

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Оксана ГАПОНОВА

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності _____ 132 Матеріалознавство _____

освітньо-професійної програми _____ «Прикладне матеріалознавство» _____

на тему: «Дослідження структури, властивостей та характеристик сталі
25X17H2B-Ш після хіміко-термічної обробки» _____

Здобувача групи _____ МТ.м-21/2 _____ Негреби Нікіти Юрійовича _____

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Нікіта НЕГРЕБА

Керівник _____
доцент кафедри ПМ і ТКМ,
к.т.н., доц. Надія ХАРЧЕНКО _____

Нормоконтроль _____
доцент кафедри ПМ і ТКМ
к.т.н., доц. Андрій ДЕГУЛА _____

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра «Прикладне матеріалознавство і технології конструкційних матеріалів»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
_____ Оксана ГАПОНОВА

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Негреба Н.Ю.

1. Тема проекту
(роботи) Дослідження структури, властивостей та характеристик сталі 25X17H2Б-Ш після хіміко-термічної обробки _____
затверджена наказом по університету від «09» 11 2023р. №1254-VI
2. Термін завдання студентом закінченого проекту (роботи) 15.12.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) результати авторської бакалаврської роботи, аналіз літературних джерел _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) В пояснювальній записці належить опрацювати наступні питання:
 - огляд літературних джерел;
 - методика дослідження;
 - проведення експериментальних досліджень;
 - економічна частина;
 - охорони праці; навколишнього середовища та техніка безпеки;
 - висновки; список використаної літератури.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення у роботі немає так, як робота дослідницького характеру.

6. Консультанти з проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Говорун Т.П.	10.11.2023	
Економічна частина	Берладір Х.В.	16.11.2023	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел та вибір основних напрямів дослідження	10.11.2023 р.	виконано
2	Загальна методика та основні методи дослідження	20.11.2023 р.	виконано
3	Експериментальні дослідження та загальні результати	10.12.2023 р.	виконано
4	Економічна частина	15.12.2023 р.	виконано
5	Охорона праці, довкілля, та техніка безпеки	15.12.2023 р.	виконано

7. Дата видачі завдання 09.11.2023 р.

Студент _____ Н.Ю. Негреба
(підпис)

Керівник проекту _____ Н.А. Харченко
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Негреба Нікіта Юрійович. Дослідження структури, властивостей та характеристик сталі 25X17H2Б-Ш – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 132 «Матеріалознавство». – Сумський державний університет, Суми, 2023.

Робота присвячена дослідженню структури, властивостей та характеристик сталі 25X17H2Б-Ш після хіміко-термічної обробки.

Проведено критичний аналіз літературних джерел по темі роботи; проаналізувано умови роботи деталей, які виготовляються з даної сталі, і сформульовано основні вимоги до матеріалу. Зразки сталі 25X17H2Б-Ш були піддані комбінованій термічній обробці, яка включала відпал, гартування, обробку холодом та відпуск; призначено актуальну хіміко-термічну обробку сталі. Було підібрано оптимальний режим азотування при температурі 550 °С протягом 36 годин в середовищі дисоційованого аміаку. Додатково, в роботі визначено оптимальний ступінь дисоціації аміаку для забезпечення ефективного процесу азотування; досліджено структуру, властивості та характеристику сталі після ХТО. Максимальна товщина азотованого покриття спостерігається при ступенях дисоціації аміаку в межах 25-35%. Металографічний аналіз лунок зносу свідчить про абразивний характер зношування, де азотовані частинки матеріалу виступають як абразив, відокремлені від основи при випробуванні; розраховано економічну частину для пропонованого методу термічної обробки; визначено потенційні небезпеки на виробництві, індивідуальні та загальні засоби безпеки та охорону навколишнього середовища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТАЛЬ, АЗОТУВАННЯ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, АМІАК, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

ABSTRACT

Nehreba Nikita. Investigation of the Structure, Properties and Characteristics of 25X17H2B-III steel after Chemical Heat Treatment - Manuscript.

Qualification work for master's qualification in specialty 132 "Materials science".
– Sumy State University, Sumy, 2023.

The work is devoted to the study of the structure, properties and characteristics of steel 25X17N2B-Sh after chemical and thermal treatment.

A critical analysis of literary sources on the topic of the work was carried out; the working conditions of the parts made of this steel were analyzed, and the main requirements for the material were formulated. Steel samples 25X17H2B-III were subjected to combined heat treatment, which included annealing, hardening, cold treatment and tempering; actual chemical and thermal treatment of steel is prescribed. The optimal mode of nitriding at a temperature of 550 °C for 36 hours in an environment of dissociated ammonia was selected. In addition, the optimal degree of ammonia dissociation to ensure an effective nitriding process is determined in the work; the structure, properties, and characteristics of steel after HRT were investigated. The maximum thickness of the nitrided coating is observed at degrees of ammonia dissociation in the range of 25-35%. Metallographic analysis of wear pits indicates the abrasive nature of wear, where nitrided material particles act as an abrasive, separated from the base during testing; the economic part for the proposed heat treatment method is calculated; potential hazards at work, individual and general safety measures and environmental protection are determined.

KEY WORDS: STEEL, NITRIDING, HEAT TREATMENT, AMMONIA, WEAR RESISTANCE.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить 71 сторінки, зокрема 10 таблиць, 11 рисунків, список із 23 використаних джерел на 3 сторінках, 3 додатка на 4 сторінках.

Мета роботи – дослідити структуру і властивості азотованих дифузійних покриттів на сталі 25X17H2B-Ш, розробити рекомендації щодо призначення режимів поверхневої модифікації для забезпечення підвищення зносостійкості робочих поверхонь відповідального обладнання.

Завдання роботи:

- провести аналіз літературних джерел з питання існуючих методів хіміко-термічної обробки особливовисокоякісної сталі 25X17H2B-Ш;
- дослідити структуру і властивості азотованих покриттів на сталі 25X17H2B-Ш;
- залежно від фазового складу, мікротвердості та товщини покриття запропонувати технологію азотування (ступінь дисоціації, температуру, час ізотермічної витримки) сталі 25X17H2B-Ш;
- визначити величину зносу сталі 25X17H2B-Ш після азотування при оптимальному режимі за допомогою теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень;
- провести розрахунок економічного ефекту від впровадження пропонованої технології азотування;
- проаналізувати рівень безпеки на виробництві при азотуванні.

Об'єкт дослідження – сталь 25X17H2B-Ш після азотування.

Предмет дослідження – вплив ступеня дисоціації аміаку на твердість та товщину захисного покриття; вплив азотування на мікротвердість і зносостійкість сталі 25X17H2B-Ш.

Методи досліджень – мікроструктурний аналіз, дюрOMETричний аналіз, випробування на зносостійкість.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вдосконалено базовий варіант термічної обробки сталі 25X17H2Б-Ш, шляхом впровадження додаткової операції – азотування в середовищі дисоційованого аміаку.

Вперше проаналізовано вплив ступеня дисоціації аміаку на товщину та мікротвердість азотованого покриття на сталі 25X17H2Б-Ш.

Вперше використане авторське програмне забезпечення «Визначення величини зносу багат шарових захисних покриттів» з теоретичними розрахунками втрати маси при визначенні зносостійкості азотованого покриття.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТАЛЬ, АЗОТУВАННЯ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, АМІАК, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1.....	12
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	12
Висновки	19
РОЗДІЛ 2.....	20
ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1 Матеріал дослідження	20
2.2 Визначення оптимального технологічного режиму азотування.....	22
2.3 Металографічний аналіз.....	22
2.4 ДюрOMETричний аналіз.....	24
2.5 Визначення зносостійкості.....	25
2.5.1 Теоретичне визначення зносостійкості.....	25
2.5.2 Практичне визначення зносостійкості.....	26
Висновки	29
3.2 Хіміко-термічна обробка	31
3.3 Результат визначення зносостійкості	34
Висновки	37
РОЗДІЛ 4.....	38
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	38
4.1 Розрахунок технологічної собівартості.....	38
Висновки	45
РОЗДІЛ 5.....	46
ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	46

5.1	Потенційні небезпеки та шкідливі фактори на виробництві.....	47
5.1.1	Небезпека технологічних процесів і виробничого обладнання	48
5.1.2	Небезпека основних процесів ливарного виробництва	49
5.1.3	Небезпека основних процесів при хіміко-термічній обробці.....	50
5.2	Загальні та індивідуальні заходи щодо усунення або зменшення впливу потенційних небезпек	51
5.2.1	Загальні вимоги до засобів захисту з виробничим обладнанням й технологічних процесів	51
5.2.2	Загальні вимоги до засобів захисту при ливарному виробництві	54
5.2.3	Загальні вимоги до засобів захисту при хіміко-термічній обробці	57
5.3	Охорона навколишнього середовища	59
5.3.1	Апарати сухого інерційного очищення газів від домішок	59
5.3.2	Апарати мокрого очищення газів від твердих і рідких домішок	59
5.2.3	Апарати для очищення газів від твердих і рідких домішок методом фільтрації	61
	Висновки	62
	ВИСНОВКИ.....	63
	Список використаних джерел.....	65
	Додаток А	68
	Додаток Б.....	69
	Додаток В	71

ВСТУП

Актуальність роботи. Дослідження структури, властивостей та характеристик корозійностійкої особливо високоякісної сталі 25X17H2B-III після хіміко-термічної обробки є актуальним питанням. Даний матеріал широко використовується для виготовлення відповідальних виробів, зокрема атомної енергетики.

Мета роботи – дослідити структуру і властивості азотованих дифузійних покриттів на сталі 25X17H2B-III, розробити рекомендації щодо призначення режимів поверхневої модифікації для забезпечення підвищення зносостійкості робочих поверхонь відповідального обладнання.

Завдання роботи:

- провести аналіз літературних джерел з питання існуючих методів хіміко-термічної обробки особливо високоякісної сталі 25X17H2B-III;
- дослідити структуру і властивості азотованих покриттів на сталі 25X17H2B-III;
- залежно від фазового складу, мікротвердості та товщини покриття запропонувати технологію азотування (ступінь дисоціації, температуру, час ізотермічної витримки) сталі 25X17H2B-III;
- визначити величину зносу сталі 25X17H2B-III після азотування при оптимальному режимі за допомогою теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень;
- провести розрахунок економічного ефекту від впровадження пропонованої технології азотування;
- проаналізувати рівень безпеки на виробництві при азотуванні.

Методи досліджень – мікроструктурний аналіз, дюрOMETричний аналіз, випробування на зносостійкість.

Апробація роботи. Акт впровадження в виробництво, НВП «СУМИПЛАСТПОЛІМЕР»

Публікації:

1. Визначення величини зносу багатошарових захисних покриттів. об'єкт авторського права, КП. Комп'ютерна програма, рішення про реєстрацію договору, який стосується права автора на твір №6669 24 січня 2023 р. Харченко Н. А. Дегула А. І. Павленко І.В. Івченко О. В. Негреба Н. Ю і др.
2. Спосіб дифузійної металізації твердих сплавів Пат. 151778 Україна: МПКС23С 12/00. №u202105927; заявл. 2021-10-22; опубл. 2022-09-15, Бюл. № 37.
3. Харченко Н.А., Негреба Н.Ю. Термічна обробка сталі 25Х17Н2Б-Ш // Матеріали для роботи в екстремальних умовах : збірник тез та доповідей Міжнародної наукової конференції (НН ІМЗ ім. Є.О. Патона, НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського») / відпов. за випуск П.І. Лобода. Київ, 2021.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

В даній роботі поставлено питання дослідження структури, властивостей та характеристик сталі 25X17H2Б-Ш після хіміко-термічної обробки. Були виявлені основні критерії та вимоги, які поставлені для даної сталі, яким вона повинна відповідати.

Головними вимогами до виробів з даної сталі є забезпечення високої корозійної стійкості та механічних властивостей, таких як: протидія ударним та вібраційним навантаженням; протидія радіаційному випроміненню; супротив зміненню механічних властивостей під дією високих температур.

Автором роботи було проведено критичний аналіз поставлених вимог до сталі 25X17H2Б-Ш в середовищі її практичного використання, а саме:

- виготовлення штамповок;
- поковок;
- сортового прокату;
- заготовок для виготовлення трубопровідної арматури;
- деталей, спрямованих на виготовлення деталей для головних циркуляційних насосів.

Виходячи з вищезазначеної інформації, можна прийти висновку, що сталь найчастіше задіяна для відповідальних заготовок, наприклад, атомна енергетика. Тому, можна прийти висновку, що для даної сталі повинна бути запропонована індивідуальна термічна обробка, після якої сталь повинна відповідати потрібним, для поставленого напрямку, структурі та властивостям.

Особливістю термічної обробки сталей аустенітно-мартенситного класу є можливість їх обробки в стан із структурою аустеніту, що характеризується підвищеною пластичністю, або в зміцнений – зі структурою мартенситу [1].

Відомо, що термічна обробка високоміцних корозійностійких сталей аустенітно-мартенситного класу, зокрема 25X17H2Б-Ш, в промислових умовах

полягає в проведенні гартування від температур близько 1000 – 1150 °С на повітрі, обробки холодом до мінус 70 °С і відпуску при температурі 400-450 °С, на твердість 415 по Бринелю та на ударну в'язкість 5,0 кгс·м/см² (ОСТ 1 90090-79). Але стандартна термічна обробка не завжди забезпечує необхідний рівень механічних та експлуатаційних властивостей, оскільки для сталі 25Х17Н2Б-Ш одним з основних критеріїв довговічності в умовах експлуатації є не тільки корозійна стійкість, але і висока твердість. Тому представляє практичний інтерес дослідження впливу режимів термічної обробки на механічні властивості [1].

При проведенні експериментального дослідження були виготовлені зразки для випробування на ударний згин (ГОСТ 9454-98) з U-подібним надрізом. Термічну обробку проводили за режимами [1]:

1. Гартування 1130 °С, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 70 °С, 2 години з охолодженням на повітрі. Відпускання при 480 °С, 3 години, охолодження на повітрі.

2. Гартування 1130 °С, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 55 °С з витримкою 4 години, охолодження на повітрі. Відпускання при 380 °С, 2 години, охолодження на повітрі.

3. Гартування 1130 °С, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 70 °С, 2 години з охолодженням на повітрі. Відпускання при 380 °С, 2 години, охолодження на повітрі.

4. Гартування 1130 °С, 40...50 хвилин з охолодженням з піччю до температури 1030°С, а послідуєчим охолодженням у воді. Обробка холодом при мінус 70 °С, 4 години, відпускання при 480 °С, 3 години, охолодження на повітрі.

5. Перше гартування: 1050 °С, 40...50 хвилин на повітрі, друге – 830 °С, 40...50 хвилин з охолодженням на повітрі. Обробка холодом при мінус 70°С, 2 години, відпускання при 480 °С, 2 години з охолодженням на повітрі.

6. Гартування 800-850 °С, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 70 °С, 2 години, відпускання при 480 °С, 2 години на повітрі.

Режими підібрані експериментально, з огляду на підвищення міцнісних властивостей виробів, що обробляються [1].

Зміна співвідношення і морфології фаз в сталі перехідного аустенітно-мартенситного класу після термічної обробки за досліджуваними режимами обумовлює отримання відмінних показників міцності і в'язкості (табл. 1.1 і 1.2) [1].

Таблиця 1.1

Механічні властивості сталі аустенітно-мартенситного класу в зоні стабілізації аустеніту [1]

№ п/п	Температура, °С, операції ТО			Твердість, HRC	Ударна в'язкість, КСУ, кгс·м/см ²
	$t_{гарт}$	$t_{охол}$	$t_{відпуск}$		
1	1130, повітря	-70	480	26–27	6,3–10,1
2	1130, повітря	-55	380	34	7,6–8,8
3	1130, повітря	-70	380	36–39	6,9–7,4
4	1130, охол. з піччю до 1030°С, далі – вода	-70	480	39–42	3,0–3,3

Таблиця 1.2

Механічні властивості сталі аустенітно-мартенситного класу в зоні дестабілізації аустеніту [1]

№ п/п	Температура, °С, операції ТО			Твердість, HRC	Ударна в'язкість, КСУ, кгс·м/см ²
	$t_{гарт}$	$t_{охол}$	$t_{відпуск}$		
5	1050, повітря 2) 830, повітря	-70	480	36 – 37	1,8 – 2,0
6	830, повітря	-70	480	40 – 44	1,8 – 3,0

При термічній обробці за режимами 1-3, при температурі аустенізації вище 1000°C відбувається зниження твердості, але підвищення ударної в'язкості. Ймовірно, це пояснюється тим, що при охолодженні аустеніт через вміст меншої кількості вуглецю і легувальних елементів перетворюється в мартенсит при більш високій температурі. В цьому випадку мартенсит, отриманий при охолодженні сталі до кімнатної температури, містить менше вуглецю, тому і міцність становиться зниженою [1].

Твердість сталі за режимом 4 в порівнянні з режимами 1-3 є вищою. Очевидно, це пояснюється напруженням після гартування при збільшенні швидкості охолодження. Згідно літературних даних швидке охолодження сприяє утворенню мартенситу, особливо в інтервалі температур 950-650°C, коли карбіди не встигають виділитись при охолодженні [1].

Висока твердість сталі за режимами 5-6, що призводять до дестабілізації аустеніту, пояснюється великим вмістом мартенситу, що ймовірно пов'язано з утворенням деякої кількості δ -фериту. Наявність в структурі сталі δ -фериту викликає суттєву зміну вмісту вуглецю і легувальних елементів і може інтенсифікувати мартенситне перетворення при обробці холодом. Він значно погіршує пластичність сталі, але підвищує її міцність [1].

Підсумовуючи висновки до таблиці з даного джерела, отримаємо закономірність – чим більше твердість, тим більше сталь стає більш крихкою, тобто, менш пластичною.

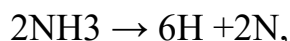
Для отримання задовільної пластичності сталі 25X17H2B-Ш та твердості, була запропонована хіміко-термічна обробка.

Для підвищення твердості, зносостійкості та ерозійної стійкості азотують феритні (12X13), мартенситні (20X13, 30X13 та ін.) та аустенітні (45X14H142, 12X18H9, 12X18H10T тощо) класу. Найбільш широко застосовується азотування цих сталей у енергомашинобудуванні [2].

Зазвичай ця процедура відбувається при 500-600 °C в герметично закритій реторті (муфелі) із заліза, яка впроваджується в піч. Її розігрівають до температури яка відповідає обраному режиму, і витримується необхідний час. У муфель, який

являє собою контейнер, закладають сталеві елементи, які будуть схильні до азотування [3].

У реторту з балона безперервно під певним тиском запускається аміак. Всередині неї аміак, що має в своїй молекулі азот, під дією температури починає дисоціацію (розкладання) за такою формулою [3]:



Звідки отриманий в результаті цього розкладання атомарний азот проникає в метал шляхом дифузії. Це призводить до утворення нітридів на поверхні залізних виробів. А нітрид і їх тверді розчини характеризуються підвищеною твердістю. Після закінчення процедури піч повинна плавно охолоджуватися разом з потоком аміаку. Такий підхід закріплює ефект по твердості шару, не даючи поверхні окислюватися [3].

Товщина такого нітридного шару може варіювати від 0,3 до 0,6 мм. Таким чином, відпадає потреба в подальшій термічній обробці з метою підвищення міцності [3].

Схема формування шару, збагаченого азотом складна, але добре вивчена металургами. У сплаві, який утворюється внаслідок дифузії азоту в металі, спостерігається виникнення наступних фаз [3]:

- Твердий розчин Fe_3N з часткою азоту 8,0-11,2%;
- Твердий розчин Fe_4N з часткою азоту 5,7-6,1%;
- Розчин N в α -залізі.

При доведенні процесу до температури, яка перевищує 591 °С можна спостерігати додаткову γ -фазу. Коли вона досягає ліміту насичення, це породжує наступну фазу. Евтектоїдний розпад відбувається при 2,35% азоту [3].

Всі сталі з високим вмістом хрому повинні пройти спеціальну обробку для видалення оксидної плівки, яка перешкоджає насиченню сталі азотом. Видалення оксидної плівки відбувається шляхом травлення сталі в кислотах, піскоструминного очищення або азотування [2].

На рис. 1.1 показано вплив температури азотування на глибину та твердість азотованого шару деяких сталей перлітного, мартенситного та аустенітного класів [2].

Сталі, що мають решітку (γ -фаза) при температурі азотування ГЦК, азотуються значно гірше, ніж сталі з решіткою ОЦК (α -фаза). Чим вище ступінь легування сталі, тим важче відбувається процес дифузії азоту [2].

Для отримання стійкого покриття феритні та аустенітні високохромисті сталі частіше азотують при температурі 560-600 °С [2].

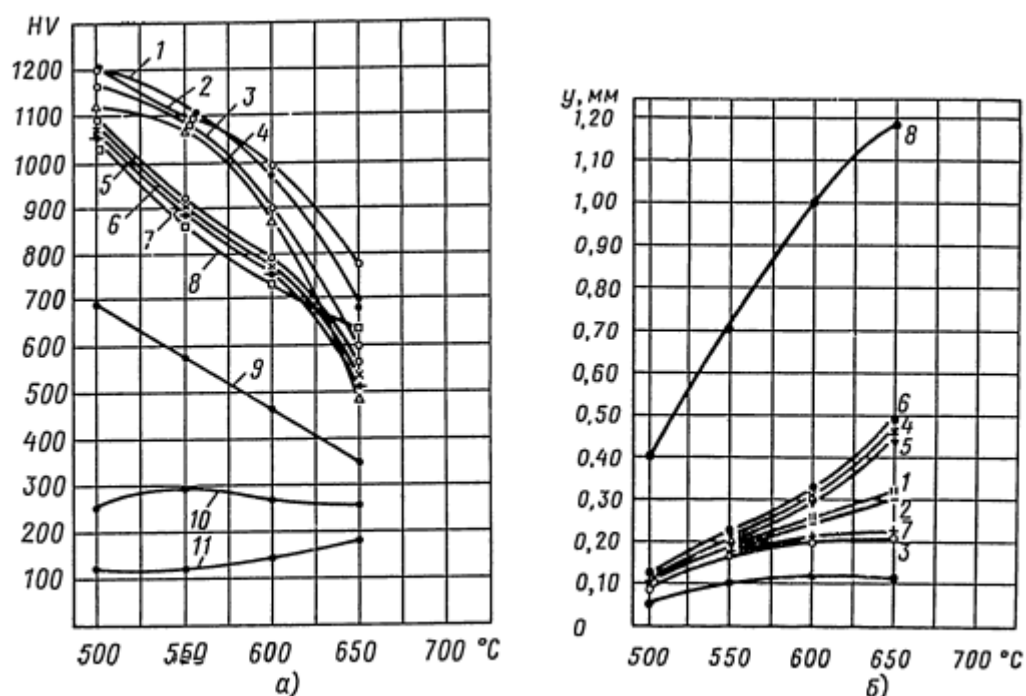


Рисунок 1.1 – Твердість (а) і глибина (б) азотованого шару різних сталей залежно від температури процесу при тривалості 48 год [2]: 1 – X17H5M3; 2 – X15H9Ю; 3 – 25X18H8B2; 4 – 4X14H2B2A; 5 – 13X12HBMФА; 6 – 20X13; 7 – 17X18H9; 8 – 38ХМЮА; 9 – 40ХНМА; 10 – 45; 11 – армко-залізо

Основними технологічними параметрами газового азотування сталей, які визначають будову та властивості дифузійного шару, є температура, тривалість процесу та ступінь дисоціації аміаку у робочому просторі печі [4].

Попередня термічна обробка сталі 25X17H2Б-Ш складається з операцій [5]:

- відпал при 910-960 °С з піччю, а потім на повітрі;
- гартування при 1050-1100°С в масло;
- обробка холодом з -70° С;
- відпуск при 280-300 °С з піччю.

Висновки

Попередній аналіз існуючої літератури дає інформацію про термічну обробку сталі 25X17H2Б-Ш.

Порівняльний аналіз існуючих методів термічної обробки сталі 25X17H2Б-Ш, дає можливість визначити оптимальний режим зміцнення даної сталі, а саме: відпал при 910-960 °С протягом 4 год з охолодженням з піччю до 400 °С, після чого охолодження на повітрі до кімнатної температури; гартування при 1050-1100 °С 0,5 год в масло; обробка холодом при -70 °С 2 год; відпуск 280-300°С 2 год і охолодження з піччю. Встановлена залежність зменшення пластичності термічно оброблених матеріалів і збільшення твердості.

З метою отримання поверхні високої твердості, зносостійкості і корозійної стійкості з одночасною в'язкої серцевиною запропоновано виконати хіміко-термічну обробку сталі, а саме азотування.

Визначено, що азотування – є продуктивним, сучасним і перспективним методом хіміко-термічної обробки легованої корозійностійкої сталі 25X17H2Б-Ш.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріал дослідження

В загальному випадку матеріали повинні обиратись відповідно до властивостей робочої середовища, температури, тиску, швидкості обертання, умов теплопередачі. Недопустиме використання матеріалів, у яких під впливом робочої середовища може виникати корозійне розтріскування, міжкристалічне, щілинне або ж структурне корозійне руйнування [5].

В даній роботі використовується корозійностійка особливовисокоякісна сталь 25X17H2B-Ш з наступною термічною обробкою: відпал при температурі 910-960 °С протягом 4 год з охолодженням до 400 °С з піччю, після чого охолодження проводиться на повітрі; гартування при 1050-1100 °С 0,5 год в масло; обробка холодом при -70 °С 2 год; відпуск 280-300 °С 2 год з піччю. Вищезазначена сталь задовольняє вимогам до потрібних характеристик і властивостям подібним деталям, які виготовляються з даної сталі (табл. 2.1) [6].

Таблиця 2.1

Результати випробувань на механічні властивості [6]

Матеріал	σ_T , МПа	σ_B , МПа	ϵ , %	δ , %	КСУ, Дж/см ²	HRC
25X17H2B-Ш	1180	1480	13	48	51	28

Із маркування даної сталі, слід дійти висновку, що основними легуючими елементами є хром, нікель та мідь (табл. 2.2.)

Хімічний склад сталі 25X17H2Б-Ш [7]

Сталь, марка	Вміст елементів, % по масі								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Nb	Cu
25X17H2Б-Ш	0,220	0,3-	0,3-	до	до	16,3-	2,3-	0,05	до 0,25
	-0,28	0,7	0,7	0,015	0,02	17,7	2,8	-0,1	

Підтвердженням тому, що сталь є корозійностійкою – вміст хрому 17% [5].

Дана сталь 25X17H2Б-Ш, також відома як ЭП407-Ш, є особливо високоякісна. Якість була забезпечена електрошлаковим переплавом, крім того, як вже зазначалося вище, дана сталь відноситься до групи корозійностійких (нержавіючих) сталей і сплавів, що володіють стійкістю проти електрохімічної та хімічної корозії (атмосферної, ґрунтової, лужної, кислотної, сольовий), міжкристалічної корозії, корозії під напругою і т.д. Після термічної обробки по раціональним режимам володіє високою міцністю і пластичними властивостями в поєднанні з досить високою ударною в'язкістю [5].

Для виготовлення важко навантажених деталей, які піддаються великому зносу та впливу агресивних середовищ: азотній та органічним кислотам, більшості розчинів солей органічних та неорганічних кислот різних концентрацій. Найбільш широке застосування отримала в виготовленні деталей конструкцій стикових з'єднань трубопроводів гідравлічних і пневматичних систем, що працюють в умовах високого тиску, які повинні поєднувати в собі високі міцності і пружні властивості для збереження складальних зусиль, що забезпечують герметичність з'єднання. Сталь 25X17H2Б-Ш відрізняє відмінну корозійну стійкість, здатність до зварювання, більш висока пластичність та міцність в порівнянні з аналогами, стійка до різного роду механічних впливів і пошкоджень [5].

2.2 Визначення оптимального технологічного режиму азотування

Азотування широко застосовується в різних галузях промисловості для підвищення довговічності і надійності деталей і інструментів. Для цього в наш час на підприємствах в основному використовують, як традиційне, газове азотування, так і нову прогресивну технологію іонного азотування. При іонному азотуванні дифузійне насичення поверхні азотом відбувається з використанням низькотемпературної плазми. Спосіб дифузійного насичення поверхні азотом з використанням низькотемпературної плазми якісно відрізняється від класичних схем хіміко-термічної обробки значно вищою швидкістю дифузії, відсутністю викривлення поверхні, можливістю значного зниження температури процесу і екологічною чистотою. У процесі насичення під дією іонного бомбардування в матеріалі виникає надмірна концентрація структурних дефектів, що сприяє підвищенню інтенсивності процесів дифузії і в тому числі масопереносу азоту і створює можливість для появи нових фаз, які не утворюються в умовах звичайного насичення при підвищеній температурі [8].

Азотування здійснювали в лабораторній трубчатій печі при температурі 550 °C впродовж 36 годин в середовищі дисоційованого аміаку. Підготовку зразків для нанесення захисного покриття проводили поетапно: шліфування, промивка, знежирення спиртом. В даній роботі реалізовано визначення оптимального ступеня дисоціації аміаку.

2.3 Металографічний аналіз

Металографічний аналіз є важливою складовою комплексного аналізу продукції. У цьому дослідженні було проведено два види металографічного аналізу: макро- і мікроаналіз. Результати цих досліджень надають інформацію про якість матеріалу, тобто наявність макро- та мікродефектів. Характер, фазовий склад і розмір дефектів, які можна або не можна виявити, дають рекомендації щодо використання цього матеріалу для виготовлення виробів у конкретних галузях.

Мікроаналіз – це аналіз мікроструктури і наявних неметалевих включень із застосуванням оптичних приладів.

Мікроструктура – це структура матеріалу, яка аналізується за допомогою оптичного мікроскопа, що дозволяє розрізняти окремі фрагменти розмірами щонайменше 0,2 мкм [9]. Аналіз проводиться на поверхні мікрошліфів. Мікрошліфи – це спеціально підготовлені зразки для металографічного аналізу. Мікрошліфи виготовляють наступним чином: з матеріалу, що підлягає аналізу, вирізається зразок, шліфується і отримана плоска поверхня полірується.

Мікроструктуру досліджують на травлених зразках.

Травлення – це хімічний вплив спеціальних реактивів на поверхні мікрошліфа [10].

Після травлення спеціальними реактивами мікрошліф промивають, висушують, після чого аналізують за допомогою металографічного мікроскопу [9]. У цьому дослідженні був використаний вертикальний металографічний мікроскоп МИМ-7. (рис. 2.1)



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд мікроскопа МИМ-7 [11]

Для виявлення мікроструктур використовували ніталь (3-5% розчин HNO_3 в етиловому спирті) та реактив Муракамі (10 г $\text{K}_3(\text{FeCN})_6$, 10 г NaOH і 100 мл H_2O).

Останній дозволяє диференціювати фази, які не можуть бути виявленими звичайними методами травлення. Ці методи широко застосовують для вивчення швидкості росту і структури шарів, отриманих під час нанесення покриттів [12].

2.4 Дюрометричний аналіз

Метод визначення мікротвердості призначений для оцінки твердості дуже малих (мікроскопічних) обсягів матеріалів. Його застосовують для вимірювання твердості дрібних деталей, тонкого дроту або стрічки, тонких поверхневих шарів, покриттів і т. д. Важливе призначення – оцінка твердості окремих фаз або структурних складових сплавів, а також різниці в твердості окремих ділянок цих складових [13].

Мікротвердість вимірювали від краю поверхні покриття до основи, де фіксували перехідну зону, відповідно до ГОСТ 9450-76 "Измерение микротвердости методом вдавливания алмазных наконечников" [14]. Для дослідження мікротвердості матеріалу методом застосовували навантаження 0,196, 0,490 та 0,981 Н (маси 20, 50 та 100 г).

Мікротвердість поверхні сталі 25X17H2B-Ш після азотування вимірювали за допомогою приладу ПМТ-3. Розмір відбитку, який можна якісно виміряти за допомогою цих приладів, становить 3-4 мкм. Для вимірювання мікротвердості використовували алмазний індентор у формі чотиригранної піраміди.

Товщину нітридного покриття визначали як товщину білого шару, що не протравлюється. Товщину перехідного шару оцінювали як товщину шару, мікротвердість якого відрізняється від мікротвердості основної мікроструктури кованого сплаву.

На основі отриманих даних визначали середнє значення мікротвердості. Відповідно до роботи [14]:

$$H_{\mu}^i = \frac{1,854 \cdot P}{d^2} \quad (\text{кГс/мм}^2) \quad (2.1)$$

де Р - навантаження в грамах;

d - діагональ відбитку в мікрометрах.

Тоді:

$$H_{\mu}^i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} H_{\mu}^i \quad (\text{кГс/мм}^2) \quad (2.2)$$

Середньоквадратична помилка вимірювання мікротвердості знаходилась за формулою 2.3 [14]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} H_{\mu}^{Cp} - H_{\mu}^i} \quad (2.3)$$

де n - кількість вимірювань;

H_{μ} - результати окремих вимірювань;

H_{μ}^{Cp} - середнє значення всіх вимірювань, яке визначалось за формулою 2.3.

2.5 Визначення зносостійкості

Відповідно до ДСТУ 4563-93 [15] зносостійкість – це властивість матеріалу чинити опір зношування в певних умовах тертя. Оцінюється величиною, зворотної швидкості зношування або інтенсивності зношування. Зносостійкість залежить від складу і структури оброблюваного матеріалу, вихідної твердості, шорсткості і технології обробки деталі, стану відповідної деталі. Також існують методи підвищення зносостійкості деталей завдяки нанесенню спеціального зносостійкого покриття на поверхню деталі. При цьому зносостійкість деталі без покриття може бути набагато нижче, ніж у деталі з зносостійким покриттям.

2.5.1 Теоретичне визначення зносостійкості

В роботі були проведені теоретичні розрахунки величини зносу за допомогою власне розробленого програмного забезпечення [16].

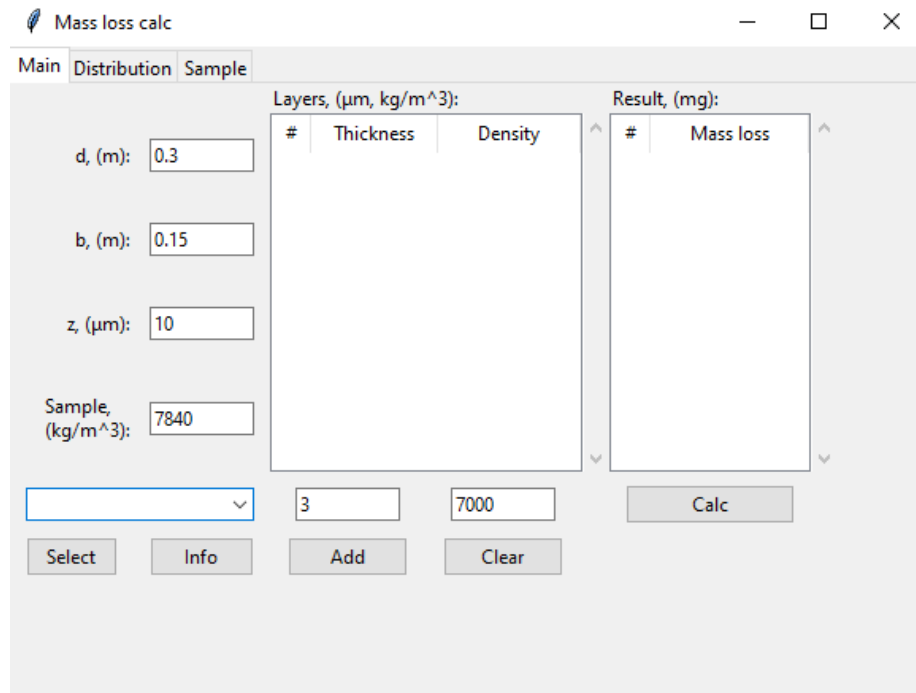


Рисунок 2.2 – Головне меню програмного забезпечення

Програма виконана на мові Python, призначена для проведення розрахунку втрати маси багатошарових покриттів при випробуванні на знос використовуючи існуючу математичну модель. Дозволяє отримати значення втрати матеріалу для заданої глибини та при проходженні кожного шару, графік розподілу значень маси по глибині зносу. Включає базу фазових складів захисних шарів в текстовому вигляді, зображення 3D моделі прикладу зносу зразка.

2.5.2 Практичне визначення зносостійкості

У роботі були проведені випробування на знос сталі 25X17H2Б-Ш після азотування. Випробування проводили при терті ковзанні без змащування за схемою вал-вкладка. Контакт реалізовувався з бокової поверхні зразка (вкладка). Величину зносу визначали ваговим методом. Вихідні дані приймали у орієнтуючись на умови роботи (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Параметри випробувань

№ п/п	Найменування параметру	Значення
1	Швидкість обертання контртіла	0,36 м/с
2	Матеріал контртіла	P18
3	Діаметр контртіла	30 мм
4	Навантаження (з огляду на систему важелів)	15-55 Н
5	Загальний час випробувань	60-600 с.

Реалізовували випробування на токарному верстаті 16К20 в умовах тертя ковзання без змащування за схемою вал-вкладка. В якості контртіла використовували циліндр діаметром 30 мм зі сталі P18 твердістю 62 HRC. Зразок з захисними покриттями фіксували в спеціальному пристрої (рис. 2.3).

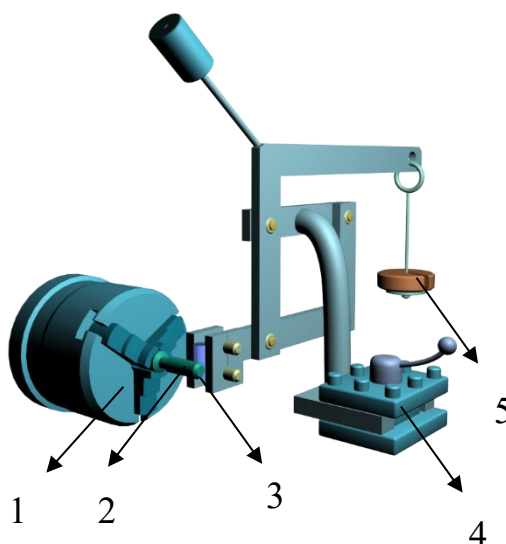


Рисунок 2.3 – Загальний вид пристрою для випробування на зношування, де:

- 1 – патрон токарного верстату; 2 – контртіло – сталь P18; 3 – зразок випробувань; 4 – різцетримач; 5 – вагові гірі.

Навантаження задавали ричажним механізмом і змінювали від 15 до 45 Н. Швидкість ковзання знаходилась в інтервалі 0,9- 0,36 м/с, час випробування складав 120- 600 секунд.

Висновки

Висновком до даного розділу є опис комплексного дослідження даної сталі. Сталь 25X17H2Б-Ш відноситься до аустенітно-мартенситного класу. Основними легуючими елементами в сталі є хром, нікель та мідь.

У роботі використовується особливо високоякісна корозійностійка сталь 25X17H2Б-Ш, яка пройшла комплекс термічної обробки, включаючи відпал, гартування, обробку холодом та відпуск.

В першому дослідженні було підібрано оптимальний режим азотування при температурі 550 °С протягом 36 годин в середовищі дисоційованого аміаку в лабораторній трубчатій печі. Додатково, в роботі визначено оптимальний ступінь дисоціації аміаку для забезпечення ефективного процесу азотування.

В наступному етапі використовувався вертикальний металографічний мікроскоп МИМ-7 для аналізу мікроструктури. Був застосований ніталь, що дозволяє диференціювати фази і виявляти особливості структури шарів, отриманих під час нанесення покриттів.

Вимірювання мікротвердості поверхні сталі 25X17H2Б-Ш після азотування проводилося за допомогою приладу ПМТ-3 та алмазного індентора у формі чотиригранної піраміди.

Також, у цьому дослідженні використовувалася теоретична модель для розрахунку величини зносу, реалізована у програмному забезпеченні.

Експериментальні випробування на знос сталі 25X17H2Б-Ш після азотування виконувалися з використанням токарного верстату за схемою вал-вкладка при терті ковзанні без змащування.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

3.1 Термічна обробка

Підґрунтям для написання цієї магістерської роботи є кваліфікаційна робота бакалавра автора [5]. Автор даної наукової роботи продовжив вивчення методів поліпшення механічних властивостей даної сталі шляхом удосконалення термічної обробки. Практичну частину магістерської роботи проводили у лабораторіях кафедри ПМ та ТКМ Сумського державного університету.

Зразки сталі 25X17H2Б-Ш піддаються комбінованій термічній обробці, що складається з операцій: відпал при температурі 910-960 °С протягом 4 год з охолодженням з піччю до температури 400 °С, після чого заготовку охолоджують на повітрі; гартування при температурі 1050-1100 °С в маслі; обробка холодом 2 години -70 °С та відпуск 280-300 °С впродовж 2 годин з охолодженням на повітрі (рис 3.1).

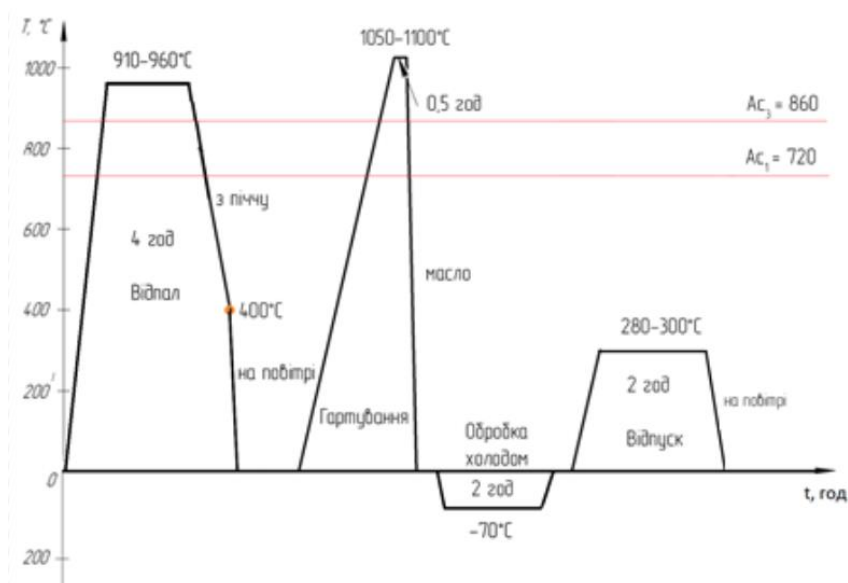


Рисунок 3.1 – Режим термічної обробки сталі 25X17H2Б-Ш [5]

В результаті запропонованої термічної обробки формується кінцева структура, мартенсит та аустеніт, яка відповідає твердості 28 HRC, що задовольняє вимоги до готового виробу, які виготовляються з даної сталі [5].

3.2 Хіміко-термічна обробка

В роботі проаналізовано вплив одного із визначальних технологічних параметрів процесу азотування, а саме: ступінь дисоціації карбюризатора. В якості карбюризатора використовується аміак.

Аміак – безбарвний газ із різким запахом нашатирного спирту (нашатирний луг), добре розчинний у воді. Твердіє при температурі $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ [17].

Азотування реалізовували при температурі $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ час ізотермічної витримки складав 36 годин.

За літературними даними встановлено, що розподіл азоту в дифузійній зоні від максимальних концентрацій в поверхневому шарі монотонно зменшується з наближенням до центральних зон зразка. Відповідно змінюється і фазовий склад дифузійних шарів [2]. В низько і середньо легованих сталях високоазотиста поверхнева зона складається з карбонітридів тину (Fe, Cr), (N,C) (α - фаза) і (Fe, Cr), (N,C) (γ' - фаза) та має товщину не більшу за 15,0 - 18,5 мкм, що характеризується низькою травимістю (рис. 3.2). Далі розміщується основна за товщиною частина дифузійної зони гетерофазна суміш азотистого фериту і високодисперсних нітридів хрому CrN та перехідна зона, основною складовою якої є азотистий ферит [2].

Аналіз проводили порівнюючи результати значень мікротвердості і товщини захисного покриття на сталі 25X17H2Б-Ш (рис.3.2).

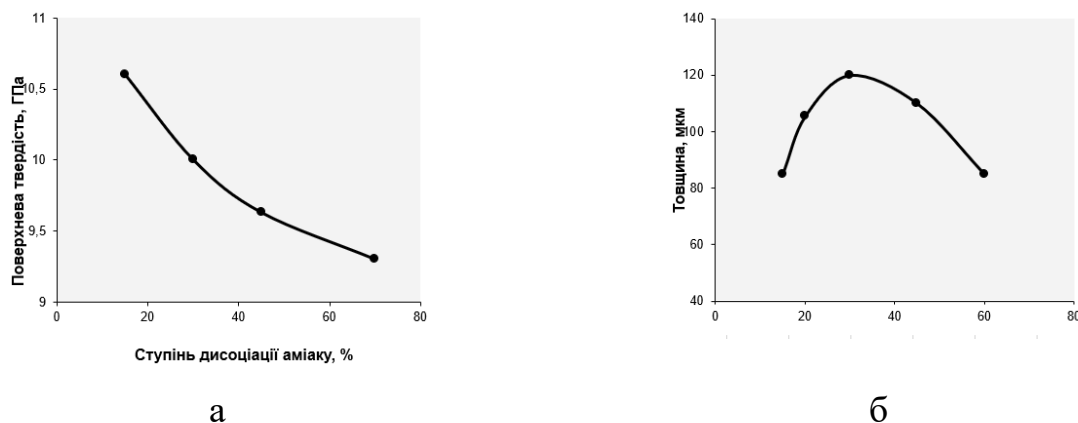


Рисунок 3.2 – Вплив ступеня дисоціації аміаку на товщину (а) та поверхневу твердість (б) азотованих шарів сталі 25X17H2B-III

Слід зазначити, що протяжність окремих зон може змінюватися залежно від ступеня дисоціації аміаку. Максимальна товщина дифузійного покриття має місце при ступенях дисоціації аміаку 30-40 %. Такий характер зміни товщини азотованого покриття зумовлений неоднаковими умовами насичення сталі. При невеликих ступенях дисоціації (до 30 %) за короткий час насичення концентрація азоту в поверхневих зонах стає досить високою. Внаслідок цього утворюється щільний шар на основі нітридів, дифузія азоту скрізь нього зменшується, таким чином знижується швидкість росту покриття в цілому.

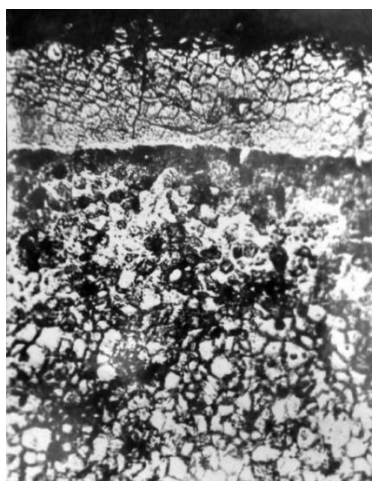


Рисунок 3.3 – Структура сталі 25X17H2B-III після азотування за режимом:
 $T = 550 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau=36$ годин, ступінь дисоціації аміаку 25-30 %, X100.

Азотування при температурі 550 °С супроводжується формуванням зони сполук, яка складається з рівновісних кристалів з розмірами 3,0-8,0 мкм. На границі з зоною внутрішнього азотування та зоною сполук мікроструктурним аналізом виявлена світла сполука товщиною в кілька мкм. Визначено, що границя із зоною сполук і зоною внутрішнього азотування стає розмитою, зона сполук протравлена невиразно. На сірому фоні травимої зони сполук можна виявити окремі включення майже білого кольору з чітко вираженим габітусом. Ці включення відповідають, вірогідніше за все, нітриду або карбонітриду хрому.

Зменшення товщини азотованого шару (рис.3.3) при ступенях дисоціації аміаку понад 40% пов'язане зі зниженням концентрації азоту на поверхні сталі і зумовлене двома наступними причинами. По-перше, при великих ступенях дисоціації аміаку до виробів надходить менша кількість аміаку. По-друге, в насичуючій атмосфері при великому вмісті водню атоми останнього активно адсорбуються поверхнею виробів і ускладнюють адсорбцію азоту.

Таким чином, при великих ступенях дисоціації аміаку падіння концентрації азоту на поверхні зменшує градієнт концентрації азоту за товщиною дифузійної зони, тобто знижує швидкість росту азотованого шару.

Максимальна поверхнева твердість дифузійного шару з підвищенням ступеня дисоціації аміаку істотно знижується (рис. 3.2, а).

Можна вважати, що оптимальна ступінь дисоціації аміаку при азотуванні сталі 25X17H2Б-Ш становить 25-35 %. Це забезпечує максимальну швидкість росту дифузійного шару і високу поверхневу твердість сталі після азотування.

В результаті азотування при температурі 550 °С, впродовж 36 годин при оптимальному ступені дисоціації аміаку 25-35 % формується захисне покриття 25-30 мкм $(\text{Fe, Cr})_2\text{N}$ 25 мкм, $(\text{Fe, Cr})_4\text{N}$ 5 мкм, CrN) загальною товщиною 100 мкм, максимальною мікротвердістю 11 ГПа.

Розподіл мікротвердості по товщині шару можна подати у вигляді графіка.

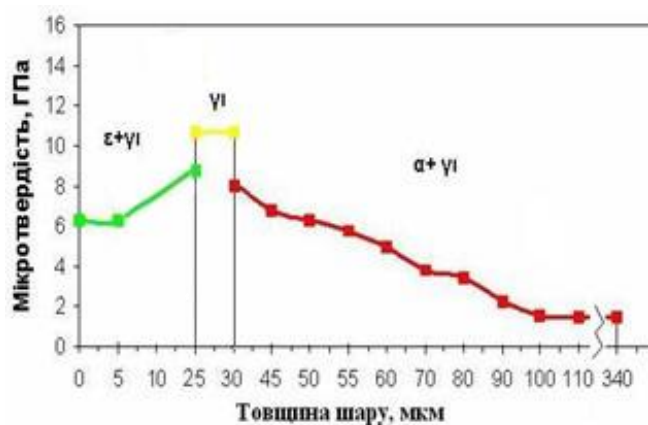


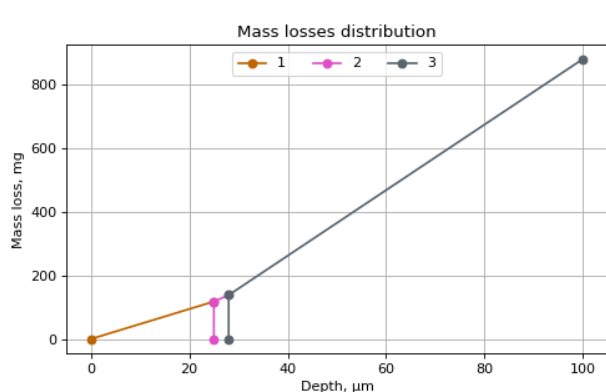
Рисунок 3.4 – Розподіл мікротвердості за глибиною азотованого шару сталі 25X17H2B-Ш.

Зафіксовано плавне зниження твердості від поверхні до основи сталі 25X17H2B-Ш.

3.3 Результат визначення зносостійкості

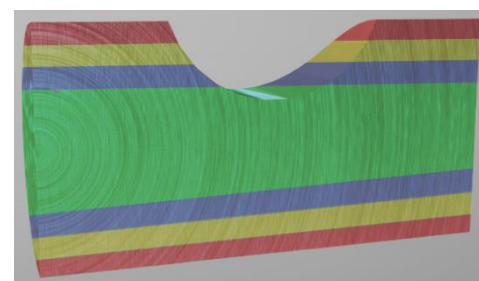
За допомогою програмного забезпечення було проведено визначення та графічне зображення ступеня зносостійкості відповідно до шарів металу (рис 3.5).

Висновком до графічної частини можна зазначити те, що зовнішні шари металу, які були азотовані, втратили набагато менше своєї маси, ніж основний шар металу, який не був задіяний під час хіміко термічної обробки.



Result, (mg):	
#	Mass loss
1	117.760349863610
2	151.493188847242
3	874.437186928657

Calc



а

б

в

Рисунок 3.5 – Результати визначення зносостійкості в програмному забезпеченні:

а - графік зменшення маси зразків сталі 25X17H2Б-Ш при випробуванні на зносостійкість (1 – зовнішній шар $(\text{Fe}, \text{Cr})_2\text{N}$; 2 – шар $(\text{Fe}, \text{Cr})_4\text{N}$; 3 – основа, сталь 25X17H2Б-Ш); б – пошарові втрати маси сталі при випробуванні; в – схематичне зображення випробуваної заготовки зі сталі 25X17H2Б-Ш.

У роботі було проведено металографічний аналіз лунок зносу. Аналіз макроструктур лунок зносу, які сформувалися в результаті тертя поверхні, дає інформацію про характер зносу.

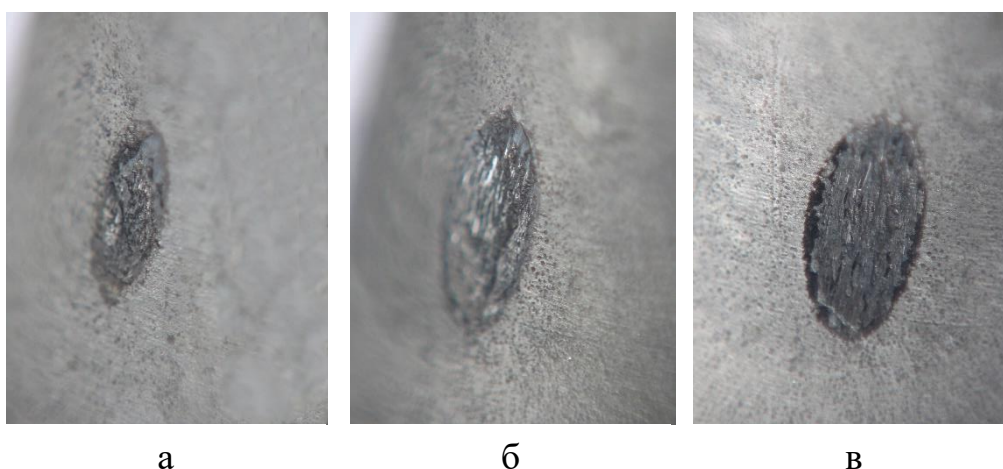


Рисунок 3.6 – Макроструктура лунок зносу сталі 25X17H2Б-Ш після азотування ($T = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 36$ год, ст. дис. 25-35 %): а -120 с; б -300; -600 с., X50.

У лунках зношування сталі 25X17H2Б-Ш після комплексної обробки (рис.3.6) можна спостерігати лінії мікрорізання, спрямовані по ходу тертя, що характерно для переважаючого абразивного типу зношування. Як абразив виступають окремі частинки покриття, відокремлені від основи при випробуванні. Відстань між ризиками-слідами різання значні. Можна вважати, що абразивний характер зношування за цією методикою випробування буде визначальним.

Величину зносу визначали вимірюючи площу лунки зносу. В результаті отримано такі дані.

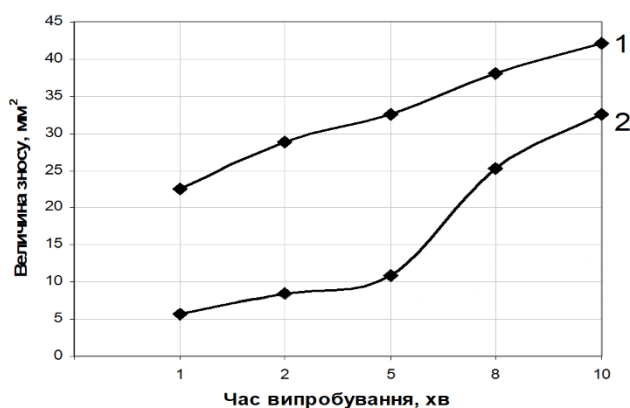


Рисунок 3.7 – Графічне зображення залежності величини зносу сталі 25X17H2Б-Ш від часу випробування: 1 – величина зносу сталі без азотованого шару; 2 – величина зносу сталі з азотованим шаром

Для азотованої сталі 25X17H2Б-Ш лінійна залежність зносу від часу випробування спостерігається протягом 5 хвилин, після цього фіксується зменшення стійкості. Встановлено, що азотування підвищує зносостійкість даної сталі в 4 рази (рис.3.7).

Відомо, що на поверхнях тертя одночасно протікає велика кількість процесів: фізико-хімічні процеси взаємодії тіл із середовищем, деформація, структурні та фазові перетворення та ін [18]. Відповідно до даних [19] спрощений механізм зносу можна описати так: у місцях локального контакту покриття-контртіло виникає напруження зсуву, який перевищує межу пружності, при цьому температура матеріалу підвищується. Відбувається зрив матеріалу із верхівок виступів. При цьому ділянки контактної поверхні залишаються чистими та хімічно активними. В результаті утворюються і при подальшому русі тут же руйнуються численні містки мікрозварювання двох дотичних поверхонь [19]. При цьому механічна енергія руху перетворюється на теплову. В результаті локального підвищення температури починається формування оксидів елементів покриття та основи. Зношування прискорюється за рахунок абразивної дії множини частинок матеріалу контактної пари, які відірвалися. Ці ефекти призводять до загального посилення тертя, збільшення енергетичних витрат та інтенсифікації зносу [19].

Висновки

Підсумовуючи даний розділ, можна прийти висновку, що основний акцент був зроблений на вдосконаленні термічної обробки сталі 25X17H2B-Ш.

У лабораторіях кафедри ПМ та ТКМ Сумського державного університету була проведена практична частина магістерської роботи. Зразки сталі 25X17H2B-Ш були піддані комбінованій термічній обробці, яка включала відпал, гартування, обробку холодом та відпуск.

У даній роботі був проведений аналіз впливу ступеня дисоціації аміаку, використаного як карбюризатора, на процес азотування сталі 25X17H2B-Ш. Встановлено, що ступінь дисоціації аміаку є важливим технологічним параметром, який впливає на формування дифузійного шару та властивості захисного покриття.

Максимальна товщина азотованого покриття спостерігається при ступенях дисоціації аміаку в межах 30-40%. Оптимальна ступінь дисоціації для досягнення максимальної поверхневої твердості становить 25-35%.

Дослідження зносостійкості азотованої сталі 25X17H2B-Ш після комплексної обробки вказує на значне поліпшення механічних властивостей матеріалу. Застосування хіміко-термічної обробки призвело до утворення зносостійкого покриття на поверхні матеріалу.

Металографічний аналіз лунок зносу свідчить про абразивний характер зношування, де азотовані частинки матеріалу виступають як абразив, відокремлені від основи при випробуванні.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Дослідження та розробка завжди пов'язані з певними витратами. Ці витрати завжди повинні бути зменшені для виробництва та маркетингу конкретного продукту. Це пов'язано з тим, що такі розробки не є більш ефективними, ніж аналогічні продукти на ринку.

На основі економічних розрахунків можна продемонструвати економічну доцільність та ефективність передачі результатів досліджень і розробок у виробництво.

Для розроблення економічної частини будемо використовувати задану деталь «втулка», яка, насамперед, виготовляється зі сталі 25X17H2Б-Ш, спрямована на роботу в головному циркуляційному насосі 195М в сфері атомної енергетики.

Деталь – втулка масою 1,74 кг.

Розрахунок проводиться для насосного обладнання, яке використовується з наступними видами ТО: двократного відпалу, гартування, обробки холодом і відпуску в базовому варіанті; відпал, гартування, обробка холодом і відпуск + азотування в пропонованому варіанті. Привести технологічні характеристики обладнання для розрахунку.

Усі розрахунки проводяться як для базового, так і для пропонованого варіанту.

4.1 Розрахунок технологічної собівартості

Для визначення технологічної собівартості проводиться розрахунок окремих елементів витрат.

Вартість матеріалу виробу:

$$B_M = (Q \cdot C_M) \cdot a \quad (4.1)$$

де Q – норма витрати матеріалу (маса заготовки), кг;

C_M – ціна матеріалу (заготовки), грн;

а – коефіцієнт, що враховує витрати на термообробку (умовно приймаємо 1,4).

Маємо значення:

- $V_M = 219$ грн(для базової);
- $V_M = 234$ грн(для запропонованої).

Основна і додаткова зарплата виробничого робітника з відрахуваннями на соціальне страхування та до інших фондів (за виконувану операцію):

$$Z_p = C_q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{t_{шт.}}{60} \cdot K_{мн} \cdot n \quad (4.2)$$

де C_q – годинна тарифна ставка відповідного розряду, грн.;

K_1 - коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату (приймаємо: базовий варіант $K_1 = 1,5$; проектувальний $K_1 = 1,3$);

K_2 - коефіцієнт, що враховує багатостаттєве обслуговування (приймається $K_2 = 1,375$);

$t_{шт}$ - штучний час на операцію, хв.;

$K_{мн}$ - коефіцієнт, що враховує обслуговування кількома одиницями обладнання; приймається $K_{мн} = 1$;

n - кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.

Отримали:

- $Z_p = 1545$ грн (базовий);
- $Z_p = 6547$ грн (пропонований).

Амортизаційні відрахування по обладнанню, віднесені на дану операцію:

$$A_0 = \frac{S_0 \cdot K \cdot a \cdot n}{N_{річ} \cdot 100} \quad (4.3)$$

де S_0 – вартість одиниці обладнання, грн.;

K – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж устаткування; приймаємо: базовий варіант $K = 1,15$, проектувальний $= 1,1$;

a - норма амортизаційних відрахувань (10% від вартості обладнання);

n - кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.;

$N_{\text{річ.}}$ - річна програма деталей, шт.

Виходить:

- $A_0 = 8625$ грн (базовий);
- $A_0 = 11000$ грн (пропонований).

Витрати на ремонт обладнання приймаємо укрупнено пропорційно величині амортизаційних відрахувань:

$$B = A_0 \cdot K \quad (4.4)$$

де K - коефіцієнт, що встановлює залежність величини витрати на ремонт від величини амортизаційних відрахувань; приймаємо: базовий варіант 180%, проектувальний 160%.

Отримали:

- $B = 15525$ грн (базовий);
- $B = 17600$ грн (пропонований).

Витрати на силову електроенергію з даної операції:

$$B = [K_1 \cdot N_y \cdot (t_{\text{шт}} - t_{\text{маш}}) + K_2 \cdot N_y \cdot t_{\text{маш}}] \cdot \frac{S_e}{60} \quad (4.5)$$

де N_y – сумарна встановлена потужність електродвигунів одиниць обладнання, кВт;

$t_{\text{маш}}$ – машинний час, хв;

K_1 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності, що витрачається при небажаній роботі обладнання; приймається $K_1 = 0,25$;

K_2 – коефіцієнт використання встановленої потужності устаткування в процесі термообробки, приймаємо: базовий варіант 0,8, проектувальний 0,5;

S_e – вартість одного кВт/год. електроенергії, грн.;

Маємо:

- $B = 91854$ грн (базовий);
- $B = 85617$ грн (пропонований).

Витрати на допоміжні матеріали, віднесені на операцію укрупнено приймаємо:

$$V_M = \frac{M \cdot n}{N_{\text{річ}}} \quad (4.6)$$

де M – річні витрати на допоміжні матеріали; приймається 50 грн./рік на одиницю обладнання;

n - кількість одиниць обладнання, шт.;

$N_{\text{річ}}$ - річна програма деталей, шт.

Витрати дорівнюють:

- $V_M = 0,5$ грн./рік (базовий);
- $V_M = 0,6$ грн./рік (пропонований).

Витрати на утримання виробничої площі, віднесені на операцію:

$$Z_{\Pi} = \frac{S_{\text{пл}} \cdot K \cdot n \cdot P}{N_{\text{річ}}} \quad (4.7)$$

де $S_{\text{пл}}$ - площа, яку займає одиниця обладнання, м²;

K - коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи і проїзди;

n - кількість одиниць обладнання, шт.;

P - річна норма витрат за змістом одного метра квадратного виробничої площі, грн.; приймаємо: базовий варіант 120 грн., проектувальний 100 грн.

Отримали:

- $Z_{\Pi} = 23,1$ грн (базовий);
- $Z_{\Pi} = 25,6$ грн (пропонований).

Зведемо раніше обраховані результати в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Технологічна собівартість одиниці виробу, грн

Найменування елементів витрат	Базовий варіант	Пропонований варіант
Основна та додаткова зарплата	1545	6547
Амортизаційні відрахування	8625	11000
Витрати на ремонт устаткування	15525	17600
Витрати на силову електроенергію	91854	85617
Витрати на утримання виробничої площі	23,1	25,6
Разом	117572	120790

4.2 Розрахунок накладних витрат

Загальновиробничі витрати:

$$B_{\text{заг}} = \left(\frac{Z_p}{K_1 \cdot K_2} \right) \cdot 1,2 \quad (4.8)$$

де K_1 - коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату (приймаємо: базовий варіант $K_1 = 1,5$; проектувальний $K_1 = 1,3$);

K_2 - коефіцієнт, що враховує багатостатне обслуговування (приймається $K_2 = 1,375$);

Отримали:

- $B_{\text{заг}} = 927$ грн (базовий)
- $B_{\text{заг}} = 4364$ грн (пропонований)

Виробнича собівартість:

$$C_{\text{вир}} = C_m + Z_p + A_0 + P + \text{Э} + B_m + Z_{\text{п}} + C_{\text{заг}} \quad (4.9)$$

- $C_{\text{вир}} = 118719$ грн (базовий);
- $C_{\text{вир}} = 125388$ (пропонований).

Позавиробничі витрати:

$$C_B = C_{\text{вир}} \cdot 0,03 \quad (4.10)$$

- $C_B = 3562$ грн (базовий);
- $C_B = 37616$ грн (пропонований).

Повна собівартість:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{вир}} + C_B \quad (4.11)$$

- $C_{\text{п}} = 122281$ грн (базовий);
- $C_{\text{п}} = 163004$ грн (пропонований).

Прибуток:

$$\text{ПР} = 0,3 \cdot C_{\text{п}} \quad (4.12)$$

- $\text{ПР} = 36684$ грн (базовий);
- $\text{ПР} = 48901$ грн (пропонований)

Оптова ціна:

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{п}} + \text{ПР} \quad (4.13)$$

- $C_{\text{оп}} = 158965$ грн (базовий);
- $C_{\text{оп}} = 211905$ грн (пропонований);

Роздрібна ціна:

$$C_{\text{р}} = 1,2 \cdot C_{\text{оп}} \quad (4.14)$$

- $C_{\text{р}} = 190758$ грн (базовий);
- $C_{\text{р}} = 254286$ грн (пропонований).

Економічний ефект склав:

$C_{\text{п}}$ (базового варіанту) – $C_{\text{п}}$ (пропонованого варіанту) = (грн.) - для одного виробу.

Отримаємо, що пропонований метод виготовлення та обробки даної заготовки дорожчий за базовий майже на 41000 грн.

Річний економічний ефект складає:

Економічний ефект · Програма випуску на рік = (грн.)

Тобто, маємо – 41000000 грн.

Таким чином, у пропонованому варіанті при фіксованому значенні обсягу виробництва ми отримали ціну, яка майже на 41000 грн дорожча за базову.

Таблиця 4.2

Економічна ефективність пропонованого процесу в порівнянні з базовим, грн

Показник	Базовий варіант, грн	Пропонований варіант, грн
1. Технологічна собівартість одиниці виробу		
1.1 Основна і додаткова заробітна плата робітника	1 545	6 547
1.2 Амортизаційні відрахування по обладнанню	8 625	11 000
1.3 Витрати на ремонт обладнання	15 525	17 600
1.4 Витрати на силову електроенергію	91 854	85 617
1.5 Витрати на утримання виробничої площі	23,1	25,6
2. Повна собівартість, шт	122 281	163 004
3. Ціна виробу, шт	20 000	25 000
4. Програма випуску за рік, шт.	1 000	1 000
5. Річний економічний ефект	Дешевший	Дорожчий

Висновки

Опрацювавши економічний розділ даної роботи, ми отримали різницю ціни між базовим варіантом вироблення заготовки зі сталі 25X17H2B-Ш та пропонованим, в якому зарекомендовано використовувати хіміко термічну обробку, а саме азотування.

За результатом розрахунків, пропонований метод дорожчий майже на 41000 грн на місяць. Економічну невідповідність обраного механізму можна обґрунтувати максимальної відповідальністю від якості та заданих механічних характеристик даної сталі.

Обравши, наприклад, деталь, яку, найчастіше, виготовляють з поданої сталі – втулка, яка є цапфою для валу головного циркуляційного насосу ГЦН-195М, в свою чергу який встановлюють в охолоджувальний контур для реакторної установки. Як вже було зазначено вище, від деталі потребується велика відповідальність та надійність, змога витримувати вібраційні та ударні навантаження, мати корозійну стійкість та стійкість до радіації. Сталь 25X17H2B-Ш та пропонована термічна обробка з подальшим азотуванням відповідає заданим потребам в її сфері найчастішого використання. Тому, дороговартість обумовлена невід’ємними потребами в пропонуванні поліпшених етапів ТО та ХТО.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Охорона праці – це система правових, соціально економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Ефективним методом організації охорони праці на підприємстві є системний підхід, тобто об'єднання розрізнених заходів з охорони праці в єдину систему цілеспрямованих дій на всіх рівнях і стадіях управління виробництвом шляхом створення і забезпечення функціонування системи управління охороною праці [20].

Система управління охороною праці (СУОП) - це сукупність взаємопов'язаних органів управління підприємством /підрозділом/, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність по здійсненню відповідних функцій і методів управління трудовим колективом з метою виконання поставлених завдань і заходів з охорони праці. Створення СУОП здійснюється шляхом послідовного визначення мети роботи об'єкта і органів управління, завдань і заходів з охорони праці, функцій і методів управління, побудови організаційної структури управління, складання організаційно-методичної документації [20].

Метою управління охороною праці є збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці, поліпшення виробничого побуту, попередження травматизму і профзахворювання [20].

Об'єктом управління охороною праці є діяльність структурних підрозділів, функціональних служб і всього колективу підприємства по забезпеченню здорових і безпечних умов праці на робочих місцях, виробничих ділянках і підприємстві в цілому [20].

Управління охороною праці здійснюють: на підприємстві керівник, виробничих ділянках і в службах - керівники відповідних підрозділів і служб. Керівник забезпечує функціонування СУОП на підприємстві [20].

Організаційно-методичну роботу по управлінню охороною праці, організацію і контроль за функціонуванням СУОП на підприємстві і в усіх структурних підрозділах здійснює служба охорони праці, яка підпорядкована безпосередньо керівнику підприємства [20].

Нормативною базою СУОП є: Національна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, Закон України "Про охорону праці", постанови Кабінету Міністрів України, Кодекс законів про працю України, інші законодавчі нормативні документи і діючі стандарти, правила, положення, інструкції, постанови і вказівки Держнаглядохоронпраці [20].

Управління охороною праці повинно здійснюватися на всіх стадіях життєвого циклу підприємства : при науково-дослідних, проектних, будівельних, монтажних, налагоджувальних роботах, під час експлуатації, а також при ремонтних і демонтажних роботах на всіх етапах виробничої діяльності. Виходячи з цього визначаються відповідні завдання управління охороною праці, встановлюється мета управління по кожному завданню, підрозділ або функціональна служба, відповідальна за виконання даного завдання, встановлюються критерії ефективності управління [21].

Директор і керівники підрозділів розробляють за участю профспілок і реалізують комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів з охорони праці, впроваджують прогресивні технології, досягнення науки, техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, позитивний досвід з охорони праці [21].

5.1 Потенційні небезпеки та шкідливі фактори на виробництві

Проаналізувавши вищезазначену інформацію щодо виробництва деталей зі сталі 25X17H2B-Ш шляхом наступної термічної обробки та азотування, можна прийти висновку, що основні локації проведення даної роботи є ливарний цех, а також лабораторія, в котрій можливе проведення подібної ТО та ХТО.

5.1.1 Небезпека технологічних процесів і виробничого обладнання

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлено ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Виконання цих вимог робить машини й механізми безпечними не тільки під час експлуатації, але й під час монтажу, ремонту, транспортування й зберігання. Відповідно до цього стандарту безпека виробничого обладнання повинна забезпечуватися:

- 1) вибором безпечних принципів дії, конструктивних схем і елементів конструкції;
- 2) застосуванням у конструкції засобів механізації, автоматизації й дистанційного управління;
- 3) застосуванням у конструкції засобів захисту;
- 4) виконанням ергономічних вимог;
- 5) включенням вимог безпеки до технічної документації з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування й зберігання;
- 6) застосуванням у конструкції відповідних матеріалів.

Виконання даних вимог у повному обсязі можливо тільки на етапі проектування. У зв'язку із цим прийнятий відповідний порядок постановки продукції на виробництво, відповідно до якого у всіх видах проектної документації повинні бути передбачені вимоги безпеки. Вони розміщуються у спеціальному розділі технічного завдання, технічних умов і стандартів на обладнання, що випускається.

Застосування в конструкції машин засобів захисту – один з основних напрямів із забезпечення безпеки обладнання. В якості засобів захисту використовують:

- огорожувальні,
- запобіжні,
- гальмові засоби,
- засоби автоматичного контролю й сигналізації,
- знаки безпеки,

- дистанційне керування.

5.1.2 Небезпека основних процесів ливарного виробництва

Основою будь-якого виробництва є попередньо розроблений, розрахований і практично перевірений в умовах дослідницького виробництва технологічний процес [22].

Мета технологічного процесу полягає в тому, щоб забезпечити послідовну зміну властивостей сировини, напівфабрикатів, допоміжних матеріалів для одержання нового продукту із заздалегідь заданими властивостями й певною якістю [22].

Будь-який технологічний процес визначається різними параметрами, що забезпечують його нормальний перебіг, яких необхідно дотримуватись. Технологічними параметрами називаються величини, які можна виміряти і які характеризують стан речовини й реакцій, що відбуваються. До них відносяться, наприклад, температура, час, склад речовини, тиск, швидкість руху речовини, зусилля тиску й т.п. Сукупність технологічних параметрів конкретного процесу й устаткування, що використовується, визначає технологічний режим виробництва [22].

Технологічні процеси ливарного виробництва зводяться до одержання великої номенклатури виливків з розплавленого металу шляхом заливання його в одноразові (що руйнуються) або в багаторазові (металеві, графітові, оболонкові й інші) форми, а також на установках безперервного лиття [22].

Основними процесами в ливарному виробництві є [22]:

- підготовка шихти й домішок,
- завантаження їх у плавильні печі,
- плавка металу,
- випуск металу й заливання у форми,
- підготовка формувальної й стрижневої суміші,
- виготовлення форм і стрижнів,

- вибивання, очищення, обрубання виливків,
- термічна обробка,
- фарбування виливків.

5.1.3 Небезпека основних процесів при хіміко-термічній обробці

У даній роботі розроблена технологія ТО та ХТО. Основними шкідливими виробничими факторами при ХТО є: запыленість ділянки; загазованість продуктами процесу. До небезпечних виробничих факторів відносяться впливи електричного струму; механізми, що рухаються, і вироби. Неправильна експлуатація електроустаткування може призвести до поразки електричним струмом і підвищують небезпеку виникнення пожеж. Механізми, що рухаються, установки і вироби при відсутності захисних пристроїв можуть привести до травмування робітників [23].

Таблиця 5.1

Шкідливий вплив при азотуванні [23]

Джерело небезпеки	Метод азотування			
	Газове	В плазмі	В соляній ванні	В порошку
Отруєння (через травний тракт, через шкіру, вдихання оксидів азоту); займання (розплав солі); вибухи (розплав солі, останки солі)			+	
Отруєння (через вдихання СО, аміаку, оксидів азоту); вибухи (вибухонебезпечні газові суміші Н ₂ , СО, аміаку); займання (факел полум'я, спалахи)	+			
Травми рухомими частинами агрегатів	+	+	+	+
Займання від гарячих деталей, травми від падаючих деталей,	+	+	+	+

удари під час завантаження і розвантаження агрегатів				
Травми через порушення електроізоляції, сторонніх проникнень в електричні і електронні блоки установки	+	+	+	+
Вибухи через скопління вибухонебезпечних газових сумішей у виробничому приміщенні	+		+	+

5.2 Загальні та індивідуальні заходи щодо усунення або зменшення впливу потенційних небезпек

5.2.1 Загальні вимоги до засобів захисту з виробничим обладнанням й технологічних процесів

а) виключення ймовірності впливу на працюючих небезпечних й зниження впливу шкідливих виробничих факторів;

б) урахування індивідуальних особливостей обладнання, інструмента, пристосувань або технологічних процесів, для яких вони призначені;

в) надійність, міцність, зручність обслуговування машин і механізмів у цілому, включаючи засоби захисту [22].

Огороджувальні пристрої – клас засобів захисту, що перешкоджає потраплянню людини до небезпечної зони. Огороджувальні пристрої застосовують для ізоляції систем приводу машин і агрегатів, зони обробки заготівель на верстатах, пресах, штампах, оголених струмоведучих частин, зон інтенсивних випромінювань (теплових, електромагнітних, іонізуючих), зон виділення шкідливостей та інше. Обгороджують також робочі зони, розташовані на висоті [22].

Конструктивні рішення огороджувальних пристроїв різноманітні. Вони залежать від виду обладнання, від розташування людини в робочій зоні, від

специфіки небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що супроводжують технологічний процес [22].

Відповідно до ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация» огорожувальні пристрої поділяють за [22]:

- конструктивним виконанням – кожухи, дверцята, щити, козирки, планки, бар'єри й екрани;
- засобами їх виготовлення – суцільні, не суцільні (перфоровані, сітчасті, ґратчасті) і комбіновані;
- засобом їх установки – стаціонарні й пересувні.

В якості матеріалу для виконання огорожень використовують метали, пластмаси, дерево. При необхідності спостереження за робочою зоною крім сіток і ґрат застосовують суцільні огорожувальні пристрої із прозорих матеріалів [22].

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні будь-якого параметра, що характеризує режим роботи обладнання, за межі припустимих значень. Відповідно до ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ запобіжні пристрої за характером дії поділяють на блокувальні й обмежувальні [22].

Блокувальні пристрої перешкоджають проникненню людини до небезпечної зони або на час перебування його в цій зоні усувають небезпечний фактор. Особливо велике значення цей вид засобів захисту має на робочих місцях біля агрегатів і машин, що не мають огорожень, а також там, де робота може вестися при знятому або відкритому огороженні. Блокувальні пристрої за принципом дії поділяють на механічні, електронні, електричні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, оптичні, магнітні, комбіновані [22].

Обмежувальні пристрої призначені для термінового припинення дії потенційно небезпечного фактора. Прикладами обмежувальних пристроїв є елементи механізмів і машин, розраховані на руйнування або неспрацьовування при перевантаженнях [22].

Обмежувальні пристрої за конструктивним виконанням підрозділяють на муфти, штифти, клапани, шпонки, мембрани, пружини, сільфони й шайби. До

слабких ланок таких пристроїв відносяться: зрізні штифти й шпонки, що з'єднують вал з маховиком, шестірнею або шківом; фрикційні муфти, що не передають рухи при більших крутних моментах; плавкі запобіжники в електроустановках; розривні мембрани в установках з підвищеним тиском і т.п [22].

Слабкі ланки поділяються на дві основні групи:

- ланки з автоматичним відновленням кінетичного ланцюга після того, як контрольований параметр прийшов у норму (наприклад, муфти тертя);
- ланки з відновленням кінетичного ланцюга шляхом заміни слабкої ланки (наприклад, штифти й шпонки).

Спрацьовування слабкої ланки призводить до зупинення машини на аварійних режимах, що дозволяє виключити поломки, руйнування й, отже, травматизм [22].

Гальмові засоби захисту. Гальмові засоби призначені для забезпечення швидкої зупинки робочої машини при мінімальному часі вибігу. Вони повинні бути простими за конструкцією й надійними в роботі [22].

Гальмові пристрої поділяють [22]:

- за конструктивним виконанням – колодкові, дискові, конічні й клинові;
- за засобом спрацьовування – ручні, автоматичні й напівавтоматичні;
- за принципом дії – механічні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні й комбіновані;
- за призначенням – робочі, резервні, стояночні, екстреного гальмування.

У більшості видів виробничого обладнання машинобудівних заводів використовують колодкові й дискові гальма. Конічні (конусні) гальма знаходять застосування в підйомно-транспортних машинах, клинові – у системах рейкового транспорту [22].

Органи управління гальмами повинні розташовуватися так, щоб вони були доступними з будь-якого положення оператора в межах робочого місця й у випадку потреби дублюватися [22].

Засоби автоматичного контролю й сигналізації. До засобів автоматичного контролю відносять прилади для виміру тиску, температури, статичних і

динамічних навантажень, концентрацій пари і газів та інших шкідливих факторів. Ефективність їхнього використання підвищується при об'єднанні із системами сигналізації, як це має місце в газосигналізаторах, що спрацьовують при певних рівнях концентрації пари, газів, пилу в повітрі [22].

Пристрої автоматичного контролю й сигналізації поділяють за:

- призначенням – інформативні, попереджуючі, аварійні й відповідні;
- засобом спрацьовування – автоматичні й напівавтоматичні;
- характером сигналу – звукові, світлові, колірні, знакові й комбіновані;
- характером подачі сигналу – постійні й пульсуючі.

5.2.2 Загальні вимоги до засобів захисту при ливарному виробництві

У технології ливарного виробництва операції плавлення й розливання сплавів є одними з найнебезпечніших у пожежному відношенні. У зв'язку із цим точно регламентують планування плавильних дільниць і дільниць розливання сплавів [22].

Печі рекомендується розташовувати уздовж зовнішніх стін у найвищих частинах будівлі, на відстані не менш 1 м від стіни. Проходи повинні бути вільними й забезпечувати доступ до кожної печі й до запасних виходів на випадок виникнення пожежі. Не менш чим один вихід повинен вести назовні [22].

Підлоги ливарних цехах повинні бути рівними, міцними й повинні легко очищатися від забруднення. У плавильних печей і в місцях розливання металу підлоги викладають рифленими чавунними плитами. Застосування бетонної підлоги не дозволяється, оскільки при влученні рідкого металу на таку підлогу можливий вибух внаслідок взаємодії металу з вологою, що перебуває в бетоні [22].

Неприпустиме зберігання в плавильному відділенні біля печей шихти в кількості, що перевищує змінну потребу, а також порошкових відходів і пилу, особливо з магнієвих сплавів. Висота штабелів шихти біля печей не повинна перевищувати 1 м [22].

Плавильні агрегати, що застосовуються у ливарних цехах, повинні бути максимально механізовані й повинні забезпечувати належну безпеку виробництва,

у першу чергу, виключати можливість контакту розплавленого металу з водою й матеріалами, які здатні вступати в реакцію з рідким металом. Крім того, біля плавильних агрегатів повинен бути передбачений захист від теплового випромінювання й вентиляція повітря [22].

Печі необхідно складати з вогнетривких матеріалів, нейтральних стосовно металу, що розплавляється [22].

Конструкція плавильної печі не повинна допускати можливість потрапляння ґрунтових або інших вод у тигель або шахту печі, а також у простір навколо печі. Корпуса електричних печей повинні бути надійно заземлені; крім пускового пристрою в кожній печі повинен бути передбачений аварійний рубильник, загальний для всіх печей, що розташовується на відстані не менш 10 м від печей. Нафто-, газо- і повітроводи до печей повинні бути пофарбовані у відповідний колір і мати відрізняючі позначення. На кожній магістралі встановлюють не менш трьох кранів. Два перших крани розміщують біля форсунок, а третій кран (аварійний) розташовують на відстані 10 м у місці вільного доступу [22].

Полум'яні печі. При плавлі в полум'яних печах подача пального повинна бути механізована, перед розпалом газових пальників повітроводи й камера печі повинні бути провентильовані. Регулювання теплового режиму роботи печі здійснюється з пульта управління. У випадку припинення дуття під час плавлення всі фурменні заслінки повинні бути негайно відкриті. Баки з пальним повинні бути винесені із плавильного відділення або відгороджені вогнестійкими перегородками. Підігрів нафти або мазуту проводять тільки гарячою водою або паром до температури, установлені для даної марки пального. Ємності для пального повинні мати поплавкові покажчики, прилади для контролю температури в баках, а також пристрою аварійного спуска пального при аварії. Шихтові матеріали завантажують у тиглі сухими, без примусового ущільнення. Спуск шлаків проводять у ковші або коробки, які видаляють із-під робочої площадки за допомогою спеціальних механізмів. Підсіпання порогів необхідно проводити за допомогою механічних пристроїв, обладнаних дистанційним управлінням. Заправлення подини й укосів печей варто здійснювати за допомогою заправних машин, які повинні бути

обладнані лобовими й бічними екранами для захисту робітників від теплового випромінювання. Роботи на плавильних агрегатах, що характеризуються підвищеною небезпекою, повинні виконуватися в присутності особи, відповідальної за проведення робіт, або за нарядами-допусками. Так, відкривання днища й вибивання кірки після кожної плавки здійснюють у присутності відповідального за безпечне проведення робіт. Очищення боровів й ремонтні роботи усередині них здійснюють за нарядами-допусками [22].

Електричні печі. Під час плавлення в електричних печах завантаження шихти, підшихтовка, введення присадок, перемішування розплавленого металу, зняття шлаків і відбирання проб проводяться при знятій з нагрівальних елементів печі напрузі. Також при відключеній напрузі виконують установку електродів, огляд печі й інші роботи, зв'язані безпосередньо із зіткненням з електродами, а також заміну заслінок. Включення й вимикання напруги під час плавки в дугових печах здійснюють при піднятих електродах. Усі операції на індукційних печах, пов'язані з дотиком до тигля, необхідно проводити при знятій з індуктора напрузі. Робочі площадки за периметром печей повинні мати поруччя висотою не менш 1 м із глухим металевим огороженням знизу на висоту 0,2 м. Під час присадки матеріалів у піч категорично забороняється присутність людей на склепінні й на площадці печі проти завалочних вікон. Випуск металу з печі, викачування його залишків у приямок, а також викачування шлаків проводять в присутності працівника, відповідального за безпечне проведення робіт [22].

Вагранки. При плавці у вагранках необхідно механізувати завантаження шихти у вагранки й бадді. Уся траса підйому бадді на завантажувальну площадку повинна бути виконана у виді шахти із суцільними бічними стінками. Транспортування шлаків від вагранок також повинне бути механізоване. Ремонт вагранок можна проводити усередині шахти тільки при температурі, що не перевищує 40°C. При цьому необхідно застосування захисних пристосувань у виді перекриття або підвісного зонта, установлених нижче завантажувального вікна. Перед початком плавки необхідно переконатися в справності печей, плавильних і роздавальних тиглів. Жолоби й розливальні пристосування для роздачі розплавленого металу

(насоси, вакуум-ковші) варто ретельно контролювати. Жолоби й пристосування для заливання перед заливанням металу треба очистити від забруднення й залишків флюсу, Безпосередньо перед розливанням сплаву їх необхідно прогріти до температури не нижче 120°C, а для більшої надійності - до 200...250°C. На випадок пожежі в плавильному відділенні необхідно мати необхідний запас сухого флюсу або спеціальні засоби пожежогасіння [22].

Внутрішню поверхню шахтних печей необхідно регулярно очищати від окалини [22].

Незважаючи на вжиті заходи обережності, можливе виникнення аварій, причиною яких може бути прогар тигля й інші причини. У зв'язку із цим весь персонал плавильного цеху або ділянки повинен твердо знати правила поведінки в аварійній обстановці. Для запобігання й ліквідації аварії необхідно негайно [22]:

1. виключити подачу пального,
2. припинити подачу повітря,
3. знеструмити печі.

Із цеху видаляють людей, що не беруть участі у ліквідації аварії, доводять до відома майстра й начальника цеху, а також викликають пожежну команду. Потім майстер, начальник цеху або інший досвідчений працівник повинні підійти до печі, установити причину аварії, ступінь ушкодження й ухвалити рішення щодо подальших дій [22].

5.2.3 Загальні вимоги до засобів захисту при хіміко-термічній обробці

Найбільш шкідливими факторами при ІА в імпульсному режимі є загазованість робочого місця оператора. При азотуванні в зону його подиху можуть попадати токсичні гази. Кількість і концентрація цих шкідливих речовин буде залежати від складу атмосфери, що використовується. Кількість виникаючого озону може перевищувати граничну допустиму концентрацію у кілька разів. Тому при ПА в імпульсному режимі забруднення повітря робочої зони шкідливими речовинами необхідно підтримувати в межах, визначених за ГОСТ 12.1.005–88ССБТ. У таблиці

5.2. приведені гранична кількість, що допускається, і клас небезпеки найбільш виділюваних речовин при ПА в імпульсному режимі [23].

Таблиця 5.2

Гранична кількість, що допускається, і клас небезпеки найбільш виділюваних речовин при ХТО [23]

Речовина	Гранична допустима концентрація, мг/м ³	Клас небезпеки
Озон	0,1	1
Двоокис азоту	2,0	2
Окис вуглецю	20,0	4

Для видалення повітря, що містить шкідливі речовини, необхідно передбачити місцевий горизонтальний відсмоктувач розмірами 300x120 мм, підключений до окремої вентиляційної витяжної системи вище даху цеху. Витрата повітря, що відсмоктується, не менш 200 м³ /год і може регулюватися за допомогою шибера, встановленого на трубопроводі. Кількість шкідливих речовин, локалізуємо місцевими відсмоктувачами, складає не більш 75%. Кількість шкідливих речовин, що залишилася, (10 – 25%) повинне розбавлятися по ГДК за допомогою загально обмінної вентиляції [23].

Використання автоматизованої установки дозволяє виключення людини з робочої зони під час процесу азотування. Однак для додаткового захисту оператора необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту: спецодяг, захисний щит і спеціальні огорожі. По рекомендаціях, щодо вибору спецодягу, використовують одяг з полегшеного брезенту з захисними накладками. Для захисту органів зору на установці передбачене щитове прикриття зон азотування, що має світлофільтр (при Ізв. = 250 А). Для додаткового захисту (на час настроювання устаткування та установки параметрів процесу) азотувальник-оператор повинен використовувати

спеціальний щиток. Місце установки устаткування повинно бути обгороджене для виключення видимого випромінювання на навколишні робочі місця цеху [23].

5.3 Охорона навколишнього середовища

Підприємства, діяльність яких пов'язана з викидами забруднюючих речовин в атмосферу, повинні бути оснащені спорудженнями, устаткуванням і апаратурою для очищення викидів в атмосферу, засобами контролю за кількістю й складом забруднюючих речовин [22].

5.3.1 Апарати сухого інерційного очищення газів від домішок

У цій групі апаратів відділення домішок від газового потоку здійснюється механічно при використанні гравітаційних, інерційних і відцентрових сил. Основна їхня перевага – простота конструкції. Однак ефективність очищення невисока, тому данні апарати застосовують для грубого очищення газів [22].

Принцип роботи відцентрового апарата на прикладі циклона. Запилене повітря з великою швидкістю вводиться тангенціально у верхню частину циклона. Обертаний потік опускається кільцевим простором у конічну частину. Потім, продовжуючи обертатися, виходить через вихлопну трубу. Під дією гравітаційних сил тверді частки опускаються в бункер циклона [22].

5.3.2 Апарати мокрого очищення газів від твердих і рідких домішок

Апарати працюють за принципом осадження часток домішок на поверхню крапель або плівки рідини. Процес очищення тим ефективніше, чим краще змочуються домішки рідиною. Найчастіше в якості зрошувальної рідини використовується вода. Ці апарати мають широке використання, тому що характеризуються, по-перше, високою ефективністю очищення від дрібнодисперсного пилу, по-друге, можливістю очищення гарячих газів, і, по-третє, можливістю очищення вибухонебезпечних газів. Однак вони мають низку недоліків: 1) утворення у процесі очищення шламу, що вимагає спеціальних систем для його переробки, 2) винос вологи в атмосферу, 3) необхідність створення оборотних систем подачі води [22].

Принцип роботи скрубера Вентурі. У конфузори труби Вентурі вводиться запилений газ, швидкість газового потоку збільшується до 150 м/с через зменшення поперечного перерізу. Через відцентрові форсунки подається рідина для зрошення. Рідина в потоці газу розпорошується на дрібні крапельки й перемішується з пилом, змочуючи його. У дифузори сопла потік гальмується до 15...20 м/с і подається в краплевловлювач. Коагульований пил виділяється у виді шлаків [22].

Таблиця 5.3

Класифікація методів і апаратів для очищення промислових викидів в атмосферу[22]

№ з/п	Найменування методу очищення	Типи апаратів
1	Сухе інерційне очищення газів від твердих домішок	Гравітаційні, інерційні, відцентрові (циклони)
2	Мокре очищення газів від твердих і рідких домішок	Порожні, насадкові, барбатажнопінні, ударно-інерційні, відцентрові, турбулентні (скрубери)
3	Очищення газів методом фільтрації від твердих домішок	Фільтри: зернисті, волокнисті, тканинні
4	Електричне очищення газів від твердих і рідких домішок	Однозональні, двозональні, електромагнітні
5	Фізико-хімічне очищення газів від газоподібних домішок	Абсорбційні, адсорбційні, хемосорбційні
6	Термічне й термокаталітичне очищення газів від газоподібних домішок	Термічні, каталітичні
7	Біохімічне очищення	Біофільтри, біоскрубери

5.2.3 Апарати для очищення газів від твердих і рідких домішок методом фільтрації

Процес очищення газів від твердих або рідких часток за допомогою пористих середовищ називається фільтрацією. Фільтри бувають [22]:

Зернисті. Можуть працювати при 700-1100 К в умовах агресивних середовищ, витримують механічні навантаження, перепади температур і тисків. Вони бувають трьох типів: 1) зернисті, у яких уловлювальні елементи (галька, гравій, пісок, гранули) не зв'язані жорстко один з одним, 2) тверді пористі, у яких зерна міцно зв'язані одне з одним у результаті спікання або склеювання (пориста кераміка, пластмаси), 3) напівтверді (в'язанні й тканині).

Волокнисті. Виготовляють із шарів волокнистих матеріалів різної товщини: 1) тонковолокнисті, являють собою шари синтетичних волокон діаметром 1-2 мкм, нанесені на марлеву підложку або основу з більш товстих волокон, застосовуються для тонкого очищення вискодисперсних аерозолів, регенерація їх практично неможлива; 2) грубоволокнисті, застосовуються для грубого очищення, їх можна легко регенерувати або замінити [22].

Тканинні. Фільтрувальним матеріалом є різні тканини: бавовняні, вовняні, лавсанові й інші [22].

Висновки

Розділ надає детальний огляд системи управління охороною праці на підприємстві. Охорона праці розглядається як комплекс заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності працівників. Важливим елементом є системний підхід, який об'єднує різні аспекти охорони праці в єдину цілеспрямовану систему.

Для забезпечення безпеки виробництва деталей зі сталі 25X17H2Б-Ш важливо враховувати всі аспекти технологічних процесів, використовувати захисні засоби та дотримуватись вимог безпеки, зокрема тих, що стосуються електроустаткування та механізмів.

Продовжуючи аналіз вимог до засобів захисту та виробничого обладнання, можна визначити наступні аспекти:

- Виключення ймовірності впливу на працюючих небезпечних й зниження впливу шкідливих виробничих факторів:
- Урахування індивідуальних особливостей обладнання, інструмента, пристосувань або технологічних процесів, для яких вони призначені:
- Надійність, міцність, зручність обслуговування машин і механізмів у цілому, включаючи засоби захисту:
 - Огороджувальні пристрої:
 - Класифікація огороджувальних пристроїв:
 - Запобіжні захисні засоби:
 - Гальмові засоби захисту:
 - Засоби автоматичного контролю й сигналізації:

Виробництва, що спричиняють викиди забруднюючих речовин в атмосферу, мають велику відповідальність за дотримання екологічних стандартів та безпечних технологічних процесів. Законодавство вимагає від таких підприємств оснащення спеціальними спорудженнями та устаткуванням для очищення викидів в атмосферу, а також засобами контролю за кількістю та складом забруднюючих речовин.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню структури, властивостей та характеристик сталі 25X17H2Б-Ш після азотування при температурі 550 °С впродовж 36 год в середовищі дисоційованого аміаку.

1. Порівняльний аналіз існуючих літературних джерел інформує про методи термічної обробки сталі 25X17H2Б-Ш, що дає можливість визначити оптимальний режим зміцнення даної сталі, а саме: відпал при 910-960 °С впродовж 4 год з охолодженням з піччю до 400 °С, після чого охолодження на повітрі до кімнатної температури; гартування при 1050-1100 °С 0,5 год в масло; обробка холодом при -70 °С 2 год; відпуск 280-300 °С 2 год і охолодження з піччю. З метою отримання поверхні високої твердості, зносостійкості і корозійної стійкості запропоновано виконати хіміко-термічну обробку сталі, а саме азотування.

2. Сталь 25X17H2Б-Ш відноситься до аустенітно-мартенситного класу. На першому етапі реалізовували базову термічну обробку (відпал, гартування, обробка холодом та відпуск). Кінцевою обробкою було азотування при температурі 550 °С впродовж 36 годин в середовищі дисоційованого аміаку в лабораторній трубчатій печі. Проведено металографічний і дюрOMETричний аналізи. Визначення зносостійкості проводили двома методами: теоретичний за допомогою програми «Визначення величини зносу багатошарових захисних покриттів»; практичний – в лабораторних умовах за умов тертя-ковзання без змащування. Контртіло сталь Р18. Вихідні параметри: навантаження 15 – 45 Н; швидкість ковзання 0,9 – 0,36 м/с, час випробування складав 120 – 600 секунд.

3. Визначено оптимальний ступінь дисоціації аміаку становить 25-35 %. В результаті азотування формується двошарове покриття: $(Fe, Cr)_2N$ товщиною 25 мкм твердістю 6,0 – 9,0 ГПа, $(Fe, Cr)_4N$ товщиною 5 мкм твердістю 11,0 ГПа, зона внутрішнього азотування товщиною 70 мкм твердістю 5,0 ГПа. Зносостійкість азотованої сталі 25X17H2Б-Ш підвищується в 4 рази.

4. Повна собівартість виготовлення виробу із сталі 25X17H2Б-Ш за запропонованою технологією становить 163 004 грн. Підраховано, що розглянутий метод є дорожчим.

5. В роботі проаналізовані існуючі небезпечні та шкідливі фактори та надані рекомендації щодо попередження або усунення негативних наслідків від їх впливу.

Список використаних джерел

1. Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Харків, НТУ “ХПІ”, 2015. – Вип. 1 (25). – 237 с.;
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Азотування сталі. М., «Машинобудування», 1976. 256 с.;
3. Поверхнєве зміцнення зубчастих коліс: монографія / Б. А. Ляшенко, П. В. Каплун, Ф. І. Златопольський, С. А. Довжук, Є. К. Солових; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Кіровоград, 2015. – 183 с.;
4. Вплив ступеня дисоціації аміаку на структуру та властивості неіржавіючих азотованих сталей / В.Г. Хижняк, Н.А. Курило, О.В. Більченко // Металознавство та обробка металів. — 2009. — № 2. — С. 31-34. — Бібліогр.: 7 назв. — укр.;
5. Негреба Н. Ю. Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та термічної обробки деталі "втулка" : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 132 – матеріалознавство / наук. кер. Н. А. Харченко. Суми : СумДУ, 2022. 69 с.;
6. Харченко Н.А., Негреба Н.Ю. Термічна обробка сталі 25Х17Н2Б-Ш // Матеріали для роботи в екстремальних умовах : збірник тез та доповідей Міжнародної наукової конференції (НН ІМЗ ім. Є.О. Патона, НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського») / відпов. за випуск П.І. Лобода. Київ, 2021;
7. Бреславского Д., Бреславская Е. Характеристика сталі 25Х17Н2Б-Ш. Марочник сталі і сплавів. URL: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3121 (дата звернення: 19.12.2023);
8. Вплив комплексного іонного азотування на структуру і властивості сталі. ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/МАТЕРІАЛ/R_m_Ionne_azotuvannia.pdf (дата звернення: 18.12.2023);
9. Макро- та мікроаналіз металевих матеріалів. Оптична мікроскопія: метод. вказівки до лабораторної роботи з дисципліни «Матеріалознавство та

технологія конструкційних матеріалів» для спеціальності 180405 «Експлуатація суднових енергетичних установок» / відпов. за випуск Ю.А. Зорін, М.С. Пушкін. - СПб.: Вид-во ГМА ім. адм. С.О. Макарова, 2012. - 20 с.;

10. Металографічне травлення металів та сплавів: довідник / Л. В. Баранова, Е. Л. Дьоміна. - Москва: Металургія, 1986. - 256 с.;

11. Ремонт, модернізація та виготовлення МІМ-7. Ремонт, модернізація та виготовлення лабораторних приладів Асма-Прилад. URL: <https://asma.com.ua/content/mikroskopy/metallograficheskie-mikroskopy/283> (дата звернення: 20.12.2023);

12. Дудка В.О. Титаноалітування високозносостійкої сталі ШХ15 : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 132 – матеріалознавство / наук. кер. Т. В. Лоскутова. Київ : КПІ, 2023. 92 с.;

13. Микляева П. Г., Нешпор Г. С., Кудряшова В. Г. Мікротвердість. *Твердість*. URL: http://ni.biz.ua/3/3_2/3_2373_mikrotverdost.html (дата звернення: 20.12.2023);

14. ГОСТ 9450-76. Вимір мікротвердості вдавлуванням алмазних наконечників. [Чинний від 01.01.1977]. Вид. офіц. Москва, 1977. 35с;

15. ДСТУ 4563-93. Визначення зносостійкості. [Чинний від 01.01.1994]. Вид. офіц. Київ, 1993;

16. Визначення величини зносу багатошарових захисних покриттів. об'єкт авторського права, КП. Комп'ютерна програма, рішення про реєстрацію договору, який стосується права автора на твір №6669 24 січня 2023 р. Харченко Н. А. Дегула А. І. Павленко І.В. Івченко О. В. Негреба Н. Ю. Кравченко В. О. Піменов О. О. Павленко В.В. Іванов В.О. Шовкун М. О. Дудкіна Н. О.;

17. Дії населення при загрозі або виникненні НС з викидом (виливом) АМІАКУ. Пам'ятка. URL: <http://kr.consumer.gov.ua/doc/sanepid/pamjatki/amiak.pdf> (дата звернення: 21.12.2023);

18. Технологічні аспекти забезпечення працездатності інструменту з швидкорізальних сталей / М. В. Кіндрачук, В. В. Загребельний, В. Г. Хижняк, Н. А. Харченко // Проблеми тертя та зношування. - 2016. - № 1. - С. 67-78;

19. Сила тертя. Види тертя. Коефіцієнт тертя. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/sila-tertya-vidi-tertya-koeficient-tertya-216306.html#:~:text=Існує%20три%20види%20сили%20тертя,рухові%20тіл%20одне%20відносно%20одного> (дата звернення: 18.12.2023);
20. Законодавство України про охорону праці (у чотирьох томах) т.1. - Київ, 1995.-1902 с.;
21. Охорона праці в галузі: Конспект лекцій та методичні вказівки з виконання контрольних робіт для студентів технічних вузів/ Укл.: О.М. Савчук. – Запоріжжя: Просвіта, 2003. – 164 с.;
22. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н.М.Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с.;
23. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» (зварювальні та споріднені спеціалізації) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. Г. Левченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 110 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 30 с.

Додаток А

УКРАЇНА



РІШЕННЯ

про реєстрацію договору, який стосується права автора на твір

Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій» розглянула заяву

Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
(повне ім'я фізичної або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

про реєстрацію авторського договору від 24 листопада 2022 р. № 465 про передачу (відчуження) майнових прав і прийняло рішення зареєструвати авторський договір, відповідно до якого майнові права на твір

Комп'ютерна програма «Визначення величини зносу багатомарних захисних покриттів»; Харченко Надія Анатоліївна, Дегула Андрій Іванович, Павленко Іван Володимирович, Івченко Олександр Володимирович, Петреба Ніста Юрійович, Кравченко Віталій Вікторович, Пименов Олег Олександрович, Павленко Віта Володимирівна, Іванов Віталій Олександрович, Шовкун Михайло Олександрович, Дудзіна Наталя Олександрівна
(назва, повна, скорочена (за наявності) назва твору, повне ім'я, псевдонім (за наявності) автора(ів))

передаються(відчужуються)

Харченко Надія Анатоліївна, вул. Проф'єсна, 30/1, кв. 3, м. Суми, 40024; Дегула Андрій Іванович, пр-т Курський, 129 Б, кв. 17, м. Суми, 40020; Павленко Іван Володимирович, вул. Фіштова, 2 А, м. Суми, 40022; Івченко Олександр Володимирович, пр-т М. Лушви, 57, кв. 64, м. Суми, 40034; Петреба Ніста Юрійович, вул. Кулішівська, 71, кв. 57, м. Суми, 40002; Кравченко Віталій Вікторович, вул. Героїв Крут, 42 В, кв. 10, м. Суми, 40034; Пименов Олег Олександрович, пров. 8 Березки, 6, м. Суми, 40009; Павленко Віта Володимирівна, пров. 8 Березки, 6, м. Суми, 40009; Іванов Віталій Олександрович, пр-т Лушви, 5/30, кв. 29, м. Суми, 40035; Шовкун Михайло Олександрович, вул. Горького, 156, кв. 4, м. Ромни, 42000; Дудзіна Наталя Олександрівна, вул. Героїв Небесної Сотні, 7, кв. 35, м. Суми, 40035
(повне ім'я фізичної(их) або повне офіційне найменування(я) юридичної(их) особи(ів), який(які) передається(відчужується) право на твір, адреса)

Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
(повне ім'я фізичної або повне офіційне найменування юридичної особи, який передається(відчужується) право на твір, адреса)

Повністю

Реєстраційний номер **6669**

Дата реєстрації **24 січня 2023 р.**

Директор
Державної організації
«Український національний
офіс інтелектуальної власності
та інновацій»

Олена ОРІНОК




УКРНОІВІ

Додаток Б



(11) 151778

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» (Укрпатент)	
Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності».	
Паперовий документ містить 3 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.	
Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 1494140922 необхідно:	
1. Перейти за посиланням https://sis.ukrpatent.org . 2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу. 3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».	
Уповноважена особа Укрпатенту  14.09.2022	 І.Є. Матусевич

Сторінка 6 із 6

(11) 151778

(19) UA

 (51) МПК (2022.01)
 C23C 12/00
 C23C 8/24 (2006.01)

(21) Номер заявки: **u 2021 05927**

(22) Дата подання заявки: **22.10.2021**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **15.09.2022**

(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: **14.09.2022, Бюл. № 37**

(72) Винахідники:
 Харченко Надія Анатоліївна, UA,
 Дегула Андрій Іванович, UA,
 Івченко Олександр Володимирович, UA,
 Панченко Віталій Олександрович, UA,
 Мелейчук Станіслав Станіславович, UA,
 Жигилій Дмитро Олексійович, UA,
 Іванов Віталій Олександрович, UA,
 Павленко Іван Володимирович, UA,
 Чумаков Дмитро Сергійович, UA,
 Негреба Нікіта Юрійович, UA,
 Ольховик Катерина Євгенівна, UA,
 Кайдаш Дмитро Віталійович, UA,
 Кравченко Віталій Вікторович, UA,
 Лоскутова Тетяна Володимирівна, UA,
 Погребова Інна Сергіївна, UA,
 Рясна Ольга Василівна, UA,
 Ткаченко Олександр Володимирович, UA,
 Антонов Анатолій Павлович, UA

(73) Володівець:
 СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
 вул. Римського-Корсакова, 2,
 м. Суми, 40007, UA

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ДИФУЗІЙНОЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб дифузійної металізації твердих сплавів, який включає завантаження до камери зразків, деревного

Сторінка 3 із 6

Додаток В

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА



ІМЗ ім. Є.О. Патона

МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ
«МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ – 11»



23 – 24 грудня 2021
Київ, Україна

- ВПЛИВ ТИСКУ НА ФОРМУВАННЯ НОВІТНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ANiCoFeCr – TiB₂ ПОКРИТТІВ МЕТОДОМ ХОЛ**
аспірант Наконечний С.О., студ. Лівінова О.А., студ. Лавь Ц., д.т.н., проф. Юркова О.І., д.т.н., проф. Лобода П.І.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона, кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії 60
- ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТА ПІЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ НАНОСТРУКТУРОВАННИХ ПОКРИТТІВ**
аспірант К.С. Хандюков, к.ф.-м.н., доц. Т.П. Говорун, студент А.Ю. Бурлака
Сумський державний університет, факультет технічних систем та енергоефективних технологій, кафедра ПМ і ТКМ 64
- ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ Ti, Al та Ni НА ВЛАСТИВОСТІ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ**
студент А.Ю. Бурлака, аспірант К.С. Хандюков, аспірант В.О. Варакін, к.ф.-м.н., доц. Т.П. Говорун, аспірант В.І. Перера
Сумський державний університет, факультет технічних систем та енергоефективних технологій, кафедра ПМ і ТКМ 67
- ЗМІЩЕННЯ РІЗУЧОГО ТВЕРДОСЦІЛВАННОГО ІНСТРУМЕНТУ ПІЛЯХОМ СИНТЕЗУ ОКСИДНО-НІТРИДНИХ КОМПЛЕКСНИХ ПОКРИТТІВ**
аспірант В.О. Варакін, к.ф.-м.н., доц. Т.П. Говорун, студент Р.О. Хвостенко
Сумський державний університет, факультет технічних систем та енергоефективних технологій, кафедра ПМ і ТКМ 70
- IMPACT OF IMPURITIES IN ALLOY ON WEAR RESISTANCE CHARACTERISTICS**
Ph.D., Assoc. T.P. Govorun, Ph.D., Assoc. O.A. Bilous, Ph.D. K.V. Berladir
Sunny State University, Faculty of Technical Systems and Energy Efficient Technologies, Department of PM and TCM 72
- ANALYSIS OF HEAT LOAD PROPAGATION ON A CUTTING PLATE WITH A MULTILAYER COATING**
Belous D. A.¹, Goncharov A. A.¹, Yunda A. N.²
¹⁾Sunny State University, ²⁾The Institute of Applied Physics, National Academy of Sciences of Ukraine 73
- МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ НАЙПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛЕВОГО ПОКРИТТЯ**
к.ф.-м.н., доц. О.А. Білоус, к.ф.-м.н., доц. Т.П. Говорун, студент А.Ю. Бурлака, магістрантка Д.В. Пахненко, аспірант К.С. Хандюков, аспірант В.О. Варакін
Сумський державний університет 74
- STUDY SOLID-STATE PHASE TRANSFORMATIONS BY FORMATION OF METASTABLE STATE**
Ph.D., associate professor Ivan Petryk
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Str. 15, 76019, Ivano-Frankivsk, Ukraine 75
- ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СТАЛІ 25X17H2B-III**
студент Н. Ю. Харченко, к.т.н., доц. Н. А. Харченко
Сумський державний університет, факультет технічних систем та енергоефективних технологій, кафедра ПМ і ТКМ 77

УДК 669.295: 621

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СТАЛІ 25X17H2B-III

студент Н. Ю. Харченко, к.т.н., доц. Н. А. Харченко

Сумський державний університет, факультет технічних систем та енергоефективних технологій, кафедра ПМ і ТКМ

E-mail: n.harchenko@pmtkm.sumdu.edu.ua

В роботі проаналізований вплив термічної обробки на властивості сталі 25X17H2B-III. Встановлено структурний клас досліджуваної сталі, призначена оптимальна термічна обробка, визначені механічні властивості даної сталі після відповідної термічної обробки.

Термічна обробка виробів із особливо високоякісних сталей, виготовлених методом електрошлакового переплаву, є актуальною в зв'язку з його широким застосуванням в системах, що працюють в умовах високого тиску, агресивних середовищ і використовуються для виготовлення відповідальних деталей в тому числі і в атомній енергетиці.

В якості матеріалу дослідження обрано сталь 25X17H2B-III, яка відноситься до особливо якісних корозійно-стійких сталей. Електрошлаковий переплав (ЕШП) - один із процесів спеціальної електрометалургії. ЕШП є вторинним процесом рафінування металів. Він застосовується для подальшого очищення металів та сплавів після завершення первинних операцій з видалення домішок і рафінування [1-3].

Основним легуючим елементом сталі є хром. На основі розрахунків еквівалентного вмісту хрому та нікелю за діаграмою Шеффлера встановлено, що сталь відноситься до перехідного класу аустеніт-мартенсит-ферит. Також підраховано, що частка фериту в структурі становить 3,33%.

Запропоновано спосіб термічної обробки, який включає двоступінчастий відпал: перший етап 870°C з охолодженням в печі, другий етап 630°C з охолодженням на повітрі, гартування при 1100°C, обробка холодом при -70°C та відпуск 300°C. Така термічна обробка дозволяє отримати аустенітно-мартенситну структуру, яка характеризується високими механічними характеристиками та стійкістю до міжкристалітної корозії (МКК) форми структури, з оптимальними властивостями.

Основними макродефектами, які були присутні в сталі 25X17H2B-III були центральна пористість (1 бал) та загальна п'ятниста ліквіація (1 бал). Взначення неметалевих включень проводили по ГОСТ єдиний дефект серед неметалічних включень, який був присутній - оксид точковий. В результаті можна сказати, що сталь 25X17H2B-III високої чистоти і якості за неметалевими включеннями, що відповідає вимогам до властивостей деталей, які виготовляються з даної марки сталі. В результаті проведень випробувань на стійкість до міжкристалітної корозії було встановлено, що сталь 25X17H2B-III стійка до МКК. Крім того, в роботі були реалізовані випробування механічних властивостей і були отримані наступні значення: $\sigma_{0.2} = 1180$ МПа, $\sigma_n = 1480$ МПа, $\delta = 13$ %, $\psi = 48$ %, $KCU = 51$ Дж/см², 28 HRC.

Визначено, що запропонований спосіб термічної обробки, який застосовувався для сталі 25X17H2B-III, можна рекомендувати для впровадження у виробництво для відповідальних виробів, що працюють в атомній енергетиці.

ЛІТЕРАТУРА

- Семін А. Е., Кочетов А. І., Сімонян Л. М. Металургія спецсталей. Теорія і технологія спецеелектрометалургії: Курс лекцій. – М.: МІСІС, 2007. 180 с.
- Апаносов А. М. Спеціальна електрометалургія : навчальний посібник. Томськ: ТПУ, 2003. 146 с.
- Бабіна (Порядина) А. Н. Отримання високочистих металів. Сучасна техніка і технології : зб. матеріалів доп. учасн. XX Міжнар. наук.-практ. конф. Юрга : Кемеровська обл., 2014. 7–8 с.