

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонська філія

Кафедра зварювання

Пояснювальна записка

до магісторській роботі

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **Розробка технології відновлення клапанів ДВЗ.**

Виконав: студент VI курсу, групи 6121м
спеціальності 132 Матеріалознавство
спеціалізації Інжиніринг зварювання та
споріднених процесів

(спеціальність і спеціалізація)

Якубовський А.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник **Спіхтаренко В.В.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Матвієнко М.В.**

(прізвище та ініціали)

Херсон - 2020

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонська філія**

Факультет _____ суднобудівний _____
Кафедра _____ зварювання _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____
Спеціальність _____ 132 «Матеріалознавство» _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____ Інжиніринг зварювання та споріднених процесів _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри зварювання

_____ к.т.н., проф. Єрмолаєв Г.В.

“ _____ ” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

_____ Якубовському Антону Леонідовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розробка технології відновлення клапанів ДВЗ. _____

керівник проекту _____ доц. Спіхтаренко В.В. _____

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

затверджені розпорядженням ХФ НУК від “12” _____ 10 _____ 2020 року № 6

2. Строк подання студентом проекту 07.12.20 р. _____

3. Вихідні дані до проекту Креслення виробу, матеріал сталі 55Х20Г9АН4,
річна програма 10000 штук. _____.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Опис та аналіз існуючих технологічних процесів виготовлення. Умови роботи виробу. Характеристика основного металу. Аналіз методів відновлення деталей. Вимоги до наплавлених покриттів. 2. Розробка та опис технологічного проекту. Вибір матеріалу металічних

порошків для плазмової наплавки. Вибір обладнання. Розрахунок режимів відновлення клапанів Дослідження властивостей отриманих покриттів. 3. Розробка операцій технологічного процесу. Вибір засобів контролю. 4. Охорона навколишнього середовища. 5. Розрахунок техніко-економічних показників.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 Тема роботи. 2 Мета, завдання, результати. 3 Умови роботи клапанів. 4. Дефекти робочих поверхонь. 5. Хімічний склад сталі. 6 Вибір матеріалу для наплавлення. 7. Вибір обладнання. 8. Визначення ККД плазмотрону, максимального розміру часток порошку. 9. Розрахунок потужності плазмотрону. 10, 11 Результати проведених випробувань. 12. Схема технологічного процесу. 13. Розрахунок собівартості відновлення. 14. Висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. Спихтаренко В.В.		
2	доц. Спихтаренко В.В.		
3	доц. Спихтаренко В.В.		
4	доц. Спихтаренко В.В.		
5	доц. Спихтаренко В.В.		

7. Дата видачі завдання 15.10.2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел по відновленню робочих поверхонь клапанів ДВЗ	10.10.2019	
2	Вибір матеріалів та режимів відновлення клапанів ДВЗ	30.10.2019	
3	Розробка та опис технологічного процесу	20.11.2019	
4	Охорона навколишнього середовища	01.12.2019	
5	Техніко-економічні показники	10.12.2019	

Студент Якубовський А.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Спихтаренко В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Ключові слова: відновлення, підвищення зносостійкості, плазмове наплавлення, вибір матеріалів, розробка технології.

В дипломному проекті приділена увага проблемі відновлення робочих поверхонь клапанів двигунів внутрішнього згорання легкових автомобілів.

Представлена розробка технології відновлення та підвищення зносостійкості фаски тарілки клапана двигуна внутрішнього згорання плазмовим наплавленням.

Розглянуті сутність, основні параметри та режими технологічного процесу, вибране та модернізоване обладнання. Проведений аналіз технології щодо економічної ефективності і охорони праці.

Робота виконана на 88 сторінках, має 20 ілюстрацій, 14 таблиць, 16 посилань на науково-технічні джерела.

Annotation

Keywords: recovery, increase endurance, plasma deposition, the choice of materials, development of technology.

In the diploma project paid attention to the problem of restoration work surfaces valve internal combustion engines of cars.

Submitted recovery technologies and improving the durability of valve plates facets internal combustion engine fusing plasma.

The essence and main parameters and regimes of the process, selected and upgraded equipment. The analysis of technology for economic efficiency and safety.

The work was performed at 88 pages has 20 illustrations, 14 tables, 16 references to scientific and technical sources.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 Аналіз технології виготовлення клапанів ДВЗ.....	8
1.1 Загальна характеристика виробу	9
1.2 Умови роботи випускного клапана, види зношування.....	11
1.3 Характеристика основного металу.....	15
1.4 Існуючі методи відновлення робочої поверхні клапанів.....	19
1.5 Перспективний спосіб відновлення та підвищення зносостійкості робочих поверхонь клапанів ДВЗ.....	25
1.6 Вимоги до наплавлених покриттів.....	27
1.7 Висновки	29
2 Вибір матеріалів та режимів відновлення клапанів ДВЗ.....	30
2.1 Вибір матеріалу для наплавлення	31
2.2 Вибір газів для напилення.....	34
2.3 Вибір обладнання для наплавлення	36
2.4 Автоматизована установка для плазмово-порошкового наплавлення поверхонь - РМ-302.....	43
2.5 Розрахунок режимів відновлення клапанів.....	47
2.6 Дослідження наплавлених покриттів.....	50
2.7 Висновки	54
3 Розробка технологічного процесу.....	55
3.1 Розробка операцій технологічного процесу.....	56
3.2 Вибір засобів контролю якості	61
3.3 Висновки	64
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	66
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на ділянці плазмо-порошкового наплавлення клапанів ДВЗ ...	67
5 Техніко-економічні показники	72
5.1 Нормування основних операцій при напавленні.....	73
5.2 Розрахунок технологічної собівартості	75

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

5.3 Розрахунок кількості устаткування.....	78
5.4 Розрахунок чисельності працюючих	79
5.5 Визначення фонду заробітної плати	80
5.6 Розрахунок технологічної собівартості	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	85
ДОДАТОК.....	87

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Процеси наплавлення займають одне з найважливіших місць в зварювальній техніці. З їх допомогою на робочих поверхнях різноманітних виробів отримують сплави з необхідними властивостями: корозійностійкість, жароміцність, зносостійкість, антифрикційність і т.д. Такі вироби знаходять своє місце практично в усіх областях промисловості.

В більшості випадків метал робочих поверхонь деталей повинен відрізнятися від металу самої деталі. Такі вироби виготовляються переважно методом наплавлення.

Багато деталей із дорогоцінних та дефіцитних металів і сплавів виготовляють комбінованими: основа складається із більш дешевих матеріалів, а на робочі поверхні наплавляють сплави зі спеціальними властивостями. Маса металу наплавлення в цих виробах складає всього декілька процентів від маси всього виробу. Тому такі біметалеві конструкції, отримані наплавленням, в багато разів дешевше конструкцій, виготовлених повністю із металу з заданими вимогами. Крім того, різноманітні конструкції, деталі та вузли механізмів по мірі зношення можуть відновитися наплавленням, що в багато разів зменшить витрати металу для виготовлення запасних частин вузлів та механізмів.

В даному дипломному проекті представлена технологія відновлення клапанів двигунів внутрішнього згорання легкових автомобілів плазмово-порошковим наплавленням. Дана технологія не тільки забезпечує відновлення, а й збільшує ресурс роботи клапанів двигунів внутрішнього згорання. Також було спроектовано оснастку для закріплення клапана та його охолодження під час наплавлення.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Загальна характеристика виробу

Двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) – пристрій, перетворюючий енергію тепла, яку він отримує при згоранні палива в циліндрах, в механічну роботу.

Газорозподільний механізм двигуна внутрішнього згорання, визначає показники якості й ефективності його роботи: потужність, економічність, та акустичні характеристики.

Газорозподільний механізм будь-якого двигуна складається з розподільчого валу, передавальних деталей і клапанної групи. До складу останньої входять впускні і випускні клапани, напрямні втулки, пружини клапанів з деталями кріплення. Клапани відкривають і закривають впускні й випускні канали, забезпечуючи їх герметичність, в залежності від положення поршнів в циліндрах та від порядку роботи двигуна.

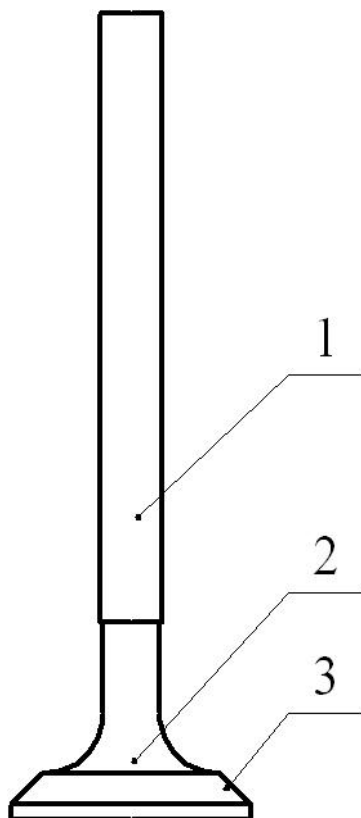
Впускний клапан для кращого наповнення циліндрів горючою сумішшю має тарілку більшого діаметру, ніж випускний. Він виготовлений зі спеціальної хромистої сталі, що володіє високою зносостійкістю і теплопровідністю.

Випускний клапан працює в більш важких умовах. На випускний клапан діють високі механічні (тиск газів, сили інерції) і теплові навантаження. В результаті ущільнююча поверхня клапана схильна до зносу.

Випускні клапани автомобільних і тракторних двигунів не великої потужності виготовляють із хромо-кремнієвих сталей мартенситного класу, що називаються сильхромами (наприклад, 40X9C2, 40X10C2M) [9].

При температурах 20-30°C сильхроми не мають переваг над середньо-вуглецевими легованими не жаростійкими сталями (наприклад 40ХН). В інтервалі температур 300-500°C, міцність не жаростійкої сталі інтенсивно знижується, в той час як сильхроми зберігають її на попередньому рівні. При температурах вище 600°C жаростійкість сильхромів різко зменшується.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						9
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – стрижень; 2 – тарілка; 3 – ущільнююча поверхня

Рисунок 1.1 Конструкція випускного клапана [9]

Клапани двигунів підвищеної потужності, що мають більш високі робочі температури, виготовляють з жароміцних високолегованих сталей аустенітного класу, що можуть працювати під навантаженням при температурах до 700-800°C.

Для економії дорогих жароміцних сталей випускні клапани виготовляють зварними: головку з аустенітної сталі, а стрижень з менш легованої сталі.

Однак в багатьох випадках застосування і аустенітної сталі не забезпечую необхідний ресурс роботи клапана. Це відноситься в першу чергу до фаски клапана, так як саме вона підлягає максимальним термічним і механічним навантаженням. В цьому випадку найбільш доцільним способом

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						10
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшення ресурсу роботи фаски випускних клапанів представляється наплавлення матеріалів із заданими властивостями. Як правило, це наплавлення жароміцних сплавів на основі нікеля або кобальта [1].

1.2 Умови роботи випускного клапана, види зношування

Однією із самих навантажених і відповідальних деталей ДВЗ є випускний клапан, який працює в важких умовах ударних навантажень і тертя при підвищеній температурі, корозійному впливі продуктів згорання, палива та мастил, гарячих газів, твердих продуктів коксування.

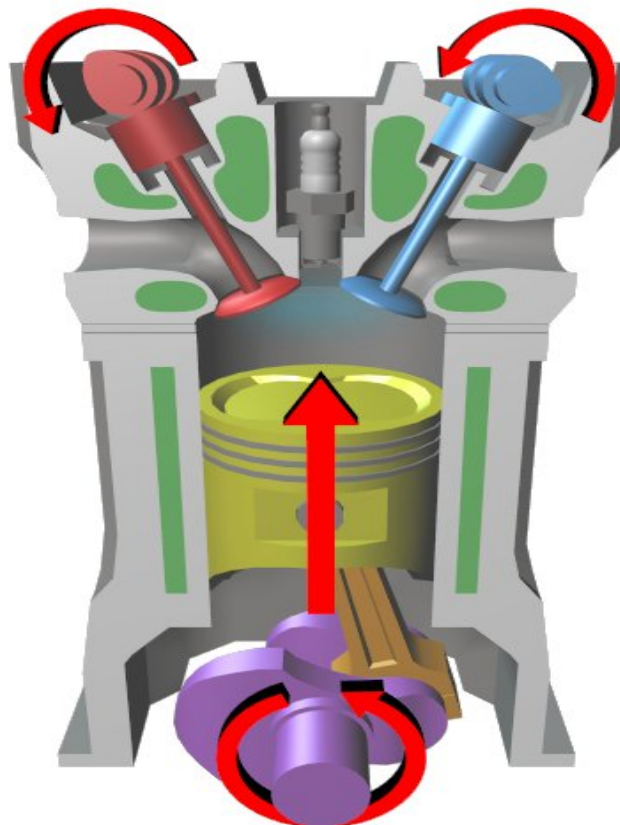


Рисунок 1.2 Умови роботи впускного и выпускного клапанів

Для того щоб чітко уявити умови роботи випускного клапана, потрібно проаналізувати роботу чотирьохтактного ДВЗ [9].

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Чотиритактний двигун внутрішнього згорання працює за наступним циклом:

- впуск;
- стискання;
- робочий хід;
- випуск.

Впуск – поршень переміщується від верхньої мертвої точки до нижньої мертвої точки. Відкритий впускний отвір. В результаті збільшення об'єму в середині циліндра утворюється розрідження 0,075 – 0,085 МПа, а температура суміші знаходиться в межах 90 – 125°C . Циліндр заповнюється свіжим зарядом горючої суміші.

Стискання – поршень рухається від нижньої мертвої точки до верхньої мертвої точки. Впускний і випускний отвір закриті. Об'єм над поршнем зменшується, а тиск і температура до кінця такту відповідно досягають величин 1,0...1,2 МПа і 350...450°C. Робоча суміш стискається, завдяки чому покращується випаровування і перемішування парів бензину та кисню.

Робочий хід (згорання і розширення) – стиснута робоча суміш запалюється іскрою. Поршень під тиском газів, що розширюються, переміщується від верхньої мертвої точки до нижньої мертвої точки. Впускний і випускний отвори закриті. Тиск газів досягає величини 3,5...4,0 МПа, а температура досягає 2000°C.

Випуск - поршень рухається від нижньої мертвої точки до верхньої мертвої точки. Відкрито випускний клапан. Тиск газів знижується до 0,11...0,12 МПа, а температура – до 300...400°C.

Причиною руйнування клапана може бути неправильна експлуатація двигуна (перегрів – особливо в спеку, передчасне перемикання передач «вверх», порушення моменту запалювання), низькоякісне паливо, згорання разом з горючою сумішшю мастила, що призводить до виникнення детонації, зростання температури в циліндрі, накопичення продуктів коксування. В

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

результаті можливе підгоряння електродів свічки запалювання, клапана, руйнування між кільцевих перегородок поршня і його днища. В свою чергу через малий тепловий зазор у приводі клапана останній закривається не повністю – тобто не щільно прилягає до сидла в головці блока циліндрів. Отже він не віддає своє тепло головці блока циліндрів. Надлишковий нагрів клапана викликають і гарячі гази, що прориваються із циліндра через нещільності в парі клапан-сідло. Тому робоча поверхня тарілки клапана перегрівається і вигорає (рис 1.3). В основному це стосується випускного клапана, який омивається гарячими вихлопними газами і працює в напруженому тепловому режимі.

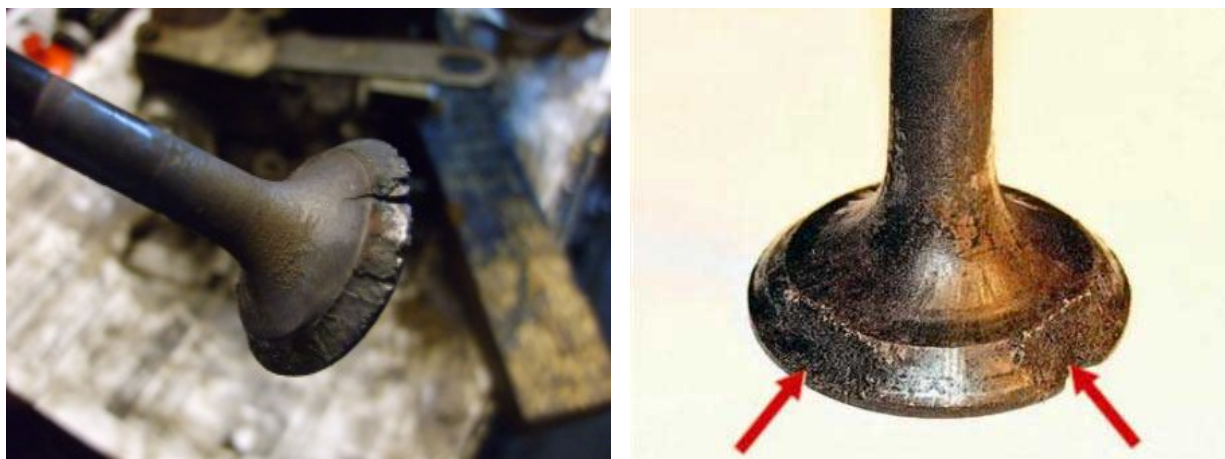


Рисунок 1.3 Прогорання випускного клапана ДВЗ

Виходячи з літературних джерел, руйнування клапана відбувається при термічних і механічних навантаженнях.

В залежності від величини та відношення цих навантажень, що виникли в процесі експлуатації, руйнування клапана, а саме фаски, може мати декілька видів:

- корозійне руйнування по типу «ножової корозії», яке відриває наплавлений шар від металу основи, що протікає в декількох стадіях (рис. 1.4, а):

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

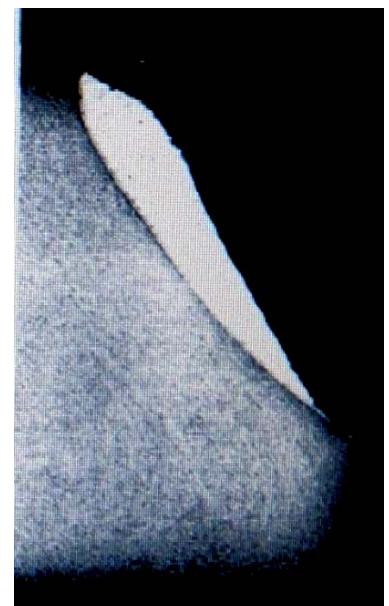
- поява та розвиток МКК (міжкристалічної корозії) крупнозернистої структури ЗТВ (зони термічного впливу);
- зародження тріщини, проникаючої по межі сплавлення під наплавлення;
- поява на межі сплавлення пор, що поступово збільшуються в кількості та розмірах;
- швидке розповсюдження тріщини на ослабленій порами межі сплавлення, з відривом наплавленого шару від основного металу.
- абразивне руйнування контактуючої поверхні фаски клапана, що викликане недостатньою твердістю при експлуатаційних температурах (рис.1.4, б).
- «сповзання» наплавленого шару, обумовлене недостатньою жаростійкістю металу ЗТВ та його повзучістю при експлуатаційних навантаженнях випускного клапана (рис.1.4, в)



а



б



в

а – наскрізна корозія; б – зношення присадкової поверхні клапана;
в – «сповзання» наплавлення

Рисунок 1.4 Види руйнування випускних клапанів

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

На практиці спостерігається проявів в тій чи іншій мірі одночасно всіх видів, але в залежності від конкретних умов навантаження (експлуатації) можлива перевага одного із видів.

1.3 Характеристика основного металу

Наша промисловість випускає десятки марок високолегованих хромонікелевих сталей і нікель-хромових сплавів. Найбільше поширення в зварних конструкціях одержали нержавіючі сталі — сталі з високим вмістом хрому, стійкі проти корозії в атмосфері і різних середовищах.

Відповідно до ГОСТ 5632—81 сталі і сплави з високим вмістом хрому (більш 6—8%) розділяються на три основні групи:

- корозійностійкі (нержавіючі) сталі;
- жаростійкі сталі і сплави;
- жароміцні сталі і сплави.

До групи корозійностійких відносяться сталі, що володіють стійкістю проти електрохімічної корозії — атмосферної, ґрунтового, лужного, кислотного, соляного, морського і ін.

Хромонікелеві корозійностійкі сталі зберігають аустенітну структуру навіть при повільному охолодженні від високих температур. Аустенітні сталі на відміну від всіх інших сталей після загартування у воді стають надзвичайно пластичними і більш м'якими, чим до загартування.

У корозійностійких сталях намагаються всіляко обмежувати вміст нікелю, замінюючи його марганцем і азотом. Нікель — дефіцитний метал, тому його варто застосовувати тільки там, де він незамінний, наприклад у виробництві жароміцних і жаростійких сталей і сплавів. Такого типу сталі, які леговані нікелем, випускаються вітчизняною промисловістю. Масштаби застосування цих сталей-замінників у ряді галузей промисловості будуть у найближчі роки розширюватися, хоча в особливо агресивних середовищах

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

вони помітно уступають по корозійній стійкості сталям з підвищеним змістом нікелю.

До групи жаростійких (окалино стійких) відносяться сталі і сплави, що володіють стійкістю проти хімічного руйнування поверхні в газових середовищах при температурі вище 550°C і працюючих в ненавантаженому чи слабо навантаженому стані. З числа корозійностійких сталей окалино стійкими при температурі 800—850°C є сталі типу 18-8. При більш високих температурах застосовуються сталі і сплави з більш високим вмістом хрому.

Окалино стійкі сталі і сплави, які застосовують в зварних конструкціях, здатні тривалий час працювати при дуже високих температурах, що досягають 1200°C. Жаростійкість сталі чи сплаву визначається насамперед вмістом у них хрому, алюмінію і кремнію. Такі елементи, як ванадій, бор і в меншому ступені вольфрам, титан, молібден знижують жаростійкість сталі. До групи жароміцних відносяться сталі і сплави, що працюють у навантаженому стані при високих температурах протягом визначеного часу і які володіють при цьому достатньої окалиностійкістю.

Для високооборотних двигунів використовують високолеговану сталь 55X20Г9АН4. Сталь жароміцна високолегована, аустенітного класу, саме цю сталь використовують при виготовленні клапанів двигунів внутрішнього згорання в сучасних легкових автомобілях. Хімічний склад сталі в процентному співвідношенні приведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі 55X20Г9АН4

C	Mn	Ni	Cr	N	Si	Cu	S	P
					не більше			
0,5...0,6	8,0...10,0	3,5...4,5	20...22	0,3	0,45	0,6	0,03	0,04

Сталь 55X20Г9АН4 відноситься до класу аустенітних сталей.

Аустенітними називають сталі, що зберігають при повільному охолодженні від температури 1000°C і більш до кімнатної температури

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.				Арк.
									16
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

структуру аустеніту, тобто структуру γ -заліза вододіючого кристалічними ґратами гранецентрованого кубу.

Структура (фазовий склад) хромонікелевих сталей залежить насамперед від співвідношення вмісту хрому і нікелю, що ілюструється діаграмою Шефлера, приведеною на рисунку 1.5.

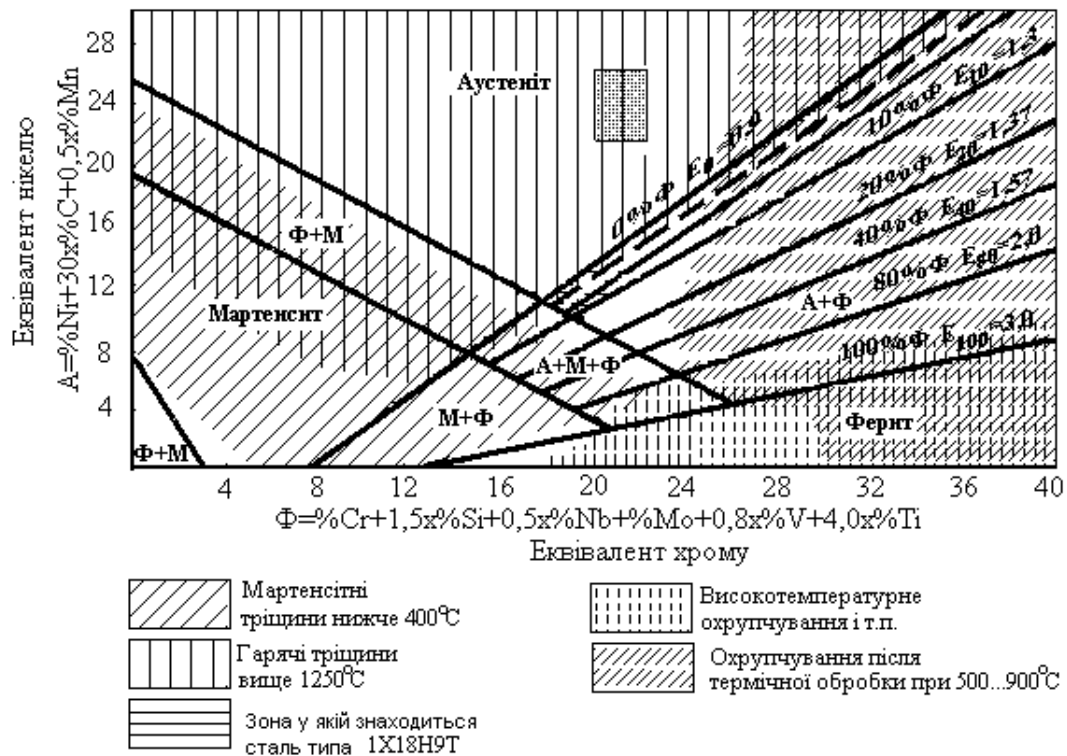


Рисунок 1.5 Визначення структури сталі по діаграмі Шефлера

Проведемо розрахунок еквівалентного вмісту нікелю (аустенізатора):

$$Ni_{екв} = \%Ni + 30 \cdot \%C + 0,5 \cdot \%Mn \quad (1.1)$$

$$Ni_{екв}(min) = 3,5 + 30 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 8 = 22,5\%$$

$$Ni_{екв}(max) = 3,5 + 30 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 10 = 26,5\%$$

Проведемо розрахунок еквівалентного вмісту хрому (феритезатора):

$$Cr_{екв} = \%Cr + 1,5 \cdot \%Si + 0,5 \cdot \%Nb + \%Mo + 0,8 \cdot \%V + 4,0 \cdot \%Ti \quad (1.2)$$

$$Cr_{екв}(min) = 20 + 1,5 \cdot 0,45 = 20,67\%$$

$$Cr_{екв}(max) = 22 + 1,5 \cdot 0,45 = 22,67\%$$

					МП.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Згідно діаграми сталь 55Х20Г9АН4 має аустенітну структуру.

Основу аустенітної сталі складає залізо (більш 45%). Вміст легуючих елементів, найважливішими з яких є хром і нікель, не перевищує 55%. Якщо сума легуючих елементів перевищує 55%, замість терміну аустенітна сталь вживають поняття аустенітний сплав.

Характерною рисою багатьох аустенітних сталей являється відсутність мартенситного перетворення. У сталі з 20% Cr, 8,95% Ni і 0,057% C мартенситне перетворення не настає навіть при 4°K, тобто майже при абсолютному нулі, а в аустенітній сталі, що містить 18% Cr, 8% Ni, 3% Mo, 1% Nb перетворення $A \rightarrow M$ відбувається тільки при охолодженні її до -200°С. Якщо екстрагувати аустеніт з цієї сталі анодним травленням, то мартенситне перетворення відбудеться вже при кімнатній температурі. Сказане пояснюється тим, що в матриці, тобто в самій сталі, кожне зерно аустеніту стисло сусідніми зернами і перетворення $A \rightarrow M$, зв'язане зі збільшенням об'єму, утруднено.

Затрудненість чи навіть відсутність мартенситного перетворення в багатьох хромонікелевих аустенітних сталях при їхньому охолодженні, очевидно, обумовлено дією не тільки нікелю, але і хрому. За даними И.И. Корнілова і Р.С. Мінц введення Ni у сплави Fe і Cr (5%) знижує температуру перетворення $\gamma \rightarrow \alpha$ від 810°С (початок) — 760°С (кінець) при 10% Ni до 290° (початок) — 200°С (кінець). За даними Бастьєна і Дедьє збільшення вмісту Ni від 4 до 11% у сплавах Fe з більш високим змістом Cr (18%) знижує точку A_{r3} ще більш інтенсивно (від +200° до —200°С). Отже, підвищення змісту Cr від 5 до 18% при рівних концентраціях нікелю приводить до збільшення стабільності аустеніту. Енгел і інші дослідники показали, що у високолегованих сталях стабілізаторами аустеніту є не тільки Ni і Cr, але також інші домішки та легуючі елементи.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

1.4 Існуючі методи відновлення робочої поверхні клапанів

Відомо велику кількість способів зміцнення робочої поверхні випускного клапана: ацетиленово-кисневе наплавлення, індукційне наплавлення литих кілець, лазерне наплавлення, електрошлакове наплавлення, плазмове наплавлення литого кільця, наплавлення плавким електродом — MIG процес і неплавким електродом вільною дугою – TIG процес (аргонодугове наплавлення), плазмове наплавлення подвійною дугою

1.4.1 Наплавлення

Наплавлення є нанесенням шару розплавленого металу на оплавлену металеву поверхню шляхом плавлення присадного матеріалу теплотою киснево-ацетиленового полум'я, електричної або плазмової дуги. Широке застосування наплавлення знайшло для відновлення зношених деталей і створення на поверхні виробу шару, що має підвищену зносостійкість, корозійну стійкість, жароміцність і інші властивості. [1]

При напавленні можна порівняно швидко отримати шар напавленого металу значної товщини, що особливо важливо при відновленні зношених деталей.

Напавленню повергають деталі, виготовлені із сталей найрізноманітніших класів і видів, включаючи стали вуглецеву, литу, низьколеговану, корозійностійку та ін. Для стабілізації процесу напавлення легування напавлювального шару і очищення його від забруднень присадним матеріал зазвичай покривають спеціальними обмазками або ж процес напавлення здійснюють в середовищі захисного газу або під слоєм флюсу.

Гнучкість, простота, можливість наносити на поверхні виробів матеріали будь-якого хімічного складу і фізико-механічних властивостей пояснюють широке застосування цього методу.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Для наплавлення на сталеві деталі кольорових металів найчастіше застосовується плазмове і імпульсно-дугове наплавлення.

Плазмове наплавлення включає виникнення між основним металом і електродом пальника (катодом) електричної дуги, що забезпечує перехід в плазмовий стан робочого газу, що подається в зону дуги. При цьому з сопла пальника витікає високотемпературний плазмовий струмінь, що забезпечує плавлення наплавлювального матеріалу. Для утворення плазми використовують суміш гелію з аргоном, а в якості захисного газу застосовують аргон що захищає зварювальну ванну і наплавлений метал, що кристалізується, позаду плазмового пальника від дії навколишнього повітря.

На практиці наплавлення застосовують спосіб, що поєднує в собі плазмове наплавлення з дуговим наплавленням плавким електродом в середовищі інертного газу. При цьому електрод плазмового пальника і звичайний металевий електрод сполучають з протилежною поверхнею і при силі струму вище 300А стовпчаста дуга, перетворюється на ту, що обертається що забезпечує наплавлення валика шириною 40 мм пі мінімальній глибині проплавлення основного металу. Технологічні можливості дугового наплавлення в захисних газах можна розширити застосуванням в якості джерела тепла імпульсної дуги. Суть застосування пульсуючої дуги полягає в концентрації в часі теплової і силової дії на основний і електродний метал з метою регулювання технологічних характеристик процесу наплавлення - для регулювання процесу розплавлення і перенос електродного металу. При протіканні процесу наплавлення на основний струм, дуги, що безперервно горить, накладаються короточасні імпульси струму, під впливом яких відбувається прискорення плавлення кінця електроду, формування і відрив, капіж металу. Відривши краплі відбувається тільки при достатній кількості розплавленого металу. Сила струму під час паузи встановлюється такої, щоб швидкість плавлення дроту була менше швидкості її подачі. В результаті дуга дещо коротшає. При

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

накладенні імпульсів відбувається прискорення плавлення електроду, з утворенням краплі розплавленого металу і її відривом. Довжина дуги при цьому збільшується. Відриву краплі імпульсами струму перешкоджає розплавлення електроду і ріст краплі. На цьому етапі сили поверхневого натягнення металу набагато перевершують електродинамічну силу. Ріст краплі уривається імпульсом струму, при якому електродинамічна сила виявляється вище за силу поверхневого натягнення. Найбільш важливими параметрами що роблять вплив на перенесення металу, являються: амплітуда, частота і тривалість імпульсів струму, а також величина струму в проміжку між імпульсами. Оптимальним режимом вважається такий, при якому кожен імпульс забезпечує відрив однієї краплі.

1.4.2 Дугова металізація

Суть методу полягає у безперервній подачі через два канали в пальнику двох дротів (діаметром 1,5...3,2 мм), між кінцями яких збуджується дуга і відбувається розплавлення дроту. Розплавлений метал підхоплюється струменем стислого повітря, що витікає з центрального сопла електрометализатора, і в мілкорозплавленному виді переноситься на поверхню основного матеріалу.



Рисунок 1.6 АДМ-апарат с камерою згорання. Напилення сталлюю проволокою

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Те, що розпиляло і транспортування розплавленого металу здійснюється зазвичай стислим повітрям, хоча при напиленні корозійними спайками і алюмінієвими сплавами використовують азот. При дуговому напиленні постійному струмі процес протікає стабільно забезпечуючи отримання шару покриття з дрібнозернистою структурою при високій продуктивності процесу.

Застосування потужних електрометалізаційних установок дозволяє значно підвищити продуктивність процесу і скоротити витрати часу. В порівнянні з газопламенним напиленням електролізація дозволяє отримувати міцніші покриття які краще з'єднуються з основою. При використанні в якості електродів дротів з двох різних металів можна отримати покриття з їх сплаву (псевдосплави). Експлуатаційні витрати при електрометалізації невеликі. До числа недоліків дугового напилення відносяться небезпека перегрівання, і окислення напилюваного матеріалу при малих швидкостях подачі розпиляного дроту. Крім того, велика кількість теплоти дуги, що виділяється при горінні призводить до значного вигорання легуючих елементів що входять в напилюваний сплав

1.4.3 Плазмове напилення

Подальшим розвитком техніки металізації розпиляло є плазмове напилення. Принцип плазмового напилення полягає в тому, що між катодами (з чистого вольфраму або 2% торій) і мідному водоохолоджуючим соплом, що служить анодом виникає дуга, що нагріває що поступає в сопло пальника робочий газ який витікає з сопла у вигляді плазмового струменя. В якості робочого газу використовують аргон або азот, до яких іноді додають водень. Порошковий наплавлювальний матеріал подається в сопло струменем транспортуючого газу, нагрівається плазмою і з прискоренням переноситися на поверхню основного матеріалу для утворення покриття. Застосовуючи

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

високоентальпійну плазму і високотемпературне джерело нагріву можна наносити покриття практично з усіх відомих тугоплавких матеріалів, які в плазмовому струмені не сублімують і не зазнають інтенсивного розкладання. Ніяким іншим способом не можна нанести покриття з таких матеріалів, як метали, сплави, оксиди, карбіди, нітрид, борид, пластмаси і їх комбінації. Великою різноманітністю відрізняються матеріали, на які можуть бути нанесені покриття : метали, кераміка, графіт, пластмаси і так далі. Енергетичні характеристики плазми можна змінювати залежно від вимог технології. Покриття наносяться на великі і малі поверхні, на вироби складної форми. Завдяки нагріву підкладки до порівняно невеликих температур (40...120°C) зберігаються особливості структури і властивості матеріалу основи. Покриття, отримані методом плазмового напилення, мають хороше зчеплення з основою.

Спочатку спосіб плазмового напилення покриттів був використаний для зміцнення деталей машинобудування. Метод дозволяє істотно підвищити износо- і корозійну стійкість обробки деталей, а у ряді випадків здешевити виготовлення нових виключивши дорогі верстати і застосувавши плазмове покриття.

Останнім часом метод полум'яного нанесення покриттів успішно впроваджується в ремонтне виробництво при відновленні деталей машин. Цьому сприяли:

- можливість відновлення деталей широкої номенклатури і зі зносом різної величини (0,025...6 мм) з одночасним зміцненням напиленням порошків, що складаються з різних композицій;
- створення багатошарових покриттів;
- невелика термічна дія на напилювану основу, що виключає викривлення деталі;
- відносно невисока пористість покриттів.

До недоліків плазмового напилення відносяться:

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- високі вимоги до якості підготовки поверхні;
- лущення і відшарування покриття із-за низької адгезії покриття з основою;
- значні втрати напилюваного матеріалу при обробці деталей малих розмірів;
- утворення шкідливих для людини летких з'єднань;
- неможливість наносити покриття на внутрішні поверхні деталей з розмірами менше, плазмотрона;
- підвищений шум і світлове випромінювання;
- застосування тільки стаціонарного устаткування.

Незважаючи на ці недоліки, спосіб плазмового нанесення покриттів широко поширений як у нас в країні, так і за кордоном. Спосіб плазмового напилення для відновлення деталей машин широко впроваджується на ремонтних підприємствах. При впровадженні методу особливе значення слід надавати забезпеченню хорошої адгезії для чого мають бути відпрацьовані операції механічної обробки поверхні, знежирення, захисту ділянок поверхонь, неналежних напиленню, струминної обробки. Дотримання цих вимог також потрібне як витримка параметрів плазмового струменя і забезпечення якості напилюваного матеріалу.

Спосіб плазмового напилення широко застосовується для нанесення зносостійких і антифрикційних покриттів на вузли тертя. За даними фірми "Plasmotechnik" (Швейцарія) довговічність вузла ущільнення в результаті напилення оксиду хрому підвищується в 2,3 разу і на 10...15 % знижується його вартість в порівнянні із звичайними парами тертя. У Японії плазмове напилення успішно застосовується для зміцнення суднових і автомобільних ДВЗ. При нанесенні покриттів на поршневі кільця знос кілець з никель-кобальтової матрицею, що містить керамічний сплав ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 13 \text{TiO}_2$), за 1250 мотогодин склав 0,025 мм, стінок циліндрів - 0,018 мм.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Відновлення деталей з кольорових металів плазмовим напиленням бронзових покриттів дає позитивні результати, наприклад робочих поверхонь конусів синхронізацій коробок передач автомобілів.

Застосування плазмових покриттів при відновленні деталей машин має досить хорошу перспективу. Успіхи в застосуванні плазмових процесів найбільш значні там, де використовується науковий підхід до розробки і впровадження технології нанесення покриттів.

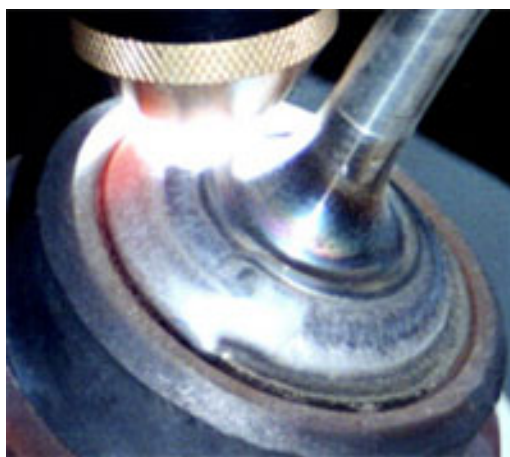


Рисунок 1.7 Клапан ДВЗ під час напилення

1.5 Перспективний спосіб відновлення та підвищення зносостійкості робочих поверхонь клапанів ДВЗ

В кінці 90-х років розпочато вивчення технології плазмово-порошкового наплавлення з метою зміцнення робочої поверхні випускних клапанів перспективних двигунів легкових автомобілів.

В порівнянні з наплавленням прутком або дротом, плазмо – порошкове наплавлення має великі можливості отримання особливо тонких і гладких шарів з мінімальним припуском на механічну обробку, що дозволяє вводити в зварювальну ванну декілька металічних порошків різних видів, отримувати композиційне покриття, наприклад, тверді частинки в металічній матриці.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						25
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подавання матеріалу, що наплавляється у вигляді порошку значно підвищує гнучкість технології, дозволяє наплавляти шари товщиною від 0,1 до 3 мм та більше (при необхідності).



Рисунок 1.8 Плазмовий струмінь

Застосування двох дугової схеми плазмового наплавлення дозволяє змінювати розподіл теплової енергії, що вноситься в систему «порошок, що наплавляється – заготовка», за рахунок можливості регулювання тепла в дугах прямої і другорядної дії. Енергія допоміжної дуги (другорядної дії) витрачається на підігрів присадкового порошку, енергія основної дуги (прямої дії) – на нагрів заготовки клапана.

Керування процесом двох дугового плазмово-порошкового наплавлення дозволяє регулювати тепловкладення в деталь та глибину проплавлення основи, забезпечуючи при цьому можливість отримання шарів з заданим складом, структурою і фізико-механічними властивостями з мінімальною кількістю небажаних домішок, пор та інших дефектів.

Завдяки описаним перевагам, технологія дводугового наплавлення плазмово-порошкового наплавлення знайшла широке розповсюдження за кордоном.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

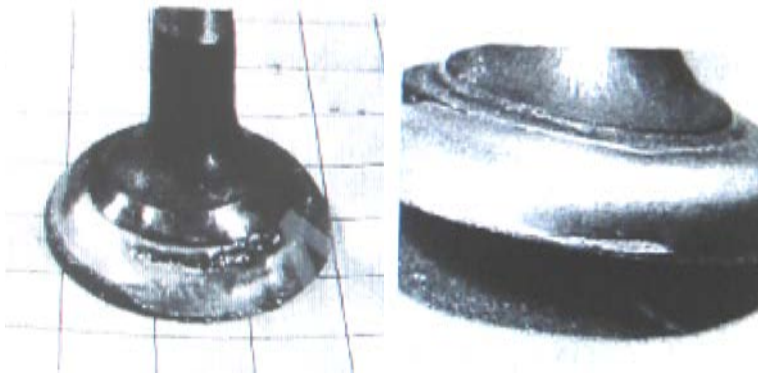
1.6 Вимоги до наплавлених покриттів

Дефекти, що виникають в процесі наплавлення і негативно впливають на подальшу роботу випускного клапана. Можливі дефекти показані на рисунку 1.9.



а

б



в

г



д

а - поверхнєве окиснення; б - пропалення, свищ; в - незаповнення;
г - підріз; д - тріщина

Рисунок 1.9 Поверхнєві дефекти, які виникли в процесі наплавлення

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Причинами дефектів, що виникають в процесі наплавлення, можуть бути:

- невірні параметри процесу наплавлення (витрати порошку, витрати плазмоутворюючого та захисного газів, струм та напруга на дузі, швидкість наплавлення);

- несправність або неправильні настройки механізмів та вузлів установки для наплавлення (надлишкове биття заготовки або підп'ятника, відсутність теплового контакту або поганого контакту заготовки з водоохолоджувальним підп'ятником, відсутність води або перегрів води в контурі охолодження, підсасування кисню в газових магістралях);

- дефекти та забруднення заготовки клапана (порушення геометрії заготовки, невідповідальність профілю розробки до вимог операційного креслення, невідповідність хімічного складу металу основи, наявність окалини, забруднення на поверхні деталі під наплавлення);

- не якісний захисний та плазмоутворюючий газ або присадковий порошок (висока вологість газу, невідповідність хімічного складу присадкового порошку, висока кількість газів в присадковому порошку).

Тому вимоги до технології наплавлення повинні дозволяти наплавляти жаростійкі, жароміцні сплави на основі кобальту, нікелю, заліза, забезпечуючи при цьому:

- можливість регулювання та контролю параметрів, характеризуючих кількість тепла, що вводиться при напавленні в клапан для забезпечення стабільності теплових процесів в ЗТВ;

- мінімальний час перебування металу ЗТВ в області критичних температур для зменшення структурних змінень, що ведуть до виділення карбідів на границях зерен і появи остаточних напружень, які понижають жароміцність та корозійну стійкість металу в цих зонах;

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- мінімальне проплавлення основного металу для зменшення степені розмішування наплавленого матеріалу залізом, понижуючим жаростійкість і твердість при експлуатаційних температурах;
- високою продуктивністю процесу;
- гнучкість технології з можливістю швидкого налагодження різних типорозмірів клапанів, що наплавляються;
- надійність роботи в умовах масового виробництва.

1.7 Висновки

Вивчення застосування порошкових матеріалів при ремонті техніки і відновленні деталей показало, що до теперішнього часу розроблена досить велика кількість різних способів відновлення деталей із застосуванням порошкових матеріалів. Більшість цих способів забезпечує разом з відновленням зміцнення робочих поверхонь, захист від корозії, що є засобом підвищення надійності техніки. Необхідність відновлення і зміцнення деталей обумовлено великими витратами при ремонті техніки. Відновлення зношених деталей дозволяє досягти високого рівня економічної ефективності.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу відновлення та підвищення зносостійкості випускних клапанів ДВЗ.

Задачі, які вирішуються у дипломному проекті:

- 1 Вибір матеріалу для наплавлення;
- 2 Розробка операції технологічного процесу;
- 3 Вибір та модернізація обладнання для технологічного процесу;
- 4 Довести економічну доцільність нової технології;

Приділити увагу питанням охорони праці та навколишнього середовища.

					<i>MP.132.6121m.06.01.05.ПЗ.</i>	Арк.
						29
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Вибір матеріалу для наплавлення

Підвищення вимог до норм токсичності вихлопних газів і зниження витрат пального проводить до зміни конструкції сучасних ДВЗ. Для таких двигунів характерні високі робочі навантаження одночасно зі зниженням ваги і розмірів деталей газорозподільного механізму. Важкі умови роботи випускного клапана ускладнюються підвищеними температурами газів, зменшенням тепловідводу від тарілки (через зменшення габаритних розмірів), що висуває особливі вимоги до матеріалів ущільнюючої поверхні.

Головною задачею під час вибору необхідних властивостей покриття для наплавлення поверхні є підвищення її жаростійкості при високому рівні твердості і втомної міцності, а отже і збільшення ресурсу роботи клапана [9].

В якості матеріалу використовують композиційні порошки на основі кобальту і нікелю (в тому числі і самофлюсуючі на основі нікель-хром), які мають властивості до корозійної, ударної, теплової стійкості і стійкості до зносу.

Хромо-нікелеві сплави характеризуються високими технологічними і експлуатаційними властивостями. Легування бором і кремнієм знижує температуру плавлення і надає спроможність самофлюсування, одночасно збільшуючи твердість і корозійну стійкість в багатьох абразивних середовищах.

Сплави на основі кобальту володіють високою жаростійкістю і корозійною стійкістю. Допускається часткова заміна кобальту нікелем або залізом. Наявність хрому і вуглецю забезпечують високу зносостійкість, завдяки утворенню карбідів типу Cr_7C_3 і Cr_{23}C_6 . Молібден і вольфрам зміцнюють твердий розчин, підвищують жаростійкість, збільшують температуру рекристалізації (більше 900°C) і призводять до утворення карбідів типу $(\text{Cr},\text{Mo},\text{W})_7\text{C}_3$ і $(\text{Cr},\text{Mo},\text{W})_{23}\text{C}_6$.

Вибір сплаву обумовлений навантаженням двигуна. В даному випадку це бензиновий чотиритактний ДВЗ з відносно невеликим робочим об'ємом

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						31
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1,3 – 2,0 літра. Для двигунів минулого покоління технології зміцнення фаски випускного клапана орієнтовані на нанесення сплавів на основі нікелю типу колмоной (наприклад порошок ПГ-СР2) з використанням плазмово-дугового процесу нанесення.

Таблиця 2.1 Хімічний склад жаростійких сплавів для наплавки клапанів

Елемент, %	C	Ni	Cr	Si	Mo	W	Co	B	Fe	Mn	T _{пл} ⁰ С	Твердість, HRC
ЕП616А	0,9	осн.	24-28	2,2-2,7	-	-	-	1,2-1,8	3	<0,4	980-1080	36-42
Delero40	0,3	осн.	7,5	3,5	-	-	-	1,7	<2,0	-	990-1150	38-42
Delero45	0,3	осн.	8.5	3,7	-	-	-	1,8	2,5	-	980-1060	44-47
ВЗК	1-1,5	<2	28-32	<2.7	-	4-5	осн.	0,01	<2,0	<1,0	1300-1395	40-43
Stellite 6	1,2	<3	28	1,0	-	5,0	осн.	-	<2,5	1,0	1265-1395	39-43
Stellite F	1.7	22	25	1,1	0,6	12	осн.	-	<1,5		1260-1330	40-45
P40	2,2	11	24	1,1	5,5	-	-	-	осн	-	1257-1350	≥38

Але проведені дослідження і дорожні випробовування не відповідають сучасним вимогам надійності та довговічності клапанів, в зв'язку з недостатньо високою для нових двигунів корозійною зносостійкістю покриття при високих температурах, підвищеного вмісту заліза в наплавленому металі [3].

Закордонні фірми DELORO STELLITE (Великобританія), INTERWELD (Австрія), SNMI (Франція), що випускають обладнання для наплавки клапанів і впроваджують цей процес у всьому світі в якості присадочного матеріалу використовують виключно матеріал на основі кобальту (стеліт). Провідні виробники цих матеріалів виробляють до 20-ти модифікацій різних стелітів [9].

Для бензинових двигунів в якості наплавочного матеріалу використовують сплав на основі кобальта Stellite F фірми Deloro Stellite (США), що має найменший (для стелітів) вміст кобальта (30-37%) і відповідно вартість [9].

Завдяки хорошому набору властивостей і низькій ціні Stellite F являється на сьогодні одним із сплавів, що найбільш часто використовується для наплавки робочої поверхні клапанів. Для дизельних двигунів, що мають більш жорсткі умови експлуатації, застосовують сплави Stellite 6 (біля 60% кобальта), Stellite 12 (біля 54% кобальта).

Таблиця 2.2 Основні властивості сплаву Stellite F [9]

Параметр	Значення
Температура плавлення ($^{\circ}\text{C}$)	
-солідус	1260
-ліквідус	1330
- ΔT	70
Твердість при кімнатній температурі	
-HRC	43
-HV30	455
Коефіцієнт термічного розширення (см/см/ $^{\circ}\text{C}$)	
-20-100 $^{\circ}\text{C}$	10,48
-20-500 $^{\circ}\text{C}$	12,58
-20-800 $^{\circ}\text{C}$	13,92

Вітчизняна марка стеліту ВЗК має близькі експлуатаційні властивості при дещо меншій вартості за рахунок хімічного складу і отже підходить для наплавлення робочої поверхні випускного клапана.

Отже, обираємо порошок зі сплаву ВЗК з розміром фракції 80...125 мкм.

Сплав має високу гарячу твердість в інтервалі температур від 550°C до 750°C завдяки вмісту в ньому тонко дисперсних карбідів $(Cr, M)_7C_3$ і в меншій кількості $(W, M)_6C$ [9].

2.2 Вибір газів для наплення

При плазмовому напленні як плазмоутворюючий газ найширше використовуються азот, водень, аргон, гелій або їх суміші в різних співвідношеннях. Основні їх фізичні властивості приведені в таблиці 2.3. [15]

Таблиця 2.3 Основні фізичні властивості газів для плазмового наплення

Характеристики	Аргон	Азот	Водень	Гелій
Молекулярна вага, ат.од.	39,94	28,0016	2,016	4,0024
Питома вага при 0°C і 760 мм.рт.ст., кг м ³	1,783	1,2505	0,0841	0,1785
В'язкість при 20°C і 760 мм.рт.ст., мкПЗ	221	170	88	196,2
Теплоємність при 20°C і 760 мм.рт.ст., кал кг-1 град-1	0,125	0,250	3,408	1,251
Коефіцієнт теплопровідності при 0°C і 760 мм.рт.ст., 10 ⁻³ ккал м ⁻¹ год ⁻¹ град ⁻¹	14	20,9	150	130
Потенціал іонізації, В: - однократною - двократною	15,7 27,5	14,5 29,4	13,5 -	24,5 -
Енергія дисоціації, кал г ⁻¹ моль ⁻¹	-	170200	103800	-
Теплосодержання плазми, ккал кг ⁻¹	4670	9950	76600	51100
Температура плазми, К	14000	7300	5100	20000
Напруга дуги, В	40	60	62	47
Енергія, що підводиться до дуги, кВ	48	65	120	50
Коефіцієнт використання енергії на нагрів газів %	40	60	80	48

Всі гази поставляють в балонах. Залежно від енергії іонізації початкова температура існування плазми знаходиться в межах 3000...10000°C: іонізація аргону починається при температурі 8000°C, при 18000°C аргон іонізований і

починається вторинна іонізація; іонізація азоту (двоатомного газу) починається при 6000°C , а при 28000°C , азот повністю іонізований; у інтервалі температур від 3000 до 5000°C водень дисоціюється на атоми, іонізація починається при 9000°C , а при 30000°C водень повністю іонізований.

Температура плазми при одній і тій же щільності залежить від потенціалу іонізації, тому при використанні одноатомних газів з високими потенціалами виходять вищі температури.

Створення плазми з одноатомних газів вимагає підведення меншої енергії, чим в разі двоатомних, оскільки для двоатомних газів необхідна додаткова теплота дисоціації. При рекомбінації атомів в молекули в холодній зоні теплота дисоціації вивільняється, в результаті підвищується ефективність використання теплоти струменів. Таким чином, для більшості технологічних процесів нагріву двоатомні гази вигідніше одноатомних. Вживання водню викликає сильну ерозію сопла. Вживання азоту наводить до здобуття сильного струменя з великим електричним опором. Для роботи з азотом потрібна, окрім великих потужностей, висока напруга.

Одноатомні гази (аргон, гелій) характеризуються майже лінійним збільшенням теплоємності з підвищенням температури до моменту, при якому настає іонізація. Двохатомний газ перед іонізацією повинен дисоціювати на атоми. Азот при 5570°C має таку ж теплоємність, як аргон при 3870°C [15].

Як плазмоутворюючий газ азот використовується при напиленні мідних поверхонь або деталей, виготовлених з мідних сплавів, по відношенню до яких азот є інертним газом. Для напилення сталевих деталей азот використовується обмежено. Водень також застосовується як плазмоутворюючий газ, але водень вибухонебезпечний. Для стійкого плазмового процесу при вживанні водню необхідна велика потужність джерела живлення, що веде до великих витрат електроенергії. Найбільш

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						35
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дешевим зі всіх газів є повітря, але при напиленні порошок, потрапляючи в струмінь плазми, окислюється при зіткненні з напилюваною поверхнею, і це не дає необхідної якості зчеплення. Унаслідок чого покриття виходить пористим з низькими механічними властивостями.

Таким чином, виходячи з вище викладеного, для відновлення клапанів плазмовим напиленням як плазмоутворюючий газ вибирають аргон. Це безбарвний газ, що не вступає в реакції з розплавленими частками металу і є хорошим захистом від дії повітря. Напилене покриття виходить рівним з порівняно малою пористістю і володіє хорошою міцністю зчеплення з основним металом.

Завдяки вдосконаленню технології і модернізації устаткування для напилення доведено до досить високого технічного рівня. Як напилюваний матеріал можна використовувати практично всі матеріали, що існують в твердому вигляді, які в процесі напилення не випаровуються і не змінюють значно своїх властивостей. У момент зіткнення розплавлених часток з поверхнею основного матеріалу відбувається їх зчеплення з підкладкою і швидке оплавлення, яке супроводиться нерівномірною усадкою матеріалу покриття і виникнення в ній структурної напруги, що утрудняє утворення покриття.

2.3 Вибір обладнання для наплавлення

В даний час створена велика кількість типів установок плазмового напилення порошкових матеріалів, використовуваних в різних галузях промисловості. До основних ознак устаткування плазмового напилення можна віднести такі:

- середовище, в якому виробляється напилення в атмосфері, у вакуумі, в захисному газі, в окислювальному або відновному газі і т.п.;
- міра автоматизації – установки з ручним напівавтоматичним і автоматичним управлінням;

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						36
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- число робочих позицій - одне і - багатопозиційні установки.

Плазмові покриття, окрім високої рівномірності по товщині, мають бути вібро-, ударо-, і термостійкими, а також відповідати іншим спеціальним вимогам залежно від ролі, яку вони виконують.

Вітчизняна промисловість випускає установки УМП-6, УПУ-3Д та інші. З вживаного зарубіжного устаткування найбільший інтерес представляють установки фірми «Плазма-технік АГ» (Швейцарія), «Космоліт-Ютетік» (Швейцарія). Основні позитивні межі устаткування цих фірм: висока точність підтримки і відтворення при повторних включеннях заданих робочих параметрів; можливість вживання у складі автоматизованих комплексів і ліній; оснащення всім комплексом допоміжного устаткування, оснащенням, роботами і маніпуляторами. Загальні недоліки зарубіжного устаткування:

- висока вартість;
- необхідність використання дорогих і порівняно дефіцитних газів особливої чистоти, навіть в тих випадках, коли вживання технічно чистих газів не позначається на властивостях покриттів.

Технічні характеристики установок для плазмового нанесення покриттів, що випускаються вітчизняною промисловістю, приведені в таблиці 2.5.

У комплект постачання комплексу входять наступні агрегати:

- шафа управління і джерело живлення; плазмотрон ПП-25 з комплектом ЗП;
- дозатор порошкових матеріалів; балони з газом «Аргон» і «Водень»;
- автономна система охолодження плазмотрона і джерела живлення;
- стійка для балонів; редуктори, шланги сполучні; платформа для розміщення і транспортування агрегатів комплексу.

Установка плазмового напилення УМП-6 призначена для нанесення теплозахисних, жаростійких, електроізоляційних покриттів з керамічних і

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						37
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металевих порошкових матеріалів для створення деталей напиленням її на модель, що видаляється, а також зносостійких покриттів з подальшим оплавленням [6].

Таблиця 2.4 Технічні характеристики установок для плазмового нанесення покриттів

Характеристики	Марка установки			
	УМП-4-64	УМП-5-68	УМП-6	УПУ-3Д
Витрата газу, м ³ /год	3...4	3...4	3...4	3...4
Витрата води, м ³ /год	0,25	0,30	0,25	0,6
Продуктивність, кг/год	W-4 Al ₂ O ₃ -3	W-4 Al ₂ O ₃ -3	W-7 Al ₂ O ₃ -4	3,5-5
Потужність, кВт·А	30	30	30	30
ККД, %	75	75	75	75
Коефіцієнт використання матеріалів, %	60...80	60...80	60...80	60...80
Тиск води, МПа	0,3	0,3	0,3	0,3
Номинальний струм, А	500	500	500	600
Габаритні розміри пульта керування, мм	440×350×230	400×360×1260	1640×1100×400	1650×700×450
Маса, кг	43	130	265	125

Установка УМП-6 складається з плазмотрона, дозатора порошку, пульта управління, силової шафи, комплексу сполучних кабелів, джерела струму. Робочим інструментом установки УМП- 6, як і будь-якої іншої установки плазмового напилення служить плазмотрон, який генерує високошвидкісний високотемпературний потік іонізованого газу – плазмовий струмінь. Теперішній час установка УМП-6 комплектується джерелом тиристора живлення АПР-402.

Універсальна плазмова установка УПУ-3Д призначена для нанесення корозійностійких, зносостійких, фрикційних ізоляційних і покриттів інших

типів на поверхні деталей методом плазмового напилення порошкових матеріалів, а також з дроту за схемами «дріт нейтральний і дріт – діод».



Рисунок 2.1 Комплекс плазмового напилення з установкою УПУ -3Д

Установка УПУ-3Д комплектується джерелом живлення УПН-160/600, дублюючим пультом, шафою управління голівкою для металізації дротом, плазмотроном для напилення порошкових матеріалів ПП-25, роторним порошковим дозатором, відцентровим вихровим насосом і педаллю.

Джерелом живлення ІПН-160/600 є напівпровідниковий випрямляч з падаючою вольт-амперною характеристикою. Джерело складається з трифазного силового трансформатора; випрямного блоку, зібраного на кремєневих діодах В-320 по трьох фазній мостовій схемі; блоку сигнальної, пускової і регулюючої апаратури, розміщених в одній стойці. Принцип регулювання робочого струму в ІПН-160/600 заснований на переміщенні магнітних шунтів, при якому змінюється доля магнітного потоку, створеного первинною обмоткою трансформатора і що відгалужується магнітний шунт.

Для живлення плазмотронів газами, водою і електроенергією від джерела живлення використовують шафу управління, що включає газову розводку для регулювання складу і витрати плазмообразуючого і транспортуючого газів; водяну магістраль з реле тиску; прилади контролю і

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

панель управління процесом; електроапаратуру для автоматичної підтримки необхідної послідовності включень і відключень виконавчих пристроїв; силову панель для підключення джерела живлення і плазмотронів; вхідні штуцера для подачі газів від балонів; електричні роз'єми для підключення порошкового дозатора; механізм подачі дроту; дублюючий пульт і педаль управління.

Установки УМП-4-64 і УМП-5-68 в порівнянні з установкою УПУ-3Д простіші, але при експлуатації цих установок потрібна вища кваліфікація операторів. Установки поставляються без джерела живлення, у них невеликий ресурс роботи. [6]

Впровадження в практику плазмових процесів пред'являє високі вимоги до плазмотронам. Для напилення порошкових матеріалів все частіше застосовують плазмотрони постійного струму. Існують дугові плазмотрони з незалежною (непрямою) і залежною (прямий) дугою. На практиці для напилення порошкових матеріалів використовують плазмотрони з непрямою дугою. У них дуга замикається на стінку каналу сопла (анодна пляма) і видувається в назовні у вигляді плазмового факела потоком гарячого газу. [15]

По конструктивних ознаках плазмотрони можна розділити на плазмотрони з дугою само довжини, що встановлюється, з секціонованими каналами і з профільованими каналами, для стабілізації дуги і переміщення її по електродах – на плазмотрони з газо вихровою стабілізацією і з нерухомою дугою, фіксованою штировими електродами, по матеріалах електродів – на плазмотрони з тугоплавкими неохолоджуваними електродами, з електродами, що витрачаються, з охолоджуваними електродами, з пористими електродами. Апаратура, що серійно випускається, для плазмового напилення в основному базується з дугою самоустановлюючою довжини, або з профільованими каналами. При цьому використовується вольфрамовий катод і мідний або вольфрамовий анод.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтенсивне окислення вольфраму в газах які містять кисень дозволяє використовувати як плазмоблазуючі лише інертні відновні або слабо-реагуючі з вольфрамом гази, звичайно це аргон, азот, водень і їх суміші.

Плазмотрон з дугою довжини, що самоустановлюється, мають вольт-амперну характеристику. Їх характерна ознака порожні циліндричні електроди. Шунтування дуги на стінках каналу, що мають місце в плазмотронах з дугою довжини, що самоустановлюється, служать причиною вихідного рівня пульсацій параметрів потоку (до 30% по амплітуді і від 0,3 до 18 кГц по частоті) .[15]

Таким чином, використання цих плазмотронів ефективно лише при подачі порошку за зрізом сопла у вільний струмінь, де рівень пульсацій вже не значний

По конструкції плазмотрони можна розділити на одно- і багато - секційні. Наприклад, плазмотрон ПН-14М має шість міжелектродних вставок, за рахунок чого робоча напруга підвищується до 120 В. Характеристики одно секційного плазмотрона ПП-25 і багатосекційного ПН-14М представлені в таблиці 2.5. [7]

Таблиця 2.5 Характеристики плазмотронів

Параметри	ПП-25	ПН-14М
Максимальний струм, А	400(на азоті)	400(на аргоні)
Плазмоблазуючі гази	Аргон, азот, гелій, водород, суміші	Аргон, азот, гелій, водород, суміші
Витрати плазмоблазуючого газу, л/хв	300...100	24...80
Максимальна потужність, кВт	30	50
Дисперсність застосованих порошків, мкм	10...200	10...200
Продуктивність напилення (Al_2O_3) кг/год	1...2	4
Дистанція напилення, мм	100...150	200...300
Витрати води на охолодження, л/хв	8...10	10
Температура на виході, °С	Не більше 50	Не більше 50
Габарити, мм	73×46×240	55×55×110
Маса, кг	0,5	0,7

З досвіду виходить, що плазмотрони, вживані для напилення, повинні відповідати наступним таким вимогам:

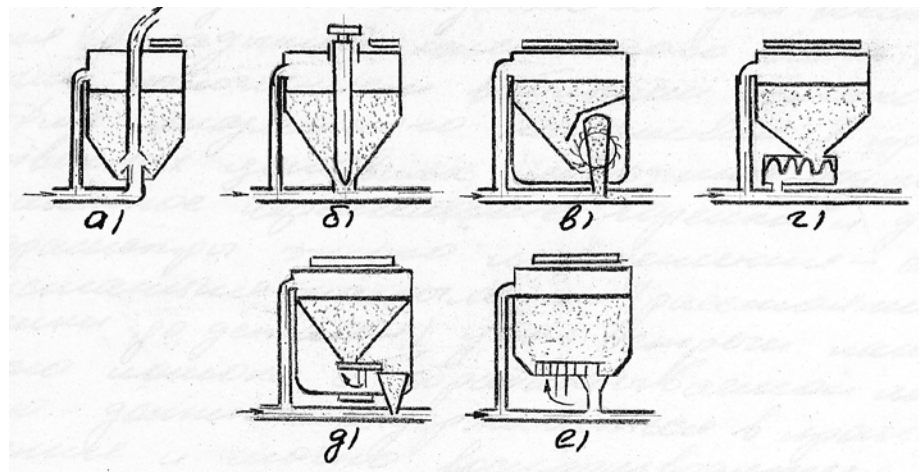
- мати досить протяжну зону взаємодії напилюваних порошків з високотемпературним плазмовим потоком;
- мати високу стабільність параметрів плазмового потоку і надійність роботи протягом терміну служби;
- забезпечувати можливість роботи з будь-якими плазмообразуючими газами;
- бути простим конструктивно, ефективним в роботі і мати великий термін служби;
- бути простими при регулюванні параметрів плазмового струменя;
- володіти досить простими способами введення вихідного матеріалу в плазмовий струмінь. [15]

Безперервна і рівномірна подача в пальник напилюваного матеріалу багато в чому визначає якість покриттів і загальну ефективність процесу. Для подачі напилюваних порошкоподібних матеріалів плазмотрон застосовуються подавачі порошку. Для здобуття якісних покриттів велике значення мають конструкції дозуючих пристроїв, які повинні забезпечувати безперервність подачі, точність дозування і плавність регулювання

Як дозуючий пристрій використовують інжектори, штоки, барабани вертикального і горизонтального типу, що обертаються, з пазами для порошку, шнеки, тарілки і ін. Схеми дозуючих пристроїв приведені на рисунку 2.2. [4]

Найбільшу стабільність подачі порошку забезпечують подавачі порошку з механічним дозуванням напилюваного порошку.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42



а)- інжекторного типу; б)- штокового; в)- вертикально-барабанного; г)- шнекового; д)- тарельчатого; е)- горизонтально-барабанного типу;

Рисунок 2.2 Схеми дозуючих пристроїв

Вибираючи установку було враховано габаритні розміри клапану та вимоги до наплавленого шару покриття. Серед існуючих доступних установок найбільше даним вимогам відповідає установка РМ-302, опис якої наведено нижче [4].

2.4 Автоматизована установка для плазово-порошкового наплавлення поверхонь - РМ-302.

Установка РМ-302 призначена для плазово-порошкового наплавлення торцевих, конічних і циліндричних поверхонь з метою захисту їх від зносу. Установка застосовується для плазово-порошкового наплавлення поверхонь нафтової запірної арматури, клапанів ДВЗ тощо з метою захисту їх від зношування, додання їм спеціальних властивостей.

Наплавлення здійснюється високотемпературною стислою дугою, яку отримують в плазмотроні з неплавким електродом. Присадковим матеріалом служить дрібнозернистий порошок для наплавлення зносостійких, корозійностійких, жароміцних та інших сплавів на основі Fe, Ni і Co.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Технічні дані:

Живлення установки	380 В, 50 Гц
Діапазон регулювання струму основної дуги (пряма полярність), ПВ=100%	30 - 300 А
Газ плазмоутворюючий, транспортує та захисний	аргон
Загальні витрати газу	< 15 л/хв.
Витрата охолоджувальної води	4 - 6 л/хв.
Фракція присадкового порошку	45 - 160 мкм
Ємність бункера для порошку	2 л
Продуктивність наплавлення	до 4 кг/ч
Вертикальне переміщення плазмотрона	250 мм

До складу установки входять такі основні вузли й комплекти:

- модуль для наплавлення з плазмотроном;
- станина;
- пристосування для закріплення деталі, що наплавляється;
- блок керування на базі PLC;
- пульт дистанційного керування;
- зварювальний випрямляч VD-306D;
- блок охолодження плазмотрона PM-WCD-5,0-40;
- комплект змінних і запасних частин;
- блок охолодження плазмотрона PM-WCD-5,0-40

В якості робочої рідини охолодження використовується дистильована вода. Блок виконаний на колесах, що робить його мобільним і зручним в роботі.

Склад і робота установки. Установка для наплавлення складається із плазмотрона, механізму коливань, блоку коректорів позовжнього й

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

поперечного переміщень, механізму підйому, живильника, стійки, осцилятора, пульта керування й джерела живлення.

Установка РМ-302 комплектується плазмотроном РР-7 (рис. 2.3). Плазмотрон працює на постійному струмі прямої полярності. У робочому режимі в плазмотроні горить дуга прямої дії (електрод - виріб) та непрямої дії (електрод - сопло), для полегшення її запалювання використовується осцилятор. Після запалювання дуги непрямої дії осцилятор автоматично відключається.

Охолодження плазмотрона - водяне. Шланги, що підводять воду, використовуються також для підведення зварювального струму, для чого усередині шлангів є гнучкі мідні шини, припаяні до наконечників.

Для блокування роботи установки у випадку відсутності охолоджувальної води служить гідро реле.

У плазмотронах у якості плазмоутворюючого, транспортуючого й захисного потоків газу використовується аргон.

Технічні характеристики плазмотрону РР-7:

Струм дуги непрямої дії, А.....	15-30
Струм прямої дуги, А.....	20-150
Продуктивність наплавлення, кг/год.....	0,4-2,0
Фракція порошку, мкм.....	63-125
Втрати порошку, %.....	<5
Витрати робочого газу (аргон), л/хв.....	10-11
Витрати охолоджуючої рідини (води), л/хв.....	<3
Діаметр х висота, мм.....	32 х 224
Маса, кг.....	0,8

Механізм коливань ексцентрикового типу. Складається із двигуна постійного струму серії ДП (N=90Вт, U=48В, n=4000об/хв), черв'ячно-циліндричного редуктора й механізму коливання із тримачем плазмотрона. Перетворення обертового руху вихідного вала редуктора у зворотньо-

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

поступальний рух пристрою для коливання відбувається за допомогою ексцентрикового механізму, змонтованого в корпусі редуктора. Конструкція цього механізму дозволяє за рахунок зміни ексцентриситету ролика, що штовхає, плавно змінювати амплітуду коливань плазмотрона в межах 1...15 мм.

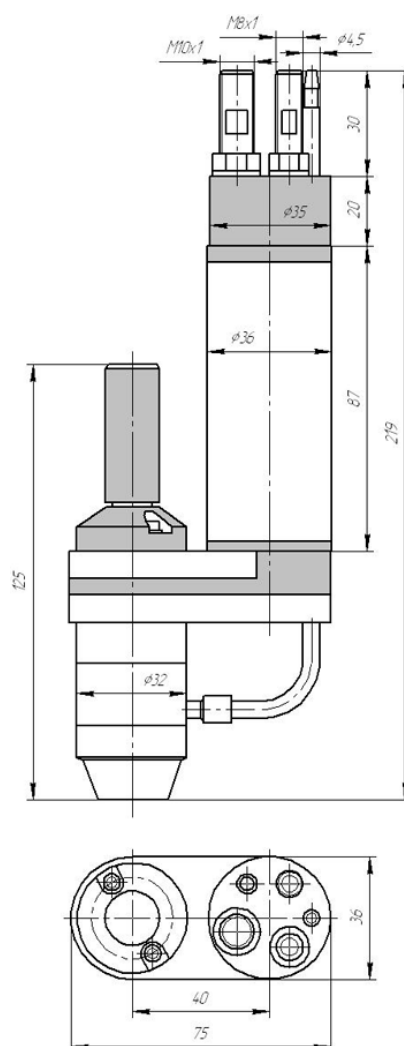


Рисунок 2.3 Схематичний рисунок плазмотрону РР-7 [4]

Частота коливань змінюється плавно регулятором у межах 0...100 кол/хв. Механізм коливань кріпиться до блоку коректорів поздовжнього й поперечного переміщень плазмотрона й має можливість повороту щодо нього на 90 град.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

2.5 Розрахунок режимів відновлення клапанів

Для обраного обладнання здійснимо розрахунок ККД плазмотрона, визначимо максимальний розмір частки, що розплавляється (фракції) і необхідну для цього потужність плазмотрона.

2.5.1 Визначення ККД плазмотрону

ККД плазмотрону (η) змінюється залежно від витрати газу і струму дуги від 0,1 до 0,8. При малих витратах газу, коли формується ламінарна течія, ККД плазмотрону низький (0,1...0,4). При витраті газу, яка складає більш 0,5 л/с ККД дорівнюється 0,5...0,8. Розрахунок проводиться за формулою:

$$\eta = 2,48 \cdot 10^5 \cdot I^{-4} + 0,097 \cdot I^{0,25} \cdot \sigma^{-0,38}, \quad (2.1)$$

де I – струм дуги, А; σ – витрата газу, г/с.

Визначимо витрату газу. Для наплення необхідна витрата газу складає 10 л/хв. Необхідно перевести у г/с, це буде:

$$\sigma = \frac{10 \cdot A_{Ar}}{60 \cdot 22,4} \text{ г/с} \quad (2.2)$$

де

A_{Ar} – вага моля Аг, $A_{Ar} = 39,9\text{г}$;

22,4 – об'єм одного моля, л

$$\sigma = 10 \cdot 39,9 / 60 / 22,4 = 0,3 \text{ г/с}$$

Визначення розрахункової величини (η) проведемо для значення току $I = 80$ А.

$$\eta = 2,48 \cdot 10^5 \cdot 80^{-4} + 0,097 \cdot 80^{0,25} \cdot 0,3^{-0,38} = 0,45$$

2.5.2 Визначення максимального розміру часток, які наплюються

Максимальний розмір частинці, що наплюється розраховується по формулі:

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						47
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = R_0 \cdot l^{0,6} \cdot I \cdot U \cdot \eta \cdot 0,33 \cdot V_r^{-1,5} \cdot D^{-0,6} \cdot 1000, \text{ мкм} \quad (2.3)$$

де

R_0 – радіус сопла плазмотрону, $R_0 = 0,0025$ м;

l – довжина путі частинці, $l = 0,1$ м;

I – струм плазми, $I = 80$ А;

U – напруга, $U = 40$ В;

η – ККД плазмотрону, $\eta = 0,45$;

V_r – витрата плазмо утворюючого газу, $V_r = 0,00017$ м³/с;

D – параметр важкості плавлення, кДж/кг м³.

Параметр важкості плавлення вибираємо з таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 Характеристика матеріалів

Матеріал	$T_{пл}, \text{ К}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$D \cdot 10^{-10}, \text{ кДж/кг м}^3$
Co	1789	8900	1,42
70%Co+30%Cr	1350	8200	1,65
Cr	2173	6950	2,132
Al	932	2700	0,664
Si	1683	2400	2,846
ZrO ₂	2950	6270	4,16

Визначимо максимальний діаметр частинці хром кобальтового сплаву при напиленні на розрахованому режимі.

$$d = 0,0025 \cdot 0,1^{0,6} \cdot 80 \cdot 40 \cdot 0,45 \cdot 0,33 \cdot 0,00017^{-1,5} \cdot (1,65 \cdot 10^{-10})^{-0,6} \cdot 1000 = 102 \text{ мкм}$$

2.5.3 Розрахунок потужності плазмотрону

Для отримання якісного покриття, необхідно, щоб частинки порошку в плазмовому струмені встигали повністю проплавитися. Для визначення умов оптимального проплавлення частинок порошку і максимального зростання товщини покриття (коефіцієнт осадження матеріалу) запропонована спрощена модель поведінки конденсуючої частинки в плазмовому струмені, за допомогою якого можна легко встановити зв'язок між її газодинамічними

параметрами і теплофізичними властивостями порошків. Цей зв'язок дає можливість визначити необхідну потужність для розплавлення частинок порошку.

Величину теплової потужності плазмотрона, необхідної для розплавлення частинок матеріалу в струмені аргонної плазми, можна визначити за допомогою виразу [26]:

$$P_e = 2,99 \frac{V_r^{1,5} \cdot d_r \cdot D^{0,5}}{\eta \cdot R_0^{1,25} \cdot [l_k + 6(R_0 - R)]^{0,6}} \quad (2.4)$$

де V_r - витрата плазмоутворюючого газу, $V_r = 0,00017 \text{ м}^3/\text{с}$;

d_r - діаметр частинки порошку, м;

D - параметр важкості плавлення, $D = 1,65 \cdot 10^{10} \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{м}^3)$;

η - ККД плазмотрона;

R_0 - радіус сопла, $R_0 = 0,002 \text{ м}$;

l_k - відстань від точки введення порошку до зрізу сопла, $l_k = 0,01 \text{ м}$;

R - поточний радіус траєкторії частинок, $R = 0,9R_0$;

$l_k + 6(R_0 - R)$ - шлях руху частинки в ізотермічній ділянці струменя.

Чим більше параметр важкості плавлення, тим більшу теплову потужність треба підвести до струменя для того щоб нагріти частинки до стану їх проплавлення.

Зміна теплової потужності, залежно від параметра D , при різних витратах плазмоутворюючого газу змінюється.

Проведемо розрахунок зміни теплової потужності плазмотрону в залежності від ККД при різних фракціях порошку. Розрахунок проводимо у табличній формі.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						49
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 Розрахункова таблиця

ККД	Діаметр часток порошку, мкм				
	20	40	60	80	100
0,1	5,960713	11,92143	17,88214	23,84285	29,80357
0,2	2,980357	5,960713	8,94107	11,92143	14,90178
0,3	1,986904	3,973809	5,960713	7,947618	9,934522
0,4	1,490178	2,980357	4,470535	5,960713	7,450892
0,5	1,192143	2,384285	3,576428	4,768571	5,960713
0,6	0,993452	1,986904	2,980357	3,973809	4,967261

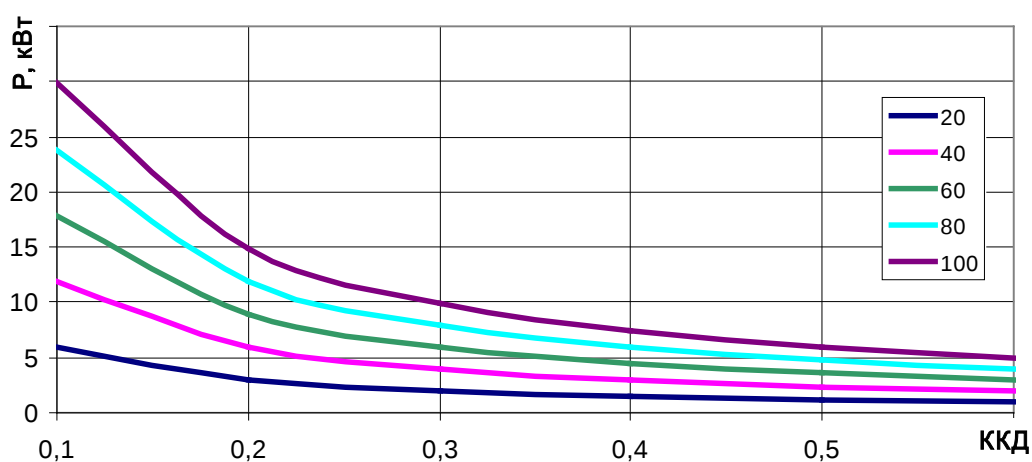


Рисунок 2.4 Зміна теплової потужності від ККД

2.6 Дослідження наплавлених покриттів

При виборі параметрів режиму виходили з необхідності забезпечення максимальної швидкості наплавлення, при якій формування наплавляемого шару ще не порушується [8] (для клапанів легкових автомобілів - 15...22 м/год). Масова швидкість подачі порошку повинна забезпечувати необхідні розміри наплавляемого шару. Струм основної та допоміжної дуг підбирали такими, щоб забезпечувалося надійне і бездефектне з'єднання наплавляемого шару з матеріалом заготовки, і в той же час розведення наплавленого металу матеріалом основи було мінімальним (5...7%).

Оскільки в процесі наплавлення заготовка клапану істотно і нерівномірно розігрівається дугою, для забезпечення її рівномірного і мінімального проплавлення значення струму основної та допоміжної дуг, а

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

також продуктивність подачі присадочного порошку змінювали за певними, підібраним на підставі методичних експериментів законам.

З урахуванням того, що час наплавлення клапана легкового автомобіля не перевищує 10 с, необхідні показники за якістю та продуктивністю плазменно-порошкової наплавки цих деталей досягаються тільки при комп'ютерному управлінні основними параметрами процесу і високої надійності механічної частини наплавочного обладнання.

В ході металографічних досліджень встановлено [8], що структура металу, наплавленого порошками ПР-К60Х30ВС і ПР-КХ25Н20В12 на сталь для клапанів 55Х20Г9АН4, складається з твердого розчину на основі кобальту і евтектичною складовою з суміші карбідів і твердого розчину, в зоні їх сплаву дефекти відсутні (рис . 2.5, а-г).

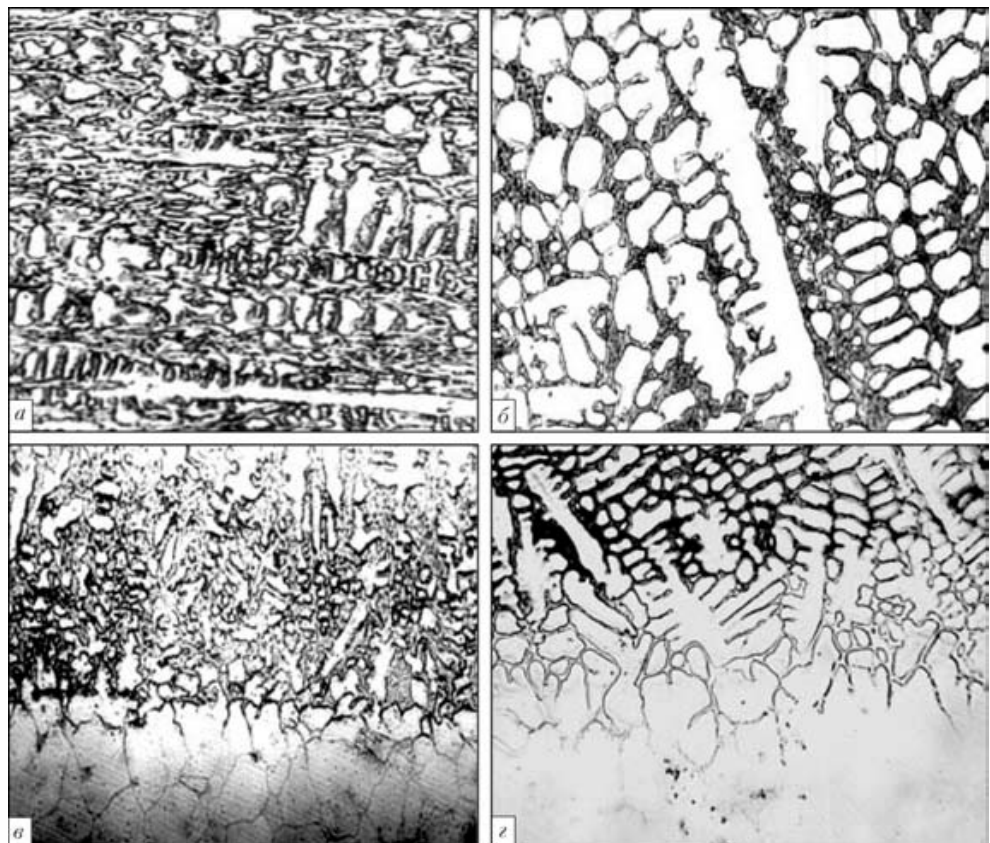


Рисунок 2.5 Мікроструктури ($\times 480$) наплавленого металу типу кобальтових сплавів К60Х30ВС (а), К25Х25Н20В12 (б) та зони їх сплавлення (в, г) зі сталлю для клапанів 55Х20Г9АН4

Перехідна зона між основним і наплавленим металом при наплавленні кобальтових сплавів становить 100...150, а при наплавленні нікелевих сплавів - 50...100 мкм.

На відстані 0,15...0,20 мм від границі сплаву практично досягається задана твердість наплавленого шару. Завдяки цьому для забезпечення необхідної працездатності клапана після механічної обробки досить мати наплавлений шар товщиною 0,5...0,8 мм, що істотно заощаджує витрати присадочного порошку [8]. Вміст заліза в наплавленого металу не перевищує 5% (рис. 2.6).

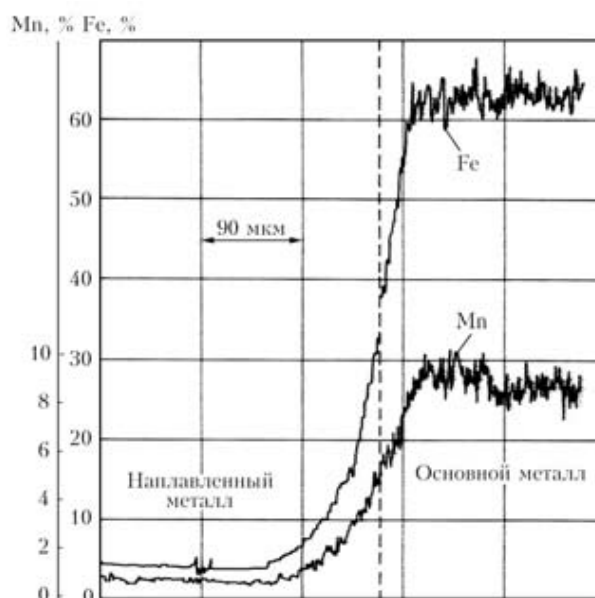


Рисунок 2.6 Розподіл заліза та марганцю у зоні сплавлення кобальтового сплаву K25X25H20B12 зі сталлю для клапанів 55X20Г9АН4

Ширина зони перегріву з великим аустенітним зерном при плазово-порошковому наплавленні складає всього 0,2...0,3 мм. Це вигідно відрізняє її від індукційного наплавлення, при якому основний метал неминуче піддається сильному перегріву з великою зоною великого зерна.

Як правило, плазово-порошкове наплавлення найбільш ефективно при серійному виробництві нових клапанів і сідел ДВС. Зовнішній вигляд (рис.

2.7, а) і макрошліфов наплавленого сплавом 50НХ25С5Р клапана дизельного двигуна 5Д70 (рис. 2.7, в) вказує на добру якість і формування валиків при плазмово-порошковому наплавленні, що скорочує трудомісткість механічної обробки за рахунок зменшення припусків. На рис. 2.7, б представлений цей же клапан після 5000 год експлуатації на дизельному двигуні тепловоза [8].



Рисунок 2.7 Зовнішній вигляд клапану дизельного двигуна 5Д70, наплавленого плазмово-порошковим методом сплавом 50НХ25С5Р, безпосередньо після наплавлення (а) і після 5000 год експлуатації (б) і макрошліфов наплавленого клапану (в)

Огляд показав, що контактні фаски головки клапанів мають незначне і рівномірне спрацьовування, а слідів корозії та інших ушкоджень не спостерігається.

Плазмово-порошкову наплавку досить широко можна застосовувати при ремонті зношених клапанів і сідел великих суднових дизелів (діаметр ущільнювальних поверхонь 300...450 мм).

Наплавлення виконують за один прохід з попередніми, а іноді і супутнім підігрівом. Після наплавлення забезпечується уповільнене охолодження наплавлених клапанів.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

2.7 Висновки

Для відновлення поверхні клапана використовуємо порошок ВЗК для плазмового наплавлення, у хімічному складі якого присутні 30%Cr і 60% Со.

При відновленні клапанів плазмовим напиленням як плазмоутворюючий газ вибираємо аргон (витрата газу 10 л/хв) що не вступає в реакції з розплавленими частками металу і є хорошим захистом від дії повітря. Напилене покриття виходить рівним з порівняно малою пористістю і володіє хорошою міцністю зчеплення з основним металом.

В якості обладнання використовуємо установку РМ-302, яка призначена для плазмово-порошкового наплавлення торцевих, конічних і циліндричних поверхонь з метою захисту їх від зносу. Установка застосовується для плазмово-порошкового наплавлення поверхонь нафтової запірної арматури, клапанів ДВЗ тощо з метою захисту їх від зношування, додання їм спеціальних властивостей

Установка РМ-302 комплектується плазмотроном РР-7 (рис. 2.7). Плазмотрон працює на постійному струмі прямої полярності. У робочому режимі в плазмотроні горить дуга прямої дії (електрод - виріб) та непрямої дії (електрод - сопло), для полегшення її запалювання використовується осцилятор.

Розраховане значення ККД плазмотрону при струмі 80 А складає 0,45.

При такому струмі є можливість розігріти частку порошку ВЗК до температури плавлення при напиленні.

Розрахована мінімальна потужність плазмотрону складає 6,2 кВт.

					МП.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

3.1 Розробка операцій технологічного процесу

Технологічний процес наплавлення клапанів складається із попереднього очищення та дефекації, підготовки поверхні, безпосередньо процесу наплавлення, дефектоскопії напавленої поверхні, кінцевої механічної обробки, вихідного контролю.

Очищення. Очищення деталей від забруднень є специфічною операцією ремонтного виробництва. Організація і технологія очисних робіт залежить від типу підприємства, його виробничої програми, виду забруднень, об'єкта миття.

В нашому випадку забруднювачами деталей є залишки мастильних матеріалів і нагар. Типові способи очищення наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 Класифікація забруднень і способи очищення [2]

Вид забруднень	Спосіб очищення
Залишки мастильних матеріалів	У розчинах синтетичних миючих засобів (СМЗ)
Вуглецеві відкладення: нагар, лакові	У розчинно-емольгуючих засобах, доочищення механізованими інструментами в барабанах (галтування)
Неорганічні: нагар, накип. Продукти корозії	У розплаві солей, кислотних розчинах, кісточною крихтою, піском, механічне очищення. Розчини кислот

Сучасні СМЗ представляють багатокомпонентні суміші хімічних речовин, серед яких найбільше значення мають ПАР і активні добавки (електроліти). ПАР по механізму дії розділяються на іоногені і не іоногені. Іоногені у водяних розчинах дисоціюють на іони. У свою чергу іоногені ПАР підрозділяються на аніонні і катіонні. Молекули аніонних ПАР дисоціюють з утворенням неактивних катіонів (водень або метал) і поверхнево-активних аніонів (вуглеводневі ланцюги). У катіонних ПАР поверхневу активність виявляють катіони. Цю групу речовин складають солі ароматичних речовин і інші азотовмісні з'єднання.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Тривалість очищення за допомогою таких препаратів як Лабомід, МЛ, МС, Темп складає 10...25 хв. Ці препарати за рахунок інгібіруючого ефекту знижують швидкість корозії від 10 до 20 разів у залежності від температури.

Для видалення залишків мастильних матеріалів застосуємо очищення в розчині СМЗ при температурі 90°C в розчині миючого засобу МС-6 (МС-8).

Для виконання очисних і миючих операцій існує комплекс устаткування для миття різного призначення. Для очистки деталей в нашому випадку застосуємо машину ОМ-3600.

При необхідності необхідно застосувати механічне доочищення.

Дефектація. При дефектації клапанів виконують наступні операції. Спочатку зовнішнім оглядом не озброєним оком або з застосуванням лупи, перевіркою на дотик виявляють наступні пошкодження деталей: тріщини, забоїни, риси, обломи, корозію, послаблення щільності посадки. Далі скриті дефекти виявляють за допомогою магнітного порошку використовуючи дефектоскоп типу 77 ПМД-ЗМ. Дефектацію проводять на робочому столі. При наявності тріщини, деформації чи зношенні діаметра стрижня на величину більше 0,03 мм клапан бракується.

Підготовка поверхні. Деталі, які задовольнили вхідний контроль на технологічні вимоги до поверхні, повинні пройти механічну обробку. Механічна обробка здійснюється на серійному метало ріжучому обладнанні. Товщина шару, який знімається при механічній обробці, обмежується товщиною наплавленого шару з врахуванням припуску на обробку покриття.

В промисловій практиці при плазово-порошковому наплавленні клапанів використовують два типи розробки: трапецевидну (рис. 3.1, а) та радіусну (рис. 3.1, б). При цьому трапецевидна розробка у порівнянні з радіусною має деякі переваги, так як дозволяє наносити шари меншої товщини і за рахунок цього зменшити витрати присадкового порошку, отримувати мінімальні припуски під механічну обробку, а також стабілізувати тепло вкладення по ширині розробки і покращити формування

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

наплавленого шару. Технологічні експерименти показали, що оптимальний кут розкриття трапецевидної розробки складає 90^0 [1].

Перед нанесенням покриття робоча поверхня клапана шліфується на безцентрово-шліфувальному станку ЗА 184 на глибину 0,4 мм. Використовуються шліфувальні круги ПП500 х 200 х 305 16А 32-П СТ2 6В й ПП300 х 200, 127 16А 16-П СТ2 6В. Режим: швидкість різання 40 м/с; подача 0,12 мм/об. При цьому забезпечується потрібний розмір і очищення поверхні під наплавлення [1].

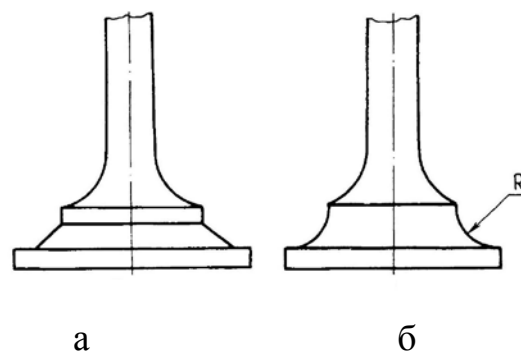


Рисунок 3.1 Трапецевидна (а) і радіусна (б) розробка заготовок клапанів під наплавку [1]

Наплавлення. Малі габаритні розміри клапану та великі теплові навантаження викликані струменем плазми змусили забезпечити охолодження, яке підводиться за допомогою під'ятника до дна тарілки клапану. Клапан в процесі наплавлення встановлюють на розробленому водоохолоджуваному підп'ятнику, рисунок 3.2.

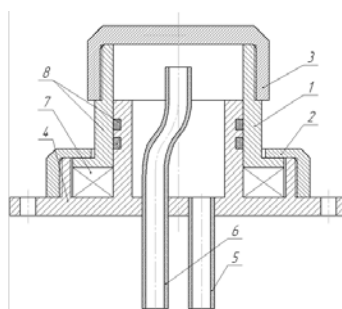


Рисунок 3.2 Загальний вигляд підп'ятника

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Підп'ятник складається з кришки 3, до якої щільно прилягає дно тарілки клапана. Для кращого тепловідводу кришка виготовлена з міді. Кришка омивається охолоджуючою рідиною, яка відбирає від неї тепло. Кришка нагвинчується на втулку 1. Для здійснення процесу наплавлення клапан повинен обертатись, при цьому він має щільно контактувати з поверхнею мідної кришки. Тому вона повинна обертатись разом з клапаном. Втулка, яка також обертається забезпечує контакт з корпусом 4 через ущільнювачі 8, які перешкоджають просочуванню води із порожнини підп'ятника. Втулка спирається на опорний підшипник 7, що дозволяє їй обертатися сприймаючи навантаження від кришки, на яку спирається клапан. Через трубку 6 подається вода, яка виходить через трубку 5. Для того щоб кришка і втулка не висковзували під напором води вони фіксуються гайкою 2. Під час наплавлення клапан тисне на кришку, і опускає втулку, спираючи її на опорний підшипник. Таким чином між гайкою і втулкою існує зазор, що дозволяє втулці вільно обертатися.

Параметри режиму наплавлення обирали з необхідності забезпечення максимальної швидкості наплавлення (15...22 м/год). Швидкість подачі порошкового матеріалу повинна забезпечити необхідні розміри наплавленого шару. Силу струму основної і допоміжної дуг підбирають такими, щоб забезпечити надійне і бездефектне з'єднання з матеріалом заготовки і перемішування наплавленого металу з матеріалом основи було мінімальним (5...7 %).

Отже, наплавлення проводимо плазмотроном РР-7 при наступних параметрах: сила струму основної дуги 80 А, допоміжної – 20 А, витрата плазмо утворюючого газу 0,5 л/хв., транспортуючого – 3 л/хв., захисного – 6 л/хв., швидкість наплавлення 167 мм/хв.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						59
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення необхідної працездатності клапана достатньо мати наплавлений шар товщиною 0,5 ...0,6 мм і цим самим суттєво зекономити витрати порошку. Вміст заліза в наплавленому металі не перевищує 5 %.

Після наплавлення перевіряється якість наплавленого покриття візуальним оглядом за допомогою лупи на наявність пор і тріщини. При виявленні вказаних дефектів браковане покриття знімається на токарному станку.

Кінцева механічна обробка. Шліфування робочої поверхні клапана і її зовнішньої фаски виконується на безцентрово-шліфувальному станку шліфувальними кругами марок 13А 6-П СМ1 6К5, і 16А 16-П СТ2 6В. Найкращі результати досягаються при використанні шліфувальних кругів із синтетичних АСП25К6-50 при швидкості круга 30 м/с. Така обробка забезпечує $Ra = 0,63$ мкм. На рисунку 3.3 показано процес очищення та притирання клапанів після напилення.



Рисунок 3.3 Очищення та притирання клапанів ДВЗ після напилення

Вихідний контроль. Перевіряється якість робочої поверхні візуальним оглядом за допомогою лупи. Скриті дефекти виявляють за допомогою магнітного порошку використовуючи дефектоскоп типу 77 ПМД-3М.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Наявність тріщини не допускається. Контроль проводять над кожним десятим клапаном.

3.2 Вибір засобів контролю якості

Організація управління якістю повинна здійснюватися на основі міжгалузевих рекомендацій Держстандарту з використанням галузевих нормативно-технічних документів.

Відновлені деталі повинні відповідати механічним умовам на відновлення і ремонт відповідних виробів. Для забезпечення необхідної якості продукції, що випускається, служба технічного контролю повинна перевірити вироби.

Для забезпечення необхідної якості продукції, що випускається, служба технічного контролю повинна перевірити відповідність виробу встановленим технічним умовам.

Існуючі методи контролю якості газотермічних покриттів деталей бувають неруйнівні і руйнівні. До неруйнівних належать контроль зовнішнього вигляду, вимір товщини і шорсткості поверхні, визначення зносостійкості, крізній пористості покриттів нанесених на відновлювані поверхні, а також деякі способи оцінки міцності зчеплення.

Контроль повинен здійснюватися на всіх стадіях виробництва і складатися з попереднього контролю (перевірка якості напилуваних матеріалів, плазмоутворюючих газів і вибраковування деталей), поточний (контроль дотримання технології) і приймальний контроль (визначення придатності відновлених деталей до роботи).

Перевірка якості напилених матеріалів зводиться до визначення однорідності на вигляд, розмірами зерна порошку, об'ємної маси і вологості. Розмір зерна контролюється просіюванням порошку через сито. Для визначення вологості береться навішування в 100 г., сушиться при температурі 100-200°C і зважуються через певні проміжки часу. Коли

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						61
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результати передостаннього і останнього зважування будуть однакові, подальшу сушку припиняють, вологість має бути не більше ніж 0,1 %.

Контроль зовнішнього вигляду здійснюється шляхом огляду з метою встановлення напilenня або відсутності тріщини, сколов або відтиснень покриттів і порівняння кольору покриття з еталоном. Огляд здійснюють за допомогою 10-ти кратної лупи ЛІ-3 або ЛІ-4 по ГОСТ 8309-75 при коефіцієнті природної освітленості на поверхні виробу не менше 1,5. При освітленні лампами розжарювання освітленість на рівні робочого місця має бути не менше 150 Лк, при освітленні люмінесцентними лампами (по ГОСТу 16875-74) – не менше 300 Лк. Геометричні розміри деталі з покриттям заміряють звичайним вимірювальним інструментом (лінійкою, штангель циркулем, мікрометром).

Товщина покриття може бути визначена як різниця між поверхневими розмірами деталі з покриттям і без нього, а також прямим визначенням за допомогою товщиномірів різних класів. Для немагнітних і слабомагнітних покриттів на феромагнітній основі можуть бути використані магнітні товщиноміри ІТЛ-1, ІТЛ-5, МІП-10, В-22, В-166, а також індукційні і індуктивні товщиноміри ТПО, ІТП-200, В4-10Т, ЕТ-3, КТП-2М. Для немагнітних і слабомагнітних металевих і неметалевих покриттів на немагнітній основі застосовують вихрові товщиноміри ТПО-в.

Бета-товщиноміри БТП-3 і БТП-4 дозволяють виміряти товщину покриття за умови відмінності атомних номерів речовини основи і покриття більш ніж на 2-4 одиниці. Середня погрішність виміру товщини покриттів товщиномірами складає $\pm 10\%$.

Шорсткість покриттів в напиленому стані порівняно з еталоном служить показником дотримання встановленого технологічного режиму. Її визначають за допомогою профілографа-профілометра «Калібр» або аналогічними приладами.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						62
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До неруйнівних методів виміру твердості відносяться екво-метод, який заснований на вимірі швидкості падіння і відскоку сигнального прибудую з наконечником з карбіду вольфраму. Вимірювання твердості покриття проводити не менш чім в трьох точках на відновленій поверхні. Середню величину отриманих значень зчитати фактичним значенням твердості покриття. Вимір твердості можна провадити переносним приладом ударного типу марки ЕЛІТ-2Д (Рис.3.4).



Рисунок 3.4 Твердомер ЕЛІТ-2Д

Найбільш поширеними методами виявлення пір в покритті є нанесення на поверхню реактивів, що дають з основними металом забарвлюванні з'єднання.

Одним з основних показників якості покриттів є міцність їх зчеплення з підкладкою. Найбільш відповідний серед методів неруйнівного контролю якості виробів для матеріалу газотермічних покриттів – ультразвуковий. Він дозволяє розпізнавати дефекти в напилених покриттях, і здійснювати якісну оцінку їх адгезійної міцності. З трьох розповсюджених в практиці варіантів ультразвукової дефектоскопії – дзеркально-тіньовий з віддзеркаленням від кордону розділу, теж з віддзеркаленням від даної поверхні і наскрізнекрізне прозвучування – найкращим є останнє.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

3.3 Висновки

Технологічний процес наплавлення клапанів складається із шести операцій: попереднього очищення та дефекації, підготовки поверхні, процесу наплавлення, дефектоскопії наплавленої поверхні, кінцевої механічної обробки, вихідного контролю

Очищення проводиться у розчині СМЗ при температурі 90°C в розчині миючого засобу МС-6 (МС-8)

Для очистки деталей застосуємо машину ОМ-3600.

Дефекти виявляємо за допомогою магнітного порошку використовуючи дефектоскоп типу 77 ПМД-3М

Перед нанесенням покриття робоча поверхня клапана шліфується на безцентрово-шліфувальному станку ЗА 184 на глибину 0,4 мм.

Наплавлення проводимо плазмотроном РР-7 при наступних параметрах: сила струму основної дуги 80 А, допоміжної – 20 А, витрата плазмо утворюючого газу 0,5 л/хв., транспортуючого – 3 л/хв., захисного – 6 л/хв., швидкість наплавлення 167 мм/хв.

Шліфування робочої поверхні клапана і її зовнішньої фаски після наплавлення виконується на безцентрово-шліфувальному станку шліфувальними кругами марок 13А 6-П СМ1 6К5, і 16А 16-П СТ2 6В

Якість робочої поверхні перевіряємо візуальним оглядом за допомогою лупи. Скриті дефекти виявляємо за допомогою магнітного порошку використовуючи дефектоскоп типу 77 ПМД-3М.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Закон України визначає основні напрямки по реалізації конституційного права на охорону життя й здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює при участі відповідних державних органів стосунки між власником підприємства, установи або організації, або органом і роботодавцем з питань зовнішнього середовища й установлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Законодавство по охороні праці складається з дійсного Закону, Кодексу законів про працю України й інших нормативних актів. У випадку, коли міжнародними договорами або угодами, у яких бере участь Україна, установлені більш високі вимоги до охорони праці, чим ті, які передбачені законодавством України, застосовуються правила міжнародного договору або угоди.

Іноземні громадяни й особи без громадянства, що працюють на підприємстві, розташованих на території України, мають такі ж права на охорону праці як і громадяни України.

Охорона праці являє собою систему законодавчих актів і відповідних їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних й організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці.

На підприємстві, де охороні праці працюючих повинна приділятися увага, по відношенню інженерно-технічних робітників і керівників до здійснення заходів щодо поліпшення умов праці. У виробничих умовах повинне служити критерієм їхньої цивільної зрілості й професійної підготовленості. Варто враховувати й той факт, що охорона праці є немаловажним економічним фактором: поліпшення умов праці, яка впливає на продуктивність праці і якість випускаємої продукції, що до зменшення числа аварій, зниження текучості кадрів, травматизму й профзахворювань, а також пов'язаних із цим економічних втрат .[1]

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						66
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на ділянці плазмо-порошкового наплавлення клапанів ДВЗ

Важливу роль при дотриманні охорони праці мають вимоги, пропоновані до приміщення для плазмо-порошкового наплавлення. Відповідно до вимог «Санітарних правил при зварюванні, наплавленні й різанні металів» устаткування, як правило, розташовується на першому поверсі будинку. Висота приміщення від рівня підлоги повинна бути не менш 3,5 м, вільна площа на одного працюючого, не зайнята устаткуванням, не менш 10 м². У приміщенні допускається природне, штучне й змішане висвітлення, а так само повинне бути передбачене аварійне освітлення.

На робітників, що обслуговують установки для плазмового наплавлення діють такі несприятливі фактори:

- 1) інтенсивний високочастотний шум;
- 2) високодисперсний аерозоль матеріалів, що розпорошують;
- 3) токсичні гази (азот, оксид азоту);
- 4) ультрафіолетове й інфрачервоне випромінювання.

4.1.1 Загальні вимоги безпеки

Для проведення плазмово-порошкового наплавлення металі виділяють окремі приміщення або ізольовані сектори цеху. Допоміжні операції для плазмової обробки (механічна обробка, очищення, приготування порошків тощо) повинні проводитися за межами основних ділянок, використовується плазмова технологія.

Пристрої місцевої витяжної вентиляції повинні блокуватися з технологічним обладнанням. Ручну плазмову обробку необхідно виконувати в укритті типу витяжної шафи, внутрішні поверхні якої повинні мати звукопоглинаюче покриття.

Балони зі зжатыми газами потрібно встановлювати за межами ділянки плазмової обробки з наступною подачею газу до газозабірної щита.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Плазмове наплавлення металів рекомендується виконувати у герметичних камерах з контролем атмосфери або в кабінах, виготовлених за формою і величиною виробів і покритих зсередини звукопоглинаючим матеріалом з коефіцієнтом звукопоглинання не менше 0,7.

Якщо за умовами технологічного процесу на установках неможливо застосовувати звукоізолюючі кожухи, оператори повинні знаходитися в звукоізованих кабінах з вікнами для спостереження і дистанційним керуванням процесу.

Якщо місцева витяжна і загальнообмінна вентиляція не може забезпечити належну чистоту повітря, необхідно здійснювати примусову подачу чистого повітря в зону дихання робітника.

Для усунення можливості ураження електричним струмом разом із загальними засобами електробезпеки необхідно перевіряти роботу кнопочних пристроїв дистанційного вмикання і вимикання установки з метою запобігання випадковому пуску обладнання та блокуючих пристроїв, що забезпечують автоматичне відключення електроживлення у разі зупинки подачі води для охолодження, а також блокування кожуха, що закриває струмопідвідні частини осцилятора і відключає електроживлення при зніманні кожуха.

Усі операції з плазмової обробки потрібно проводити не менш ніж двома робітниками.

Для обезжирення деталей перед наплавленням не можна застосовувати трихлоретилен, при взаємодії якого з азотом можливе утворення фосгену.

Незважаючи на різноманітність конструкцій, типів та інших параметрів обладнання, існують деякі загальні вимоги, дотримання яких при конструюванні обладнання дає змогу забезпечити безпеку його експлуатації (ГОСТ 12.2.003-74). Безпека виробничого обладнання забезпечується правильним принципом дії, конструктивних схем, робочих процесів, максимального використання засобів механізації, автоматизації та

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

дистанційного управління; застосування в конструкціях спеціальних захисних пристроїв виконання ергономічних вимог. Обладнання повинно бути вибухопожежобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище.

4.1.2 Вибір засобів індивідуального захисту

При плазмо-порошковому наплавленні утворюється аерозоль у вигляді окисних і нітридних з'єднань (при роботі на азоті). Інтенсивність виділення їх при наплавленні становить 0,5-2,0 г/с. Враховуючи, що при напиленні використовуються різні речовини й матеріали, у тому числі: азот, водень, аргон, порошки різних марок, та шкідливі доміси-аерозолі належать до небезпечного й тому перевищують гранично припустиму концентрацію складову 0,1-1,0 мг/м³. Із цього треба, що необхідно зробити приточно-втяжну вентиляцію.

Для захисту оператора від впливу аерозолі процес напилення необхідно проводити в кабіні для металізації, а оператор повинен використовувати для захисту органів подиху респіратор типу "Пелюсток" або спеціальну захисну маску.

Плазмовий струмінь є інтенсивним джерелом інфрачервоного й ультрафіолетового випромінювання. Тому при роботі на установці дугу необхідно закривати склом-світлофільтром марки ТС-2 у вигляді кришки. Також для захисту органів зору від випромінювання застосовуються захисні щитки. Крім того рекомендується користуватися окулярами зі світлофільтрами типу В-2, В-3 для короточасної роботи без маски ГОСТ 12.4.023-78. Відкриті частини тіла необхідно захищати вогнестійкими матеріалами.

4.1.3 Захист від запиленості та загазованості

Аналіз забруднення робочої зони показує, що основним джерелом забруднень є наплавлення. У процесі наплавлення в зону дихання

					МП.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

обслуговуючого персоналу потрапляють оксид азоту і озон. При засипці порошку в дозатор у повітря можуть надходити частинки порошкового пилу.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 відбувається перевищення ГДК по оксиду азоту, озону, аргону. Тому необхідний захист від цих шкідливих речовин.

Для плазмового наплавлення застосовується місцева витяжна вентиляція. Вона дає змогу вловлювати шкідливі речовини безпосередньо у місцях їх виділення. Це захищає оператора від дії шкідливих речовин, знижуючи їх концентрації до допустимих рівнів і забезпечує видалення із зони наплавлення цих шкідливих речовин у процесі їх виникнення.

Місцеві відсмоктувачі, використані при наплавлювальних операціях, відносяться до типу відкритих. Місцеві відсмокти можуть бути з'єднанні з технологічним обладнанням або вмонтовані в нього, що знаходить широке застосування у вітчизняній і зарубіжній практики, і не зв'язані з обладнанням. Вони можуть бути стаціонарні і не стаціонарні, рухомі і не рухомі.

4.1.4 Захист від шуму

Плазмовий струмінь, що витікає із плазмотрону з великою швидкістю, створює значний шум. У безпосередній близькості 0,5-1,0 метр від плазмотрону рівень звукового тиску становить 115-120 дБ. Нормовані параметри шуму на робочих місцях визначені ГОСТом 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» Для постійних робочих місць на території підприємств допускається рівень звукового тиску для частоти 1000Гц - 80 дБ, а рівень звукового тиску при роботі на установці перевищує припустимий. Для захисту слухових органів оператора від шуму використовуються противошумні шоломофони, навушники за ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация». Для зменшення шуму в приміщенні застосовують звуковбирну ізоляцію й екрани.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						70
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.5 Пожежна безпека

Процес наплавлення пов'язаний з газами, які мають високу пожежну небезпеку. При використанні пропану варто керуватися відповідними положеннями. Балони зі зрідженим пропаном варто тримати на робочих місцях у закритих шафах, що має отвори для природної вентиляції. На одному робочому місці повинно бути не більше двох балонів, один використовуваний, другий запасний. Балони й кінці шлангів застосовуваних для подачі пропану на довжині 0,5 м повинні бути пофарбовані в червоні кольори.

Зріджені гази важче повітря (питома вага пропану по повітрю 1,253, бутану - 2,07), вони можуть накопичуватись в низьких місцях, створює з повітрям вибухонебезпечні пропанові суміші. Межі вибуховості пропанової суміші з повітрям становить від 2% до 3,5% об'ємних частин пропану, це в кілька разів нижче межі вибухонебезпечності ацетилену в повітрі.

На ділянці напилення не допускається скупчення займистих мастильних матеріалів, дрантя й ін. Ділянка плазмового напилення оснащується засобами пожежогасіння, автоматичною системою гасіння пожеж.

Основи протипожежного захисту підприємств визначені стандартами ГОСТ-12.1004-76 «Пожаробезопасность» і ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность. Общие требования». Згідно з ОНТП 24-86 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» використовуємо приміщення відноситься до категорії «Г»

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Ділянка для відновлення клапанів ДВЗ плазмовим наплавленням буде входити до складу цеху.

Організація робочого місця на ділянці відновлення деталей повинна передбачати оптимальне розміщення технологічного обладнання, розташування оргоснастки, розміщення технологічної документації, інструмента й матеріалів, необхідних для виконання основного процесу. Розміщення ремонтно-технологічного обладнання, оргоснастки й деталей на стелажах провадиться відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств, вимогами (СНиП) і нормами технологічного проектування підприємств Держкомтехніки при урахуванні вимог організації праці. [4]

На ділянці передбачається створити однозмінну роботу, щоб забезпечити необхідний випуск деталей. Наплавлення виконується установкою УПУ-3Д з плазмотроном РР-7.

5.1 Нормування основних операцій при наплавленні

На наплавлення одного клапану необхідно затратити:

$$t_n = \frac{\pi \cdot D \cdot b \cdot \delta \cdot \gamma}{G} \eta \quad (5.1)$$

де D – діаметр робочої поверхні клапану, $D = 2,4$ см:

b – ширина поверхні клапану, $b = 0,9$ см

δ – товщина покриття, $\delta = 0,2$ см;

γ – питома вага покриття, $\gamma = 8,2$ г/см³;

G – продуктивність плазмотрону, $G = 41,6$ г/хв.; (2,5кг/год)

η – коефіцієнт використання порошку, $\eta = 0,64$.

Для напилення поверхні клапану необхідно витратити:

$$t_k = 3,14 \cdot 2,4 \cdot 0,9 \cdot 0,2 \cdot 8,2 \cdot 0,64 / 41,6 = 1,7 \text{ хв.}$$

В тракторному двигуні – є 8 клапанів.

$$t = 1,7 \cdot 8 = 13,6 \text{ хв.}$$

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Норма часу на відновлення клапанів складається з таких частин:

- підготовчо-заключний час;
- основний час;
- допоміжний час;
- час на обслуговування робочого місця;
- час на відпочинок і особисті потреби.

Час, необхідний для виконання зварювальних операцій розраховується за формулою:

$$T_{\text{нап}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{п.з.}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{від}}, \text{ год} \quad (5.2)$$

де $T_{\text{осн}}$ – машинний час наплавлення, год;

$T_{\text{п.з.}}$ – підготовчо – заклучний час, який складається з витрат часу на отримання завдання, на налагодження апаратури, на здавання робіт, год. Підготовчо-заключний час прийнятий у розмірі 4% від оперативного.[11]

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час, необхідний для встановлення деталі на робоче місце, повернення його в процесі роботи, зачищення швів, встановлення режимів напilenня, год. Допоміжний час визначається по нормативах. Для напilenня виробів допоміжний час визначається в розмірі 15% від основного часу.[11]

$T_{\text{обс}}$ - витрачається на обслуговування робочого місця і включає:

- усунення неполадок;
- підтримка заданого режиму наплавлення;
- вмикання і регулювання установки;
- прибирання робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця виражається у відсотках від оперативного часу і при розрахунку норм часу прийнято 4%.[11]

$T_{\text{від}}$ – час на відпочинок і особисті потреби $T_{\text{відп}}$ виражається у відсотках від оперативного часу і при розрахунках норм часу прийнято рівним 6%.[11]

Основний час $T_{\text{осн}}$ включає час горіння дуги.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						74
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для електродугового, плазмового та газоструменевого наплавлення (Тосн, год) при заданому часі наплавлення:

$$T_{осн} = t_{вик}/60, \text{ год} \quad (5.3)$$

$$T_{осн} = 1,7/60 = 0,028 \text{ год}$$

Час, необхідний для виконання наплавлення клапану (Тнап), знайдемо за формулою:

$$T_{нап} = 0,028 + 0,04 \cdot 0,028 + 0,15 \cdot 0,028 + 0,04 \cdot 0,028 + 0,06 \cdot 0,028 = 0,0365 \text{ год.}$$

На річну програму (Тр.нап) при кількості клапанів $n=10\,000$:

$$T_{р.нап} = T_{нап} \cdot n \quad (5.4)$$

$$T_{р.нап} = 0,0365 \cdot 10000 = 365,5 \text{ год.}$$

5.2 Розрахунок технологічної собівартості

Річна програма відновлення клапанів – 10 тисяч штук.

Клапани, які підлягають відновленню, виготовлено зі сталі 55Х20Г9АН4.

До технологічної собівартості відновлення клапанів входять витрати:

- технологічні матеріали;
- зварювальні матеріали (порошок, плазмоутворюючий газ);
- енергію для технологічних цілей;
- заробітну плату виробничих працівників.

В таблиці 5.1. наведені ціни, діючі на 31.12.2019 року на основні та зварювальні матеріали та електроенергію.

Таблиця 5.1 Ціни основних та зварювальних матеріалів

№ п/п	Найменування матеріалу	Ціна, грн.
1	порошок ВЗК (ТУУ 322-19-001-95), за кг	1200
2	Газ «Аргон» (Ar), за літр	0,0525
3	Електроенергія, за кВт/год	2,2

5.2.1 Розрахунок витрат на зварювальні матеріали

Витрати на порошок ВЗК для плазмового наплавлення розраховуємо за формулою:

$$\text{Сдр} = \text{Мн} \cdot \text{Цп}, \quad (5.5)$$

де Мн – маса наплавленого металу на один клапан, кг;

Цп – ціна одного кг порошку порошок ВЗК, грн/кг;

Масу наплавленого металу при напавленні одного клапану визначаємо за формулою (5.6):

$$\text{Мн} = G \cdot \text{Тосн}, \text{ кг} \quad (5.6)$$

де G – продуктивність плазмотрону, 41,6 г/хв;

Тосн – час напавлення на один клапан, 1,7 хв.

Витрати на порошок ВЗК будемо враховувати з урахуванням ціни – 1200 грн/кг.

Маса наплавленого металу при плазмовому напавленні за формулою (5.6) складе:

$$\text{Мн} = \frac{41.6}{1000} 1,7 = 0,07 \text{ кг}$$

Витрати на порошок ВЗК:

$$\text{Сдр} = \text{Мн} \cdot \text{Цп} \quad (5.7)$$

де Цп - вартість порошку, яка складає $\text{Ц}=1200$ грн/кг.

$$\text{Сдр} = 0,07 \cdot 1200 = 84,86 \text{ грн.};$$

Загальнорічні витрати на порошок ВЗК (Сдр.р , грн):

$$\text{Сдр.р} = \text{Сдр.} \cdot n, \quad (5.8)$$

де n – кількість клапанів, шт. ($n=10000$),

$$\text{Сдр.р} = 84,86 \cdot 10000 = 848\,640 \text{ грн.}$$

Витрати газу (Рг , л) визначаємо за формулою (5.9):

$$\text{Рг} = \text{Тнап.б.} \cdot g \cdot 60, \text{ л} \quad (5.9)$$

де g – коефіцієнт, що враховує оптимальні витрати газу за ротаметром, $g=30$ л/хв, [18].

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$T_{\text{нап.б}}$ - час, необхідний для виконання наплавки $T_{\text{нап.б}} = 0,0366$ год);

$$P_{\Gamma} = 0,0366 \cdot 30 \cdot 60 = 65,79 \text{ л.}$$

Розрахунок вартості газу витраченого на 1-н клапан проводимо за формулою (5.10).

$$C_{\Gamma} = P_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma}, \text{ грн} \quad (5.10)$$

де C_{Γ} – ціна газу (за табл. 5.1), грн./л:

$$C_{\Gamma} = 65,79 \cdot 0,0525 = 3,45 \text{ грн.}$$

Загально річні витрати на газ $C_{\Gamma p}$:

$$C_{\Gamma} = C_{\Gamma} \cdot n, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де n – кількість комплекті, шт. ($n=10\,000$).

$$C_{\Gamma p} = 3,45 \cdot 10000 = 34\,539 \text{ грн.}$$

Зведені дані з витрачанням та витратами матеріалів на один клапан та один рік наведені в таблицях 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.1 Витрачання зварювальних матеріалів

Найменування матеріалів	На один клапан	На річну програму
Порошок ВЗК, кг	0,07	707,2
Аргон, л	65,79	657 900

Таблиця 5.2 Витрати на основні та зварювальні матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг,(л) грн.	Витрати на 1 клапан, грн	Витрати на річну програму, грн
Порошок ВЗК	1200	84,86	848 640
Аргон (Ar)	0,0525	3,45	34 539
Разом на зварювальні матеріали			883 179

5.2.2 Розрахунок витрат на технологічну енергію

Кількість електричної енергії, необхідної для наплавлення одного клапану ($A_{e.a}$, кВт/год) розраховується за формулою (5.12):

$$A_{e.a} = \frac{I \cdot U_{\partial} \cdot \eta \cdot t_{\text{н}}}{1000}, \text{ кВт/год} \quad (5.12)$$

де U – напруга на дузі, $U_{\partial}=40$ В;

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

I – струм наплавлення, I=80 А;

η – ККД плазмотрону, $\eta = 0,45$;

t_n – час наплавлення, $t_n=0,028$ год.;

Кількість електроенергії, необхідної для наплавлення:

$$A_{e.a} = \frac{80 \cdot 40 \cdot 0,45 \cdot 0,028}{1000} = 0,0526 \text{ кВт/год};$$

При річній програмі випуску 10000 штук на рік загально річна кількість електроенергії (Ре.заг., кВт/год) буде дорівнювати:

$$\text{Ре.заг.} = A_{e.a} \cdot 10000, \text{ кВт/год};$$

$$\text{Ре.заг.} = 0,0526 \cdot 10000 = 526 \text{ кВт/год};$$

Загальнорічні витрати на технологічну енергію (Ст.ен., грн) знайдемо з формули (5.13):

$$\text{Ст.ен.} = \text{Ре.заг.} \cdot \text{Це}, \quad (5.13)$$

де Це – ціна 1 кВт/год електроенергії (див. таблицю 5.1):

$$\text{Ст.ен.} = 526 \cdot 2,2 = 1\,157,9 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок кількості устаткування

Розрахунок кількості устаткування (N_o , шт.) проводиться за формулою (5.14):

$$N_o = \frac{T_{\text{заг.зв.}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{в.н.}}}, \text{ шт} \quad (5.14)$$

де $T_{\text{заг.зв.}}$ – загальнорічний час наплавлення, год;

$$T_{\text{заг.зв.}} = T_{\text{нап}} \cdot n \quad (5.15)$$

$$T_{\text{заг.зв.}} = 0,0366 \cdot 10000 = 366 \text{ год};$$

$\Phi_{\text{д}}$ – діючий фонд робочого часу, $\Phi_{\text{д}} = 2016$ год (за 2019 рік);

$K_{\text{в.н.}}$ – коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{в.н.}} = 1,17$.

Кількість устаткування при наплавленні ($N_{o.a}$, шт):

$$N_{o.a} = \frac{366}{2016 \cdot 1,17} = 0,15 \text{ шт.}. \text{ Приймаємо } 1 \text{ шт.}$$

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						78
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Розрахунок чисельності працюючих

Розрахунок чисельності працівників (Пр ,чол) проводимо за формулою (5.16):

$$\text{Пр} = \text{Рзв} + \text{Робсл} + \text{Рм} + \text{Рк} \quad (5.16)$$

де Рзв - кількість зварювальників, чол.

Чисельність робітників (зварювальників), які обслуговують установку УПУ-3Д розраховують за формулою (5.17):

$$\text{Рзв} = \frac{T_{\text{заг.зв.}}}{\Phi_{\text{д}} * K_{\text{в.н.}}}, \text{ чол.} \quad (5.17)$$

де Тзаг.зв. – загальнорічний час наплавлення, год;

Фд – діючий фонд робочого часу, Фд = 2016 год (за 2019 рік);

Кв.н. – коефіцієнт виконання норм, Кв.н. = 1,17.

Для обслуговування установки УПУ-3Д чисельність працівників складе:

$$\text{Рзв} = \frac{366}{2016 * 1,17} = 0,15 \text{ роб. Приймаємо 1 робітник}$$

Кількість працівників, які обслуговують дільницю відновлення клапанів (Робсл, роб) розраховується за формулою (5.18):

$$\text{Робсл} = 1,8 \cdot \text{Рзв} \quad (5.18)$$

де Рзв – загальна кількість зварників – 1 робітник.

$$\text{Робсл} = 1,8 \cdot 0,15 = 0,28 - \text{приймаємо 1 робітника.}$$

Кількість основних працівників (Р осн.пр, чол):

$$\text{Р осн.пр} = \text{Робсл} + \text{Рзв},$$

$$\text{Росн.пр.} = \text{Р} + \text{Рзв} = 1 + 1 = 2 \text{ робітника.}$$

Для керівництва роботою та технологічним процесом відновлення клапанів необхідно 1 (одного) майстра.

$$\text{Пр} = 2 + 1 + 1 + = 4 \text{ роб.}$$

В таблиці 5.4 наведена чисельність працівників, які обслуговують дільницю відновлення клапанів.

					МП.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						79
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3 Чисельність працівників, які обслуговують ділянку:

Працівники	Чисельність, чол.
Основні	2
Допоміжні	1
Майстер ділянки	1
Разом	4

5.5 Визначення фонду заробітної плати

Витрати на заробітну плату працівників зварників (Зпр.зв, грн) визначимо з формули (5.19):

$$\text{Зпр.зв.} = r \cdot n \cdot T_{\text{заг.зв.}} \quad (5.19)$$

де r – коефіцієнт середньогодинної тарифної ставки зварників 4 розряду, $r = 10$ грн/н.год.;

n – коефіцієнт додаткової заробітної плати, $n = 6$.

$T_{\text{заг.зв.}}$ – загальнорічний час наплавлення, ($T_{\text{заг.зв.}} = 366$ год)

$$\text{Зпр.зв.} = 10 \cdot 6 \cdot 366 = 21\,930 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату працівників, які обслуговують ділянку (Зпр.зб., грн) , визначимо за формулою (5.20):

$$\text{Зпр.зб.} = 1,8 \cdot \text{Зпр.зв.} \quad (5.20)$$

$$\text{Зпр.зб.} = 1,8 \cdot 21\,930 = 39\,474 \text{ грн.}$$

Загальнорічні витрати на заробітну плату основних працівників (Сосн.пр, грн) складатимуть:

$$\text{Сосн.пр.} = \text{Зпр.зв.} + \text{Зпр.зб.} = 21\,930 + 39\,474 = 61\,404 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування визначаємо за встановленим нормативом – 37,5 % від суми загально річних витрат на заробітну плату. Ці відрахування складатимуть – 23 026 грн.

Таким чином, загальні витрати з фонду заробітної плати при річній програмі 10 000 клапанів на рік складуть:

$$\text{Сз.п.} = 61\,404 + 23\,026 = 84\,430 \text{ грн.}$$

5.6 Розрахунок технологічної собівартості

Загально річна собівартість відновлення клапанів (Сзаг.р., грн) розраховується за формулою:

$$\text{Сзаг.р.} = \text{Сзв.м.} + \text{Сз.п.} + \text{Ст.ен.} + \text{Собл} \quad (5.21)$$

де Сзв.м. – вартість зварювальних матеріалів, грн; Сз.п. – загальнорічні витрати з фонду заробітної плати, грн; Ст.ен. – загальнорічні витрати на технологічну енергію, грн; Собл – вартість обладнання, грн. Шліфувальний верстат, $C_n=110\,000$ грн; Плазмова установка УПУ-3Д з плазмотроном, $C_a=140\,000$ грн.

$$\text{Собл} = 110\,000 + 140\,000 = 250\,000 \text{ грн}$$

$$\text{Сзв.м.} = 848\,640 + 34\,539 = 883\,179 \text{ грн}$$

$$\text{Ст.ен.} = 1\,157 \text{ грн}$$

$$\text{Сз.п.} = 84\,430 \text{ грн.}$$

$$\text{Сзаг.р.} = 250\,000 + 883\,179 + 1\,157 + 84\,430 = 1\,218\,768 \text{ грн.}$$

Собівартість відновлення одного клапану складе 122 грн.

Таблиця 5.4 Техніко-економічні показники

Показники	Величина
Річна програма (в комплектах), шт.	10000
Час на напавлення виробу, год.	0,037
Витрати на зварювальні матеріали, тис. грн.	883
Витрати на технологічну енергію, тис. грн.	1,16
Загальні витрати на заробітну плату, тис. грн.	84,43
Вартість обладнання, тис. грн.	250,00
Технологічна собівартість, тис. грн.	1219
Собівартість відновлення одиниці виробу, грн.	122

Висновки: в результаті приведених розрахунків можна зробити висновок, що відновлення одного клапану за розробленою в даному дипломному проекті технології є економічно вигідним, вартість відновленого клапану складає 122 грн.

В даному дипломному проєкті розробили технологію відновлення клапанів двигунів внутрішнього згорання легкових автомобілів плазмово-порошковим наплавленням.

В якості матеріалу для відновлення клапанів були обрані сплави на основі кобальту які володіють високою жаростійкістю і корозійною стійкістю. Наявність хрому і вуглецю забезпечують високу зносостійкість, завдяки утворенню карбідів типу Cr_7C_3 і Cr_{23}C_6 . Молібден і вольфрам зміцнюють твердий розчин, підвищують жаростійкість, збільшують температуру рекристалізації (більше 900°C) і призводять до утворення карбідів типу $(\text{Cr},\text{Mo},\text{W})_7\text{C}_3$ і $(\text{Cr},\text{Mo},\text{W})_{23}\text{C}_6$. Для наплавлення обираємо стеліт вітчизняної марки ВЗК, який ідеально підходить для наплавки ущільнюючої поверхні випускного клапана. Сплав має високу гарячу твердість в інтервалі температур від 550°C до 750°C завдяки вмісту в ньому тонко дисперсних карбідів $(\text{Cr}, \text{Mo})_7\text{C}_3$ і в меншій кількості $(\text{W}, \text{Mo})_6\text{C}$.

В якості плазмоутворюючого газу використовуємо аргон. Наплавлення проводимо на автоматизованій установці для плазмово-порошкового наплавлення поверхонь РМ-302, яка укомплектована джерелом живлення УПУ-3Д з плазмотроном РР-7. Плазмотрон працює на постійному струмі прямої полярності. У робочому режимі в плазмотроні горить дуга прямої дії (електрод - виріб) та непрямої дії (електрод - сопло), для полегшення її запалювання використовується осцилятор. Для даного плазмотрона розраховано ККД (0,45), розраховано максимальний розмір часток, які наносяться на поверхню, розраховано необхідну потужність плазмотрону.

Проведено металографічне дослідження структури наплавленого металу. При наплавленні порошком ПР-К60Х30ВС (ВЗК) на сталь 55Х20Г9АН4, структура складається з твердого розчину на основі кобальту і евтектичною складової з суміші карбідів і твердого розчину, в зоні їх сплаву дефекти відсутні.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Дана технологія не тільки забезпечує відновлення, а й збільшує ресурс роботи клапанів двигунів внутрішнього згорання.

Вибрали установку для наплавлення, також було спроектовано оснастку для закріплення клапана та його охолодження під час наплавлення.

Розроблений технологічний процес економічно ефективний, було вибрано параметри наплавлення. Також даний процес екологічно не шкідливий і безпечний для здоров'я людини, що супроводжує цей процес.

					МР.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						84
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гладкий П.В. Плазменная наплавка. [Текст] / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев. – К.: «Екотехнологія», 2007. – 292 с.
2. Молодык Н. В. Восстановление деталей машин. Справочник. [Текст] / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин – М.: Машиностроение, 1989. – 480с.
3. Аманов С.Р. Технология плазменно-порошковой наплавки выпускных клапанов двигателей ВАЗ [Текст] / С.Р. Аманов, А.В. Каргин, Д.Ю. Копылов, Б.Н. Перевезенцев // «Сварочное производство». – 2005. - №2. – с. 33.
4. <http://www.plasma-master.com.ua/>
5. Взаємозамінність стандартизація, метрологія та технічні вимірювання: Підручник [Текст] / Г.К. Якимчук, Ю.Є. Кирилюк, Г.А. Саранча /За ред. Г.К. Якимчука. – К.; «Основа», 2006 – 560 с.
6. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей. [Текст] / К.: Основа, 2010. – 240 с.
7. Сорокин В.Г. и др.; Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд.; Науч. ред. Сорокин В.Г., Гервасьев М.А. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.
8. Переплетчиков Е. Ф. Применение порошков кобальтовых и никелевых сплавов для плазменной наплавки выпускных клапанов двигателей внутреннего сгорания. [Текст] / Е. Ф. Переплетчиков – Автоматическая сварка, 2012 г., №7 (711), с. 7-13.
9. Копылов Дмитрий Юрьевич. Плазменно-порошковая наплавка модулированным током выпускных клапанов двигателей внутреннего сгорания : Дис. канд. техн. наук: Тольятти, 2005 117 с.
10. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
						85
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Аманов С.Р. Оборудование для плазменной наплавки выпускных клапанов. // Автомобильная промышленность, 1995 г., №12, с. 26-27.

12. Сидоров А.И. Восстановление деталей напылением и наплавкой. [Текст] / А.И. Сидоров - М.: Машиностроение, 1987

13. Астахов Є.А. Науково-технологічні основи керування властивостями детонаційних покриттів / Автореф. дис. докт. техн. наук. - К.: ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ. - 2005. - 36 с.

14. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под редакцией В.С. Попова. - Запорожье: Издательство ОАО "Мотор Сич", 2000. - 394 с.

15. Хасуи А. Наплавка и напыление [Текст] / А. Хасуи, О. Мorigаки. М: Машиностроение, 1985. – 267 с.

16. Харламов Ю.О. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин: Учебное пособие: В 2-х т. [Текст] Ю.О. Харламов, Н.А. Будагьянц. - Луганск: издательство Восточноукраинского национального университета имени В. Даля, 2003. - 496 с.

					MP.132.6121м.06.01.05.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86