

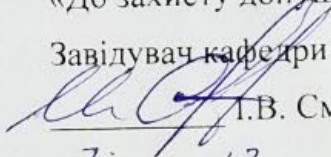
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Зварювальний факультет
Кафедра інженерії поверхні

«На правах рукопису»
УДК 621.493.44

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри


І.В. Смирнов

« 7 » 12 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра


зі спеціальності 132 Матеріалознавство

на тему: «Відновлення штоку гідроциліндру плазмовим напиленням»

Виконав:

студент II курсу, групи ЗП-71мп

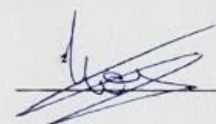
Дерижук Михайло Васильович



Керівник:

Доцент, к.т.н.

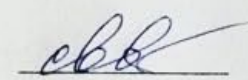
Чорний А.В.



Консультант з охорони праці:

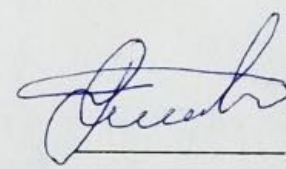
Зав. каф., д.т.н., проф.

Левченко О.Г.



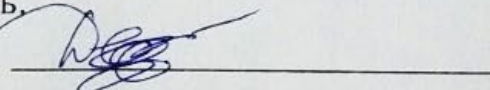
Рецензент:

Доцент, к.т.н. Сидоренко П.Ю.



Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент



Київ – 2018 року

АНОТАЦІЯ

В даному дипломному проекті розглядається питання пов'язане з підвищенням зносостійкості штоку гідроциліндра плазмовим напиленням.

Проведено аналіз умов роботи та експлуатації штоку гідроциліндра, досліджено технологічні характеристики основного та матеріалу для напилення.

Розроблено технологію підвищення зносостійкості, яка забезпечує якісне формування напиленого шару та високі зносостійкі властивості.

В розділі з охорони праці висвітлено питання підвищення електробезпеки, газової безпеки та покращення умов праці персоналу.

Записка вміщує 93 сторінки машинописного тексту, 24 рисунків, 23 таблиць, 1 додаток, 15 джерел літератури.

Ключові слова: напилення, покриття, зносостійкість, шток гідроциліндра.

Annotation

In this thesis project the issue related to increase wear resistance of hydraulic cylinder with plasma spraying is indicated. The analysis of the working conditions and the operating of compressor stem has been studied. The technological characteristics of the basic and surfacing materials have been investigated.

The technology of restoration that ensures a high-quality formation of the deposited layer, providing the high wear resistant properties, has been developed.

In the section on Occupational Health and Safety the issues of enhance electrical and gas safety and improvement of the working conditions of the personnel are highlighted.

The note contains 93 pages of typewritten text, 8 figures, 10 tables, 2 appendixes, 15 sources of literature.

Keywords: plasma spraying, restoration, coatings, wear resistant properties, compressor stem.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ	8
1.1 Умови роботи та види зношування штоку гідроциліндра	8
1.2 Способи відновлення штоку гідроциліндра	20
1.3 Перспективність обраного способу нанесення покриття	28
2. ПРОЕКТНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	32
2.1 Матеріал для відновлення плазмового напилення	32
2.2 Обґрунтування та вибір матеріалу для напилення	48
2.3 Вибір способу нанесення покриття	50
2.4 Визначення раціональних режимів напилення	57
3. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	63
3.1 Обладнання для нанесення покриття	63
3.2 Опис конструкції плазмотрона	69
3.3 Властивості напиленого покриття	72
3.4 Технологічний процес відновлення штоку гідроциліндру	74
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	75
5 СТАРТАП ПРОЕКТ	82
ВИСНОВКИ	88
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	89
ДОДАТКИ	91

ВСТУП

В наш час з отриманням нових порошкових матеріалів проявляється великий інтерес до технологій плазмових покриттів, які характеризуються високою універсальністю, продуктивністю, простотою в автоматизації, майже необмеженістю розмірів поверхонь, які покриваються.

Аналіз матеріалів міжнародних конференцій по застосуванню газотермічного напилення у промисловості розвинених країн (США, Німеччина, Франція, Японія, скандинавські країни) показує, що розвиток багатьох галузей сучасної техніки в значній мірі залежить від успішного застосування для відповідальних деталей машин і конструкцій захисних покриттів, які захищали б робочі поверхні від різних видів зносу і корозії в агресивних газових і рідких середовищах в широкому інтервалі температур.

Для підвищення зносо- і корозійної стійкості деталей і металоконструкцій необхідно застосовувати захисні покриття. Способи наплавлення і напилювання з використанням електричної енергії найбільш відомі. Це пояснюється їх продуктивністю й економічністю. Як правило, вони не зв'язані з витратою дефіцитних матеріалів. Перспективні газополуменеві напилювання і наплавлення. Це самі доступні технології, що не вимагають складного і дорогого устаткування і дозволяють одержувати якісні покриття.

1. КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

1.1 Умови роботи та види зношування штоку гідроциліндра

Вибір який розглядається у даному дипломному проекті являється шток гідроциліндра. Ескіз представлений на рис. 1.1.

Шток - основна частина гідроциліндрів, її застосовують в багатьох видах промислової техніки. Вони бувають повнотілими і порожнистими. Вони якісні та стійкі до різного впливу агресивних хімічних речовин та інтенсивних механічних навантажень. Навіть якщо вони мають незначні пошкодження, тоді необхідний ремонт чи заміна штока гідроциліндра.

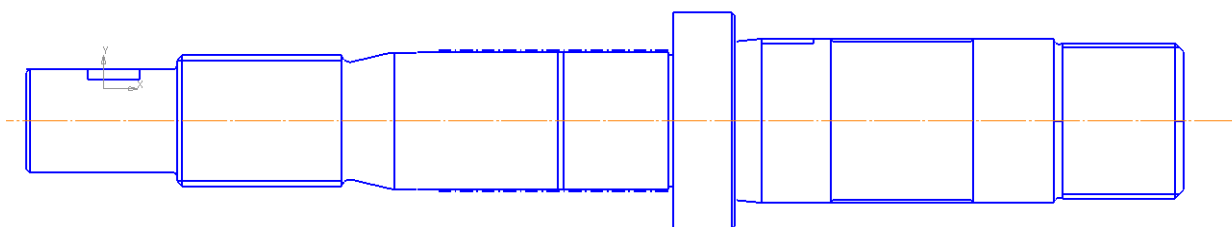


Рисунок 1.1 - Ескіз штока гідроциліндра

Типи штоків:

Повнотілі штори – являють собою цільні стрижні, які витримують навантаження. У нашому каталозі представлені всі стандартні розміри, які є в наявності на складі або які ми можемо поставити в найкоротші терміни.

Порожністі штори - застосовуються в телескопічних гідравлічних циліндрах, мають великий хід, але при цьому витримують дуже високе навантаження.

Хромовані порожністі і повнотілі штори використовуються для роботи при високому тиску, різких перепадах температур і інших видах навантаження. Цей додатковий захисний шар робить шток гідроциліндра довговічним, стійким до впливу навколишнього середовища, в тому числі, агресивних хімічних середовищ.

Гідравлічне обладнання вимагає до себе дбайливого ставлення та при правильному підході до експлуатації може прослужити тривалий час, зберігаючи свою відмінну працездатність. Однак навіть при самому правильному використанні, не завжди вдається зберегти механізм в робочому стані. З вузлів

гідросистеми, які вимагають підвищеної уваги можна виділити гідроциліндри. Несправність гідроциліндрів зазвичай виявляється у вигляді пошкоджень, і проявляється у вигляді течі, що в свою чергу сильно ускладнює роботу всієї системи.

Шток гідроциліндра є найбільш вразливою його частиною. Основними ушкодженнями гідроциліндрів є, подряпини, задири, відколи та ін. Частково від них можна захиститися установкою захисних чохлаів, однак вони не гарантують захисту від вигинів при неправильній експлуатації гідроциліндрів. Ремонт штоків гідроциліндрів, як правило, проводиться шляхом повної заміни штока, а так само ущільнень і манжет. При ремонті штоків гідроциліндрів великих діаметрів, доцільніше відновити поверхню штока гідроциліндра, ніж міняти на новий. Зношені деталі заново виготовляють. Часто, під час ремонту штока гідроциліндра, разом з манжетами і штоком доводиться міняти і гільзу, через пошкодження її внутрішньої поверхні (задири).

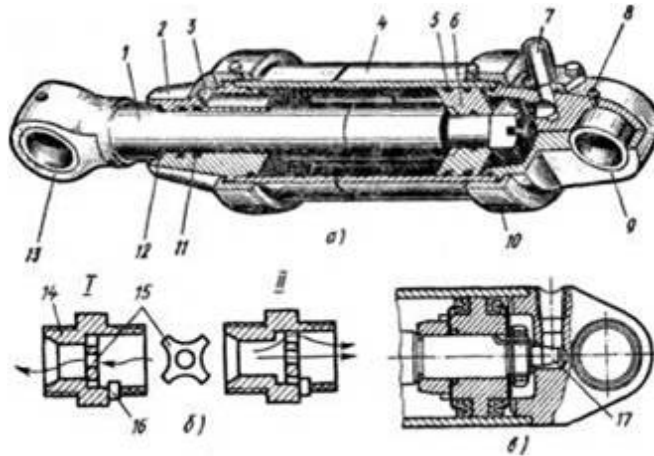
Механічні пошкодження на штоках і гільзах. Вони можуть виникати як зовнішнього механічного впливу, так і внаслідок забруднення рідини всередині системи. Все це негативно позначається на роботі і вимагає термінового ремонту штоків гідроциліндрів або гільз гідроциліндрів.

Технологія розхромування :

зовнішня шліфовка пошкодженої поверхні до виведення дефектів (до ремонтного розміру), полірування, потім шток поміщається в гальванічну ванну (ХТВ 20 ... 80 мкм), полірування.

Ремонт штока гідроциліндра здійснюється наступним чином: спочатку проводиться виявлення пошкоджень поверхні (подряпини, відколи, задири) і послідовне їх усунення. Обробка поверхні поділяється на етапи: первинна обробка, нанесення залізо-нікелевого сплаву і шліфування з поліруванням в розмір.

Гідроциліндр – призначений трансформувати енергію в потоці рідини у рух механізму виконання, має об'ємний гідродвигун з поступально-зворотнім рухом вихідної ланки.



а - загальний вид, б - клапан вповільнення, в - демпфер; 1 - шток, 2, 9 - кришки, 3, 7 - свердління для подачі масла, 4 - корпус, 5, 11 - манжети, 6 - поршень, 8 - оливниця, 10 - гайка, 12 - брудознімач, 13 - головка штока, 14 - уповільнюючий клапан, 15 - шайба, 16 - штифт, 17 - хвостовик; I - схема роботи при опусканні відвала, II - те ж, при підйомі;

Рисунок 1.2 – Будова гідроциліндру

Технічні характеристики стандартних гідроциліндрів:

Гідроциліндри застосовуються для роботи на моторних маслах і гідравлічних рідинах в діапазоні температур від -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$ і температурі робочої рідини від -10°C до $+80^{\circ}\text{C}$. Діаметр поршня: від 25 до 300 мм; Діаметр штоку: від 16 до 140 мм; Хід поршня: до 4000 мм; Робочий тиск: $p_n = 25 \text{ МПа}$ (250 бар); Випробувальний тиск: $p_r = 1,5p_n$; максимальна швидкість поршня: $V_{\max} = 0,5 \text{ м/с}$; Діапазон температур робочої рідини: $-25^{\circ}\text{C} \div +80^{\circ}\text{C}$; діапазон температур навколишнього середовища: $-20^{\circ}\text{C} \div +50^{\circ}\text{C}$; робоча рідина: гідравлічні масла, в'язкість $\nu = 10 \div 450 \text{ Па}\cdot\text{с}$; необхідна тонкість фільтрації робочої рідини: $< 100 \text{ мкм}$; Повний ККД: $> 0,95$;

Види гідроциліндрів:

Гідроциліндри односторонньої дії

Види гідроциліндра поршневого типу є сам гідроциліндр. До їх групи відносять мембранні, плунжерні і пневмо двигуни. За рахунок того що в порожнині поршня створюється тиск подачі робочої рідини відбувається

висунення, а повернення в початкове положення - пружиною або гравітаційною силою. Гідроциліндри які створюють зусилля з пружиною при умовах рівних від зусилля менше, які створюються гідроциліндрами з двосторонніми діями, за рахунок того, що при штоку прямого ходу, зусилля стиснутої пружини необхідно подолати. Елемент повороту тут виконує. Бувають випадки коли за рахунок повернення діє приводиться механізм, іншого гідроциліндра чи підняти вантаж за рахунок сили тяжіння - гідроциліндр може не мати зворотної пружини через відсутність необхідності.

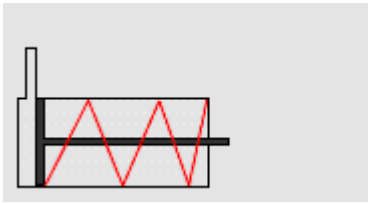


Рисунок 1.3. - Односторонній гідроциліндр

Гідроциліндри двосторонньої дії

Найчастіше використовують поршневі гідроциліндри з двостороннім типом дії, у яких односторонній шток. Шток може переміщатися у напрямку двох сторін, але це залежить від того, де зараз нагнітається робоча рідина. В цей момент, друга порожнина з'єднується зі зливною лінією. Вони застосовуються в основному устаткуванням робочого повороту, у випадку даного корпусу гідроциліндра виступаю сам корпус між іншим рухомим елементом. При поршні зворотної, чи прямої дії, зусилля створюється за рахунок тиску, відповідно, у штоковій порожнині або у поршневій. При ході поршня прямого зусилля дещо більша на штоку, а швидкість руху у відмінності від зворотнього ходу – менша, за рахунок різниці в площі, до робочої рідини(ефективної площі) якої прикладений тиск. Гідроциліндри такого типу здійснюють у робочих органах бульдозеру опускання-підйом.

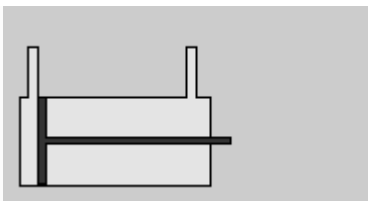


Рисунок. 1.4. - Двосторонній гідроциліндр

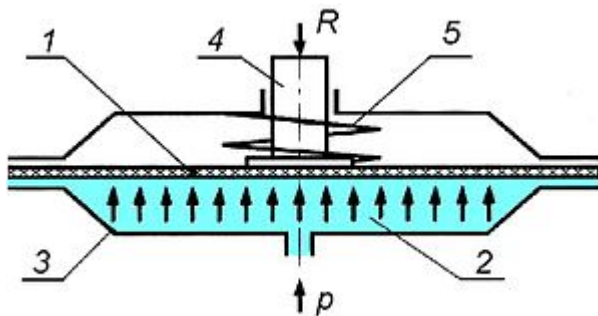
Гідроциліндр телескопічний

Перший телескопічний гідроциліндр був винайдений та запатентований у 19 столітті Джоозефом, а в цей період часу завдяки цьому принципу працюють автомобільні домкрати, які відомі майже кожному водію. Назву телескопічний циліндр має завдяки схожості конструкції з підзornoю трубою та. Гідроциліндри такого типу застосовуються в тому випадку, якщо при невеликих розмірах гідроциліндра відбувається необхідність в забезпеченні великого ходу штока. Вони являють собою декілька циліндрів конструктивного типу, які вставляються один в одного таким чином, що циліндр одного корпуса-інший шток. Вони здійснюють, наприклад, підйом-опускання кузовів в багатьох самоскидах.



Рисунок 1.5 - Гідроциліндр телескопічного типу

Гідроциліндр мембранного типу



1-Мембранний диск; 2-Робоча камера; 3-Корпус; 4-Шток; 5-Пружина.

Рисунок 1.6. - Пневмоциліндр мембранного типу

Пневмоциліндр мембранного типу є також пневмодвигунами дискретної дії з лінійним зворотно-поступальним рухом вихідної ланки - штока. У порівнянні з поршневыми пневмоциліндрами вони простіші у виготовленні через відсутність точних контактних поверхонь, мають високу герметичність робочої камери, не потребують змащення і якісного очищення стиснутого повітря. Проте їм притаманні недоліки: обмеженість довжини ходу, змінне вихідне зусилля, що залежить від прогину мембрани. Найпоширеніші мембранні пневмоциліндри односторонньої дії із зворотною пружиною. Використовуються в обладнанні, де

вимагаються значні зусилля при відносно малих переміщеннях (затискування, фіксація, перемикання, гальмування тощо). У мембранному пневмоциліндрі односторонньої дії плоска мембрана 1 зацмлена по контуру між корпусом і кришкою 3. Внутрішній діаметр зацмлення D називають діаметром заправлення мембрани. Оскільки не все зусилля від тиску повітря у робочій камері передається штоку, так як частина мембрани контактує з корпусом, то його розраховують за ефективною площею F_e , яка є меншою від геометричної. При малих прогинах мембрани

$$F_e = \frac{\pi}{12} (D^2 + Dd + d^2), \quad (1.1)$$

де d - діаметр опорного диска мембрани на штоці.

Диференціальні гідроциліндри

Диференціальні гідроциліндри з однобічним штоком.

У більшості випадків гідроциліндри мають односторонній шток. У диференціальних гідроциліндрах поршень жорстко з'єднаний зі штоком, що має менший діаметр. Визначення «диференціальний» відбулося від різної (диференціальної) площі поршня з боку робочих камер. Відношення площ поршневої і штокової камер позначається як коефіцієнт. максимальне зусилля, що розвивається, визначається максимально припустимим робочим тиском і площею поршня в поршневій (при висуванні штока) або штоковій (при втягуванні) камері. Отже, при однаковому робочому тиску зусилля висування в раз більше, ніж зусилля втягування. Оскільки заповнювані порожнини при ході в обидва боки рівні по довжині, але відрізняються за об'ємом, отримуємо співвідношення швидкостей руху, зворотно пропорційним площам поршневої і штокової камер. Це означає, що чим більша площа, тим меншою є швидкість і, навпаки, чим менша площа, тим більша швидкість.

Диференціальні гідроциліндри із двостороннім штоком.

Гідроциліндри мають один поршень, пов'язаний із двома штоками меншого діаметра. Зусилля, що розвивається максимально в обидва боки, залежить від однакових за розміром площ кільцевих поверхонь поршня і

масимально припустимого робочого тиску. Це означає, що при однаковому робочому тиску зусилля в обох напрямках руху однакові. Оскільки поверхні і довжини ходу рівні з обох боків, що дійсно ,також, і для заповнюваних об'ємів, то швидкості руху однакові за величиною.

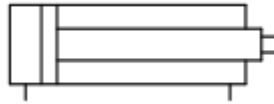


Рисунок 1.7 - Умовне графічне позначення диференціального гідроциліндра

Область застосування.

Якщо розрізняти їх по областях застосування, то фактично їх можна розділити на основні групи:

- Приводять в дію будь-які важільні механізми робочого обладнання (екскаватори, навантажувачі, лісонавантажувачі)
- Переміщення робочих органів, які в процесі руху здійснюють корисну роботу (автогрейдери, бульдозери)
- Установки всієї машини чи якихось окремих органів цієї машини.

Гідроциліндри широко застосовують у всіх галузях техніки, де використовують об'ємний гідропривід. Наприклад, в будівельно-дорожніх, землерийних, підйомно-транспортних машинах, в авіації і космонавтиці, а також в технологічному обладнанні - металорізальних верстатах, ковальсько-пресових машинах.

Враховуючи той факт, що в даний час пред'являються все більш жорсткі якісні вимоги до різного пневмо-обладнання, варто відзначити ті особливості, які притаманні якісним гідроциліндрам: в першу чергу, це висока герметичність деталей і ККД, прагнучий до 100%. Важливою якістю вважається плавність ходу штока гідроциліндра, а також невисокий рівень шуму. І звичайно, дійсно якісний гідроциліндр має тривалий термін експлуатації і характеризується високою експлуатаційною надійністю.

Вимоги до гідроциліндрів:

Ущільнення гідроциліндрів зобов'язані бути дуже герметичними і зручними у випадках монтажу, а також вони повинні практично не давати тертя, бути малого розміру і бути повністю сумісні з робочою рідиною. Як у будь-якого механізму, у них є і нерухомі частини, як правило, це невеликі кільця з гуми у яких круглий перетин. Наприклад, в рухомому з'єднанні між поршнем і штоком використовують гумові та гумово-тканинні манжети, їх встановлюють разом з кільцями, зробленими з фторопласту. Фторопластові кільця не дають видавлюватися манжетам з посадочних канавок, коли на них впливає тиску робочої рідини. Для звичайних умов роботи поршневе ущільнення облаштовано фігурним гумовотканинним кільцем, у якого з боків встановлюються фасонні кільця, що заважають процесу видавлювання, а також до них примикають опорно-направляючі кільця, які виготовляються з полімеру (зазвичай береться скло-наповнений полімер). Щоб ущільнити шток використовується спеціальна система з компенсаційного кільця, і спеціального гумово-тканинного кільця.

Основні переваги

1. Надійність і стійкість до перевантажень
2. Висока вантажопідйомна здатність;
3. Простота конструкції;
4. Стабільна і безпечна робота обладнання за рахунок великої жорсткості гідравлічного циліндра;
5. Відсутність потреби у великих капіталовкладень в ремонт гідроциліндра.

Гідроциліндри є агрегатами які в процесі експлуатації, на практиці дають більшу частину відмов у роботі гідравлічних систем. В основному їх відмови відбуваються через неправильну експлуатацію або зневаги до обслуговування. Зовнішні пошкодження та їх наслідки очевидні і можуть бути виявлені при щоденних оглядах машини (подряпини, забоїни на штоках, вм'ятини на корпусі, масляне виснаження штока тощо). А ось внутрішні витоку і максимальний знос вимагають більш ретельної уваги.

Основні причини несправностей які виникають в гідроциліндрах

До найбільш поширених причин появ несправностей в гідроциліндрах відносять:

1. Порушення періодичності технічного обслуговування гідросистем.
2. Використання низькосортних гідравлічних масел (найчастіше сумішей різних олій).
3. Наявність механічних домішок в оліях, внаслідок чого відбувається засмічення фільтрів і жиклерів, зависання золотників і клапанів, порушення цілісності елементів ущільнювачів (манжет, грязес'ємник, кілець) гідроциліндрів, і в підсумку порушення максимальної роботи гідросистеми експлуатованої машини.
4. Порушення правил експлуатації (перевищення вантажопідйомності, механічні пошкодження і т.п.).
5. Порушення параметрів установки в вузлах і агрегатах тобто такі випадки коли в конструкції виникає ефект вигину штока гідроциліндра.

Наслідки очевидні та неминучі

- порушення герметичності, за рахунок інтенсивного зносу ущільнень;
- механічні пошкодження штоків, гільз, поршнів - загини, відколи, злам, вигин;
- ізнас посадочних місць підшипників, втулок в проушинах;
- порушення цілісності опорно-ущільнювальних елементів;

Працездатність гідроциліндра зазвичай знижується поступово в часі, а знос може бути більше 20%, коли це усвідомлює працівник, помічаючи сповільненість, і збільшення тимчасових циклів.

Основним способом оцінки технічного стану гідросистеми є її тестування, що в даний час через погану оснащеності даним видом обладнанням неприпустимо для експлуатаційників. Працездатність гідроциліндра зазвичай знижується поступово в часі, а знос може бути більше 20%, коли це усвідомлює працівник, помічаючи сповільненість, і збільшення тимчасових циклів.

Основним способом оцінки технічного стану гідросистеми є її тестування, що в даний час через погану оснащеність даним видом обладнанням неприпустимо для експлуатаційників

Експлуатація гідроциліндра повинна проводитися відповідно до "Технічним описом та інструкції по експлуатації" виробу, на яке він встановлюється. Монтаж, демонтаж і експлуатація гідроциліндра на виробі повинні проводитися персоналом, ознайомленим з "Технічним описом та інструкції по експлуатації" на машину і гідроциліндр.

Штоки хромовані є невід'ємною частиною гідравлічного обладнання, яка після певного періоду використання потребує ремонту, а то й повної заміни компетентними фахівцями. У разі необхідності придбати шток гідроциліндра ви завжди можете в будь-який зручний час у багатьох компаніях і фірмах української столиці. Кожен окремо взятий шток гідроциліндра є сучасною технічної продукції високої якості, яка цілком заслужено користується значним попитом у сучасного споживача. Українські виробники на постійній основі реалізують різні штоки для гідроциліндрів виробництва світових компаній з Японії, США, Великобританії, Франції, Німеччини та Італії. Всі вони в повній мірі відповідають всім нині чинним нормам і стандартам якості України і світової спільноти.

Абразивне зношування і пошкоджувальність - процеси руйнування поверхонь деталей машин в результаті їх взаємодії з твердими частинками (абразивним середовищем), при наявності відносної швидкості. В ролі таких частинок виступають:

а) нерухомо закріплені тверді зерна, які входять в контакт по дотичній або під невеликим кутом до поверхні деталі;

б) незакріплені частинки, які входять в контакт з поверхнею деталі (наприклад, насипні вантажі при їх транспортуванні відповідними засобами, абразивні частинки в ґрунті при роботі сільськогосподарських машин і т.п.)

в) вільні частинки, які перебувають в зазорах спряжень деталей;

г) вільні абразивні частинки, які затягуються в потік рідиною або газом.

Абразивному зношуванню підлягають деталі сільськогосподарських машин, дорожньо-будівельних, гірничих, транспортних машин і засобів транспортування, вузли металургійного обладнання, металорізальних верстатів, шасі літаків, робочі колеса турбін, труби і насоси земснарядів, лопатки газових турбін, труби водяних економлайзерів і парових котлів, обладнання нафтової і газової промисловості, підшипники валів гребних коліс, підшипники гребних валів суден і т.п.

На процес абразивного зношування може впливати природа абразивних частинок, агресивність середовища, властивості поверхонь, що зношуються, ударна взаємодія, нагрів та інші фактори. Загальним для абразивного зношування є механічний характер руйнування поверхні.

Абразивне зношування виникає при контактуванні з ґрунтом, рудою, вугіллям і породою, золою, попелом, пилюкою, які попадають на поверхню тертя, металічною стружкою, окисними плівками, які закріпилися на поверхні тертя або руйнування, нагаром і продуктами зношування.

Абразивні частинки можуть мати різноманітну форму і бути по різному зорієнтовані відносно поверхні спряження. Здатність абразивного зерна вдавлюватися в поверхню залежить не тільки від співвідношення їх твердості, але і від геометричної форми зерна. Так, зерно з випуклою поверхнею або гострим ребром може бути вдавнене, навіть без пошкодження, в плоску поверхню більш твердого тіла. Це пояснює факт зношення металу абразивними частинками з твердістю, меншою його твердості.

Матеріал покриття має забезпечувати:

- утворення зносостійкого покриття, що забезпечує захист деталі від втомного спрацювання.
- лінійний коефіцієнт термічного розширення напиленого шару має бути близьким до лінійного коефіцієнту основного металу;
- необхідне забезпечення шорсткості $R_a=1,6$ для зменшення впливу тертя на деталі;

- повинна забезпечуватися достатня міцність зчеплення покриття з основою, для запобігання відшарування першого.
- покриття повинне забезпечувати певний рівень стійкості проти абразивного зношення.

1.2 Способи відновлення штоку гідроциліндра

Поверхня, на яку необхідно нанести покриття являє собою циліндр. Поверхня, на яку потрібно нанести покриття – зовнішня і доступ до будь-якої точки поверхні для нанесення покриття забезпечується конфігурацією виробу. Габаритні розміри деталі – 400x150x150, маса виробу – 9.3кг.

Невеликі габаритні розміри даної деталі дозволяють наносити більшість видів покриттів. Але обмеження конфігурації поверхні через бічні буртики обмежує ширину напилення, що необхідно при вираховуванні оптимальної дистанції напилення.

Газотермічне напилення - одержання покриття із нагрітих та прискорених частинок напилюваного матеріалу із застосуванням високотемпературного газового струменя, в результаті зіткнення яких з основою або напиленим матеріалом відбувається їх з'єднання за рахунок зварювання, адгезії та механічного зчеплення

Види газотермічного напилення:

Під загальною назвою «газотермічне напилювання» (ГТН) об'єднують такі методи:

- газополуменеве напилювання — газотермічне напилювання, під час якого використовується струмінь продуктів згорання суміші газів, які спалюються за допомогою пальника;
- високошвидкісне (надзвукове) газополуменеве напилювання (HVOF — англ. High velocity oxygen fuel — високошвидкісний киснево-паливний метод) — одна з технологій газотермічного напилювання захисних покриттів, при якій порошковий матеріал наноситься на підкладку на високій (зазвичай до 3 швидкостей звуку);
- детонаційне напилювання — газотермічне напилювання, під час якого використовується струмінь продуктів детонації;

- плазмове напилювання — газотермічне напилювання, під час якого використовується струмінь електронів, іонів та нейтральних атомів газу, з якого утворюється плазма, різновидами якого можна вважати:
 - плазмово-дугове напилювання — плазмове напилювання, під час якого плазмовий струмінь створюється за допомогою електричної дуги;
 - надзвукове плазмове напилювання — плазмово-дугове напилювання, під час якого плазмовий струмінь витікає з надзвуковою швидкістю;
 - напилювання з оплавленням — метод газотермічного напилювання, що дозволяє отримати щільні зносостійкі корозійностійкі покриття з високою адгезією;
 - електродугове напилювання — газотермічне напилювання, під час якого нагрівання та плавлення напилюваного металу у вигляді дроту, стрижня або стрічки здійснюється електричною дугою, а диспергування струменем стисненого газу, звичайно повітря;
 - активована електродугова металізація — метод електродугового напилювання, що базується на плавленні дротів електричною дугою і розпилюванні розплавленого металу високошвидкісним струменем продуктів згорання пропано-повітряної суміші.

Застосування:

Зазвичай ГТН застосовують для створення на поверхні деталей та обладнання функціональних покриттів - зносостійких, корозійно-стійких, антифрикційних, протизадирних, теплостійких, термобар'єрних, електроізоляційних, електропровідних тощо. Матеріалами для напилення служать порошки, шнури і дроти з металів, металокераміки і кераміки.

Деякі з методів газотермічного напилення є альтернативою методам гальванічної, хіміко-термічної обробки металів, плакування, інші — методам фарбування чи нанесенням полімерних покриттів. Поширеним застосуванням є обладнання. За допомогою напилення можна відновити від десятків мікрон до декількох міліметрів за товщиною на поверхні металу.

Плазмове напилення – газотермічне напилення, під час якого використовується струмінь електронів, іонів та нейтральних атомів газу, з якого утворюється плазма з використанням плазмотронів.

Плазмове напилювання, під час якого плазмовий струмінь створюється за допомогою електричної дуги досить назву плазмово-дугове напилювання.

При плазмовому напиленні покриття формується з дрібних розплавлених частинок, які переносяться на поверхню при розпилюванні плазмою дроту, стержнів, стрічок або порошку. У технологіях плазмового напилення велике значення мають час перебування частинок в плазмі і час доставки нагрітих частинок до підкладки, вдосконалення плазмових установок, знання процесів, що протікають в низькотемпературній плазмі при напиленні покриттів.

Принцип плазмового напилення. Між катодом і мідним водоохолоджуваним соплом, що служить анодом, виникає дуга, що нагріває робочий газ, який поступає в сопло пальника та витікає з сопла у вигляді плазмового струменя. Як робочий газ використовують аргон або азот, до яких іноді додають водень. Порошковий наплавлений матеріал подається в сопло струменем транспортуючого інертного газу, нагрівається плазмою і з прискоренням переноситься на поверхню основного матеріалу для утворення покриття. Середня температура плазми на виході з сопла плазмотрона у потоці плазми частинки порошку нагріваються приблизно до 10000 К. Передача теплоти від плазми до порошкових частинок здійснюється в основному теплопровідністю і конвекцією.

Слід зазначити, що швидкість частинок, що падають на деталь по перетину плями напилення розподіляється дуже нерівномірно і на периферії може бути в 3-4 рази меншою, ніж в центрі плями.

Під дією поверхневого натягу розплавлені частинки набувають форми сфери. Сферичні частинки на шляху до підкладки остивають і, падаючи на поверхню деталі, розтікаються і кристалізуються. Чергові порції розплавлених частинок падають на частинки покриття, що вже кристалізувалися, тобто розплавлені частинки практично за весь час напилення падають на затверділу

поверхню і утворюють пластинчасту структуру. Покриття формується шляхом послідовного укладання частинок, що деформуються. Процес супроводжується утворенням мікропорожнин, які заповнюються газом. Для зменшення пористості і підвищення однорідності напилюваних покриттів зменшують розмір напилюваних частинок. Проте дуже дрібні частинки (розмір фракції менше 10-20 мкм) часто виявляються непридатними. Швидка кристалізація частинок на поверхні деталі дозволяє одержувати покриття із структурою пересичених твердих розчинів. Якість покриття залежить від процесів, що протікають при взаємодії частинок з плазмою, і від процесів при формуванні покриття на поверхні деталі (якість контактів між частинками, швидка кристалізація і деформація частинок, взаємодія напилюваної речовини із зовнішнім середовищем). Найважливіше значення має середовище, в якому здійснюється процес осадження тих або інших покриттів.

- Метод дозволяє напилювати матеріали з великою відмінністю тиску пари при збереженні низьких значень температури поверхні деталей (200–300°C), що виключає структурні зміни і поверхневому шарі підложки. Плазмовий метод широко використовується для нанесення як керамічних, так і металевих покриттів.

Найважливіше значення в технології плазмового напилення має розробка і підготовка порошкових матеріалів. Керамічний або металевий порошок нагнітається у високотемпературну швидкісну плазмову дугу, в якій відбувається плавлення частинок порошку, що летить до деталі. Рідкі частинки вдаряються об поверхню деталі, і формується покриття. Для отримання якісного покриття проводять оптимізацію великої кількості параметрів, які ретельно контролюються і регулюються за допомогою автоматичних систем, які істотно ускладнюють технологічний процес. До параметрів відносяться діаметр сопла для управління плазмовим факелом, місце введення порошку, кут розпилювання порошку. Ці параметри контролюють структуру плазмового факела. Стійкість роботи плазмової дуги регулюється і контролюється її потужністю, відстанню до підкладки, складом первинного і вторинного газу, що подається, швидкістю

поток газу в дузі, швидкістю потоку несучого газу, також швидкістю подачі, витратою матеріалу порошку, тобто частинки розподіляються за розмірами, формою і кристалографічними фазами.

При плазмовому напиленні із забезпеченням динамічного тиску за допомогою аргону розплавлені частинки кераміки з високою швидкістю падають на м'який шорсткий поверхневий шар металевого покриття і за допомогою механічної адгезії утримуються на поверхні деталей. Для отримання високої довговічності покриття повинне містити 5-10% мікропор, гомогенно розподілених за об'ємом.

Особливостями технології є:

- можливість нанесення покриттів з різних матеріалів (практично будь-який плавкий матеріал, що можна подати у вигляді порошку або дроту);
- відсутність перемішування матеріалу основи і матеріалу покриття;
- незначне (не більше 150 °C) нагрівання поверхні при нанесенні покриття;
- можливість нанесення декількох шарів, кожен з яких несе свою функцію.

Плазмово-дугове напилення покриттів характеризується високим ступенем нагрівання порошоків за рахунок значного тепла переданого напилювання частинкам порошку. Температура частинок може досягати значень, що перевищують температуру плавлення матеріалу напилення. Швидкість частинок, що розганяються плазмової струменем, досягає значень 120 ... 400 м / с. Щоб знизити ризик окислення напилюються частинок був застосований варіант напилення з використанням в якості плазмоутворюючого газового середовища інертних газів: аргону і азоту. При цьому швидкість напилюються часток не перевищувала 120 – 180 м / с.

Мікроплазмове напилення відноситься до плазменно-дуговим методам, однак, відрізняється малим (1 ... 1,5 кВт) рівнем підводиться до плазмотрону потужності. Мікроплазмове напилення характеризується ламінарним

закінченням плазмового струменя, невеликими швидкостями напилуються частинок (25 ... 100 м / с).

Завдяки невисоким швидкостям польоту частинок, а також введення напилюваного порошку безпосередньо в плазмовий шнур, температура частинок перевищує температуру плавлення напилюваного матеріалу. Застосування аргону в якості плазмообразуючого і захисного газу знижують ймовірність окислення компонентів порошку. Таким чином, застосування вищенаведених методів напilenня, що відрізняються впливом на напилюваний матеріал і, в кінцевому рахунку, впливають на тривалість перебування частинок в зоні нагріву, повинні дозволити простежити в них ступінь завершення синтезу нових сполук.

Для вибору методу нанесення покриття, необхідно проаналізувати їх і визначити, який з них може забезпечити необхідні зносостійкі характеристики покриття, а також, виходячи з їх економічних показників. Вибір методу нанесення покриття залежить від різних факторів, таких як: продуктивність методу, товщина нанесеного шару покриття, геометричні розміри виробу, температури процесу та інші.

Для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості успішно використовуються методи газотермічного напilenня. Висока ефективність і універсальність цих методів визначається їх особливостями: можливістю нанесення покриттів з різних матеріалів:

- чистих металів і сплавів на їх основі, оксидів, карбідів, боридів, органічних речовин і багатьох інших матеріалів;
- можливістю отримання покриттів на самих різних конструкціях і матеріалах - на металах, кераміці, склі, пластмасах, тканинах, папері і т.д.;
- Малою деформацією і невеликою зміною властивостей виробу, на який наноситься покриття, оскільки напilenня не викликає його істотного нагріву;
- Малою витратою матеріалів для покриттів, оскільки їх товщина, зазвичай, складає 100 - 500мкм; високою продуктивністю напilenня, яка

коливається для різних процесів від 1 кг/год до декількох десятків і навіть сотень кілограмів за годину розпиленого матеріалу [3 - 5].

Усі способи газотермічного нанесення покриття об'єднані принципом формування покриття з окремих частинок, нагрітих і прискорених за допомогою високотемпературного газового струменя. Деякі характеристики способів газотермічного напилення наведені в табл. 3.

Таблиця 1.3.1. - Характеристики способів газотермічного нанесення покриття [4]

Характеристика способів	Способи газотермічного напилення			
	Газополуменевий	Електродуговий	Плазмовий	Детонаційний
Матеріали, які використовуються	Дріт, порошок	Дріт	Дріт, порошок	Порошок
Середня швидкість струменя, м/с	До 370	-	До 800	До 3000
Температура полум'я, °C				
H ₂ +O ₂	2700	-	-	3680
C ₂ H ₂ +O ₂	3100	-	-	5300
Ar	-	15000	15000	
He	-	-	20000	
Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ)	0,8-0,95	0,8-0,95	0,7-0,9	0,3-0,6
Міцність зчеплення, МПа	до 40	до 50	до 50	до 100
Пористість, %	5-15	5-25	2-15	0,5-1,5
Твердість покриття(HV) з Al ₂ O ₃ кгс/мм ²	600-800	-	700-1000	

Окрім характеристик приведених в табл. 1 розглянемо більш детально усі переваги та недоліки методів газотермічного напилення.

Плазмовий спосіб. Плазмовий спосіб забезпечує високі значення КВМ: 0.7 – 0.25 для дротяних матеріалів та 0.3 – 0.8 для порошкових. При цьому коефіцієнт використання енергії не перевищує 0.02 – 0.18 при дротяному напиленні і 0.001 – 0.2 при порошковому, продуктивність до 50 кг/год., міцність зчеплення до 50МПа, пористість 2 – 15%, максимальна температура напилюючих часток до 4000К, швидкість напилюючих часток 50 – 400м/с, в якості джерел теплоти використовується плазмова дуга, плазмовий струмінь.

Переваги:

- одержання покриттів з матеріалів, що плавляться без розкладання, без обмеження по температурі плавлення;
- використання для утворення струменя дугової плазми різних газів: інертних, відбудовних, окисних, а також аміаку, природного газу, водяної пари, що в сполученні з застосуванням камер із захисним чи середовищем захисних насадок дозволяє регулювати властивості середовища, у якій нагріваються і рухаються частки порошку;
- гнучке регулювання електричного і газового режимів роботи плазмотрона, у тому числі в процесі нанесення покриття, що дозволяє керувати енергетичними характеристиками напилених часток і умовами формування покриття;
- досить високі продуктивність процесу і коефіцієнт використання матеріалу, що напилюється;
- нагрівання поверхні до порівняно невеликих температур, що дозволяє зберегти особливості структури і властивості матеріалу основи.

Недоліки:

- низька міцність зчеплення покриті з деталлю для ряду умов експлуатації (10 – 50 МПа при іспитах на максимальний відрив); високий рівень шуму (110 – 130 дБ) і випромінювання; відносно висока вартість устаткування і його стаціонарність.

1.3 Перспективність обраного способу нанесення покриття

Доцільність використання того чи іншого способу нанесення покриттів повинно визначатися в залежності від експлуатаційних вимог до виробу, номенклатури деталей, їх складності, вимог до надійності та ресурсу, роботи виробу, які наведені в розділі 1, економічної ефективності способу нанесення покриттів з урахуванням необхідного обладнання, газів і матеріалів, які розпилюються. Нанесення захисних покриттів напиленням, проводиться наступними основними способами:

- 1) газополуменеве напилення;
- 2) детонаційне напилення;
- 3) плазмове напилення;
- 4) електродугова напилення.

Отже, аналізувати доцільність використання того чи іншого способу нанесення покриття будемо, порівнюючи його параметри (табл.1.3) з необхідними нам за наступним планом:

1. міцність зчеплення матеріалу порошку з основою;
2. форма використовуваного матеріалу;
3. товщина покриття;
4. пористість покриття;
5. температура плавлення вибраного нами порошку(чи зможе матеріал бути активований даним способом напилення)
6. продуктивність напилення;
7. КВМ.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика способів напиленням [4]

Параметри	Спосіб напилення				
	Електродуг ове	Газополумен еве	Плазмове	Детонацій не	Газодинамічн е
1	2	3	4	5	6
Продуктивність, <i>кг/год</i>	2...50	1...10	3...11; 11...25	0,1...1,5	3...15
Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ)	0,8...0,95	0,8...0,95	0,7...0,9	0,3...0,6	0,7...0,9
Міцність зчеплення, <i>МПа</i>	до 48 (>15)	до 50 (>10)	до 50 (>15)	до 100 (>30)	40...80
Пористість, %	5...15	10...15	5...10	до 0,5...1,5	3...7
Межі раціональної товщини покриття, <i>мм</i>	0,5...2,5 <i>max</i> 6,0	0,5...5,0 <i>max</i> 10,0	0,05...5 <i>max</i> 10,0	0,1...0,3 <i>max</i> 0,5	від 0,25*
Форма напилюваного матеріалу	дріт	дріт, порошок гнучкий шнур, стержень	порошок, дріт	порошок	порошок
максимальна температура нагрівання диспергованих часток матеріалу, <i>К</i>	Температур а плавлення матеріалу	до 3000	до 4000	до 3000	до 600
Швидкість напилюваних часток матеріалу, <i>м/с</i>	50...150	20...180	50...400	600...1500	200...1200

Проаналізувавши дану таблицю, а також довідкову літературу [6], можна прийти до наступних висновків:

1. Найвищу міцність зчеплення для кольорових металів має детонаційний та газодинамічний способи нанесення покриття (до 100 і до 80 МПа відповідно).
2. Нанести вибраний нами порошок можна усіма способами, окрім електродугового.
3. Отримати необхідну товщину покриття (0,5 мм) можна за допомогою усіх способів, окрім детонаційного.
4. Найменшу пористість забезпечує детонаційний спосіб.
5. Отримати необхідну температуру плавлення (1050 °C) можна усіма способами, окрім газодинамічного.
6. Найбільшу продуктивність мають плазмовий та газодинамічний способи (до 25 кг/год та до 15 кг/год відповідно).
7. Найменший КВМ має детонаційне напилення.

Оскільки електродуговий, детонаційний та газодинамічний способи напилення не забезпечують необхідні нам параметри, то будемо обирати серед плазмового та газополуменевого способів. Так як плазмовий спосіб має більшу продуктивність, а також враховуючи масовість виробництва, зупинимо наш вибір на плазмовому напиленні.

Особливості плазмового напилення

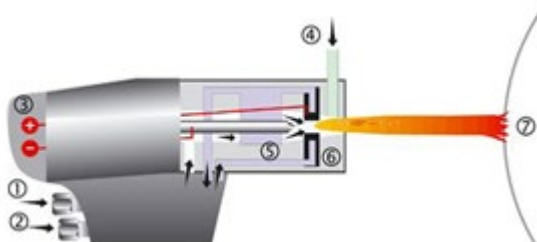


Рисунок 1.3 – Плазмове напилення

При плазмовому напиленні порошок всередині або зовні плазмового пістолета плавиться плазмовим струменем (7) і прискорюється в напрямку покривається деталі. Плазма генерується електричної дугою в аргоні, гелії, азоті,

водні або їх суміші (4). При цьому відбувається дисоціація й іонізація газів, вони набувають високу швидкість на виході, і при рекомбінації віддають своє тепло напилюваним частинкам.

Електрична дуга горить між центральним катодом (5) і водоохолоджуваним анодом (6). Цей спосіб використовується при максимальній атмосфері, в захисному газі (наприклад, аргоні), у вакуумі та під водою. При відповідному профілюванні сопла виникає також понадзвукова плазма.

Мета та завдання проекту

Метою даного дипломного проекту, є розробка технологічного процесу зміцнення штоку гідроциліндра, а також спеціалізованого обладнання для нанесення покриття.

Завдання проекту:

- провести аналіз існуючих способів найбільш придатних для зміцнення штоку гідроциліндра;
- визначити технологічне обладнання, необхідне для проведення процесу зміцнення, модернізувати існуючого обладнання;
- виконати технічне обґрунтування процесу зміцнення;
- визначити безпечні та нешкідливі умови праці при проведенні технологічного процесу зміцнення, розробити заходи для забезпечення охорони праці та навколишнього середовища.

2. ПРОЕКТНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Матеріал для відновлення плазмового напилення

Шток гідроциліндра, виготовлений із сталі 45, твердість поверхонь корінних і шатунних шийок 52 HRC, при перешліфуванні на останній ремонтний розмір 45 HRC. Сталі 45 його довжина складає (L= 400 мм). Властивості матеріалу наведені в табл. 2.1 - 2.3.

Таблиця 2.1 – Загальна характеристика сталі 45[2]

Марка :	45
Заміники:	40X, 50, 50Г2
Класифікація :	Сталь конструкційна вуглецева якісна
Застосування:	вал-шестерні, колінчаті і розподільні вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки і інші нормалізовані, покращувані і піддаються поверхневій термообробці деталі, від яких потрібна підвищена міцність.

Таблиця 2.2 – Хімічний зміст в % матеріала [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.5	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Таблиця 2.3 -Фізичні властивості матеріалу.[2]

Температура випробувань, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Модуль нормальної пружності, Е, ГПа	200	201	193	190	172					
Модуль пружності при зсуві крутінням G, ГПа	78			69		59				
Щільність, рп, кг/см3	7826	7799	7769	7735	7698	7662	7625	7587	7595	
Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м · °С)		48	47	44	41	39	36	31	27	26
Температура випробувань, °С	20- 100	20- 200	20- 300	20- 400	20- 500	20- 600	20- 700	20- 800	20- 900	20- 1000
Коефіцієнт лінійного розширення (α, 10 ⁻⁶ 1/°С)	11.9	12.7	13.4	14.1	14.6	14.9	15.2			
Питома теплоємність (С, Дж/(кг · °С))	473	498	515	536	583	578	611	720	708	

Таблиця 2.4 – Технологічні властивості матеріалу [2].

Зварюваність:	важкозварювальних.
Флокеночутливість:	Малочутлива.
Схильність до відпускнуї крихкості:	не схильна.
Твердість матеріала:	НВ 10 ⁻¹ = 170 МПа

Загальні відомості про гальванічне хромування

Хром має високу твердість і добре чинить опір механічному зносу. Хром належить до числа електронегативний металів, його електродний потенціал $E_{Cr/Cr_3} = -0,74$ В. Однак в атмосферних умовах хром зберігає колір і блиск тривалий час, що пояснюється утворенням на його поверхні тонкої, але дуже міцної оксидної плівки. Високою схильністю до пасивації і наявністю цієї плівки

пояснюється висока антикорозійна стійкість хромових покриттів. В окислювальних середовищах хром пасивується і його потенціал зсувається від стандартного в анодний область (до $E = + 0,2 \text{ В}$). Стаціонарний електродний потенціал для хрому позитивніше потенціалів заліза і міді і хромові покриття по відношенню до захищається сталевим або сталевим обмідненим виробам є катодними і захищають їх від корозії тільки за умови відсутності пір. Хром стійкий у вологостій атмосфері, в атмосфері сірководню і сірчистого газу, в розчинах сірчаної, азотної, фосфорної і органічних кислот, лугів. У розчинах соляної кислоти і гарячої концентрованої сірчаної хром розчиняється через руйнування оксидної плівки. У з'єднаннях хром трьохвалентний і шестивалентний. З'єднання шестивалентного хрому є сильними окислювачами. Сировина хімічна при розчиненні у воді утворює суміш хромових кислот H_2CrO_4 і $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Наприклад, дихромовая кислота утворюється при розчиненні хромового ангідриду в воді:

Усі хромові кислоти відносяться до класу сильних кислот. Електрохімічне осадження хрому суттєво відрізняється від інших гальванічних процесів і в практичних цілях здійснюється виключно з розчинів його шестивалентного з'єднань - хромових кислот. Численні спроби використовувати для промислового застосування електроліти на основі тривалентних сполук не знайшли успіху, особливо для осадження товстих зносостійких покриттів.

Особливостями процесу хромування є високий негативний потенціал відновлення Дихромат-аніонів, низький вихід металу по струму, високі щільності струму, необхідність застосування нерозчинних анодів, дуже низька розсіює здатність електроліту.

Механізм осадження хрому дуже складний. Під час хромування на катоді одночасно протікають процеси осадження хрому; виділення водню; відновлення шестивалентного хрому до тривалентного; утворення на поверхні катода тонкої плівки, що складається з продуктів відновлення хромової кислоти і активного аніону.

Шкідливість гальванічного виробництва

Не секрет, що робота в гальванічному цеху пов'язана з небезпекою для здоров'я. Саме тому держава надає соціальні гарантії для працівників цеху. Наприклад, для працівників, що мають справу з хромом і обміднений валів, передбачена державна співа на пільгових умовах і в пільгових розмірах.

Для роботи над покриттям металів існує гальванічний цех. Шкідливість, жаль, невід'ємна її частина. Для того, щоб працювати в гальванічному цеху, потрібно володіти численними вміннями, і розуміти, що тут на кожному кроці підстерігає небезпека.

У процесі роботи в гальванічному цеху можна виділити наступні категорії шкідливих факторів:

- Забруднення повітря
- Пошкодження шкіри
- Ураження слизової носа
- Отруєння

Одна з найбільших небезпек на гальванічному виробництві - це сірчата кислота, виділяються оксиди азоту, трихлоретилену. При довгій роботі в приміщенні, у повітря просочуються ці речовини в якому просякнуті цими речовинами і безумовно, це відбивається на внутрішньому стані організму. З цим пов'язано і можливе ураження слизової оболонки носа, особливо при постійній роботі з хромом.

Є ще одна небезпека, з якою пов'язано гальванічне виробництво. Шкідливість агресивних речовин, з якими доводиться стикатися, для людської шкіри очевидна. Так, якщо не використовувати засоби захисту для шкіри, можна захворіти екземою або дерматитом. Дуже часто таке явище спостерігається у працівників, що мають справу з нікелем.

Навіть отруєння можуть чекати працівників гальванічного цеху. Це може статися при присутності на виробництві ціаністого водню в достатньо великих кількостях. Крім того, що знежирюють розчини теж можуть сприяти цьому.

Гальванічне виробництво є одним з найбільш небезпечних джерел забруднення навколишнього середовища, головним чином поверхневих і

підземних водойм, зважаючи на утворення великого обсягу стічних вод, а також великої кількості твердих відходів, особливо від реагентного способу знешкодження стічних вод. Сполуки металів, що виносяться стічними водами гальванічного виробництва, вельми шкідливо впливають на екосистему водойми — ґрунт — рослина — тваринний світ — людина. Вони мають токсичну, канцерогенну (викликають злоякісні новообрастання - As, Se, Zn, Pd, Cr, Be, Pb, Hg, Co, Ni, Ag, Pt.), Мутагенну (можуть викликати змінення спадковості - ZnS), тератогенним (здатні викликати каліцтва у народжених дітей - Cd, Pb, As, Co, Al і Li) і алергенним дією (з'єднання Cr6 +).

Крім того, деякі неорганічні сполуки надають згубну дію на мікроорганізми очисних споруд, припиняють або уповільнюють процеси біологічного очищення стічних вод і зброджування опадів у метантенках. Токсичні метали в водоймах згубно діють на флору і фауну і гальмують процеси самоочищення водойм. При використанні води забруднених водойм для зрошення кольорові метали виносяться на поля і концентруються у верхньому найбільш родючому що містить гумус у шарі ґрунту, знижуючи азотфіксуючу здатність ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур, і викликають накопичення металів вище допустимих концентрацій в кормах та інших продуктах. При одночасному присутності в стічних водах гальвано-виробництва декількох шкідливих компонентів проявляється їх спільне, комбінована дія на організм людини, теплокровних тварин, флору і фауну водойм, на мікрофлору очисних споруд каналізації, що виражається в синергізмі (ефект дії більше простого підсумовування); антагонізмі (дія кількох отрут менше підсумованого) і в аддитивності (просте підсумовування). Наприклад, кадмій в поєднанні з цинком і ціанідами в воді підсилює їх дію, миш'як є антагоністом селену. Нерідко спостерігаються і відступи від цієї схеми.

Взаємодія Cr і Fe з SiC:

В результаті екзотермічної взаємодії в нас утворюється в покриття карбід хрому який має наступні властивості:

Клас	Хімічний состав (макс,%)									
	Загальний вуглець	Вільний вуглець	Домішки (макс,%)							
			Nb	Fe	Si	O	N	S	K	Ca

LF- Cr3C2	$\geq 12,8$	$\leq 0,3$	0,01	0,08	0,04	0,7	0,2	0,03	0,005	0,005
Розмір частинок: 0,5 - 500 мікрон, 5 - 400 меш Розмір частинок і хім. склад може бути змінений.										

В результаті езотермічної реакції відбувається утворення різних складних карбідів хрому, завдяки чому, отримане покриття має високу зносо – та корозійну стійкість, що сприяє подовженню терміну експлуатації ушкоджених ділянок виробів.

В якості компонентів, що додають матеріалу високі фрикційні властивості, використовують такі порошки як SiC WC Cr2O3 і ін., А також різні інтерметаліди - FeMo FeCr FeTi і т.п. Фрикційні матеріали на основі заліза застосовують головним чином для умов жорсткого гальмування з температурою на поверхні тертя 1200 С

Таблиця 2.6 – Хімічний склад порошків феросплавів

Марка	Вміст елементів, мас %										
	Cr	Mo	Fe	Ti	Al	Cr	B	Si	C	S	P
ФХ-800	65							2,0	8.0	0.08	0,05
ФТІ-40А		0,5		40,0	9,0	0.2		5,0	0.1	0.05	0,05
ФХБ-2	42.4		30,1		2,0		22	2,8			

Основою шихтових матеріалів для розроблених ПД були порошки високовуглецевого ферохрому ФХ-800, та ферохромбору ФХБ-2 з додатками нікелевого самофлюсуючого сплаву (табл. 2.6), феротитану та алюмінію. Нікелевий сплав та феротитан утворюють евтектики із залізною оболонкою ПД при його плавленні, а порошок алюмінію підвищує міцність зчеплення покриття із основою. Такий вибір шихтових матеріалів дозволяє отримувати більш повне сплавлення шихти та оболонки і таким чином одержувати більш гомогенні а значить і більш корозійностійкі покриття. Розроблено ПД двох систем легування Fe-Cr-C-Ni-Ti-Al та Fe-Cr-C-B-Ni-Ti-Al. Покриття із ПД Fe-Cr-C-Ni-Ti-Al мають твердість 500-600 HV високу когезійну міцність на рівні 220...300 МПа та середній рівень напружень розтягу 45...70 МПа. Термічна обробка за температури 550°C на протязі 2 год. приводить до зменшення когезійної міцності, незначного зменшення твердості покриттів і трансформації напружень розтягу в напруження стиску.

Інтерметалеві сполуки наявні в основному у структурі високолегованих сталей та жароміцних сплавів і сприяють їх зміцненню при термообробці. В основному це фази змінного складу, здатні до взаємного розчинення та утворення твердих розчинів з металами. Прикладами інтерметалевих сполук у легованих сталях можуть бути Fe₇W₆, Fe₇Mo₆, Fe₇W₃, Fe₃N₂, Fe₃Ti, Ni₃Al, CoW, TiCr₂, FeCr, NiCr та ін.

У сумішах Cr + Fe + SiC екзотермічне взаємодія починається при температурі 980 ОС, розвивається плавно. На кривих ДТА спостерігається екзотермічний ефект у вигляді "гало" з двома або трьома перегинами відповідно

сумішей різного складу $27\text{Fe} + 60\text{Cr} + 13\text{SiC}$; $40,5\text{Fe} + 45\text{Cr} + 14,5\text{SiC}$, досягаючи найбільшої величини при температурі $1120\text{ }^{\circ}\text{C}$. При подальшому підвищенні температури спостерігається спад процесу і перехід до ендотермічної реакції плавлення продуктів взаємодії (Рисунок. 3.5.) Процес плавлення складний - двох стадійний і трьох стадійний з мінімумом при температурі 1380 і $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно при 60 і 45% Cr. За величиною ефект екзотермічної взаємодії приблизно однаковий.

Таблиця 2.7 – Фазовий склад продуктів реакції

Склад суміші, мас. %	Фазова суміш	
	Розрахунковий	Експериментальний
$27\text{Fe}+60\text{Cr}+13\text{SiC}$	Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 , Cr_3Si , Cr_5Si_3 , Fe_3Si , Fe_5Si_3 , FeSi , C	Cr_7C_3 , $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$, $\sigma - \text{FeCr}$, Cr_{23}C_6 , Fe_3Si , $\text{Cr}_5\text{Si}_3\text{C}_7$
$40,5\text{Fe}+45\text{Cr}+14,5\text{Si}$ C	Fe_3Si , Cr_3Si , Cr_5Si_3 , FeSi , Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 , C	Fe_3Si , CrSi_2 , $(\text{Cr},\text{Fe})_7\text{C}_3$, Cr_{23}C_6 , Cr_3C_2
$90\text{Cr}+10\text{SiC}$	Cr_{23}C_6 , Cr_7C_3 , Cr_3Si , Cr_5Si_3	-
$81\text{Fe}+19\text{SiC}$	Fe_3Si , Fe_5Si_3 , FeSi_3 , C	-

При нагріванні сумішей Cr або Fe з SiC ($90\text{Cr}-10\text{SiC}$ і $81\text{Fe}-19\text{SiC}$) було виявлено, що екзотермічне взаємодія спостерігається тільки в суміші з Cr, взаємодія Fe з SiC проходить без підвищення температури (Рисунок.3.6.). Процеси плавлення відбуваються в різних температурних інтервалах $1520-1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $1150-1220\text{ }^{\circ}\text{C}$ для суміші з Cr і Fe відповідно. Для суміші з Cr характерний двох стадійний процес плавлення.

Порівняння фазового складу злитків, отриманих при ДТА, і фаз, очікуваних на підставі термодинамічних оцінок, показало, що продукти реакції містять додаткові потрібні сполуки (складні карбіди, карбосіліциди). Переважне утворення карбіду Cr_7C_3 з великим вмістом C в порівнянні з Cr_{23}C_6 , очевидно, обумовлено тим, що вільний вуглець, що виділяється при утворенні силіцидів заліза, сприяє проходженню менш термодинамічно можливою реакції в суміші $\text{Cr} + \text{Fe} + \text{SiC}$.

Fe+Cr+SiC

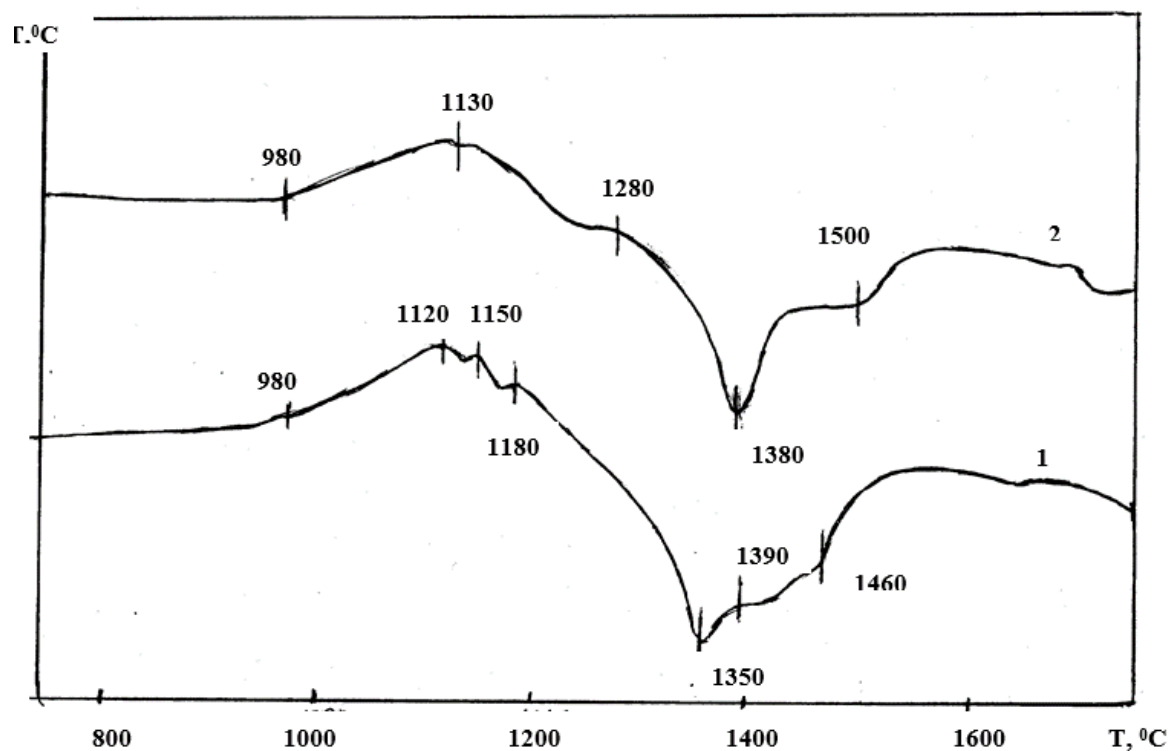


Рисунок 2.1 – Диференціальні термічні криві нагріву порошкових сумішей складу, мас. %: 1-40,5Fe+45Cr+14,5SiC; 2- 27Fe +60Cr+ 13SiC

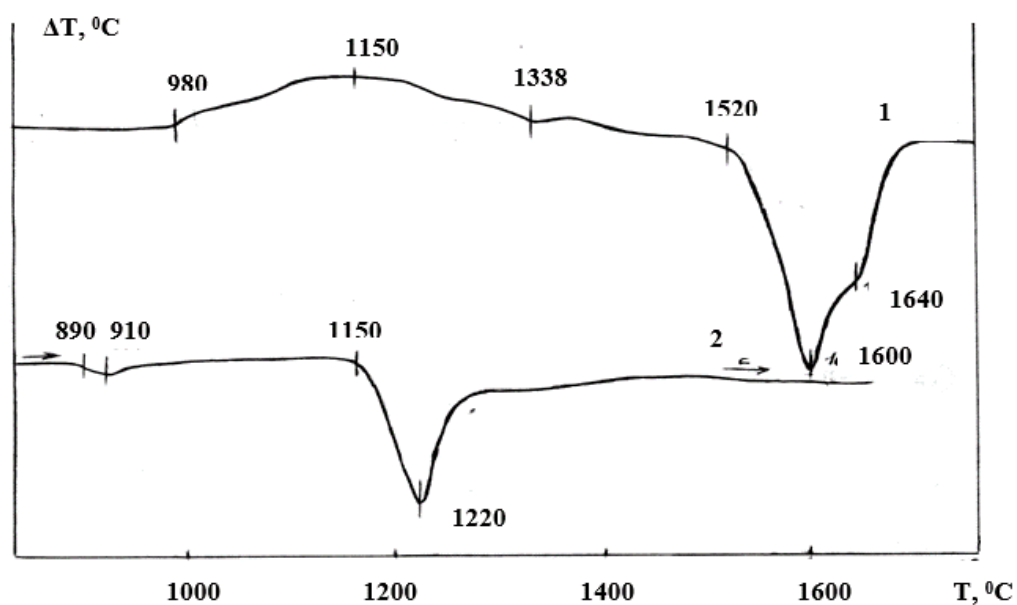
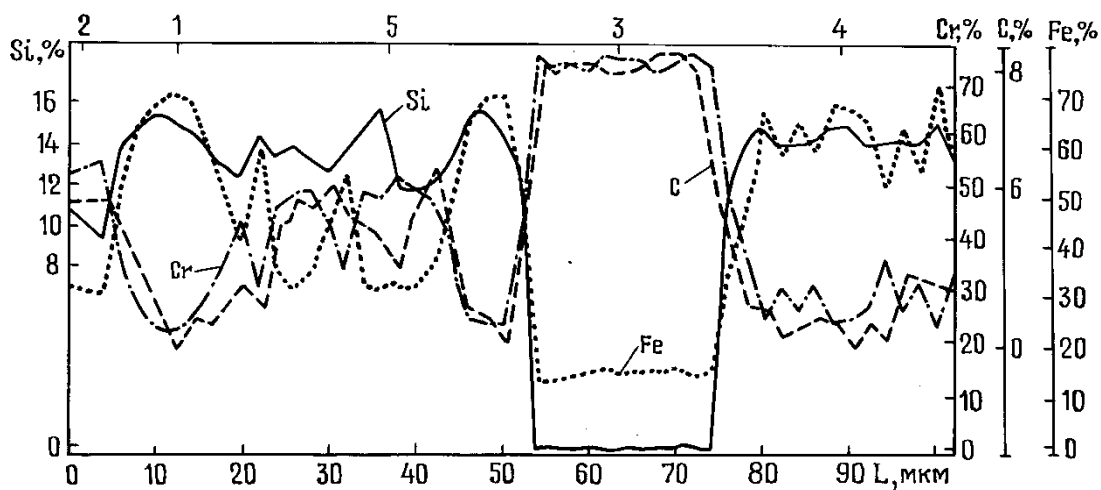
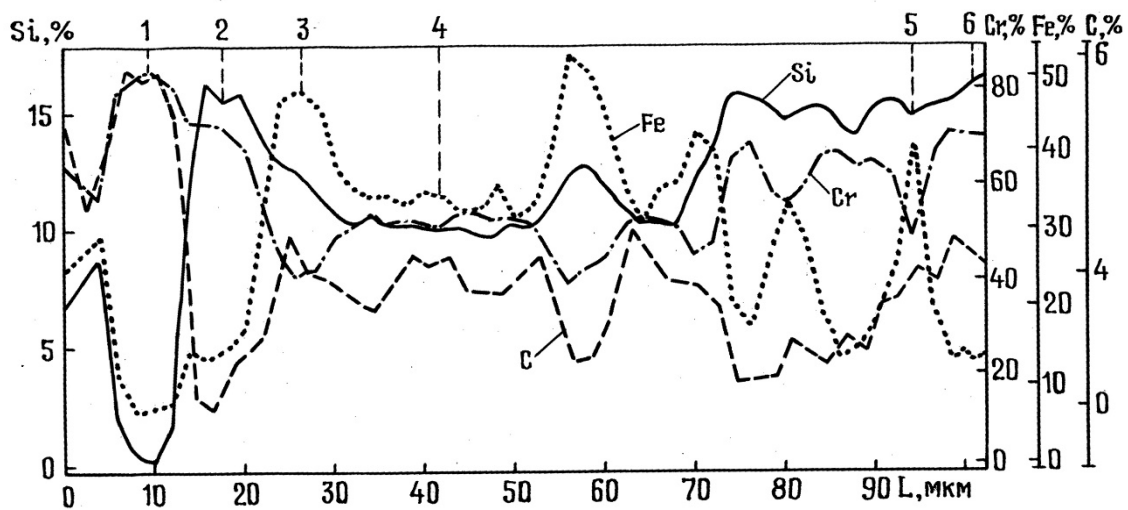


Рисунок 2.2 – Диференціальні термічні криві нагріву порошкових сумішей складу, мас. %: 1 - 90Cr + 10SiC; 2 - 81Fe + 19SiC



а



б

Рисунок 2.3 – Розподіл елементів в продуктах взаємодії сумішей складів (мас.%): а - $27\text{Fe} + 60\text{Cr} + 13\text{SiC}$, б - $40,5\text{Fe} + 45\text{Cr} + 14,5\text{SiC}$.

Таблиця 2.8 – Характеристика досліджуваних ділянок злитків ДТА сумішей Fe-Cr-SiC

Склад суміші, мас. %	№	Вміст елементів мас / атом%				Фазовий склад	HV, МПа
		Fe	Cr	Si	C		
27Fe-60Cr-13 SiC	1	<u>10,002</u> 7,84	<u>83,075</u> <u>69,93</u>	<u>1,436</u> 2,24	<u>5,487</u> 2,00	(Cr,Fe) ₇ C ₃	12820...16480
	2	<u>27,080</u> 53,57	<u>61,438</u> 53,57	<u>15,149</u> 24,45	<u>0,000</u> 0,00	Силіциди Fe и Cr	7010...10490
	3	<u>47,754</u> 10,33	<u>38,057</u> 34,52	<u>13,595</u> 22,83	<u>0,594</u> 2,33	(Fe ₃ Si,Cr ₅ Si ₃)	
	4	<u>32,813</u> 25,40	<u>52,753</u> 43,85	<u>10,287</u> 15,89	<u>4,147</u> 14,92	(Cr,Fe) ₅ Si ₃ -zC _z	12820...16480
	5	<u>41,655</u> 34,94	<u>46,029</u> 41,47	<u>14,148</u> 23,60	<u>0,000</u> 0,00	Силіциди Fe и Cr	7010...10490
	6	<u>14,438</u> 11,74	<u>72,225</u> 63,09	<u>15,564</u> 25,17	<u>0,000</u> 0,00	Складний силіцид на основі Cr (Cr,Fe) ₅ Si ₃ і σ - FeCr	12820...16480
40,5Fe-45Cr-14,5SiC	1	<u>57,810</u> 49,45	<u>28,016</u> 25,74	<u>14,588</u> 24,81	<u>0,000</u> 0,00	Силіциди Fe и Cr - евтектика	9270-10270
	2	<u>26,503</u> 19,67	<u>59,480</u> 47,42	7,835 11,56	<u>6,182</u> 21,34	Складний карбід на	11920...13240
	3	<u>16,227</u> 11,92	<u>75,069</u> 59,24	<u>0,461</u> 0,67	<u>8,243</u> 28,16	основі Cr-(Cr,Fe) ₇ C ₃	

	4	<u>68,202</u> 54,30	<u>21,955</u> 20,26	<u>14,888</u> 25,44	<u>0</u> 0	Силіциди Fe и Cr - евтектика	9270...10270
	5	32,812 24,59	50,687 40,81	11,485 17,12	5,017 17,48	Карбосиліцид на основі Cr (Cr,Fe) ₅ Si ₃ -zCz	11920...13240

Примітка: досліджувані ділянки в табл. 2.8 і на рис. 2.2 і 2.3 збігаються.

У структурі злитка ДТА з суміші 40,5Fe + 45Cr + 14,5SiC переважає силіцидних складова. Структура також як і у попереднього зразка дендритна, але трується легко, дендрити білого і різних відтінків сірого кольору з мікротвердістю 11,92 ... 13,24 ГПа нижчою, ніж у дендритів в зливку з 60% Cr. У междендрітних проміжках - структура евтектичного типу з мікротвердістю 9270 ... 10270 МПа (Рисунок. 2.3, б)

Великі дендрити відповідають складу легованого залізом карбіду хрому - (Cr, Fe)₇C₃ і карбіду хрому Cr₃C₂ (т.т.2,3, табл.2.5, Рисунок. 2.2, б і 2.3, б). Дрібні округлі дендрити є карбосиліцидами (Cr, Fe)₅Si₃-ZCZ (т.5, табл.1, Рисунок.2.3, б). Силіциди, що переважають в структурі злитка, розташовані в междендрітних проміжках (т.т.1, 4; табл. 2.5; Рисунок. 2.2, б і 2.3, б) і складаються в основному з силіцидів - CrSi₂, Fe₃Si, Fe₂Si і карбосиліцида (Cr, Fe)₅Si₃-ZCZ.

Порошок Fe і Cr. Порошок заліза отриманий методом розпилення розплаву. Частинки мають округлу форму, характерну для даного методу отримання (Рисунок. 2.3 а). Основний фракційний склад для Fe порошку -50 мкм, іноді в поле зору зустрічаються частинки до 60 мкм. За результатами РСФА фазовий склад залізного порошку - α -Fe, мікротвердість 2800 ± 300 МПа. Порошок хрому отриманий в НВО «Тулачермет» ПХ1М. Фракційний склад -50 + 2 мкм, мікроструктура частинок порошку приведена на (Рисунок 4.3, б).

Фазовий склад хромового порошку: Cr і Cr_2O_3 (сліди), мікротвердість частинок 3300 ± 500 МПа.

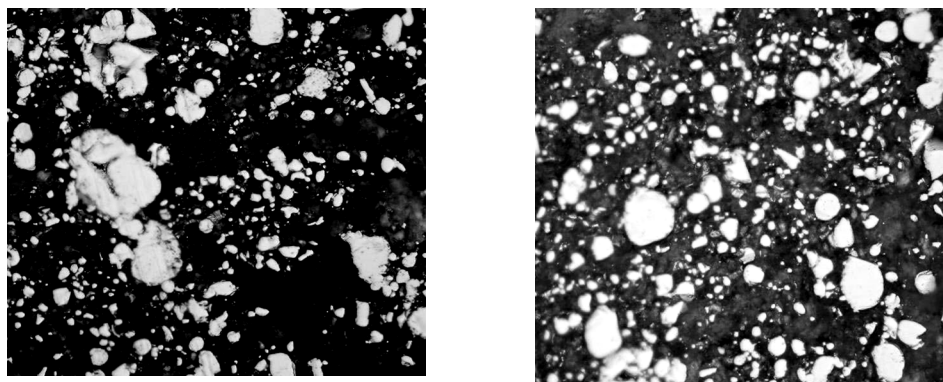


Рисунок 2.5 – Мікроструктура частинок порошку заліза (а) і хрому (б), х 200

Карбід кремнію SiC - порошок осколкової форми, сіро-зеленого кольору (Рисунок 2.6). Основний фракційний склад - 3 мкм. За результатами РСФА фазовий склад порошку монофазний - SiC – гексагональний

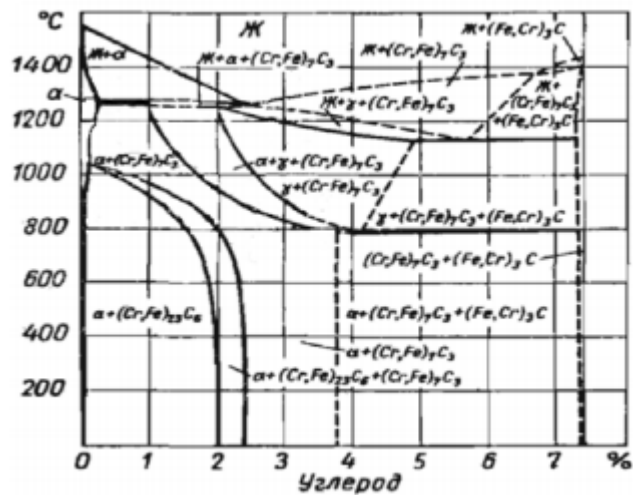
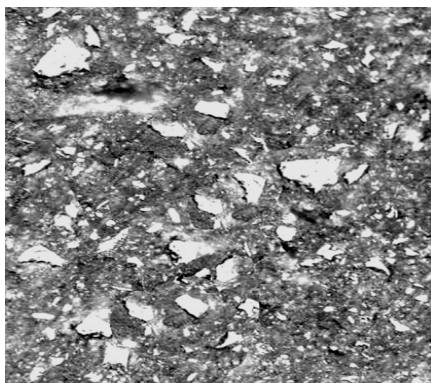


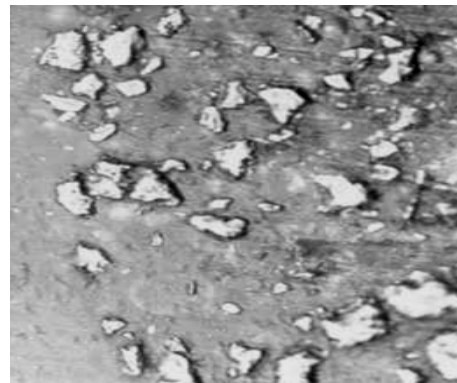
Рисунок 2.6 - Діаграма стану Fe-Cr-C при концентрації хрому 30%

Так само чітко виявляється феритоутворення роль хрому в рівноважному стані: точки евтектичного, евтектоїдного перетворень і максимальної концентрації вуглецю в аустеніт під впливом хрому зміщені в область більш низьких температур і в область більш низьких змістів вуглецю.

Тип і кількість карбідної фази визначає співвідношення концентрації хрому до вуглецю. Збільшення співвідношення пригнічує процес виділення вторинних карбідів і сприяє збереженню в структурі залишкового аустеніту. при введенні більшої кількості вуглецю, і не зміненому вмісту хрому, це співвідношення зменшується, що призводить до утворення більшої кількості карбідів і зменшення залишкового аустеніту.



а



б

Рисунок. 2.7 – Мікроструктура порошків карбідів кремнію (а) і бору (б), х

Згідно кривої ДТА механічної суміші Fe-45% Cr-14,5% SiC (рис. 2.2) Екзотермічне взаємодія між компонентами суміші починається при 980 °С і проходить плавно до 1130 °С. Для дослідження припікання частинок SiC до частинкам Fe і Cr, а також повноти протікання реакції взаємодії між компонентами суміші, суміш спікається при 800 °С протягом 30 хв.

2.2 Обґрунтування та вибір матеріалу для напилення

При виборі складу покриття, поряд із експлуатаційними вимогами потрібно враховувати сумісність його з матеріалом основи та економічні показники застосування матеріалу: його собівартість, коефіцієнт використання тощо.

Під сумісністю розуміємо принципову можливість адгезійної взаємодії матеріалів покриття і матеріалу виробу. Крім того, у сумісних покриттів фізико-хімічні процеси на межі розділу з основою в процесі експлуатації не ведуть до порушення стабільності вихідного стану композиції. Наприклад, виключається утворення гальванічних пар, крихких фаз та ін. Питання сумісності особливо важливі при створенні захисних покриттів і мають меншу значущість при створенні інших типів покриттів, наприклад, декоративних.

При виборі матеріалу покриття, стійкого до спрацьовування, необхідно враховувати характер взаємодії пари тертя. При всіх сполученнях матеріалів необхідно прагнути до вибору матеріалу покриття з мінімальним коефіцієнтом тертя.

Покриття повинні мати високу міцність зчеплення з основою і міцність матеріалу покриття (до 100–250 МПа). Вимоги до пористості неоднозначні - покриття на інструменті, наприклад, повинні мати мінімальну пористість, а покриття, які працюють в умовах змащування (поршневі кільця, гільзи циліндрів та ін.), можуть мати значну пористість, що сягає 10–15 %.

У групі чистих металів часто використовується молібден та хром; серед сплавів - прості системи Fe-C і складні системи Ni-Cr-B-Si-C та ін.

Отже, проаналізувавши літературу [3], оберемо вид покриття, який забезпечить захист від спрацьовування від втоми та абразивного спрацьовування.

Таблиця 2.9 – Матеріали покриття, що забезпечують його функціональне призначення [4]

№	Умови роботи (призначення покриття)	Матеріал
1	Стійкі в умовах втомного спрацьовування поверхні при циклічних навантаженнях	Самофлюсівні нікелеві сплави, терморегуючі Ti-Al або Ni-Al, сплави для аморфних покриттів, нікеліди алюмінію, рутил, електрокорунд, глинозем, оксиди алюмінію та хрому, механічні суміші самофлюсівних нікелевих сплавів із терморегуючими Ti-Al
2	Стійкі в умовах абразивного зношування абразивними частинками при ($T < 540\text{ }^{\circ}\text{C}$)	Самофлюсівні нікелеві сплави, терморегуючі Ti-Al або Ni-Al, сплави для аморфних покриттів, механічні суміші самофлюсівних нікелевих сплавів із терморегуючими Ti-Al або Ni-Al, композиційні із добавками карбідів хрому та вольфраму, електрокорунд, глинозем, рутил, оксиди алюмінію та хрому

Як ми бачимо з табл. 2.9, повністю відповідають заданим умовам експлуатації самофлюсівні нікелеві сплави, терморегуючі Ti-Al або Ni-Al, оксиди алюмінію та хрому, електрокорунд, глинозем. Порівняємо коефіцієнти термічного розширення нікелевих сплавів та основного металу. Оскільки коефіцієнт термічного розширення нікелевих сплавів і коефіцієнт термічного розширення матеріалу покриття і основного металу дуже близький до 0. Оскільки різниця температурних коефіцієнтів лінійного розширення незначна, то необхідність використання прошарку відпадає. Отже, обираємо в якості матеріалу для нанесення самофлюсуючі сплави на нікелевій основі, оскільки вони мають коефіцієнт термічного розширення майже такий самий, як і матеріал основи.

2.3 Вибір способу нанесення покриття

Доцільність використання того чи іншого способу нанесення покриттів повинно визначатися в залежності від експлуатаційних вимог до виробу, номенклатури деталей, їх складності, вимог до надійності та ресурсу, роботи виробу, які наведені в розділі 1-2, економічної ефективності способу нанесення покриттів з урахуванням необхідного обладнання, газів і матеріалів, які розпилюються. Нанесення захисних покриттів напиленням, проводиться наступними основними способами: газополуменеве напилення; детонаційне напилення; електродугова напилення; 5) плазмове напилення.

Щоб зробити правильний вибір методу і способу нанесення покриття, необхідно проаналізувати, які з них можуть забезпечити якісні

характеристики покриття, а також, виходячи з їх економічних показників. Вибір методу нанесення покриття залежить від різних факторів, таких як: продуктивність методу, товщина нанесеного шару покриття, геометричні розміри виробу, температури процесу та інші.

Для відновлення диска автомобільного колеса можливе застосування методів газотермічного нанесення покриття.

Щоб раціонально вибрати метод стосовно зміцнення, необхідно знати технологічні можливості та характерні особливості того чи іншого методу нанесення покриття. Розглянемо їх.

Газополуменевий спосіб. Газополуменевий спосіб має обмеження за температурою матеріалу, з якого формується покриття, забезпечують для своєї номенклатури матеріалів КВМ, міцність зчеплення до 50МПа, пористість 5...25%, максимальна температура напилюючих часток до 3000К, швидкість напилюючих часток 20...180м/с, в якості джерел теплоти використовується полум'я різних газів і їх сумішей.

Використовування детонаційного методу нанесення покриття на поверхню в порівнянні з плазмовим напиленням, електродуговою металізацією, а також йонно – плазмовим нанесенням покриттів має переваги по економічним та технологічним параметрам. Покриття мають високу твердість, рівномірність

товщини по периметру деталей, добру адгезію з основним металом, маленькою пористістю, максимальну зносостійкість та мінімальний коефіцієнт тертя .

Згідно вибраного матеріалу для нанесення покриття вибираємо плазмово-дуговий метод нанесення покриття.

Детонаційне напилення. При детонаційному методі немає необхідності в повному розплавленні матеріалу, який наноситься. Сполучення дії тепла, що виділяється при ударі, високого тиску і високої швидкості деформації матеріалу забезпечують одержання монолітного шару, що кристалізується в стабільній системі. Таким чином, метод детонаційного нанесення, по суті, - єдиний спосіб одержання на металах твердосплавних покриті, що по властивостях мало відрізняються від властивостей спечених твердих сплавів.

Перевагами детонаційного напилення є:

- помірне нагрівання поверхні виробу, що покривається, (не вище 250 °C);
- можливість одержання покриті з підвищеною міцністю зчеплення і щільністю завдяки високій кінетичній енергії часток матеріалу, що напилюється ;
- можливість нанесення міцно зчеплених покриті на деякі види підкладок (сталь, нікелеві сплави й ін.) без струменеві-абразивної підготовки поверхні;
- відносна простота конструкції установки.

Однак спосіб має ряд недоліків:

- високий рівень шуму (125...140 дБ) і інші шкідливі впливи вимагають ізоляції зони обробки;
- технологічні обмеження на обробку нежорстких деталей, викликані високими імпульсними тисками при впливі продуктів детонації на підкладку;
- обмеження по твердості напилюємої поверхні (не вище 60 HRC)

Для удосконалення процесу дугового напилювання необхідно поліпшити наявні апарати і створити принципово нові.

Плазмово-дуговий метод рекомендується для напилення захисних і зміцнювальних та інших видів покриттів з порошків металів, оксидів, боридів та інших тугоплавких з'єднань, із композиційних порошків, а також з дротяних

матеріалів. Плазмовий струмінь утворюється в плазмотроні за рахунок нагріву плазмоутворюючого газу при проходженні його через дугу, або високочастотному індукційному нагріванню. Температура плазмового струменя може складати 5000...55000 °С, а швидкість витікання 1000...1500 м/с. Потрапляючи у плазмовий струмінь, частки порошку нагріваються і прискорюються в середньому до 50...200 м/с. Коли частки б'ються о поверхню, вони зчеплюються з нею за рахунок металургійної, механічної та інших видів взаємодії.

Матеріали які використовуються для плазмово-дугового напилення повинні плавитися без розкладу та возгонки і бажано, щоб вони мали велику різницю між температурами плавлення та кипіння.

Плазма, що генерується із суміші вуглеводневого газу з повітрям, містить компоненти з різними значеннями температур максимальних швидкостей дисоціації, внаслідок чого нагрівання матеріалу проходить ефективно в широкому інтервалі температур. При нагріванні матеріалу та при взаємодії струменя з навколишнім середовищем відбувається відбирання енергії від робочого тіла (струменя високотемпературного газу). Цей процес супроводжується зниженням температури газу вздовж струменя та зменшенням, як наслідок, температурного напору. Високоентальпійна плазма, яку отримують із суміші вуглеводневих газів з повітрям, підтримує рівень зниження температури при відбиранні 1 кВт-год/м³ не більше 200 К в інтервалі температур 3000—8000К. Аналогічних можливостей не має ні одне з альтернативних плазмових середовищ, що знайшли практичне застосування.

Також плазма сумішей вуглеводневих газів із повітрям має широкі можливості регулювання окислювально-відновного потенціалу середовища, в якому здійснюється обробка матеріалу. Кисень повітря, небажаний компонент середовища в багатьох процесах обробки матеріалів, утворює сполуку з вуглецем вуглеводневого газу — термічне стійкий оксид вуглецю. При цьому водень, що, як правило, додається до інертних та нейтральних плазмоутворюючих газів для підвищення ентальпії та теплопровідності плазми,

отримується в процесі хімічної реакції в дуговому каналі плазмотрона. Кількість водню, як і відновний потенціал середовища в цілому, регулюється зміною вихідного співвідношення вуглеводневий газ-повітря.

Додавання вуглеводневого компонента в плазмоутворюючу суміш при зміні умов горіння дуги призводить до підвищення потужності плазмотрона за рахунок збільшення середньої напруги на дузі. Це дає можливість зменшити струмове навантаження на електроди при збереженні постійного значення потужності, що, у свою чергу, підвищує ресурс роботи електродів.

Таким чином, згідно переваг газоповітряного методу нанесення покриття, можна зупинитися на плазмово-дуговому нанесенні покриттів, що у якості плазмоутворюючої суміші використовуються вуглеводні гази з повітрям.

Пропан – бутан, як вуглеводневий газ має деякі переваги відносно інших вуглеводнів. Одна з яких - це економічна доцільність. Вона доведена в економічному розділі дипломного проекту. Тому ми зупиняємося на плазмово-дуговому нанесенні покриття, що у якості плазмоутворюючої суміші використовується пропан – бутан з повітрям.

Плазмовий спосіб забезпечує високі значення KBM: 0.7...0.25 для дротяних матеріалів та 0.3...0.8 для порошкових. При цьому коефіцієнт використання енергії не перевищує 0.02...0.18 при дротяному напиленні і 0.001...0.2 при порошковому, продуктивність до 50 кг/год, міцність зчеплення до 50МПа, пористість 2...15%, максимальна температура напилюючих часток до 4000К, швидкість напилюючих часток 50...400м/с, в якості джерел теплоти використовується плазмова дуга, плазмовий струмінь [9].

Переваги:

- одержання покриттів з матеріалів, що плавляться без розкладання, без обмеження по температурі плавлення;
- використання для утворення струменя дугової плазми різних газів: інертних, відбудовних, окисних, а також аміаку, природного газу, водяної пари, що в сполученні з застосуванням камер із захисним чи середовищем захисних

насадок дозволяє регулювати властивості середовища, у якій нагріваються і рухаються частки порошку;

- гнучке регулювання електричного і газового режимів роботи плазмотрона, у тому числі в процесі нанесення покриття, що дозволяє керувати енергетичними характеристиками напилених часток і умовами формування покриття;

- досить високі продуктивність процесу і коефіцієнт використання матеріалу, що напилюється;

- нагрівши поверхні до порівняно невеликих температур, що дозволяє зберегти особливості структури і властивості матеріалу основи.

Недоліки:

низька міцність зчеплення покриті з деталлю для ряду умов експлуатації (10...50 МПа при іспитах на нормальний відрив); високий рівень шуму (110...130 дБ) і випромінювання; відносно висока вартість устаткування і його стаціонарність.

Отже, аналізувати доцільність використання того чи іншого способу нанесення покриття будемо, порівнюючи його параметри (табл.2.10) з необхідними нам за наступним планом:

8. міцність зчеплення матеріалу порошку з основою;
9. форма використовуваного матеріалу;
10. товщина покриття;
11. пористість покриття;
12. температура плавлення вибраного нами порошку(чи зможе матеріал бути активований даним способом напилення)
13. продуктивність напилення;
14. КВМ.

Таблиця 2.10 – Порівняльна характеристика способів напиленням [5]

Параметри	Спосіб напилення				
	Електродугове	Газополуменеве	Плазмове	Детонаційне	Газодинамічне
1	2	3	4	5	6
Продуктивність, <i>кг/год</i>	2...50	1...10	3...11; 11...25	0,1...1,5	3...15
Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ)	0,8...0,95	0,8...0,95	0,7...0,9	0,3...0,6	0,7...0,9
Міцність зчеплення, <i>МПа</i>	до 48 (>15)	до 50 (>10)	до 50 (>15)	до 100 (>30)	40...80
Пористість, %	5...15	10...15	5...10	до 0,5...1,5	3...7
Межі раціональної товщини покриття, <i>мм</i>	0,5...2,5 <i>max</i> 6,0	0,5...5,0 <i>max</i> 10,0	0,05...5 <i>max</i> 10,0	0,1...0,3 <i>max</i> 0,5	від 0,25*
Форма напилюваного матеріалу	дріт	дріт, порошок гнучкий шнур, стержень	порошок, дріт	порошок	порошок
Максимальна температура нагрівання диспергованих часток матеріалу, <i>К</i>	Температура плавлення матеріалу	до 3000	до 4000	до 3000	до 600
Швидкість напилюваних часток матеріалу, <i>м/с</i>	50...150	20...180	50...400	600...1500	200...1200

Проаналізувавши дану таблицю, а також довідкову літературу [10], можна прийти до наступних висновків:

1. Найвищу міцність зчеплення для кольорових металів має детонаційний та газодинамічний способи нанесення покриття (до 100 і до 80 МПа відповідно).
2. Нанести вибраний нами порошок можна усіма способами, окрім електродугового.

3. Отримати необхідну товщину покриття(0,5мм) можна за допомогою усіх способів, окрім детонаційного.
4. Найменшу пористість забезпечує детонаційний спосіб.
5. Отримати необхідну температуру плавлення (1050 °C) можна усіма способами, окрім газодинамічного.
6. Найбільшу продуктивність мають плазмовий та газодинамічний способи (до 25 кг/год та до 15 кг/год відповідно).
7. Найменший КВМ має детонаційне напилення.

Оскільки електродуговий, детонаційний та газодинамічний способи напилення не забезпечують необхідні нам параметри, то будемо обирати серед плазмового та газополуменевого способів. Так як плазмовий спосіб має більшу продуктивність, а також враховуючи масовість виробництва, зупинимо наш вибір на плазмовому напиленні.

2.4 Визначення раціональних режимів напилення

До останнього часу основною методикою при розробці практичних технологій плазмового нанесення покриттів служив прямий експеримент із пошуком оптимальних значень. У цей час усе більше увага приділяється розробці систем комп'ютерного моделювання процесу плазмового напилювання, що дозволяють виконати об'єктивний аналіз впливів різних факторів на умови нагрівання й руху частинок у плазмовому струмені, а також вибрати найбільш раціональну комбінацію цих факторів. Таке використання комп'ютерного моделювання являє собою реальний шлях переходу, застосовуваного при відпрацьовуванні технології плазмового нанесення покриттів до автоматизованого вибору його оптимальних параметрів.

При розробці комп'ютерних моделей процесу плазмового моделювання можна виділити два підходи: з одного боку, детальне теоретичне дослідження й чисельне моделювання окремих фізико-хімічних явищ, з іншого боку - створення математичних моделей і програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання процесу в цілому. Ми використовуємо програмне забезпечення CASPSP, що призначено для комп'ютерного моделювання плазмових струменів, що використовуються при нанесенні покриттів, а також моделювання нагрівання й руху частинок, що напилюються, у таких струменях.

Дане програмне забезпечення являє собою пакет прикладних програм, що складається із двох взаємозалежних модулів:

Моделювання плазмового струменя;

- Моделювання процесу напилювання частинок.

Перший модуль призначений для моделювання дозвукових плазмових струменів. Цей модуль дозволяє розраховувати й відображати на дисплеї просторові розподіли температури й швидкості вільного плазмового струменя залежно від геометричних розмірів сопла-анода плазмотрона й параметрів режиму його роботи (струм дуги, склад та витрата плазмоутворюючого газу).

Другий модуль призначений для моделювання поведінки частинок, що напілюються у плазмовому струмені з попередньо обчисленими просторовими розподілами температури й швидкості. Він дозволяє розраховувати й відображати траєкторію, швидкість і параметри теплового стану частинки залежно від складу її матеріалу, початкового діаметра і умов введення в струмінь.

Ряд експериментів по моделюванню роботи плазмотрона полягав у дослідженні фізичних характеристик плазмового струменя, можливості впливу на них, оцінка й аналіз впливу вихідних параметрів плазмового струменя на вихідні величини й процес напілювання в цілому. У цьому випадку як вихідні величини виступали сила струму, напруга й швидкість витрати плазмоутворюючого газу. Розглядалося три можливих варіанти застосування плазмоутворюючого газу - Повітря + 10%Н₂. Моделювання роботи плазмотрона здійснювалося із застосуванням програмного забезпечення CASPSP версії 3.1. Були отримані наступні результати, які показані в табл.2.6

Таблиця 2.10 – Параметри напілення

Плазмоутворюючий газ	I, А	V, л/хв	U, В	N, кВт	η, %
Повітря+пропан	250	15	48,8	12,2	42
	250	20	51,8	12,9	49
	300	15	48,4	14,5	41
	300	20	51,4	15,4	47

При проведенні експерименту був використаний плазмотрон з однаковим діаметром сопла - 6 мм. і його довжиною 18 мм.

Як видно з табл. 2.10. для даного складу газу проводився ряд дослідів залежно від двох параметрів - сила струму й витрата плазмоутворюючого газу. Знімалися показання напруги, потужності й ККД плазмового струменя.

З дослідних даних видно, що найбільший ККД плазмового струменя досягається при використанні в якості плазмоутворюючого газу Ar при $I=400$ А і $V=20$ л/хв. Але при введені в склад плазмоутворюючого газу 10% H_2 температура плазмового струменя значно збільшується. Це сприяє кращому розплавленню напилюваної частинки і ККД струменя при $I=250$ А і $V=20$ л/хв дорівнює 49%. Графіки залежності температури і швидкості плазмового струменя показані на рис 2.8.

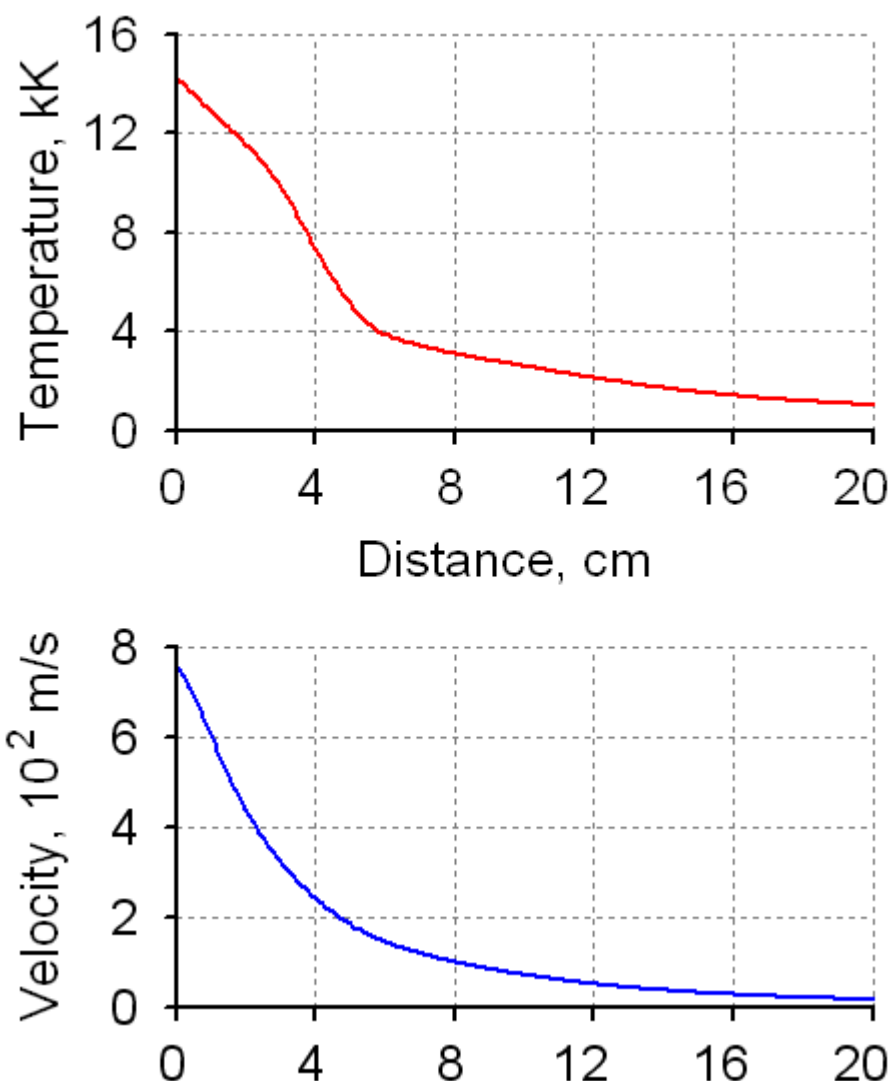


Рисунок 2.8 – Залежність температури і швидкості плазмового струменя від дистанції напilenня.

За допомогою другого модуля проведемо дослід, як поводить ся частинка FeCr-SiC в плазмовому потоці при цих даних. Діаметр каналу для подачі порошку рівнявся 2 мм, порошок вводився в плазмовий струмінь на від’ємній відстані від зрізу сопла, під кутом 90° . Аналізувалося поведження частинки під час польоту на відстані 200 мм від зрізу плазмотрона. Як змінні величини були діаметр частинок (40, 60 і 80 мкм), витрати порошку (0,8; 1,0; і 1,4 кг/год). Витрата транспортуючого газу підбиралася оптимальною, тобто така, щоб частинка попадала в центр плазмового струменя. Дані були наступними (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Результати моделювання поведінки частинки в плазмовому струмені.

Діаметр частинки d, мкм	Витрати порош-ку G, кг/год	Витрати транспор-туючого газу, V	Втрати на випаровування матеріалу, %	Дистанція на якій частинка перебуває в розплавленому стані L, мм	Швидк ість частин ки \dot{u} , м/с
40	0,8	1	27	10,2	125
40	1,0	1	14	10,5	120
40	1,4	1	7	10,6	115
60	0,8	1	27	15	105
60	1,0	1	19	14,6	100
60	1,4	1	14	15	95
80	0,8	0,8	24	18,2	90
80	1,0	0,8	18	17,8	90
80	1,4	0,8	11	18	85

Проаналізувавши результати дослідів, ми побачили, що зі збільшенням витрат порошку, при сталій витраті транспортуючого газу, зменшується швидкість частинки і втрати на випаровування. Найменші втрати на випаровування і найбільша швидкість руху частинки спостерігається при діаметрі частинок 40 мкм. і витратах порошку 1,4 кг/год. Хоч відстань від зрізу сопла, на якій частинка перебуває в розплавленому стані при цих параметрах, є найменшою з усіх, які були визначені, саме ці параметри будемо рахувати оптимальними. Графіки залежності температури частинки і її швидкості від дистанції напilenня показані на рис. 2.9.

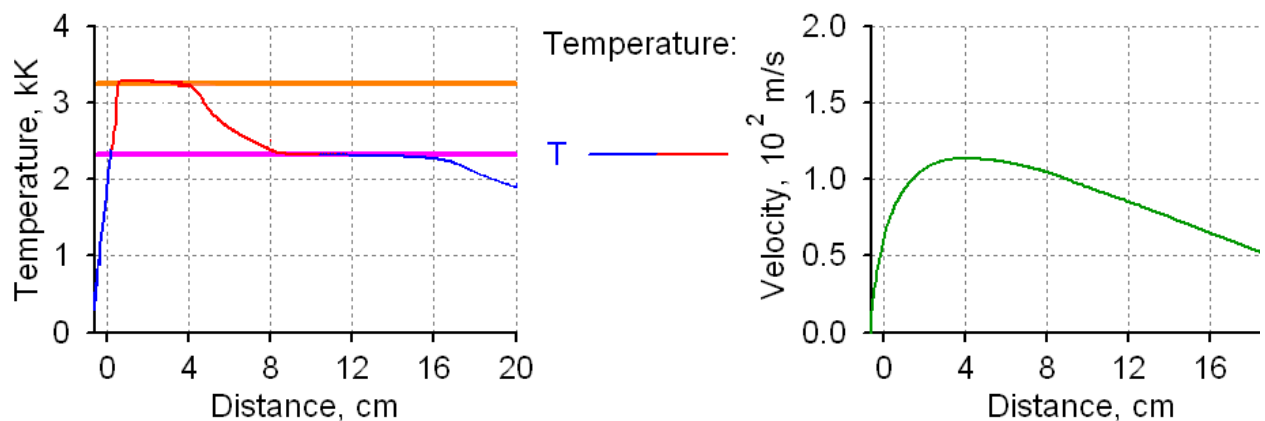


Рисунок 2.9 – Залежність температури частинки і її швидкості від дистанції напilenня.

Висновки

Для системи Fe-Cr-SiC максимальний екзотермічний ефект досягається при використанні суміші 40,5Fe-45Cr + 14,5 (мас.%) SiC при температурі 1120 °C з утворенням силіцидів: Fe₃Si, CrSi₂ (мікротвердість 7010-10490 МПа) і карбідів (Cr, Fe) ₇C₃, Cr₂₃C₆, Cr₃C₂ (мікротвердість 11920-13240 МПа), які сприяють підвищенню корозійної та зносостійкості покриттів.

Оптимальні режимні параметри процесу нанесення покриття з FeCr-SiC:

Сила струму $I=250$ А;

Витрати плазмоутворюючого газу $V=20$ л/хв;

Діаметр частинок FeCr-SiC $d=40$ мкм;

Витрати порошку $G=1,4$ кг/год;

Витрати транспортуючого газу $V_{\text{тр}}=1$ л/хв.

3. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обладнання для нанесення покриття

Напилення робочих поверхонь деталей здійснюється напівавтоматом камерного типу 320 1П, що складається з камери напилення, плазмової установки УМП-7 в зборі, аспіраційної установки. Даний напівавтомат використовується для нанесення покриття на зовнішні циліндричні та плоскі поверхні деталей. В склад установки УМП-7 входить джерело живлення постійного струму, пульт керування з контрольно-вимірювальними та регулюючими приладами, пристрої для підпалювання дуги, порошковий живильник, система газопостачання та водяного охолодження, система автоматичного блокування у разі аварійних ситуацій (падіння тиску води, плазмоутворюючого газу, коротке замикання тощо).

Установка забезпечує отримання з високою продуктивністю композиційних покриттів з двох живильників по заданому автоматичному режиму, отримання багатошарових покриттів, зміна концентрації напилюються порошків матеріалів по товщині покриття від шару до шару (табл. 3.2).

Працює при температурі навколишнього середовища від 1 до 40° С і відносній вологості повітря до 80%.

У камері напилення розташовані плазмотрон, передня та задня бабки для кріплення деталі, яка напилюється. Механізм переміщення плазмотрона та оберту деталі винесені за межі камери, що забезпечує зручне обслуговування і експлуатацію обладнання.

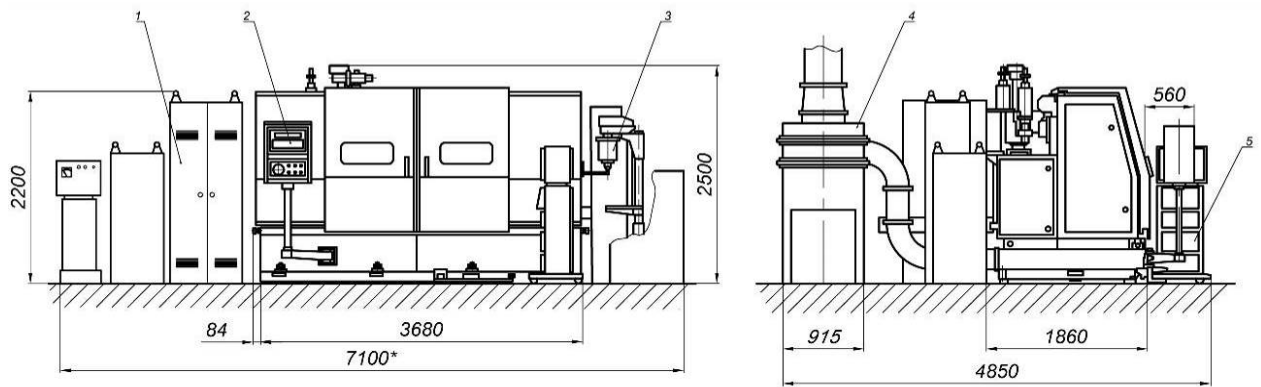
Напівавтомати забезпечують: можливість ручного регулювання дистанції напилення; ручне повертання і фіксацію розпилювача відносно поздовжньої осі деталі; плавне регулювання швидкості обертання виробу, а також поздовжнього і поперечного переміщення розпилювача; автоматичне позиціонування розпилювача по поздовжній осі; захист приводів від попадання порошку; захист

обслуговуючого персоналу і навколишнього середовища від шуму, випромінювання та ін.

Напівавтомат 320 1П обробляє зовнішні поверхні циліндричних і плоских деталей. Механізми переміщення плазмотрона і обертання деталі винесені за межі камери, що забезпечує зручність обслуговування і експлуатації обладнання. Управління напівавтоматом здійснюється за допомогою релейних схем. Технологічні можливості напівавтомата визначаються параметрами плазмових установок, які в них застосовані (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Технічні можливості напівавтомату 320 1П

Розмір деталей, мм	
Циліндричних: довжина	63 – 1900
Діаметр	25 – 250
Плоских	63 – 1900x40 – 160
Маса деталей, кг, не більше	5000
Швидкість переміщення плазмотрона, м/с	
Уздовж осі шпинделя	0,002 – 0,1
Поперек осі шпинделя	0.004 – 0,18
Частота обертання шпинделя, об/хв.	20 – 400
Габарити напівавтомата, мм	4850x4850x2400
Маса напівавтомата, кг, не більше	5700



1-шафа керування; 2- пульт керування; 3 – блок подавання порошків;
4 – витяжна система; 5-блок керування

Рисунок 3.1 - Загальний вигляд напівавтомата моделі 320 1П

До плазмотрона приварена пластина з 4-ма отворами, завдяки якій він кріпиться гвинтами до оснастки.

В установці "Київ-7" використовується автономна система охолодження, в якій циркулює дистильована вода під високим тиском з витратами 20 дм³/хв.

Установка повинна бути підготовлена до роботи в узгодженні з інструкцією по експлуатації на установку "Київ-7". До установки повинен бути підведений пропан-бутан (від балону), стиснене повітря (від мережі), проточна вода і електроживлення. Всі елементи установки повинні бути надійно заземлені.

Після тривалої перерви в роботі необхідно ретельно очистити плазмотрон від пилу, масла, продути стисненим повітрям і перевірити на герметичність водяних каналів при тиску 4,0 кгс/см²(0,4МПа).

Мегометром на 500 В перевірити ізоляцію між катодом плазмотрону і іншими ізольованими від нього елементами. Опір ізоляції повинен бути не менше 100 МОм.

Відрегулювати реле протока води з метою його надійного вимикання при відсутності подачі води або закупорки одного із каналів охолодження.

Для охолодження плазмотрона використовується блок автономного охолодження з ємністю бака не менше 0,5м³.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики установки для плазмового напилення
“Київ – 7”

Продуктивність, кг/год	25
Робочий газ	Суміш стиснутого повітря з пропан-бутаном
Потужність плазмотрона, кВт	80
Потужність установки, кВт	100
Витрати плазмоутворюючого газу, м ³ /год	3,9-12
Тиск плазмоутворюючого газу, МПа	0,5-0,6
Маса установки в комплекті	1150

Система підготовки робочих газів. Загальним для всіх методів газотермічного нанесення покриттів є використання робочих газів, у середовищі яких здійснюється процес прискорення, а в багатьох випадках і нагрівання матеріалу, який утворює покриття. Тобто робочий газ є або безпосередньо джерелом енергії, яка необхідна для нагрівання і прискорення матеріалу, або важливою, невід'ємною ланкою каналу, по якому ця енергія передається.

При плазмовому нанесенні покриття робочий газ (суміш газів) нагрівається завдяки енергії електричної дуги і у вигляді високотемпературного струменя взаємодіє з матеріалом, що напилюється, прискорюючи і нагріваючи його. У цьому разі робочий газ отримав специфічну назву плазмоутворюючого.

Плазмоутворюючим газом ми вибираємо повітря + пропан – бутан, який за своїми характеристиками відповідає всім вимогам.

На рис. 3.2 показана схема станції газо – водопостачання установки для плазмового нанесення покриттів.

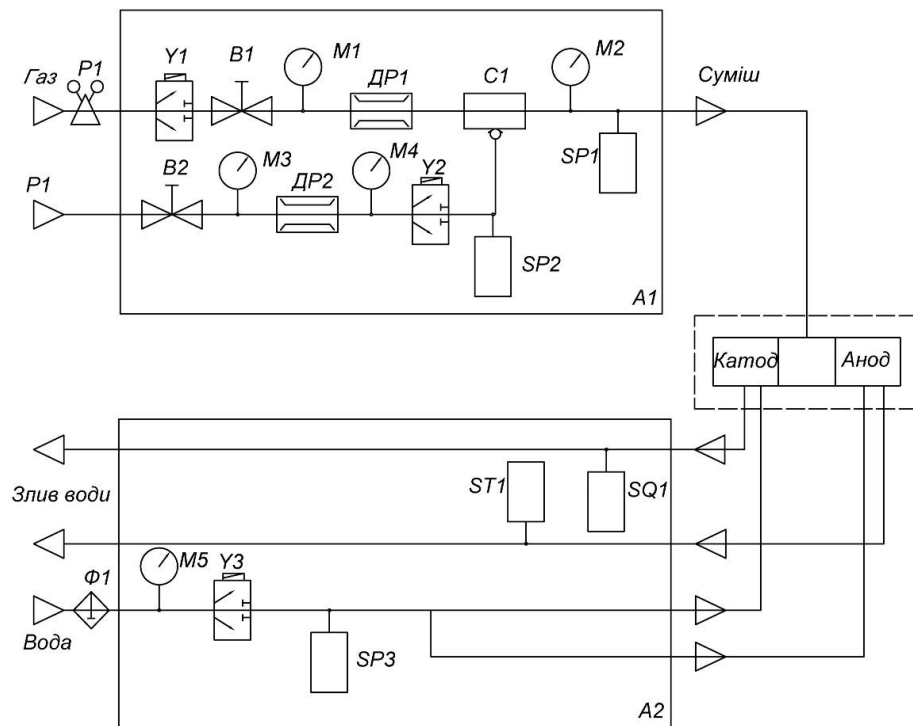
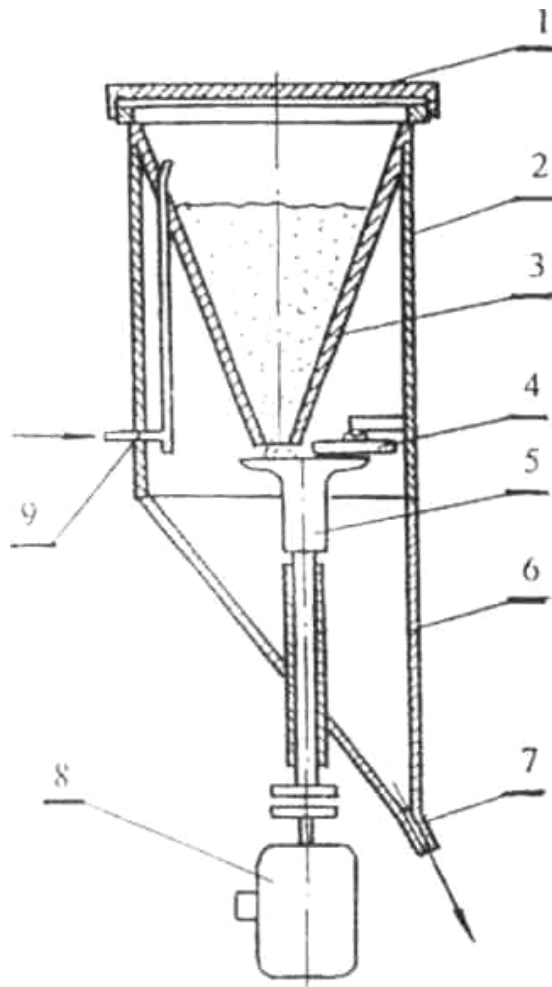


Рисунок 3.2 – Схема газо – водопостачання установки для плазмового наплення.

Речовина, тиск якої контролюється, надходить до порожнини в корпус реле. Порожнина утворена гумовою діафрагмою та корпусом реле. Якщо тиск речовини перевищує визначену величину, діафрагма прогинається, стискаючи пружину. Шток переміщується і натискає на мікроперемикач. Замикається (розмикається) електричний контакт мікроперемикача.

Живильник - дозатор. Вибираємо дозатор тарілчастого типу (рис. 3.3)

Обертання тарілки здійснюється від електродвигуна 8 через редуктор і з'єднувальну муфту. Живильник і електропривод встановлені на загальній базі. Продуктивність живильника регулюється грубо, шляхом зміни зазору між бункером 3 і тарілкою 5 і точно, шляхом зменшення кутової швидкості обертання тарілки. Керування двигуном здійснюється за допомогою тиристорного блока керування. Блок встановлено у тумбі, на якій змонтовано дозатор. Тиристорний блок забезпечує задану швидкість подавання порошкового матеріалу із похибкою не більше 2 %.



1-кришка; 2-корпус; 3-приймальний бункер; 4-скидальний ніж; 5-тарілка; 6-приймальна лійка; 7-вихідний патрубок; 8-двигун; 9-штуцер.

Рисунок 3.3 – Дозатор тарілчастого типу

Принцип дії дозатора такий: при обертанні тарілки на її торцевій поверхні утворюється валик із порошкового матеріалу, який надходить із бункера 3. Висота валика визначається зазором між бункером і тарілкою. При обертанні тарілки порошковий матеріал упирається у скидальний ніж, просувається вздовж ножа і скидається у приймальний бункер 6. Для створення умов переміщення матеріалу до периферії тарілки, ніж встановлено із зміщенням відносно осі останньої. Порошковий матеріал змішується із транспортуючим газом і у вигляді газопорошкової суміші подається через штуцер 7 до розпилювача.

3.2 Опис конструкції плазмотрона

Для комплектації напівавтомату для плазмового напилення моделі 3201П використовується установка УМП-7, з плазмотроном наведеному на кресленні ЗП 71мп.09.01.01.000 СК. Показна конструкція плазмового розпилювача, який ми використовуємо для нанесення захисного покриття (див. рис. 3.4).

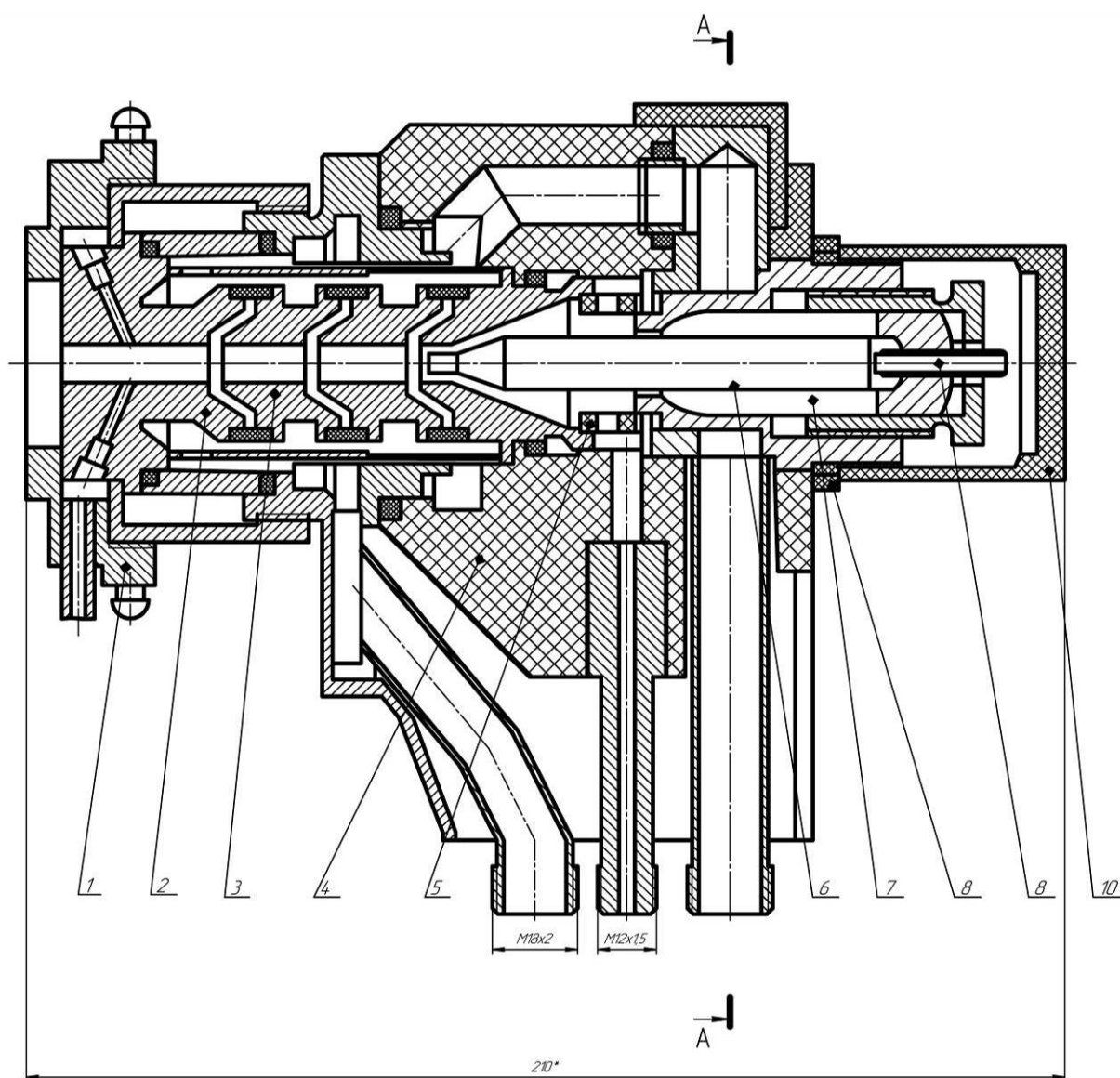


Рисунок 3.4 - Плазмовий розпилювач

У міру ерозійного спрацьовування катода і за допомогою спеціального гвинта 7, при розтисненій цанзі 6 можна переміщувати вольфрамовий стрижень і підтримувати, тим самим, постійне значення проміжку між електродами.

Охолодження катодного і анодного вузлів послідовне, через канали в корпусі плазмотрона. Через водовідвідні елементи конструкції розпилювача здійснюється і підведення струму до електродів плазмотрона.

Анод-сопло 2 ущільнюється за допомогою гумових кільцевих прокладок і може мати систему каналів на вихідному кінці, через які подається порошковий матеріал. Можливе встановлення сопла-анода для подавання дрітного матеріалу.

Дуговий канал має вигляд набору мідних шайб 3, які з'єднані між собою через ізоляційні прокладки 4. Схема охолодження при цьому не змінюється: вода після охолодження катодного вузла послідовно омиває весь набір МEB і вихідне сопло-анод 2. Така схема забезпечує ресурс електродів лише при використанні дистильованої води, бо водопровідна вода сприяє електрохімічній корозії зовнішньої поверхні міжелектродних вставок.

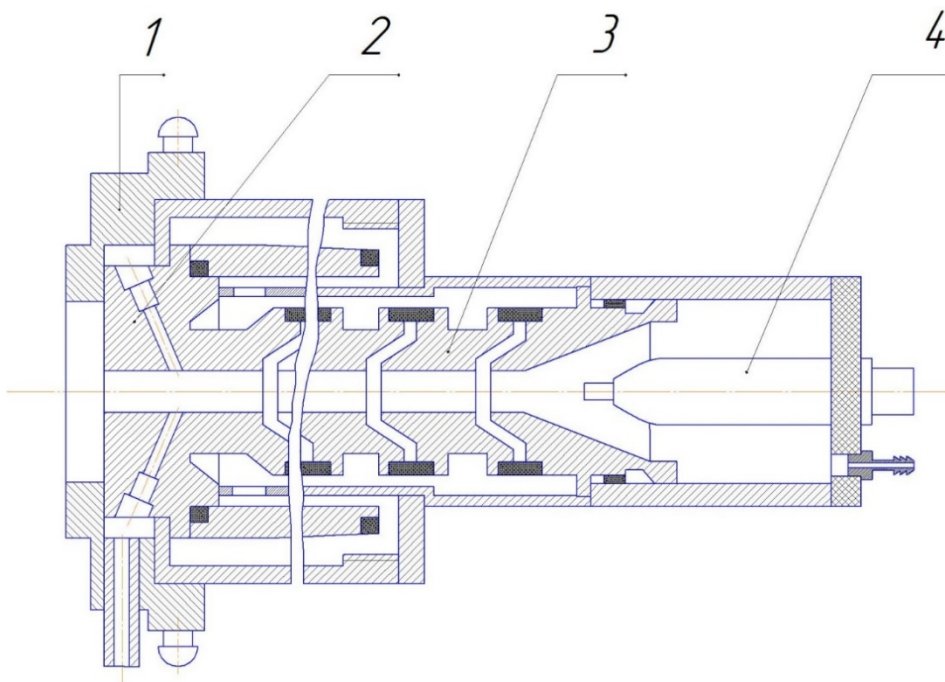


Рисунок 3.5 - ескіз плазмового розпилювача до установки УМП-7 з МEB:

1 – кришка; 2 – анод; 3 – МEB; 4 – катод.

Технічні характеристики розпилювача УМП-7 наведені в табл. 3.3

Параметр	Величина
Продуктивність по напилюваному порошку, кг/ч, не більше:	
Керамічному	5
Металічному	12
Композиційному	7
Робочий газ	Азот, аргон, гелій, суміші інертних газів
Потужність плазмотрону, кВт	40
Потужність установки, кВт, не більше	50
Тиск газу, води, МПа, не менше:	0,335
Витрати, м/год, не менше	
Води	0,21
Газа	3
Габарит, мм, не більше	

3.3 Властивості напиленого покриття

Широко поширені покриття, призначені для підвищення опору поверхні металевих виробів зносу (Хром, залізо). Незважаючи на високу хімічну стійкість, хром не завжди забезпечує надійний захист заліза від корозії. причиною цього є, як уже вказувалося, то, що в гальванічній парі сталь хром при порушенні цілісності покриття і впливі корозійно-активного середовища залізо є анодом і може піддаватися розчиненню. Тому замість безпосереднього хромування застосовується попереднє нікелювання або більше практичне і економічне потрібне покриття карбід-нікель-хром. Товщина шару хрому при цьому може бути незначною близько 1 мкм. Однак цього досить для захисту від корозії.

У великих масштабах таким методом зараз хромують блискучі частини автомобілів, велосипедів, трамвайних та залізничних вагонів, деталі різних вимірювальних приладів, водо- і паропровідні апаратуру, годинник, побутові прилади і т. д. для додання декоративного виду виробу і надійного захисту від корозії. Товщина шару хрому при захисно-декоративному хромуванні складає долі мікрона, рідко 1 мкм.

Хром підвищує адгезію покриттів з карбіду ванадію до сталевій підкладці за рахунок утворення дифузійної зв'язку. Цей ефект може бути досягнутий при використанні в процесі осадження хрому залізо-хромового порошку або порошку елементарного хрому. Однак природоохоронне законодавство часто виключає або забороняє використання залізо-хромового і елементарного хромового порошоків.

У виробі, що має тверде покриття, що містить карбід, принаймні, одного металу 5-ї групи, що має атомний номер не більше 41, і карбід хрому, і внутрішню поверхню зі сталі, відповідно покриття містить від 1% до 3% карбіду хрому, розподіленого в значній мірі рівномірно по всьому покриттю, а його внутрішня частина виконана зі сталі, що містить за вагою від 0,7% до 1,2% вуглецю і від 4% до 8% хрому. Виріб, зокрема, може бути валиком ланцюга, що

володіє твердістю внутрішньої частини RC 44-56. Твердість поверхні виробу може становити, принаймні, HV2000.

Мікроструктура отриманого покриття з фазами вихідних компонентів - SiC (ділянки чорного кольору на рис. 3.6) і Cr містяться в незначній кількості.

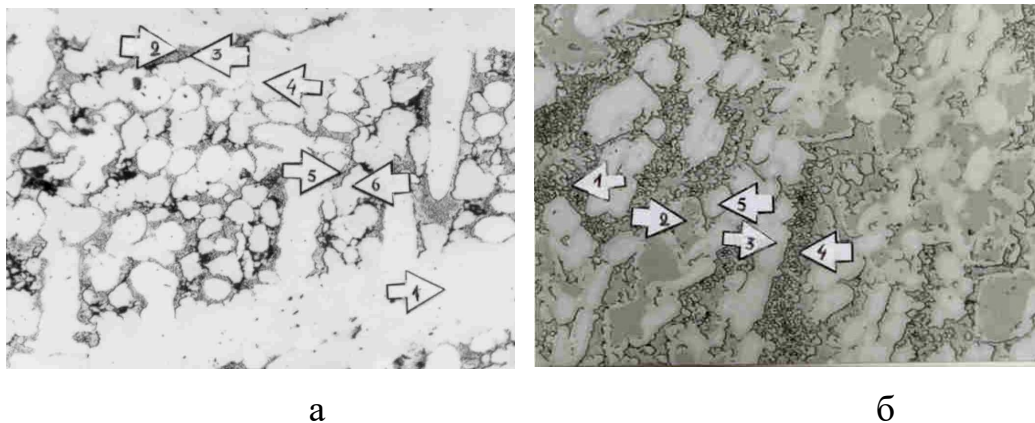


Рисунок 3.6 – Мікроструктура продуктів взаємодії заліза і хрому з карбідом кремнію: а - $27\text{Fe} + 60\text{Cr} + 13\text{SiC}$, б - $40,5\text{Fe} + 45\text{Cr} + 14,5\text{SiC}$ (цькування, $\times 400$)

3.4 Технологічний процес відновлення штоку гідроциліндру

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мета розділу – огляд та рішення таких питань:

- безпечної роботи устаткування;
- забезпечення безпечних та здорових умов праці;
- створення нешкідливих та безпечних умов праці;
- відсутність травматизму на підприємстві;
- пожежної безпеки на об'єкті;

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

При плазмовому нанесенні покриття мають місце наступні небезпечні та шкідливі фактори:

Вибухонебезпека;

Небезпечний рівень напруги в електричних ланцюгах;

Пожежонебезпека;

Підвищений рівень запиленості;

Підвищений рівень шуму та вібрації.

Основні причини враження електричним струмом є доторкання до струмоведучих частин, які знаходяться в робочому режимі під напругою.

Можливим джерелом враження електричним струмом є основне технологічне обладнання, до якого прикладена напруга 1500В (в режимі іонного очищення) та 300В (в режимі нанесення покриття) постійного струму, та електрообладнання, напруга живлення якого 380В змінного струму.

Попереднє обезжирення інструмента передбачає використання бензину, ацетону та спирту.

Вочевидь, що в повітрі робочої зони будуть присутні шкідливі пари цих речовин, які викликають алергічні захворювання в виробничих умовах.

Гранично допустимі концентрації: бензину 100 мг/м³, ацетону 200 мг/м³, спирту 1000 мг/м³.

В процесі нанесення покриття інструмент нагрівається до високих температур 100 -150°C . Після нанесення покриття інструмент охолоджується з камерою до температури 50-70°C. Потім оператор повинен дістати його для остаточного охолодження на повітрі, тому при таких умовах виникає небезпека отримати опік шкіри. Гранично допустима температура поверхонь 80°C.

4.2 Інженерні вирішення для забезпечення безпеки технологічного процесу та запобігання дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Для попередження дії токсичних речовин передбачені:

Окреме приміщення для приготування розчинів та робіт з токсичними речовинами, яке обладнане загальною обмінною та місцевою витяжною, вентиляцією;

Місцева витяжна вентиляція на робочих місцях від вакуумної камери та витяжної шафи. Швидкість повітря в робочому перерізі місцевої вентиляції повинна бути не менша 0,6 м/с;

Очищення видаленого вентиляцією повітря, що забруднене шкідливими речовинами, для цього вентиляція оснащується фільтром для очищення повітря від пилу;

Світлову та звукову сигналізація , яка сповіщає про припинення роботи вентиляції;

Індивідуальні засоби захисту (респіратор фільтруючий універсальний РУ-60М).

Для попередження дії шуму та вібрації передбачено використання активних трубчастих глушителів абсорбційного типу для облицювання звукопоглинаючими матеріалами внутрішньої поверхні повітропроводів

(мінераловатні щити, $\alpha = 0,98$ при $f = 1000\text{Гц}$, $\delta = 30$ мм для глушіння шуму високих частот);

Для попередження враження електричним струмом:

Захист ізоляції зовнішньої електропроводки від термічних та механічних пошкоджень;

Установка ізоляційних огорожень, захисних кожухів. Прилади для відключення живлення у шафі керування та автоматичні вимикачі;

Надійне заземлення всіх струмоведучих частин обладнання, які мають бути під напругою;

Опір ізоляції між корпусом та підкладкотримачем (до якого прикладена напруга до 1500В постійного струму) 20МОм;

Опір між пристроєм заземлення і будь — якою металічною частиною установки, крім конструктивно ізольованих елементів, не більше 0,1 Ом;

Опір ізоляції між джерелом плазми та корпусом камери 1МОм.

Мікроклімат:

Мікрокліматичні вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, встановлені відповідними нормами.

Оптимальними (комфортними) мікрокліматичними умовами вважаються такі умови, при яких має місце найвища працездатність і хороше самопочуття. Допустимі умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, що не виходить за межі можливостей організму, а також дискомфортні відчуття.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні дотримуватись:

Допустимі параметри повітря всередині виробничих приміщень для теплого періоду року обов'язкові для всіх параметрів (середня температура о 13 год. найбільш теплого місяця) не перевищує +25 °С.

Параметри мікроклімату (ДСН 3.3.6.042-99) [24] в таблиці 5.1

Незалежно від мікрокліматичних умов у робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК.

Для поліпшення температурних параметрів, потрібно встановити ребристі батареї, не менше семи секцій на одну.

Таблиця 4.1.1 - Параметри мікроклімату на робочому місці

Холодний	Період	Категорія робіт	Енерговитрати, кКл/г.	Параметри						ІЧ випромінювання				Примітка
				Фактичні			Допустимі			Джерело випромінювання	Відстань від джерела, м.	Випромінювання, Вт/м².	Норма	
				W, °C	W, %	V, м/с	T, °C	W, %	V, м/с					
Пб	210		18						Дуга	0,4	45	140	Система вентиляції 1.місцевий	
			77											
			0,8											
			15-21											
			75											
			0,4											

Вентиляція:

Для плазмового напилення застосовуються місцева витяжна вентиляція. Вона дає змогу вловлювати шкідливі речовини безпосередньо у місцях їх виділення. Пристрої місцевої витяжної вентиляції поділяють на всмоктувачі відкритого та закритого типу.

В нашому випадку застосовуємо місцеву витяжну вентиляцію закритого типу у вигляді вентиляючої камери, в якій проводиться операція напилення при якій інтенсивно виділяються шкідливі речовини. Параметри роботи відсмоктувача наведені в таблиці 4.3

Освітлення:

Освітлення повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 [26]. Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби. Від того, наскільки кваліфіковано воно спроектоване залежить безпека праці та самопочуття працівників, продуктивність їхньої праці та якість продукції. Відомо, що раціонально виконане штучне освітлення приміщень при одній і тій же витраті електроенергії підвищує продуктивність праці на 15—20%.

Разом з тим неправильно вибране та недостатнє освітлення робочих місць може бути причиною функціональних зорових порушень у працівників.

З метою оптимізації виробничого освітлення передбачають:

- обмеження прямої блискучості за рахунок добору конструкції світильників;
- очищення світильників, вікон від забруднень один раз на 3 місяці;
- фарбування стін титановими або цинковими білилами з високим коефіцієнтами відбивання для видимого світла за низьким коефіцієнтом для ультрафіолетових променів.

На нашому робочому місці створюються суміщене освітлення (штучне та природне - однобічне бокове).

Таблиця 4.1.2 - Технічні характеристики люмінісцентної лампи ЛД 100

Потужність, Вт.	Напруга мережі на лампі, В.	Світловий потік номінальне, лм.	Колірна температура, К
100	220	2340	4000

4.3 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека:

Згідно з НАПББ.03.002-2007 [27] приміщення з точки зору вибухопожежної небезпеки належить до категорії Г (негорючі речовини й матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому стані процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор, полум'я, горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива).

У приміщенні виділяється (ДНАОП 0.00-1.21-98) [26] зона П-Па, де обертаються тверді горючі речовини. Категорія за БЕМЗ (безпечний експериментальний мальний зазор між фланцями оболонки, мм ПА (>0,9 мм). Група вибухобезпеки сумішей (за температурою самозапалювання/ (T₁/ T C/V >450 °C). Ступінь вогнестійкості будівлі - І (не допускається поширення вогню

на основні будівельні конструкції) мінімально припустиме обмеження вогнестійкості — 2,5 год, майже припустиме обмеження поширення вогню для внутрішніх стін .

Категорія захисту від блискавки - І/СН 305-77/, від прямих ударів використовують блискаководи стержньові.

Пожежна безпека забезпечується:

- запобіганням спалаху ізоляції при КЗ за рахунок майже струменевого захисту;
- запобіганням утворення горючого середовища за рахунок надійної герметизації обладнання, обмеженням застосування і зберігання горючих і вибухонебезпечних речовин; застосуванням пожежної сигналізації з датчиком (ІДФ-І, ДПД і ін.); Застосовуємо вогнегасники типу УО, ОП-ІОА (вибрати тип і кількість відповідно до НАПБ Б.03.002-2007) [27].

Передбачається також аварійне стравлювання горючих газів із апаратури.

Рекомендована періодична очистка робочого місця цеху, апаратури від горючих відходів, відкладання пилу, вилучення пожежонебезпечних відходів виробництва, заміна ЛВЖ і ГЖ на пожежобезпечні технічні миючі засоби.

Передбачені пристрої, які забезпечують обмеження поширення пожежі.

Приміщення обладнується засобами колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі та протидимного захисту.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробою електричної напруги на корпус зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника дільниці.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на деревинний настил, викликати лікаря за телефоном 103 і, якщо це необхідно, зробити пострадалому штучне дихання.

У випадку загорання зварювального агрегата необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника.

Кожен робітник і службовець, що виявив пожежу або загорання, зобов'язаний:

- негайно сповістити про це в заводську пожежну охорону за телефоном 101;
- приступити до гасіння вогню пожежі наявними в цеху (на ділянці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);
- викликати до місця пожежі посадових осіб (начальника цеху, ділянки).

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника ділянки та звернутися в медпункт.

5 СТАРТАП ПРОЕКТ

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Ідея стартап-проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції товару (послуги) для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов.

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.

Розділ магістерських дисертацій «Розроблення стартап-проекту» присвячено реалізації першого етапу розроблення стартап-проекту, а саме висвітленню маркетингових аспектів створення стартапу: відбору ідей, створенню концепції продукту, визначення перспектив ринкової реалізації проекту та розроблення маркетингової стратегії. Розділ є завершальною частиною магістерської дисертації і виконується у вигляді оцінювання можливостей та формування заходів із ринкового впровадження інноваційних пропозицій магістранта.

Метою розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатностей щодо оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних розробок, сформованих у попередній частині магістерської дисертації у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів.

Завдання розділу полягає в маркетинговому аналізі перспектив реалізації запропонованих магістрантом науково-технічних рішень та пропозицій, оцінювання можливостей їх ринкового впровадження.

5.1Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Перші три пункти подаються у вигляді таблиці (табл. 1) і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 5.1.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Відновлення штоку гідроциліндра	1.Машинобудування	1.Подовження ресурсу роботи штоку гідроциліндра, що є більш економічно вигідно.
	2. Авіаційна промисловість	
	3. Лісова промисловість	

	4.Суднобудівна промисловість	2.Отримання більш зносостійкого покриття.
--	------------------------------	---

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 2):

Таблиця 5.2.1 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ n/n	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступ технологій
	Відновлення штоку гідроциліндра плазмовим напиленням	Електродуговий	Технологія наявна	Доступ
		Плазмове напилення	Технологія наявна, потрібна доробка	Доступ
		Детонаційний	Технологія наявна	Недост
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: За результатами аналізу таблиці ми прийшли до висновку, що ідея проекту відновлення штоку гідроциліндра плазмовим напиленням технічно можлива, вибираємо технологію зміцнення . Плазмове напилення				

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити

реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 3).

Таблиця 5.3.1 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ n/n	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	1 споживач товару
	Забезпечення роботи гідроциліндра	Машинобудування, станкобудівна і авіаційна промисловість, . лісова промисловість, суднобудівна промисловість	Різність стандартів, технічних регламентів	1.1 повинно забезпеч високу зносості 2. Товщин покритт повинна менше 0

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4) на основі виділених ринкових загроз та можливостей. Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність

здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 5.4.1 SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - збільшення ресурсу роботи штока гідроциліндра - одержання покриттів з матеріалів, що плавляться без розкладання, без обмеження по температурі плавлення; - досить високі продуктивність процесу і коефіцієнт використання матеріалу, що напильюється; - нагрівши поверхні до порівняно невеликих температур, що дозволяє зберегти особливості структури і властивості матеріалу основи. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - висока конкуренція на ринку - відсутність досвіду виробництва - маловідомість нашого виробництва
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розширення географії продажів товарів - можливість використання маркетингу в соціальних мережах 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - зниження доходів частини клієнтів - поява інших конкурентів на внутрішніх рінках

Висновок: проект відновлення штоку гідроциліндра плазмовим напиленням має можливість ринкової комерціалізації, аналізуючи ринок можна побачити, що є попит на дану продукцію, гарна динаміка росту ринку. Перспективи виходу на ринок є, тому що в даний час наш проект має високу конкурентоспроможність. Доцільна подальша імплементація даного проекту.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті розглянута можливість впровадження у виробництво технології підвищення зносостійкості штоку гідроциліндра плазмовим напиленням в умовах сучасного економічного розвитку української промисловості та розроблено технологічний процес. В процесі роботи отримані наступні результати:

- проведено аналіз сучасних способів підвищення зносостійкості штоку гідроциліндра, розглянуті їх недоліки та переваги. Запропоновано спосіб, який дозволяє підвищити антифрикційні властивості, експлуатаційні характеристики робочої поверхні, задовільні значення продуктивності процесу;
- розроблено технологічний процес підвищення зносостійкості штоку компресора. Запропоновані операції для підготовки поверхні до напилення, дозволяють підвищити якість покриття. Для напилення обрано порошок FeCr-SiC, покриття з якого має високі зносостійкі властивості;
- обрано обладнання та розроблена оснастка для напилення покриття;
- спроектована дільниця плазмового напилення;
- зроблено аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів при плазмовому напилення та розроблені заходи, щодо їх усунення або зменшення до нормативних значень. Проведений розрахунок місцевої вентиляції.

Представлена технологія може бути впроваджена у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989.- 640с.
2. Гаркунов Д. Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. Черновол М.И. Повышение качества восстановления деталей машин/ М.И. Черновол, С.Е. Поединок, Н.Е. Степанов.- Киев: Техника, 1989.-168с.
4. Газотермическое напыление композиционных порошков/А.Я. Кулик, Ю.С. Борисов, А.С. Мнухин, М.Д. Никитин.–Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985.–199 с.
5. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Справочник / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко – К.: Наукова думка, 1987.– 544с.
6. Кудинов В.В. Плазменные покрытия/ В.В. Кудинов.- М.: Наука, 1977.– 184 с.
7. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж .– К.: Наукова думка, 2007. – 557 с.
8. Кудинов В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов. – М.: Машиностроение.– 1981. – 192 с.
9. Кудинов В.В. *Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование*/ В.В. Кудинов, Г.В. Бобров. – М.: Металлургия, 1992. - 432с.
10. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ильющенко и др.– Минск: Бел. навука, 1998. – 583 с.
11. Дубовий О.М. Технологія наплення покриттів / О.М. Дубовий, Т.А. Янковець. – Миколаїв: НУК, 2007- 236 с.
12. <http://firstuc.prom.ua/p22376076-moechnye-ustanovki-mojka.html>
13. Корн Н.Я. Обработка деталей, наплавленных износостойкими композиционными материалами // Машиностроитель.– 1981.– №12.–37 с.

14. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей / О.Г. Левченко. – К.: Основа, 2010.–240 с.

15. Goncharov V.L., Lakhotkin Yu.V., Kuzmin V.P., et al., Corrosion resistance of tungsten carbide coatings deposited from gas phase. // The European corrosion congress «EUROCOR 2003». – Budapest, Hungary. – 2003. – Book of abstracts. – P. 309.

ДОДАТКИ