карта технологічного процесу хіміко-термічної обробки вимірювального інструменту (шаблони) зі сталі 18ХГТ

Ескіз виробу			Технічні вимоги			
			Матеріал	Глибина цементацийного шару	Твердість	Мікроструктура
			18ХГТ	0,9...1,1 мм	Поверхн. 57-63 HRC Серце. 40-47 HRC	Поверхн. М +К+А _{отпост} Сердц. М _{отп}
№ операції	Найменування операції	Обладнання	Режим нагрівання: температура, °С, тривалість середовища	Режим охолодження: середовище, температура °С, тривалість	Найменування пристосувань, кількість пристосувань, кількість деталей на пристосуванні	Умови контролю
1	Цементация					
	Нагрівання	Камерна піч СНЦА	900±10° С, Синтин τ _н = 33,6 хв.		Піддон	Температура, час
	Витяг	Камерна піч СНЦА	τ _в = 8-10 год		Піддон	Температура, час
	Охолодження		20 хв	у захисному середовищі, потім у маслі	Піддон	Температура, час
2	Промивання	Мийна машина	70-90° С 10% водний содовий розчин			
3	Контроль	Лупа, мікроскоп				

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7
		Твердомір ТК-2				
4	Обробка холодом	Термобарокаме- ра	-70...-60°C, азот			Температура, час
5	Відпуск					
	Нагрівання	Електрична камерна піч СНО	150±10° С 90 хв		Піддон	Температура, час
	Витяг	Електрична камерна піч СНО	150±10° С 170 хв		Піддон	Температура, час
	Охолодження			Повітря		
6	Оксидуванняпр омаслювання					
7	Контроль	Твердомір ТК-2			Столик	100% контроль твердості

3.2 Вибір і розрахунок кількості обладнання

Вихідними даними для розрахунку кількості обладнання є річна виробнича програма, режим роботи термічного відділення, річний фонд часу роботи обладнання, режим термообробки виробів, карти технологічних процесів термообробки.

Річна виробнича програма представлена в таблиці 3.2.

Режим роботи термічної дільниці одно-, дво- і тризмінний із зупинкою на вихідні та святкові дні.

Дійсний фонд часу роботи обладнання (Φ_d) зазвичай менший (Φ)_к

Для безперервного графіка роботи обладнання дійсний фонд часу роботи обладнання:

$$\Phi_d = (365 - D_{\text{вих}} - D_{\text{вхпразд}}) \cdot C \cdot t \cdot K_{\text{исп}},$$

де $D_{\text{вих}}$ - кількість вихідних днів у році (суботи та неділі - 105);

$D_{\text{вхпразд}}$ - кількість святкових, неробочих днів - 10;

C - кількість змін на добу;

t - середня тривалість однієї зміни - 8;

$K_{\text{исп}}$, - коефіцієнт використання обладнання (0,90...0,94).

Дійсний фонд часу роботи обладнання Φ_d залежить від прийнятого режиму роботи, тривалості зміни, витрат часу.

Для однієї зміни: $\Phi_d = 251 - 0,92 - 8 = 1847,36$

Для двох змін: $\Phi_d = 251 - 0,92 - 8 - 2 = 3694,72$

Для трьох змін $\Phi_d = 251 - 0,92 - 8 - 3 = 5542,08$

Розрахунок кількості обладнання проводиться за завантажувальними відомостями. завантажувальні відомості на обладнання подано в табл. 3.3-3.6.

Таблиця 3.2 - Річна виробнича програма

Найменування виробу	Матеріал	Маса 1 шт. кг	Габаритні розміри, мм	Виробнича програма	
				шт	кг
1	2	3	4	5	6
Калібр - скоба	15	0,130	60x7xØ 40	40000	5200
Калібр - скоба	15	0,320	94x7xØ 62	20000	6400
Шаблон	15	0,660	255x4xØ 84	30000	19800
Скоба	15	0,190	4xØ 36	30000	5700
Шаблон	12ХН2	0,500	110x22	20000	10000
Шаблон	12ХН2	0,510	466x4xØ 35	30000	15300
Шаблон	18ХГТ	0,150	105x7xØ 25	20000	3000
Шаблон	18ХГТ	0,400	45xØ 50	24000	9600
Загальна сума					75000
Усього					275000

Таблиця 3.3 -Завантажувальна відомість для вимірювальних інструментів

Операція - цементация + гарт.

Обладнання - СНЦА 5.10.3,2/10

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма Q _{год}		Маса 1шт, кг	Місткість садки П _с		Кол. садок на рік, кг, М _с	однієї садки t _{обц} , годин	Необх. час роботи печі t _з , год.
		шт	кг		шт	кг			
Калібр - скоба	15	40000	5200	0,13	760	98,80	52,63	10,94	575,81
Калібр - скоба	15	20000	6400	0,32	300	96,00	66,67	10,90	726,56
Шаблон	15	30000	19800	0,66	140	92,40	214,29	10,97	2349,98
Скоба	15	30000	5700	0,19	500	95,00	60,00	11,00	660,20
Шаблон	12ХН2	20000	10000	0,5	200	100,0	100,0	11,00	1100,33
Шаблон	12ХН2	30000	15300	0,51	180	91,80	166,67	11,00	1833,89
Шаблон	18ХГТ	20000	3000	0,15	600	90,00	33,33	10,73	357,68
Шаблон	18ХГТ	24000	9600	0,4	250	100,0	96,00	11,00	1056,32
			75000						8660,76

Розраховуємо кількість одиниць обладнання, шт:

$$P_p = \frac{T_{об}}{\Phi_d}, \text{ де } P_p - \text{розрахункова кількість обладнання, шт,}$$

$$P_p = \frac{8660,76}{5542,08} = 1,56 \text{ шт,}$$

$$P_{пр} = 2, K_3 = \frac{P_p}{P_{пр}} = \frac{1,56}{2} = 0,78$$

Таблиця 3.4 -Завантажувальна відомість для вимірювальних інструментів

Операція - обробка холодом.

Обладнання - термобарокамера

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма Q _{год}		Маса 1шт, кг	Місткість садки П _с		Кол. садок на рік, кг, М _с	тривалість нагрівання однієї садки t _{общ} , годину	Необх. час роботи печі t _з , год.
		шт	кг		шт	кг			
Калібр - скоба	15	40000	5200	0,13	300	39,00	133,33	1,25	166,67
Калібр - скоба	15	20000	6400	0,32	100	32,00	200,00	1,25	250,00
Шаблон	15	30000	19800	0,66	50	33,00	600,00	1,25	750,00
Скоба	15	30000	5700	0,19	150	28,50	200,00	1,25	250,00
Шаблон	12ХН2	20000	10000	0,5	60	30,00	333,33	1,25	416,67
Шаблон	12ХН2	30000	15300	0,51	60	30,60	500,00	1,25	625,00
Шаблон	18ХГТ	20000	3000	0,15	200	30,00	100,00	1,25	125,00
Шаблон	18ХГТ	24000	9600	0,4	80	32,00	300,00	1,25	375,00
			75000						2958,33

Розраховуємо кількість одиниць обладнання, шт:

$$P_p = \frac{T_{\text{об}}}{\Phi_d}, \text{ де } P_p - \text{розрахункова кількість обладнання, шт,}$$

$$P_p = \frac{2958,33}{3694,72} = 0,80 \text{ шт,}$$

$$P_{\text{пр}} = 1, K_3 = \frac{P_p}{P_{\text{пр}}} = \frac{0,8}{1} = 0,8$$

Таблиця 3.5 -Завантажувальна відомість для вимірювальних інструментів

Операція - відпуск

Обладнання - ЗНО 5.10.3,2/3

Найменування виробу	Матеріал	Річна програма $Q_{\text{год}}$		Маса 1шт, кг	Місткість садки P_c		Кол. садок на рік, кг, M_c	тривалість нагрівання однієї садки $t_{\text{обц}}$, годину	Необх. час роботи печі t_3 , год.
		шт	кг		шт	кг			
Калібр - скоба	15	40000	5200	0,13	760	98,80	52,63	4,79	252,05
Калібр - скоба	15	20000	6400	0,32	300	96,00	66,67	4,59	305,89
Шаблон	15	30000	19800	0,66	140	92,40	214,29	4,91	1053,09
Скоба	15	30000	5700	0,19	500	95,00	60,00	5,09	305,40
Шаблон	12ХН2	20000	10000	0,5	200	100,00	100,00	5,09	509,00
Шаблон	12ХН2	30000	15300	0,51	180	91,80	166,67	5,09	848,33
Шаблон	18ХГТ	20000	3000	0,15	600	90,00	33,33	3,79	126,19
Шаблон	18ХГТ	24000	9600	0,4	250	100,00	96,00	5,09	488,64
			75000						3888,59

Розраховуємо кількість одиниць обладнання, шт:

$$P_p = \frac{T_{\text{об}}}{\Phi_d}, \text{ де } P_p - \text{розрахункова кількість обладнання, шт,}$$

$$P_p = \frac{3888,59}{5542,08} = 0,7 \text{ шт,}$$

$$P_{\text{пр}} = 1, K_3 = \frac{P_p}{P_{\text{пр}}} = \frac{0,7}{1} = 0,7$$

Таблиця 1.21 - Зведена відомість обладнання

Обладнання	Технологічна операція	Річний випуск виробів, шт. (кг)	Середня продуктивність	Кількість обладнання шт		Коефіцієнт завантаження, к _з
				П _р	П _{пр}	
СНЦА-5.10.3,2/10	Цементация + гарт,	75000	80	1,56	2	0,78
Термобарокамера	Обробка холодом	75000		0,8	1	0,8
СНО-5.10.3,2/3	Відпуск	75000	110	0,7	1	0,7
Закалочний бак	Гартування	75000			1	
Мийна машина ММК-400	Промивання виробів	275000			2	
Гідропіскоструминна камера	Очищення виробів				1	
Верстат наждачно-шліфувальний	Зачищення виробів				2	
Верстат полірувальний	для виготовлення мікрошліфів				1	
Мікроскоп ММУ-3	Контроль мікроструктури				2	
Твердомір ТК-2	Контроль твердості				2	
Кран-балка					2	
Усього					21	

3.3 Планування відділення та вантажопотоків

Загальна виробнича площа:

$$П_{\text{общ}} = П_{\text{пол}} + П_{\text{всп}} + П + П_{\text{прох}}$$

де $П_{\text{пол}}$ - виробничо-корисна площа, необхідна для розташування пічного та допоміжного обладнання.

$$П_{\text{пол}} = \text{норма} = 25 \dots 35 \text{ м}^2$$

$$П_{\text{пол}} = 13 \cdot 30 = 390 \text{ м}^2$$

$П_{\text{всп}}$ - допоміжна площа, яка включає склади для деталей, що надходять на термічну обробку, міжопераційні склади, склади допоміжних матеріалів, пристосувань тощо.

$$П_{\text{всп}} = 25\% П_{\text{пол}} = 390 \cdot 0,25 = 97,5 \text{ м}^2$$

Де $П_{\text{прох}}$ - площа проходів і проїздів.

$$П = 25\% П_{\text{прохпол}} = 390 \cdot 0,25 = 97,5 \text{ м}^2$$

$$П_{\text{общ}} = 390 + 97,5 + 97,5 = 585 \text{ м}^2$$

Побутові приміщення проєктуються у вигляді прибудови, розташованої з торця будівлі та збоку.

Термічне відділення прямокутної форми, що забезпечує ефективне видалення шкідливих виділень аерації. Для спорудження будівлі застосовуються збірні залізобетонні конструкції.

Несучими елементами будівлі є колони. Ширина ділянки 12 м. Довжина визначається таким чином:

$$L = \frac{П_{\text{общ}}}{Ш} = \frac{585}{12} = 48,75 \text{ м}$$

де Ш - ширина відділення.

Довжина приймається кратною кроку колони (крок колони 12 м).
Приймаємо $L = 60$.

Площа ділянки $P = 12 \cdot 60 = 720 \text{ м}^2$

Ширина воріт 5,0 м.

Відстань між обладнанням і стінами або колонами - 2,0 м, між печами та обладнанням - 1,0 м. Транспортні проїзди 3,0 м. Відділення має 2 виходи.

Відділення оснащено кран-балкою, кара.

За пожежонебезпекою термічне відділення належить до категорії Г.

Підлоги в термічному відділенні термостійкі - рифлена металева плитка, легко очищується від забруднень [10].

3.4 Технічний контроль, попередження та виправлення браку

Нижче представлено основні параметри, які підлягають обов'язковому контролю в процесі термічної обробки.

Контроль температури повинен забезпечувати суворе дотримання режимів термічної обробки інструментів; для цього соляні ванни і печі оснащені стаціонарними приладами для автоматичного регулювання і запису температури. Для щоденної перевірки стаціонарних приладів використовують платино-родієві або хромель-алюмелеві термопари, протаровані за зразковими, як вторинний прилад використовують контрольні переносні потенціометри.

Витримка під час остаточного нагрівання під гартування встановлюється за реле часу. На інших позиціях витримки дотримуються автоматично за заданою програмою.

Зневуглецювальну активність соляних ванн контролюють не рідше ніж 1 раз на добу методом фольги з подальшим визначенням вуглецю хімічним аналізом.

Відсутність знеуглецьованого шару визначається не рідше 1 разу на добу на зразках-свідках. Наявність його крім зниження твердості може спричинити утворення тріщин.

Контроль розміру аустенітного зерна проводять для кожної плавки на зразках-свідках з метою вибору оптимальної температури гартування (вхідний контроль).

Якість гартування і відпуску контролюється вимірюванням твердості, а якість відпуску інструментів зі швидкорізальних сталей додатково перевіряється магнітним методом.

Теплостійкість (червоностійкість) швидкорізальної сталі можна оцінювати температурою після 4-годинного нагріву, після якої сталь зберігає твердість не нижче 58 HRC (попередньо зразки гартують і відпускають за рекомендованим для даної марки сталі оптимальним режимом).

Більш поширена методика визначення теплостійкості (червоностійкості) за твердістю, що зберігається після 4-годинного нагріву за 620° C.

Відхилення від прямолінійності перевіряється в декількох точках по довжині і по площинах інструментів, що мають велике відношення довжини до діаметру або товщини: за необхідності його усувають правкою.

Контроль твердості, як правило, проводиться для всіх 100% оброблених виробів. Випробування твердості здійснюється на приладі Роквелла, за винятком простих різців і деяких інструментів, що мають незручну для випробування на приладі Роквелла форму, які приймаються на напилки. У різбового інструменту різблення вельми обережно перевіряється також дрібним напилком (типу надфіля) і, якщо можливо, на суміжній з різбленням поверхні додатково за Роквеллом.

Зовнішній огляд обов'язковий для всіх 100% інструментів. Так само проводиться 100%-вий контроль кривизни, або як часто її називають, викривлення, биття тощо, для осьових інструментів - розгортки, свердел,

протяжок тощо. Цей вид контролю проводиться після контролю на твердість і операції правки. Допуски на кривизну визначають за креслярськими і технологічними розмірами, тобто за остаточними розмірами після шліфування і припусками на шліфування.

Контроль кривизни здійснюється в центрах за допомогою індикатора. Кривизна деталі на бік не повинна бути більшою, ніж половина припуску на шліфування, інакше після шліфування на деталі залишиться чорнота, тобто необроблена поверхня.

Плоскі деталі контролюються на гладкій шліфованій плиті за допомогою щупа. Величина зазору між плитою і деталлю залежить від подальших технологічних операцій.

Контроль мікроструктури за допомогою мікроскопа дає можливість оцінити правильність встановленої технології термічної обробки сталі, а також судити про її механічні властивості. [1]

Основною умовою запобігання браку під час термообробки є суворе дотримання технологічного процесу, який має встановлюватися на підставі досвідчених і літературних даних. Види браку, причини та способи запобігання наведені в табл. 3.7

Таблиця 3.7 - Класифікація браку під час термічної обробки вимірального інструменту

Вид дефекту	Причина виникнення дефекту	Методи запобігання появи дефекту	Заходи щодо усунення дефектів
1	2	3	
Основні дефекти під час цементациї сталі			
Плямиста цементация. Утворення на цементованих деталях "м'яких" плям	Наявність на цементованих поверхнях деталей вологи, оксидів, бруду тощо. У результаті подачі великої кількості карбюризатора до прогрівання деталей, утворення на поверхні	Деталі, які завантажуються на цементацию, повинні ретельніше очищатися від бруду, окислювальних і жирових плівок і добре просуватися. Стежити за правильною подачею карбюризатора в	Невиправний брак
Нерівномірна глибина шару цементациї за зонами печі при газовій цементациї	1. Піч нагрівається по зонах нерівномірно 2. Не працював вентилятор	1. Провести контрольну перевірку перепаду температур по зонах печі 2. Перевірити справність вентилятора. Виявлені неполадки усунути	Невиправний шлюб
Знижена твердість цементованої поверхні деталі, що цементується	Підвищений вміст вуглецю в цементованому шарі; велика швидкість охолодження під час гартування	Дотримання технологічного процесу.	Виправлення дефекту: а) високий відпуск за температури 650-670° С перед гартуванням;

Продовження таблиці 3.7

			б) гартування з нормальної температури (760° С) у масло з підстужуванням виробів до температури 650-660° С; в) гартування за температури 860° С у масло з високим відпусканням за температури 660-670° С, потім гартування за температури 760° С і відпускання за температури 200° С; обробка холодом за температури нижче 0° С
Підвищена концентрація вуглецю в цементованому шарі (цементитна сітка)	Перенасичення поверхневого шару вуглецем	Застосування регульованого методу подачі карбюризатора. До кінця процесу цементатії подачу карбюризатора зменшити;	Непоправний брак - за відсутності остаточної механічної обробки. Поправний брак - за наявності припуску на механічну обробку.
Цементований шар після гартування має нерівномірну твердість і структуру	Утворення в цементованому шарі надлишкових карбідних фаз, які призводять до перерозподілу	Застосування регульованого методу подачі карбюризатора. До кінця процесу цементатії подачу карбюризатора	Невиправний брак

	легуючих елементів і	зменшити	
--	----------------------	----------	--

Продовження таблиці 3.7

	збіднення окремих ділянок аустеніту легуючими елементами		
Окислення поверхні деталей, наслідком чого є нерівномірна цементація	Погана герметичність печі	Перевірити герметичність печі та склад газів, що відходять. У разі наявності неполадок поліпшити герметичність печі	Невиправний брак
Недостатня концентрація вуглецю в цементованому шарі, низька твердість цементованого шару	У піч подається недостатня кількість карбюризатора, у результаті чого швидкість утворення атомарного вуглецю стає меншою за швидкість дифузії вуглецю в глиб металу. Глибина шару цементації збільшується, концентрація вуглецю в шарі зменшується	Збільшити кількість карбюризатора, який вводиться в піч	повторна короточасна цементація за нормальної температури
Тріщини на цементованій поверхні деталі після шліфування	Внутрішні напруження в поверхневому шарі. Основною технологічною операцією,	Застосування більш м'яких режимів шліфування: а) зменшення подачі під час шліфування;	Невиправний брак

Продовження таблиці 3.7

	яка спричиняє утворення тріщин, є шліфування. Найчастіше тріщини утворюються в цементованому шарі, який має грубі скупчення карбідів, у тому разі, коли в цементованому шарі разом із мартенситом, є залишковий аустеніт	б) застосування під час шліфування м'якшого охолоджувального середовища (наприклад, масло замість емульсії). Після шліфування деталей застосовувати негайно відпуск при температурі 150-170° не менше 2 годин.	
Під час гартування			
Зовнішні та внутрішні тріщини	Неправильний вибір гартівного середовища. Різке гартування. Великий інтервал часу між гартуванням і відпусканням	Використання як гартівне середовище гарячого масла Контроль за перервою між гартуванням і відпусканням	Невиправний брак
Сильне окислення, значний шар окалини на поверхні знеуглецювання	Завищено час витримки під час нагрівання Завищено час витримки і температура під час нагрівання	Дотримання технологічного процесу. Регулювання температури і часу, використання захисної атмосфери	Невиправний брак
грубозерниста мікроструктура	Перегрівання вище заданої температури.	Дотримання технологічного	нормалізація або відпал з подальшим

	Завищено час витримки	процесу	гартуванням з
--	-----------------------	---------	---------------

Продовження таблиці 3.7

	.		нормальної температури
Знижена твердість	Неправильний вибір гартівного середовища. Нагрівання нижче заданої температури (під час гартування) Недостатній час витримки (під час гартування)	Усунення причини. Дотримання технологічного процесу	провести відпал, а потім повторне гартування.
Нерівномірна твердість	Нерівномірна температура під час нагрівання під гартування Неправильне занурення в гартівне середовище	Контроль рівномірності температури в робочому просторі печі	нормалізація і гартування в 5-10% водному розчині NaCl
Під час відпускання			
Знижена твердість	Завищена температура відпуску Завищений час витримки	Контроль і регулювання температури, дотримання технологічного часу	Проведення повторного ТО за раціональною технологією
Крихкість	Знижена температура відпускання Недостатній час витримки	Контроль і регулювання температури, дотримання технологічного часу	Відпуск за нормальної температури з достатньою витримкою
Підвищена кількість залишкового	Знижена температура відпускання, скорочення	Контроль і регулювання температури,	Відпуск за нормальної температури з достатньою

аустеніту			витримкою
-----------	--	--	-----------

Кінець таблиці 3.7

	тривалості відпускання або числа відпусток, неповна охладження між відпускми	дотримання технологічного часу	
Роз'їдання поверхні	Погане промивання після гартування	промивка після гартування	Очищення в дробоструминних установках
Викривлення інструментів	Безладне завантаження в кошиках	Нагрівання треба проводити у вертикальному положенні	правка з підігрівом

Визначено основні параметри, які підлягають обов'язковому контролю, а також причини і способи запобігання браку, що можуть виникнути в процесі термічної обробки.

3.5 Підвищення зносостійкості вимірювальних інструментів нанесенням покриттів

Застосування покриттів на основі вольфрамових карбідів у виробництві вимірювальних інструментів, таких як калібри, відкриває нові перспективи для підвищення їхньої зносостійкості та довговічності. Технології термічного напилення, зокрема використання високошвидкісного киснево-паливного (HVOF) та високошвидкісного повітряно-паливного (HVAF) напилення, дозволяють наносити на сталеві поверхні вимірювальних інструментів

покриття з високою адгезією, низькою пористістю та винятковою зносостійкістю. Такі покриття значно збільшують опір абразивному зношуванню, впливу корозії та ерозії, що є критично важливим для інструментів, які використовуються в умовах високих навантажень та агресивних середовищ.

Особливість покриттів на основі вольфрамових карбідів полягає у їхній здатності підтримувати високу точність вимірювань вимірювальних інструментів протягом тривалого часу експлуатації. Завдяки високій твердості та малій схильності до утворення ета-карбідів через розчинення, ці покриття забезпечують збереження геометричних характеристик поверхні, що контактує з вимірюваним об'єктом, тим самим забезпечуючи високу точність вимірювань.

Крім того, використання зовнішнього впорскування твердих карбідів у зону горіння дуги дозволяє досягти більш рівномірного розподілу та кращої інтеграції карбідів у металеву матрицю покриття, що відкриває шлях для створення функціонально градієнтних покриттів з різним вмістом твердих частинок у різних зонах інструмента. Такий підхід може бути особливо корисним для виробництва вимірювальних інструментів зі спеціалізованими властивостями, адаптованими під конкретні умови експлуатації.

На рис. 3.2 показано переріз зразків. Покриття складаються з неоднорідної мікроструктури. Варіації яскравості свідчать про неоднорідність хімічного складу. Електронна мікроскопія та кількісний аналіз EDX показують, що зразок утворений з ламельної мікроструктури збагачених Fe і W фаз. Ламельна структура збагачених W твердих фаз (яскраві фази) свідчить про їх повністю розплавлений стан під час напилення. У деяких випадках спостерігаються великі кластери не повністю злитих W-фаз.

На збільшених зображеннях поперечного перерізу, отриманих за допомогою електронної мікроскопії, спостерігається різне впровадження карбідів вольфраму в навколишню матрицю на основі заліза для покриттів,

отриманих з використанням порошкового дроту. Впровадження карбідів вольфраму характеризується характерним реактивним шаром навколо карбідів, що видно по зміні хімічного складу (рис. 3.3).

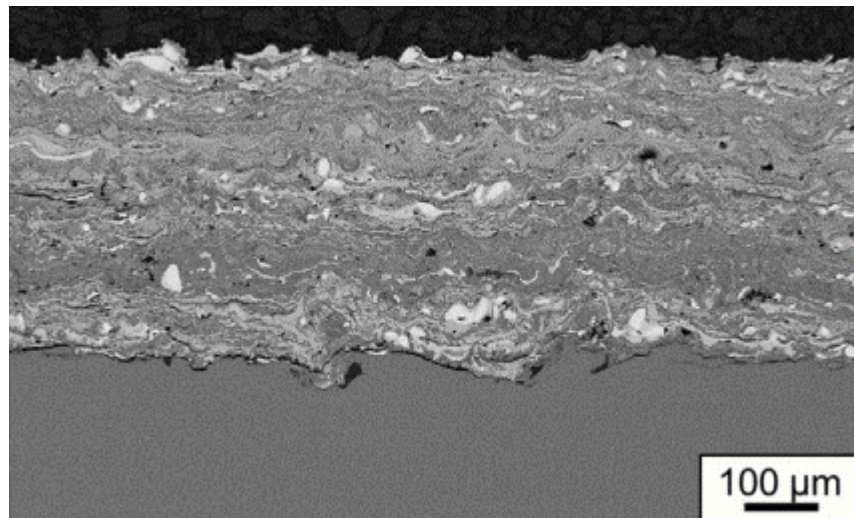


Рисунок 3.2 – Мікроструктура досліджуваного покриття

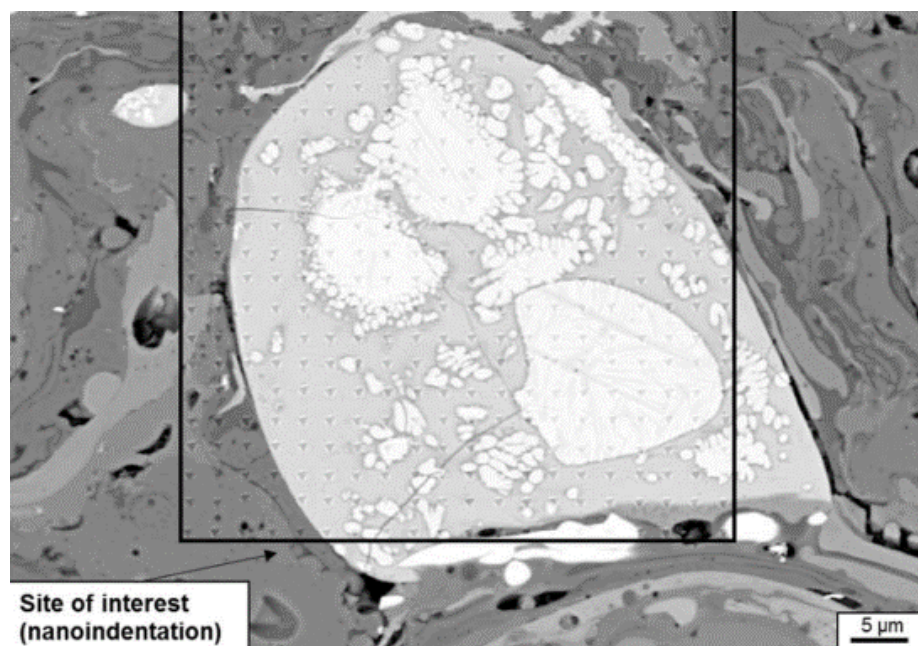


Рисунок 3.3 - Зображення поперечного перерізу зразка отримані методом РЕМ-мікроскопії

Для блискучої фази виявлено підвищені твердість і модуль Юнга понад 26 ГПа і 650 ГПа відповідно. Широко розповсюджені потрійні фази, багаті на

Fe-W (яскрава фаза), розсіяні навколо яскравої фази, забезпечують твердість в діапазоні від 15 до 23 ГПа. З точки зору Е, було визначено значення між 300 і 500 ГПа. Для фаз, багатих на залізо (сіра фаза), та оксидів (темна фаза), розподілених навколо потрійних фаз, багатих на залізо, спостерігалось зниження твердості Н та Е.

На основі дифракційних картин виявлено, що покриття складається з Fe, WC та W_2C , які також присутні у вихідній сировині, що використовувалася в цьому дослідженні. Додаткові відбиття на діаграмі, отримані від зразків порівняно з тими, що отримані з сировини, вказують на те, що утворилися нові фази. Що стосується рентгенограми покриття, то воно в основному складається з таких карбідів як FeW_3C , Fe_2W_2C , Fe_3W_3C і Fe_6W_6C .

Як видно з рентгенограм, покриття містять Fe, WC, та W_2C , які слугують вихідними компонентами. Крім евтектичних фаз WC і W_2C , виявлено сліди елементарного W були виявлені сліди елементарного W. Можна стверджувати, що поява елементарного W зумовлена розчиненням евтектичних карбідів. Причому, виявлено лише незначну кількість WC була виявлена лише в незначних кількостях. В рамках дослідження мікроструктури Fe-FeB-WC покриттів, отриманих дуговим напиленням. Під час напилення дефіцитна по C фаза W_2C утворюється в результаті процесів окислення і знеуглецювання та знеуглецювання WC. Дослідження, що стосуються виробництва сплавів на основі заліза, армованих WC, за допомогою лазерного впорскування розплаву лазерного впорскування розплаву, проведені Nascimento та ін., показали, що навколо частинок WC утворюються невеликі острівці WC та W_2C . Повідомляється що часткове розчинення частинок WC утворює нові мікроструктурні особливості, що містять евтектику $Fe-(Fe,W)_x C$ з різною кількістю W. В іншому дослідженні Nascimento та ін. вивчали різні типи реакційних зон, що утворюються поблизу межі поділу між сталеву матрицею та частинками вапна більш детально. У цьому спостереженні визнано, що металургійні

взаємодії залежать від траєкторій інжекттованих частинок та їх взаємодії з лазерним променем. За даними Чжоу та ін., на розчинність W у Fe також також залежить від розміру частинок. Таким чином, розчинність W в оточуючій Fe-матриці зростає зі зменшенням розміру частинок.

Відсоток похибки, який був отриманий між теоретичною та експериментальною атомною вагою отриманою за допомогою EDS аналізу, склав 3,3%, що дозволяє зробити висновок, що матеріалом, який використовувався в покриттях був WC.

Випробування мікротвердості, наведене на рисунку 3.4, дозволяє зробити висновок, що термічно оброблені зразки з процесом гартування-відпуску покращують на 5,5% цю властивість по відношенню до нормалізованої сталі, що пов'язано з нормалізованої сталі, що пояснюється низьким вмістом вуглецю в сталі AISI 1020. Також можна спостерігати, що покриття WC має більш значне збільшення цієї властивості, досягаючи значення 124,2%. порівняно з нормалізованою сталлю, це пов'язано з великою здатністю карбідів протистояти пластичній деформації на своїй поверхні.

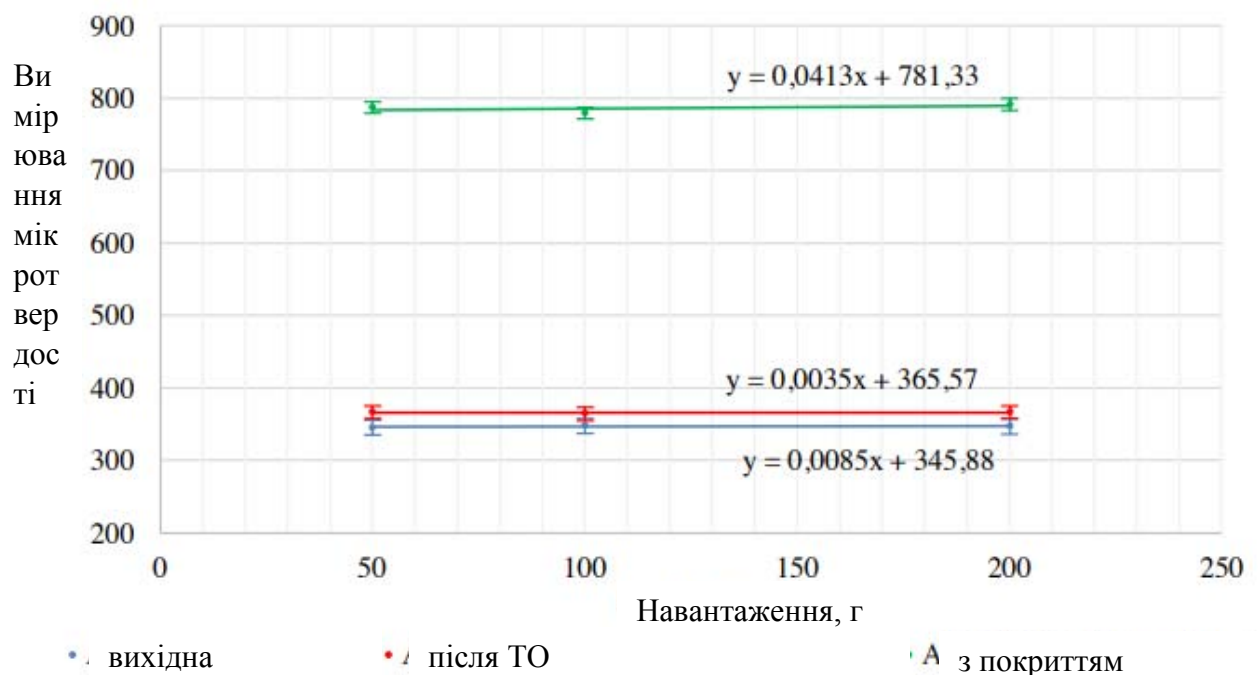


Рисунок 3.4 – Порівняння мікротвердості зразків отриманих різними технологіями

Рисунок 3.5, отриманий в результаті випробування на абразивну зносостійкість, дозволяє зробити висновок, що термічно оброблені зразки за допомогою процесу гартування-відпуску зменшують в середньому на 17,5% втрату матеріалу під час випробування, в той час як з покриттям з карбіду вольфраму досягають середнього зниження на 66,7% в порівнянні зі стандартною сталлю AISI 1020. З рисунку також спостерігається лінійна залежність, прямо пропорційна між втратою матеріалу в зразку і пройденою лінійною відстанню, що узгоджується з поведінкою матеріалів до цього явища зношування.

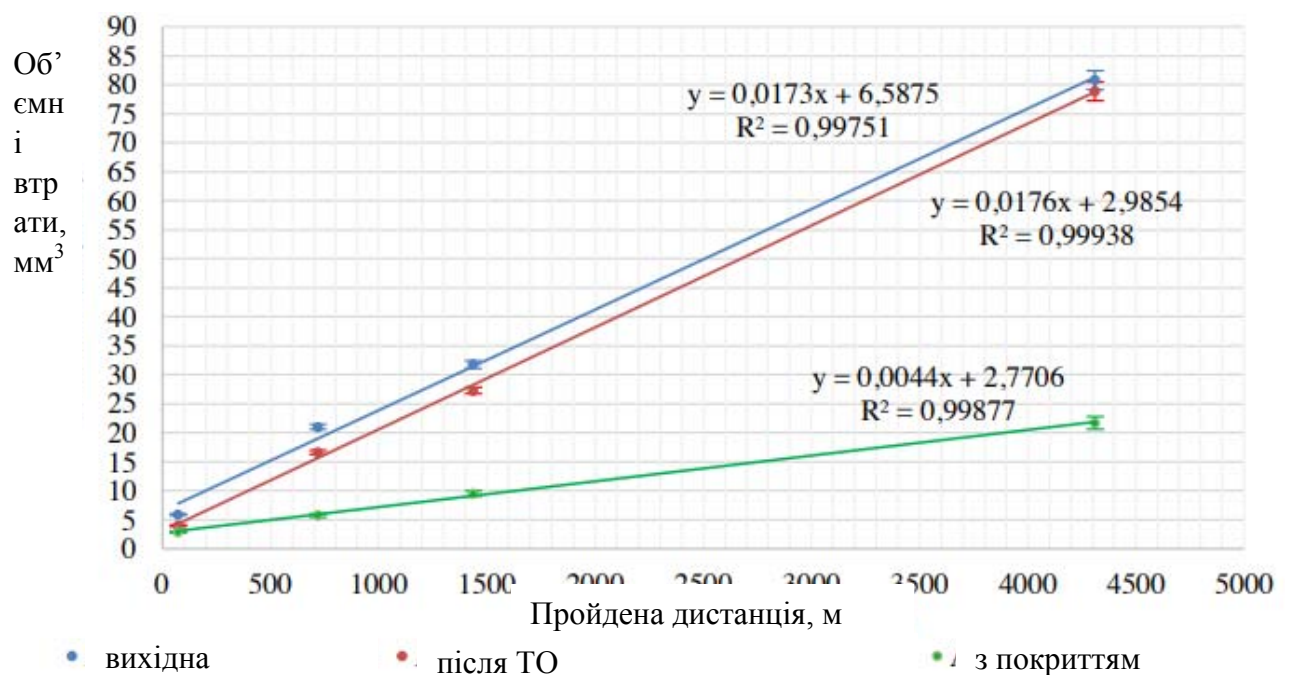


Рисунок 3.5 – Втрати матеріалу під час випробувань на зносостійкість

Отже, можна зробити висновок, що напилення карбідів значно покращує властивості сталей, зокрема зносостійкість та мікротвердість. Методики, як скануюча електронна мікроскопія і кількісний аналіз EDX, виявили формування реактивних шарів навколо карбідів та неоднорідний

розподіл частинок у покритті. Високі значення мікротвердості та модуля Юнга, отримані для зразків з напиленням карбідів, свідчать про ефективність цих технологій для підвищення довговічності вимірювальних інструментів і інших застосувань, де необхідні високі механічні характеристики.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці у термічному відділенні при цементациї.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Аналіз потенційних небезпек встановив наступні можливі небезпеки:

- можливість отримання механічних травм, що може бути пов'язано з порушенням правил з охорони праці при підготовці деталей до термополіпшення;
- 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 аміаку в процесі азотування, 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 азотування, 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.

4.2 Заходи по забезпеченню техніки 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 мінімізації 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. Відбалансований вал на точільно шліфувальному станці. Перед установкою абразивного круга ретельно оглянути і перевірити 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 можливості витічки при підготовці та використанні аміаку слідкують за герметичністю судин, по яким транспортується газ. Балони з аміаком не мають підп'ятника. Зберігання повинно бути тільки в аміачній рампі, яка має ємність з водою, балони можуть бути скинуті у воду. Нагрівання балонів не більше 40⁰С – недопустимо.

Для виключення ураження електричним струмом в проєкті 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 2013 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.

4.3 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 дугорозрядні лампи типу ДРЛ 250 – 400 Вт, які встановлені в світильники типу РСП по одній шт.

Виробничу будівлю проєктуємо з урахуванням можливості максимального використання природного освітлення, що дозволить отримати

значну економію електроенергії. Виробниче освітлення в проектованому цеху передбачає як природне, через скло стін прольоту і на дащі 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.

Таблиця 4.1 – Оптимальні норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Сезон року	Температура, °С (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:

$$L = K \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год}$$

де K – кратність повітряобміну ($K=2$)

V_n – об'єм приміщення

$$S = 850 \text{ м}^2 \quad h=7$$

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

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

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

де Q – загальна кількість тепловиділення, кДж/год

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$

γ – густина зовнішнього повітря

$$Q = 38000 \text{ кДж/год}$$

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

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

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

$$L = 3247,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

4.4 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 важкозаймистих 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 т.д.

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.

Ширина 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,

Згідно з НАПБ 03.001 - 2004 «Типові норми належності вогнегасників» в цеху встановлено пожежний щит. У таблиці 4.2 наведено інвентар пожежного щита.

Таблиця 4.2 – Інвентар пожежного щита

№	Назва	Кількість
1	Вогнегасник	3
2	Ящик з піском	1
3	Сокира / Лом	2
4	Лопата	2
5	Відро	2
6	Багор	2

4.5 Організація дослідження стійкості роботи промислового об'єкта

Небезпеки, які пов'язані з умовами праці в надзвичайних ситуаціях, зокрема порушенням порядку проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Під стійкістю роботи промислового об'єкта приймають в умовах надзвичайних ситуацій випуск продукції у визначених об'ємах і

номенклатурі, а при отриманні слабких і середніх руйнуваннях в мінімальні терміни відновлюється виробництва.

Під стійкістю роботи не промислових об'єктів приймають їх властивість частково виконувати свої функції.

Умови стійкості об'єктів закладаються на стадії розміщення та проектування. На цьому етапі враховується категоричність тієї території, де планується розмістити об'єкт. Всього є три категорії:

- столиці та обласні центри, а також території де є особливо небезпечні об'єкти.
- населені пункти із населенням 100 тис. жителів.
- інші населені пункти.

В особливий період 1 категорія може бути використана по всій території країни.

Розміщення об'єктів повинно виконуватись з урахуванням категорій та зон можливих руйнувань при виникненні надзвичайних небезпек.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Тенденції розвитку світового ринку технологій

Глобальний ринок точних вимірювальних інструментів відзначається значним зростанням, з прогнозованим збільшенням на 14% щорічно з 2023 по 2030 рік. Попит на такі інструменти, як калібри-скоби та лінійки, росте, особливо в Північній Америці, хоча найбільше зростання очікується в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні до 2030 року. Основними факторами, що сприяють розвитку цього ринку, є зростаючий попит в автомобільній та аерокосмічній промисловості, а також збільшення використання 3D друку та швидкого прототипування, які вимагають точних вимірювань для досягнення точних результатів.

Сфера вимірювальних інструментів також демонструє зростання завдяки наголосу на контроль якості та забезпечення якості у різних галузях промисловості, де точність є критично важливою. Зростання попиту на продвинуті вимірювальні інструменти зумовлено також строгими регуляторними вимогами та очікуваннями споживачів щодо високоякісної продукції

Технологічні інновації та нововведення значно впливають на ринок точних вимірювальних інструментів, пропонуючи інструменти з передовими сенсорами, цифровими інтерфейсами та можливостями аналізу даних. Інновації, такі як 3D вимірювальні системи, лазерні вимірювальні пристрої та розумні рішення для метрології, підвищують ефективність, зменшують людські помилки та задовольняють розвиваючі потреби галузей, таких як аерокосмічна, автомобільна та електроніка.

Щодо ключових гравців на ринку, до них належать такі компанії, як Stanley, Apex Tool Group, TTI, Snap-on Inc., Ideal Industries, Textron, Klein Tools, Wurth Group, Tajima, Knipex, Irwin та інші, які пропонують широкий

спектр вимірювальних інструментів для різноманітних застосувань.

Зростання цього ринку також підтримується потребою в точних вимірах у комерційних, домашніх та промислових застосуваннях. Значне місце на ринку займають такі інструменти, як рівні та кутоміри, а інновації в цій сфері спрямовані на підвищення точності вимірювань та ефективності робочих процесів.

Для реалізації проекту необхідно визначити основні ідеї, які зазначені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Опис ідеї застосування іноваційної термічної обробки вимірювальних інструментів

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Розробка нових методів термічної обробки для зміцнення поверхонь вимірювальних інструментів	Застосування в автомобільній промисловості для виробництва високоточних деталей. Використання в аерокосмічній галузі для виготовлення компонентів з високими вимогами до точності.	Збільшення терміну служби інструментів. Підвищення точності вимірювань. Зменшення витрат на ремонт та заміну інструментів.
Впровадження нітрування для покращення характеристик вимірювальних інструментів	Використання в промисловості для обробки інструментів, які піддаються високим навантаженням.	Зменшення зносу інструментів. Підвищення корозійної стійкості.

Для реалізації ідеї із найбільшою для підприємства вигодою, необхідно проаналізувати характеристику потенційного ринку. Дана характеристика представлена у вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	2	3
1	Головні конкуренти ПАТ «Мотор Січ»	Quality Vision International, MicroDyn, Starrett, Toolsid, AMPG, Baileigh, Bondhus Corporation. Це показує, що ринок має широкий спектр учасників, від спеціалізованих компаній до багатoproфільних виробників із глобальним охопленням.
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Ринок вимірювальних інструментів демонструє стабільне зростання, підживлене зростаючим попитом у промисловості, автомобільному та аерокосмічному секторах, а також постійними інноваціями, що сприяє розвитку нових технологій та продуктів.
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	1. Висока вартість розробки та виробництва точних інструментів, що потребує значних інвестицій 2. Потреба в передових технологіях та висококваліфікованому персоналу для проектування та виробництва 3. Строгі стандарти якості та сертифікації, особливо в автомобільній та аерокосмічній промисловості 4. Складність входу на ринок через вже існуючі стосунки між великими гравцями ринку та їхніми постачальниками та клієнтами.

Для більш точного аналізу необхідно визначити попередні характеристики потенційних груп клієнтів, та сформулювати орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Потреба у високоточних вимірюваннях для різних промислових процесів	Виробники обладнання для автомобільної, аерокосмічної, медичної промисловості та дослідницькі лабораторії	Різниця у технічних вимогах та пріоритетах (наприклад, максимальна точність у аерокосмічній промисловості проти вартісної ефективності для дослідницьких лабораторій)	- Висока точність та надійність інструментів Довговічність; остота калібрування та обслуговування.
2	Необхідність у високоефективному контролі якості продукції	Виробничі підприємства автомобілебудування	Компанії з різним рівнем автоматизації виробництва матимуть різні потреби в інтеграції систем контролю якості	- Висока точність вимірювань; Швидкість вимірювань.

Черговим етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (таблиця 5.4) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін. Перелік ринкових можливостей та ринкових загроз складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (результатами за

прогнозом) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 5.4 - SWOT- аналіз ПАТ «Мотор Січ»

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
Підвищення терміну служби інструментів: Інноваційні методи термічної обробки забезпечують кращу зносостійкість та твердість поверхні вимірювальних інструментів, що сприяє їх довговічності. Забезпечення високої точності вимірювань: Удосконалення метрологічних характеристик інструментів дозволяє досягати більшої точності вимірювань. Універсальність застосування: Технології можуть бути застосовані в різних галузях, включаючи автомобільну, аерокосмічну, медичну промисловість.	Висока вартість обладнання: Інноваційні методи вимагають значних інвестицій у спеціалізоване обладнання. Потреба у висококваліфікованих спеціалістах: Розробка та впровадження нових технологій потребують наявності досвідчених фахівців. Обмеження у стандартизації: Нові технології можуть зіткнутися з проблемами у стандартизації та сертифікації на міжнародному рівні.
Можливості:	Загрози:
Розширення ринку: Зростаючий попит на високоточні інструменти в різних секторах промисловості створює нові ринкові можливості. Розвиток нових ринків: Особливий потенціал має розвиток ринків у країнах, що розвиваються, де зростає потреба в точних вимірюваннях. Інтеграція з індустрією 4.0: Розвиток інтелектуального виробництва стимулює попит на інноваційні вимірювальні інструменти.	Конкуренція: Зростання конкуренції від розробників альтернативних технологій може ускладнити позиції на ринку. Технологічні зміни: Швидкий розвиток технологій може зробити деякі інноваційні методи застарілими або менш ефективними. Політична та економічна нестабільність: Нестабільність у ключових ринках може вплинути на інвестиційну активність та попит.

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові підприємства, що займаються виробництвом і ремонтом авіаційних, автомобільних , та інших компонентів	висока	Зростаючий	Середня	Середня складність
2	Виробники інструментів та обладнання для промисловості , зацікавлені у покращенні характеристик своєї продукції	висока	Зростаючий	висока	Середня складність

Для аналізу шляхів і проблем розвитку вітчизняного газотурбобудування надзвичайно важливим є й технологічний аспект. Крім впровадження найсучаснішого високопродуктивного технологічного устаткування, особливо велике значення мають роботи зі зменшення витрат на виробництво і ремонт пошкоджених деталей. Для більш детального аналізу необхідно створити карту стейкхолдерів.

Створення карти має відбуватись у 4 етапи:

- 1) ідентифікація – окреслення актуальних груп стейкхолдерів;
- 2) аналіз – дослідження впливу та інтересів стейкхолдерів;
- 3) візуалізація – візуальна ілюстрація взаємодії зі стейкхолдерами;
- 4) пріоритезація – вибір ключових стейкхолдерів, які найкраще відповідали б істотним питанням, визначеним на попередньому етапі.

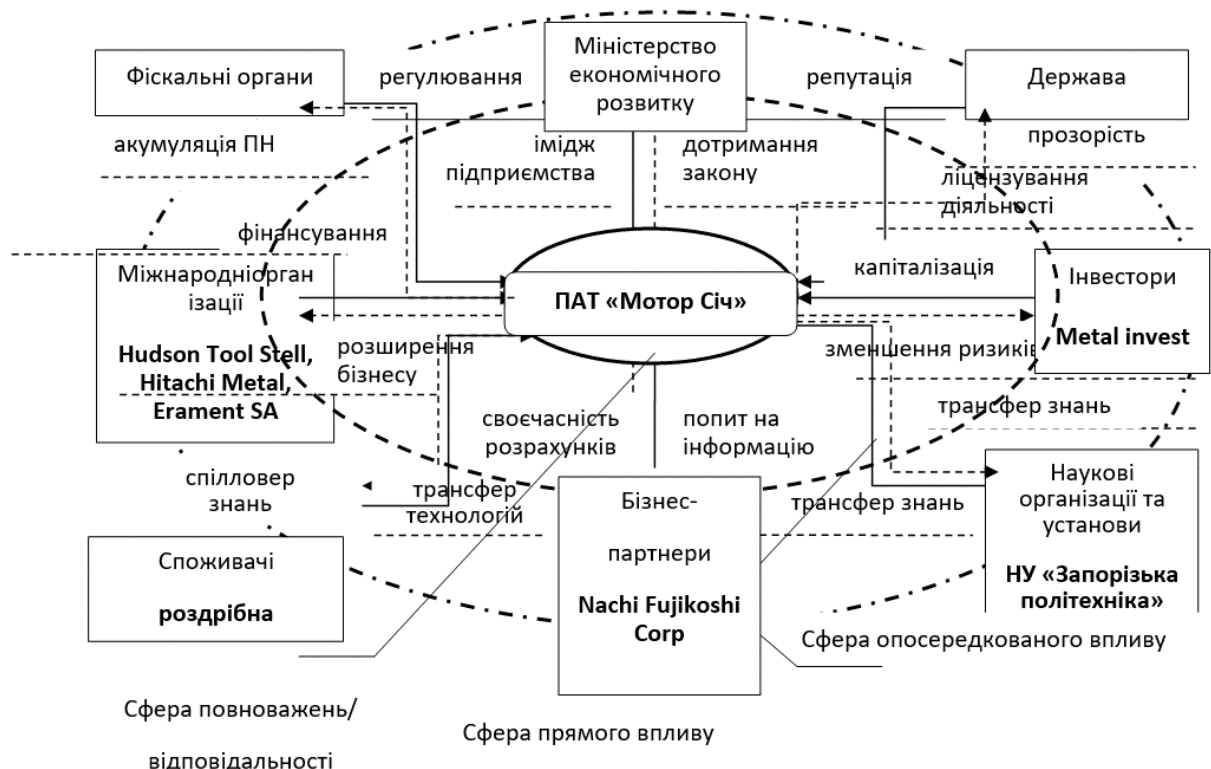


Рисунок 5.1 - Карта стейкхолдерів

5.2 Техніко-економічні розрахунки

Характеристика продукції

В таблиці 5.6 наведено техніко-економічні характеристики технології термічної обробки

Таблиця 5.6 – Техніко-економічні характеристики зміцнення покриття статору

Найменування виробу	Базовий виріб	Новий виріб
Вимірювальний інструмент	Калібр-скоба	Калібр-скоба
Технологія підвищення зносостійкості поверхні інструменту	Серійна технологія термічної обробки	Іноваційна технологія нанесення покриттів
Програма випуску, шт	500	500

Вартість сировини та основних матеріалів розраховується на основі технічно обґрунтованих норм використання на виробництво одиниці виробу, цін відповідних видів матеріальних ресурсів.

При цьому враховуються транспортно-заготівельні витрати. Сума витрат на сировину та матеріали зменшується на величину зворотних відходів, які створюються в процесі виробництва. Вартість сировини та основних матеріалів наведена в таблиці 5.7

Вартість купівельних комплектуючих виробів розраховується на основі норм використання й цін, з урахуванням транспортно-заготівельних витрат.

Транспортно-заготівельні витрати розподіляються між відповідними комплектуючими виробами прямо пропорційно їх вартості, кількості або вазі.

Цей метод розподілу є найбільш поширеним, та використовується на більшості підприємствах.

Таблиця 5.7 - Вартість основних матеріалів для

Найменування сировини та основних матеріалів	Норма використання	Ціна, грн	Вартість, грн.
Порошок для формування покриття	7 кг	320 грн/кг	2240
Азот	15 л	3 грн/л	45
Аргон	15 л	20 грн/л	300
Разом	-	-	2585

Основна заробітна плата основних виробничих робітників на одиницю виробу розраховується на основі трудомісткості виготовлення та часових тарифних ставок.

Розрахунок основної заробітної плати на одиницю продукції наведений в таблиці 5.38

Таблиця 5.8 - Заробітна плата на одиницю продукції (розцінка)

Найменування операції	Норма часу, годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Заробітна плата на одиницю продукції (розцінка), грн.
Підготовка поаерхні	1	V	65	65
Нанесення покриття	2	V	65	130
Усього				195

Додаткова заробітна плата виробничих робітників виплачується за

кількість та якість виконаної роботи.

Вона вміщує надбавки і доплати, премії за виробничі результати, оплату чергових та додаткових відпусток та інше.

Додаткова заробітна плата складає 40% від основної, та розраховується за формулою

$$ЗД = ЗО \cdot \frac{K_{Д}}{100}, \text{ грн}$$

де $K_{Д}$ – процент додаткової заробітної плати.

$$ЗД = 195 \cdot \frac{40}{100} = 78 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальні заходи являють собою форму перерозподілу доходу на фінансування суспільних потреб, розраховуються згідно діючого законодавства і складають 22% від фонду оплати праці. Відрахування на соціальні заходи розраховуються за формулою

$$ВС = (ЗО + ЗД + ПП) \cdot \frac{K_{вс}}{100}, \text{ грн}$$

де ПП – премії з прибутку, грн;

$K_{вс}$ – % відрахування на соціальні заходи.

$$ВС = (195 + 78 + 50) \cdot \frac{22}{100} = 71,06 = 71,06 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати вміщують витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати і послуги виробничого характеру. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання вміщують витрати на

технічне обслуговування машин і механізмів, витрати на поточний ремонт обладнання, цехового транспорту та інструментів, знос малоцінних і швидкозношуваних приладів, заробітну плату допоміжного персоналу та інші.

Цехові витрати вміщують витрати, пов'язані з поточним ремонтом та амортизацією будівель цеху, заробітну плату керівників і спеціалістів цеху, витрати на охорону праці та техніку безпеки в цеху та інші.

Загальновиробничі витрати складають в середньому 400% до основної заробітної плати та розраховуються за формулою

$$ЗВВ = ЗО \cdot \frac{\alpha}{100}, \text{ грн}$$

де α - % загально виробничих витрат.

$$ЗВВ = 195 \cdot \frac{40}{100} = 780 \text{ грн}$$

Вищенаведені витрати складають виробничу собівартість.

Адміністративні витрати вміщують витрати, пов'язані з утриманням адміністративно - управлінського персоналу підприємства, а також утриманням та експлуатацією основних засобів загального виробничого призначення, охорону праці та техніку безпеки персоналу та інші.

Адміністративні витрати складають в середньому 200% від основної заробітної плати основних виробничих робітників та розраховуються за формулою

$$АВ = ЗО \cdot \frac{\beta}{100}, \text{ грн}$$

де β - % адміністративних витрат.

$$AB = 194 \cdot \frac{200}{100} = 390 \text{ грн}$$

Витрати на збут складаються з витрат, які пов'язані з реалізацією продукції і вміщують витрати на тару та тарні матеріали, транспортування готової продукції, рекламу, витрати на маркетингові дослідження та інші. Витрати на збут складають 2% від виробничої собівартості і розраховуються за формулою:

$$BЗ = C_v \cdot \frac{\gamma}{100} = 23,48, \text{ грн}$$

де C_v – собівартість виробнича, грн;

γ - % витрат на збут .

Прибуток складає 30% від повної собівартості і розраховується за формулою

$$П = C \cdot \frac{P}{100}, \text{ грн}$$

де P – рентабельність виробу, %.

$$П = 3342,5 \cdot \frac{30}{100} = 1002,76 \text{ грн}$$

Податок на додану вартість згідно законодавства становить 20% від оптової ціни і розраховується за формулою

$$ПДВ = Ц \cdot \frac{H_{\text{пов}}}{100}, \text{ грн}$$

де $H_{\text{пов}}$ – норматив податку на додану вартість, %.

$$ПДВ = 4345,3 \cdot 0,2 = 869 \text{ грн}$$

Ціна продажу виробу розраховується за формулою

$$Ц_{\text{пр}} = Ц + ПДВ, \text{ грн}$$

$$Ц_{\text{пр}} = 4345,3 + 869 = 5214,3 \text{ грн}$$

Калькуляція собівартості і ціни продукції наведена в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Калькуляція собівартості напilenня покриття на статор

Статті витрат	Сума для базового покриття, грн	Сума для нового покриття, грн.
Сировина і основні матеріали	2095	2585
Купівельні комплектуючі вироби	-	-
Основна заробітна плата основних виробничих робітників	195	195
Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	78	78
Відрахування на соціальні заходи з заробітної плати основних виробничих робітників	71,06	71,06
Загальновиробничі витрати	780	780
Собівартість виробнича	1174,06	1174,06
Адміністративні витрати	390	390

Витрати на збут	23,48	23,48
Собівартість повна	2852,54	3342,54
Прибуток	855,76	1002,76
Ціна оптова	3708,3	4345,3
Податок на додану вартість	741,66	869
Ціна продажу	4449,96	5214,3

Економічна ефективність інноваційного проекту розраховується за показником економії експлуатаційних витрат

$$E = (C_{\text{б}} * 1,3 - C_{\text{н}}) * 500$$

де $C_{\text{б}}$ – собівартість базового виробу

$C_{\text{н}}$ – собівартість нового виробу

K – коефіцієнт експлуатаційного ресурсу

$$E = (2852,54 * 1,3 - 3342,54) * 500 = 182881 \text{ грн}$$

ВИСНОВКИ

В роботі запропоновано технологію термічної обробки сталей для виготовлення вимірювальних інструментів.

Сталі для інструментів високої точності і насамперед для вимірювальних інструментів повинні поряд із підвищеною зносостійкістю задовольнити додатковий комплекс вимог, які зазвичай не висуваються до сталей інших призначень.

Основними вимогами є: збереження сталості лінійних розмірів і форми (відсутність викривлення) протягом тривалого, вимірюваного роками, терміну використання; здатність для багатьох інструментів, зокрема плиток, отримувати високу чистоту поверхні після полірування (доведення) з висотою мікронерівностей $<0,07$ мкм. Ця властивість забезпечується за високої твердості $>63-64$ HRC і певного структурного стану.

Під час проектування термічного відділення було складено завантажувальні відомості, проведено розрахунки необхідної кількості основного і допоміжного обладнання. Термічна обробка шаблонів зі сталі 18ХГТ складається з цементації+гартування, обробки холодом і низького відпуску. У термічному відділенні передбачені засоби механізації, до яких належать: мостові крани, міжцеховий транспорт.

З економічних розрахунків зроблено висновок, що для зниження собівартості термічної обробки 1 тони деталей велике значення має використання в термічних цехах нових технологій, сучасних конструкцій устаткування, установок, додаткового і допоміжного устаткування, що забезпечать надійність і зниження енергетичних витрат під час експлуатації, високу продуктивність праці та підвищення якості термічної обробки.

Заходи з охорони праці передбачають засоби пожежної безпеки, електробезпеки тощо.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Металознавство та термічна обробка металів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк ; Національний ун-т "Львівська політехніка". - Л. : Афіша, 2002. - 304 с.
2. Металознавство: підручник для студ. вузів / О. М. Бялік [та ін]. - К. : Політехніка, 2001. - 374 с.
3. Серeda Б.П. Металознавство та термічна обробка чорних та кольорових металів: підручник для студ. вищих навч. закл. / Б. П. Серeda ; Запорізька держ. інженерна академія. - Запоріжжя : [б.в.], 2008. - 302 с.
4. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник для студ. технічних спец. вищ. навч. закладів / В. В. Попович, В. В. Попович. - Л. : Світ, 2006. - 624 с.
5. Шишков М.М. Марочник сталей и сплавов: справочник / М.М. Шишков. - Донецк : Юго-Восток, 1999. - 391 с.
6. Позняк Л.А. Инструментальные стали. – К.: Вища школа, 1996. – 487с.
- 7 ПоповЛ.Е., Попова Л.Е. Диаграммы превращения аустенита в сталях и β -раствора в сплавах титана: Справочник / Л.Е. Попова, А.Л. Попов – М.: Металлургия, 1991. –504с.
8. Сігова В.І. Технологія і проектне рішення термічних цехів і дільниць: навч. посіб. / В. І. Сігова, В. Б. Юскаєв, А. Ф Будник. - Суми : Сумський державний університет, 2010. - 317 с.
9. Геллер Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А.Геллер - М.: Металлургия, 1983. –528с.

10. Будник А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Будник А. Ф. ; Сум. держ. ун-т. - Суми: Вид-во Сум. держ. ун-ту, 2008. - 212 с.

11 Будник А.Ф. Обладнання термічних цехів та дільниць. Атлас конструкцій: навч. посіб. / А. Ф. Будник, А. О. Томас ; Сум. держ. ун-т. - Суми: Сум. держ. ун-т, 2014. - 111 с.

12 Кондрат Г.Г. Підвищення зносостійкості інструментів із швидкорізальної сталі за рахунок плівкових покриттів з різними адгезійними властивостями: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Кондрат Ганна Георгіївна ; Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т". - Х., 2012. - 20 с.

13. Tillmann, W., Hagen, L., Kokalj, D. Embedment of eutectic tungsten carbides in arc sprayed steel coatings / W. Tillmann, L. Hagen, D. Kokalj // Surface and Coatings Technology. - 2017. - Vol. 331. - P. 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.10.044>

14. Zambrano, G., Prieto, P., Perez, F., Rincon, C., Galindo, H., Cota-Araiza, L., Esteve, J., Martinez, E. Hardness and morphological characterization of tungsten carbide thin films / G. Zambrano, P. Prieto, F. Perez, C. Rincon, H. Galindo, L. Cota-Araiza, J. Esteve, E. Martinez // Surface and Coatings Technology. - 1998. - Vols. 108–109. - P. 323-327. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(98\)00686-0](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(98)00686-0).

15. Rincón, C., Zambrano, G., Carvajal, A., Prieto, P., Galindo, H., Martínez, E., Lousa, A., Esteve, J. Tungsten carbide/diamond-like carbon multilayer coatings on steel for tribological applications / C. Rincón, G. Zambrano, A. Carvajal, P. Prieto, H. Galindo, E. Martínez, A. Lousa, J. Esteve // Surface and Coatings Technology. - 2001. - Vol. 148, Issues 2–3. - P. 277-283. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(01\)01360-3](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(01)01360-3).

16. Govande, A.R., Chandak, A., Sunil, B.R., Dumpala, R. Carbide-based thermal spray coatings: A review on performance characteristics and post-treatment / A.R. Govande, A. Chandak, B.R. Sunil, R. Dumpala // International

Journal of Refractory Metals and Hard Materials. - 2022. - Vol. 103. - Article 105772. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2021.105772>.

17. Jiang, Y., Yang, J.F., Zhuang, Z., Liu, R., Zhou, Y., Wang, X.P., Fang, Q.F. Characterization and properties of tungsten carbide coatings fabricated by SPS technique / Y. Jiang, J.F. Yang, Z. Zhuang, R. Liu, Y. Zhou, X.P. Wang, Q.F. Fang // Journal of Nuclear Materials. - 2013. - Vol. 433, Issues 1–3. - P. 449-454. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2012.10.020>.

18. Maharajan, S., Ravindran, D., Rajakarunakaran, S., Adam Khan, M. Analysis of surface properties of tungsten carbide (WC) coating over austenitic stainless steel (SS316) using plasma spray process / S. Maharajan, D. Ravindran, S. Rajakarunakaran, M. Adam Khan // Materials Today: Proceedings. - 2020. - Vol. 27, Part 3. - P. 2463-2468. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.219>.

19. Global Precision Measuring Tools Market Report. Режим доступа: <https://www.cognitivemarketresearch.com>

20. Measuring Tools Market Report 2024, Market Size, Share, Growth, CAGR, Forecast, Revenue. Режим доступа: <https://www.cognitivemarketresearch.com>

21. Precision Measuring Tools Market Report | Global Forecast To 2028. Режим доступа: <https://industrygrowthinsights.com>

ДОДАТОК А. ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДОПОВІДІ