

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»


Інженерно-фізичний факультет

«Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій»

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)
бакалавр

на тему: Розробка технологічного процесу плазмового наплавлення
бандажної полки лопатки авіадвигуна.

Виконав: Свідзинський М.Я. 
131 “Прикладна механіка”

Керівник: Савонов Ю.М. 

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет: Інженерно-фізичний

Кафедра: «Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій»

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): Бакалавр

Спеціальність: 131"Прикладна механіка"

Напрямок підготовки: Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.р. Завідувач кафедри: В.В. Нетребко

“ ” року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Свідзинський Мар'ян Янович

1. Тема проекту (роботи): Розробка технологічного процесу плазмового наплавлення бандажної полки лопатки авіадвигуна.

Керівник проекту (роботи) Савонов Юрій Миколайович,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “25” травня 2023 року №215





2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Розробка технологічного процесу плазмового наплавлення бандажної полки лопатки авіадвигуна.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1– Аналіз особливостей конструкції та умов експлуатації ;2-Технологічний процес відновлення на базовому підприємстві; 3 – Вибір обладнання; 4 – Контроль якості; 5 – Охорона праці ; 6 – Конструкторська частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Загальний вигляд лопатки авіадвигуна; загальний вигляд установки для плазмового наплавлення бандажної полки; вибір матеріалу для наплавлення; вплив параметрів наплавлення на геометричні характеристики наплавленого шару;


6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1 – 4	Савонов Ю.М.		
5			
н/к	Професор Попов С.М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз умов експлуатації лопатки авіадвигуна Лист № 1	24.05.23	Виконав
2	Аналіз технологічного процесу наплавлення Лист № 2 Лист № 3	27.05.23	Виконав
		30.05.23	Виконав
3	Вибір обладнання Лист № 4	01.06.23	Виконав
4	Контроль якості Лист № 5	04.06.23	Виконав
5	Лист №6	07.06.23	Виконав
6	Охорона праці, цивільна оборона	09.06.23	Виконав

Студент  Свідзинський М.Я.
(підпис)

Керівник проекту (роботи)  Савонов Ю.М.
(підпис)

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТ	2
РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ	9
1.1 Призначення і опис виробу	9
1.2 Аналіз умов експлуатації лопатки турбіни	11
1.3 Аналіз руйнувань лопатки турбіни в процесі роботи	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС НАПЛАВЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ НА БАНДАЖНУ ПОЛКУ ЛОПАТКИ ГТД ДВИГУНА Д-18Т.....	18
2.1 Технічні вимоги до наплавлення лопаток	18
2.2 Технологічний процес плазмового наплавлення	19
2.3 Аналіз способів відновлення лопатки ТСТ.....	22
2.4 Розробка технологічного процесу відновлення лопатки ТСТ двигуна Д-18Т.....	28
2.4.1 Технологічний процес відновлення лопатки ТСТ.....	28
2.4.2 Вибір матеріалу для наплавлення	28
2.4.3 Параметри режимів	34
3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ	39
4 ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ	41
4.1 Устаткування для плазмово-порошкового наплавлення	41
4.2 Устаткування для інших технологічних операцій	44
5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
5.1 Потенційний аналіз небезпек	47
5.2 Забезпеченні заходи по безпеці	48
5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці	50
5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки	51

5.5 Заходи по наданню безпеки в надзвичайних ситуацій. Дії відповідальних осіб при хімічній аварії з розливом кислотних розчинів	
.....	52
ВИСНОВОК	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
Додаток А Маршрутна карта технологічного процесу плазмового наплавлення	
.....	57
Додаток Б Комплект специфікацій	63

РЕФЕРАТ

ПЗ: 62с, 18рис., 2 табл., 6 джерел, 2 застосування.

Об'єкт дослідження турбіни лопатка середнього тиску двигуна Д18-Т, яка піддається інтенсивному газоабразивному зношуванню і фретинг-корозії в процесі експлуатації.

Мета роботи розробка технологічного процесу відновлення лопатки ТСТ.

Метод дослідження аналіз літературних даних. Проаналізовані види зношування лопатки турбіни середнього тиску при експлуатації.

Розроблений технологічний процес відновлення лопатки ТСТ двигуна Д18-Т і показано, що плазмово-порошкове наплавлення є оптимальним методом для наплавлення лопатки ТСТ.

ФРЕТИНГ-КОРОЗІЯ, ПЛАЗМОВО-ПОРОШКОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ,
БАНДАЖНА ПОЛКА, НЕФРАС, КОЛЬОРОВА ДЕФЕКТОСКОПІЯ.

ABSTRACT

PZ: 62 pages, 18 Figures, 2 Tables, 6 sources, 2 applications.

A research object is a shoulder-blade of turbine of middle pressure of engine of D18-T, that yields to the intensive gaseous wear and frettage of corrosion in the process of exploitation.

An aim of work is development of technological process of proceeding in the shoulder-blade of TST.

A research method is an analysis of literary data. The analysed types of wear of shoulder-blade of turbine of middle pressure are during exploitation.

Worked out technological process of proceeding in the shoulder-blade of TST of engine of D18-T and it is shown that powder-like for plasma surfacing is an optimal method for surfacing of shoulder-blade of TST.

A FRETAGE is CORROSION, POWDER-LIKE for PLASMA НАПЛАВЛЕНИЯ, BRACER SHELF, NEFRAS, COLOURED fault DETECTION.

ВСТУП

Основною тенденцією розвитку авіаційних двигунів є постійне підвищення температури газів перед турбіною, що висуває підвищені вимоги до конструкції, надійності і терміну служби лопаток, дисків, валів та інших компонентів, що піддаються високим термомеханічним навантаженням, які періодично змінюються.

Зростаючі вимоги до надійності і ресурсу турбовентиляторних двигунів та безпеки польотів повітряних суден спонукали до розробки, створення і застосування якісно нових технологій їх виготовлення, які значно підвищують надійність і ресурс найбільш відповідальних компонентів.

Одним з найбільш відповідальних компонентів авіаційного двигуна є лопатка турбіни. Ця деталь визначає максимальну температуру газів у турбіні, надійність і термін служби турбіни, питому потужність, питому вагу і ККД двигуна. Лопатки турбіни піддаються впливу відцентрових і газодинамічних сил, які викликають натяг, вигин і скручування лопаток. Високі рівні напруги.

1 АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1.1 Опис виробу і призначення

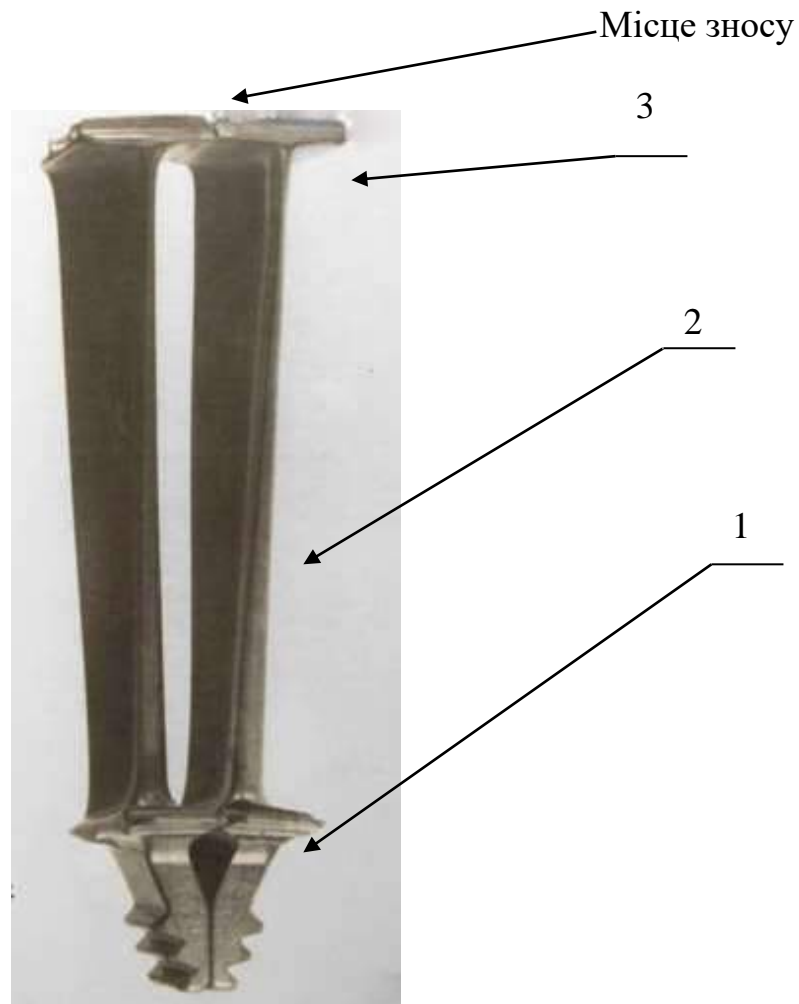
Турбіна призначена для перетворення енергії газового потоку в механічну дію лопаток, одного з найважливіших компонентів двигуна [1].

Робоча лопатка турбіни має такі елементи (рис. 1.1):

1 - хвостова частина - замок для кріплення у диску;

2 – середня частина - перо, в яких енергія газу перетворюється на механічну роботу і передається на ротор за допомогою замка лопаті;

3 - зовнішній обод, що збирається з бандажної полки.



1-замок; 2-перо; 3-бандажна полка

Рисунок 1.1 – Лопатка турбіни

У зібраному робочому колесі лопатки утворюють бандаж, що є межею газового тракту (рис. 1.2).

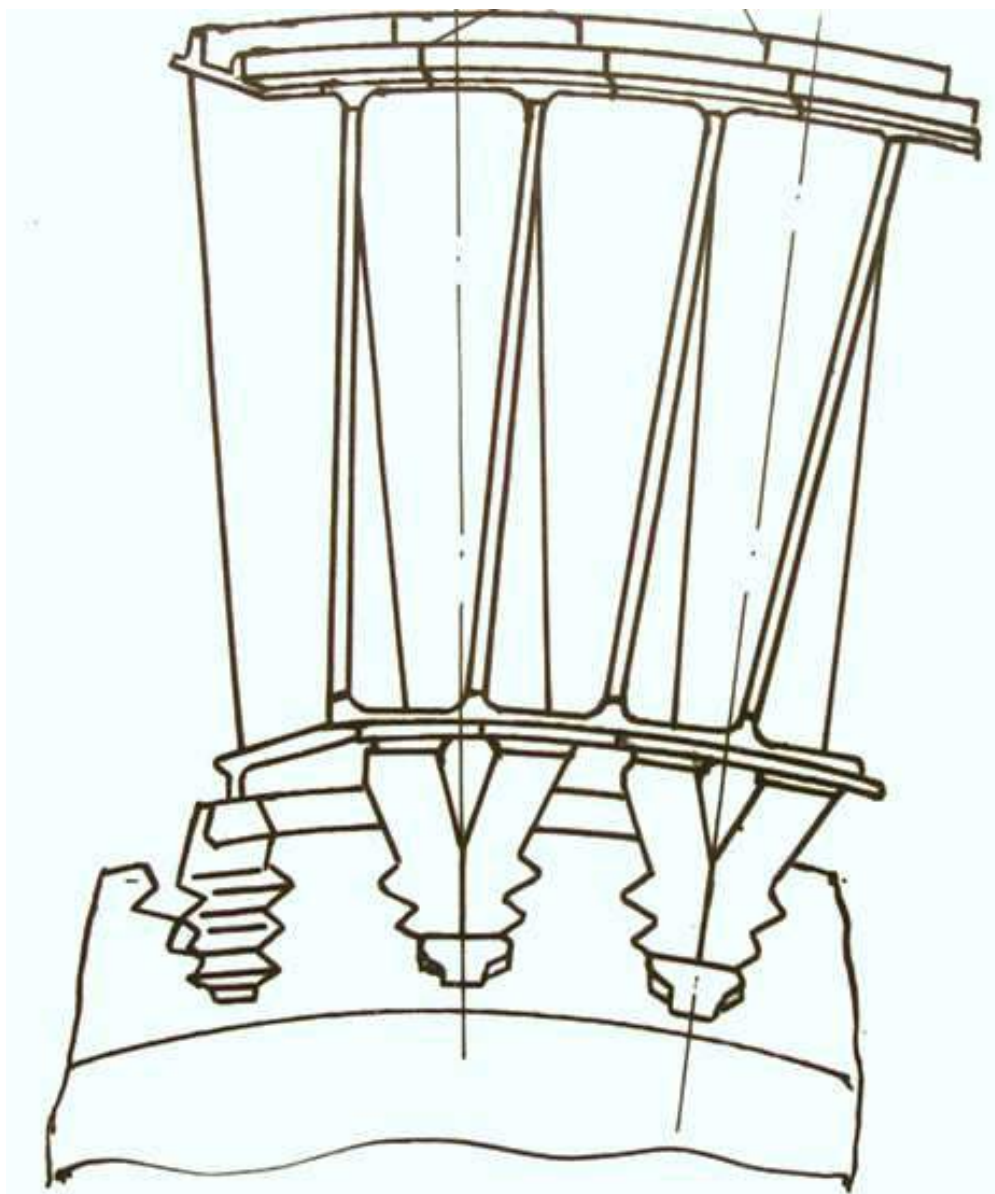


Рисунок 1.2 – Елемент для з'єднання лопаток двигуна Д-18 Т

1.2 Аналіз умов роботи лопатки турбіни

Під час роботи на лопатки діють відцентрові сили і тиск газу. Швидкість обертання газових турбін коливається між 11 000 і 17 000 об/хв. Відцентрові сили створюють в лопатках розтягуючі напруження, які залежать від маси лопатки і периферійної швидкості. Тиск газу створює постійне навантаження по всій довжині лопатки, змушуючи її згинатися відносно її монтажного положення на робочому колесі.

На практиці турбіни можуть відчувати коливання, періодично діючі сили, що створюють динамічні змінні напруження в лопатках, які значно перевищують статистичні. У реальних умовах експлуатації турбін вібраційні поломки лопаток через змінні напруження є причиною більшості аварій на турбінах.

Щоб зменшити це вібраційне напруження, полки лопаткової стрічки збирається з натяжним пристроєм і фіксується парою замків в ялинкових пазах диска (рис. 1.2).

Під час роботи лопатки піддаються впливу газового потоку продуктів згоряння палива, що містить в середньому 74% N₂, 24% CO₂ і 2% H₂O.

Сила газового потоку змінюється за величиною і залежить від режиму роботи двигуна (малий газ, крейсерський режим, зліт). В результаті лопатки притискаються одна до одної з великою силою, викликаючи деформацію полки лопатки і сильний знос контактних поверхонь, що досягає 0,5 мм (рис. 1.3) [2].

1.3 Аналіз руйнувань лопатки турбіни в процесі роботи

Знос лопатки ТСТ спричинений ерозією, стиранням, окислювальними газами, динамічним контактом між контактними поверхнями та фреттинг-корозією внаслідок газового зносу.



Рисунок 1.3 – Знос лопатки турбіни після працювання 2458 годин.

Знос країв полки бандажної стрічки призводить до вигину лопаток і виникнення знакозмінних напружень. Максимальні знакозмінні напруження виникають під час зльоту і характеризуються періодичним биттям. На рівень змінних напружень впливає величина зазору між полками лопаток. Чим більший зазор, тим вищий рівень динамічних напружень. Цей процес протікає зі збільшенням зазору і амплітуди зіткнення.

Під час експлуатації авіаційних двигунів лопатки турбін піддаються різним видам пошкоджень, що часто є основною причиною виходу з ладу [3].

Золом в зоні дроблення складається з двох зон з різними поверхнями розділу з точки зору як окислення, так і структури золому:

- Втомна, займаюча 60 % площ руйнування
- Статична

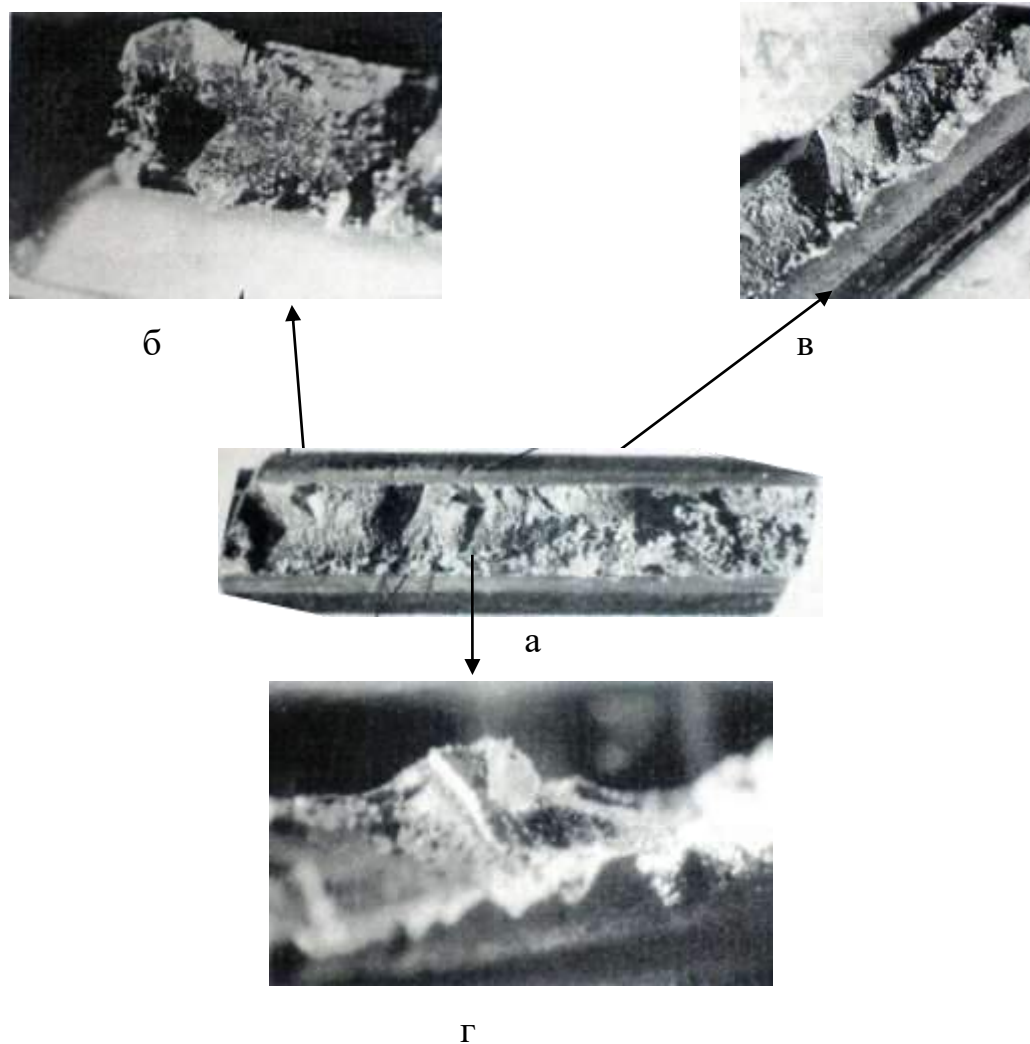


Рисунок 1.4 – Втомний золом у місці руйнування

Втомний золом характеризується великою кількістю осередків раннього розвитку у вигляді невеликих гладких, блискучих ділянок поверхні з різним кутом нахилу до поверхні (рис. 1.4 а).

Морфологія поверхні цих ділянок свідчить про багатоцикловий механізм втомного руйнування.

Селективні області зародження втомних тріщин складаються з ряду ділянок, які неправильно спрямовані по відношенню до напрямку

руйнування (рис. 1.4 б, в). Зауважте, що подібна приповерхнева похила, гладка ділянка спостерігається в золоті з боку корита, але вона не отримала подальшого розвитку (рис. 1.4 г).



а

б

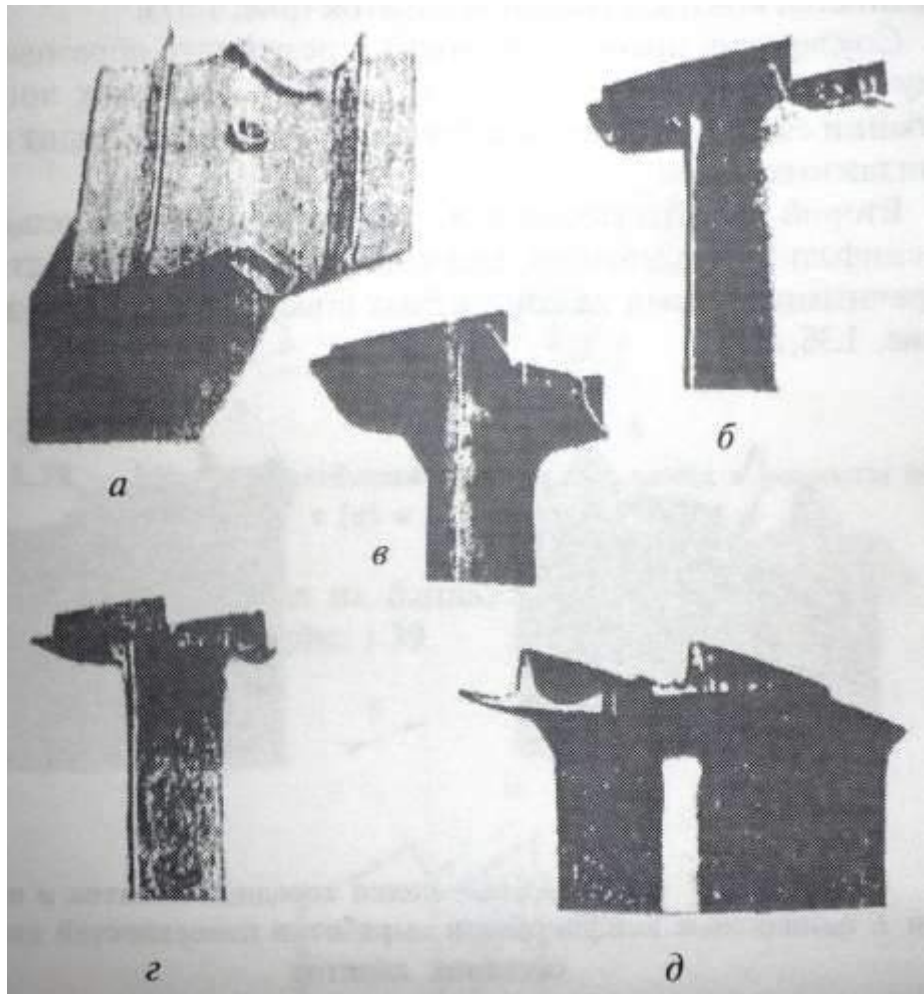
а – з боку вхідної кромки; б – з боку вихідної кромки

Рисунок 1.5 – Золами в місці руйнування лопаток

В процесі експлуатації ГТД спостерігається інтенсивний знос контактних поверхонь бандажної полки, який можна класифікувати на наступні види:

- Вірної форми (рис. 1.6 а);
- Кратероподібої форми (рис. 1.6 б);
- Перенесення металу з однієї полки на ділянку іншої полки(рис. 1.6 в);
- Бічні ризики на контактних і неробочих поверхнях полки відповідно (рис. 1.6 г, д).

Знос контактної поверхні стрічки зменшує силу зчеплення стрічки, викликаючи зазори вздовж стрічки, знижуючи демпфуючу здатність сусідніх лопаток під час резонансних вібрацій і збільшуючи рівень вібраційного напруження [3].



а- виробка вірної форми; б- виробка кратероподібної форми;
в- перенесення металу на ділянку полки; г, д- Бічний ризик для контактної та неробочої поверхні полки відповідно.

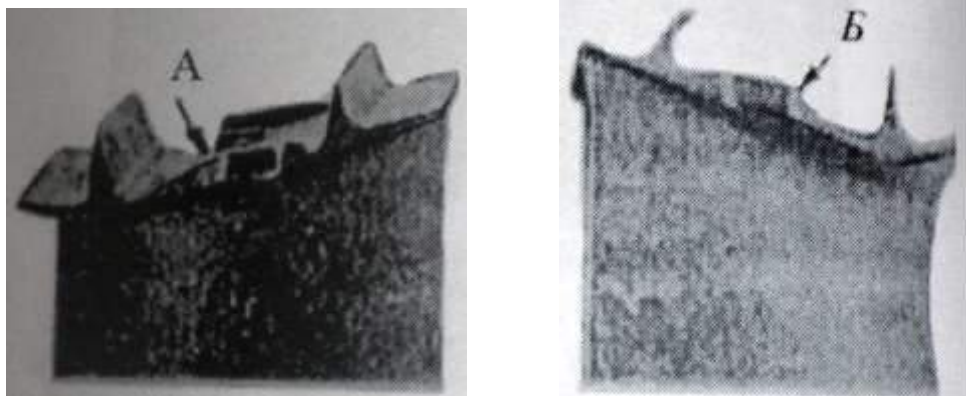
Рисунок 1.6 – Бічний ризик для контактної та неробочої поверхні полки

Під час роботи ГТД існує два основних типи взаємодії з бандажною полкою лопатки:

- Першою взаємодією є зіткнення полок по контактних поверхнях під час протифазних коливань сусідніх лопаток, що підтверджується перенесенням металу з контактної поверхні однієї лопатки на контактну поверхню іншої лопатки (рис. 1.6 а) і відповідною поведінкою конфігурації контактних поверхонь сусідніх лопаток (рис. 1.7).

Зіткнення полоч відбувається, коли утворюється зазор між контактними поверхнями сусідніх окремих лопаток. Коли сусідні лопатки вібрують у протифазі, їхні зональні полки зіштовхуються.

- Другою взаємодією є бічне переміщення полоч, коли сусідні лопатки вібрують в одній фазі, що ідентифікується за бічними відмітинами на контактних поверхнях зональних полоч (рис. 1.6 г, д).



А та Б однакові конфігурації вироблення суміжних контактних поверхонь лопаток.

Рисунок 1.7 – Бандажної полки суміжних лопаток (А и Б)



а- зовнішні сліди фреттинг-корозії; б- глибинна виробка металу фреттинг – корозії.

Рисунок 1.8 – Загальний вигляд кінця бандажної полки лопатки турбіни, пошкодженої фреттинг-корозією

Таким чином, втомні пошкодження лопаток турбін переважно спостерігаються під час роботи двигуна. При цьому в багатьох випадках від пошкоджень, отриманих лопатками турбіни під час експлуатації, починають розвиватися втомні тріщини і реалізується механізм багатоциклової втоми і термічного втомного руйнування лопаток.

Найбільш пошкодженими частинами пера є передня кромка, поверхня полки хвостовика і зубців хвостовика, перо в області полки стрічки і тильна поверхня на відстані 10-18 мм від полки хвостовика.

Торці полки хвостовика пошкоджуються фретинг-корозією, починаючи від поверхневих слідів і закінчуючи глибоким видаленням металу.

Часто основні невідповідності вилівка проявляються у вигляді плівки, засмічення, усадочних відставань і незатвердіння, що призводить до втомного розтріскування [4].

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС НАПЛАВЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ НА БАНДАЖНУ ПОЛКУ ЛОПАТКИ ГТД ДВИГУНА Д-18Т

2.1 Технічні вимоги до наплавлення лопаток

2.1.1 Якість наплавлення матеріалу ЖС26 плазмово-порошковим методом на робочих лопатках турбіни виготовлених із сплавів ЖС26-ВІ повинно відповідати вимогам креслення і справжніх технічних умов. Місце ремонту наплавленням вказане в кресленні;

2.1.2 Присадний матеріал ЖС26 на ділянку зварювання поступає в герметично закритій тарі з вказівкою марки матеріалу і оформленим супровідним документом, в якому вказані марка матеріалу, відмітка про придатність. Хімічний склад порошку присадного матеріалу повинен відповідати вимогам ТУ 1-92-177. Фракція порошку – 63-160 мкм; кількість фракції менше 63 мкм - не більше 5 %.

2.1.3 Наплавлення матеріалу ЖС26 на поверхні лопаток виконується в спеціалізованому пристосуванні, що забезпечує выступание кромки поверхні, що наплавляється, з мідних наладок 0,4-0,6 мм

2.1.4 До виконання робіт по наплавленню допускається персонал що пройшов атестацію на право виконання цих робіт.

2.1.5 Зачистка поверхні, що наплавлюється, виконується механічною обробкою до металевого блиску. Також виконувати зачистку поверхні, прилеглих до тієї, що наплавляється на ширині 3-5 мм.

2.1.6 Товщина бандажної полки в місцях наплавлення має бути не менш допустимою ремонтним кресленням.

2.1.7 Перед наплавленням необхідно виконати контроль якості підготовки поверхні, що наплавляється і прилеглих до неї поверхонь візуальним контролем і контролем капілярним методом з мінімальною прихованістю від 0,12 до 0,5 мкм.

-Візуальний контроль:

На поверхні, що наплавляється, і поверхнях, прилеглих до неї (на ширині до 5 мм) не допускаються: тріщини, чорнота, оксидна плівка, олія, фарба інші забруднення. При необхідності контролювати видалення оксидів електричним методом приладом ТЕП-10К по інструкції 82.25003.00010.

2.2 Технологічний процес плазмового наплавлення [5]

- Слюсарна операція:

Видалити оксиди із зовнішньої поверхні бандажної полки.

- Контрольна операція:

Контролювати відсутність оксидів на зовнішній поверхні бандажної полки.

Контролювати товщину бандажних полок згідно ескіза.

- Токарно-шліфувальна

Виконати неправдиве складання лопаток. Шліфувати гребінець під наплавку згідно ескіза. Розібрати лопатки згідно основного техпроцеса.

- Слюсарна

Зачистити задирки, притупити гострі кромки після обробки гребінця.

- Мийна

Знежирити лопатки в чистому нефрасі. Нефрас С-50/70.

- Термообробка

Виконати термообробку лопаток перед наплавленням бандажних полок [6].

- Кольорова дефектоскопія

Виконати кольорову дефектоскопію ЦМ-15В лопаток перед наплавленням бандажної полки.

- Наплавлення гребінця

Виконати наплавлення лабіринтового гребінця матеріалом ЖС-26 ВІ плазмово-порошковим методом згідно з ескізом (рис.2.1).

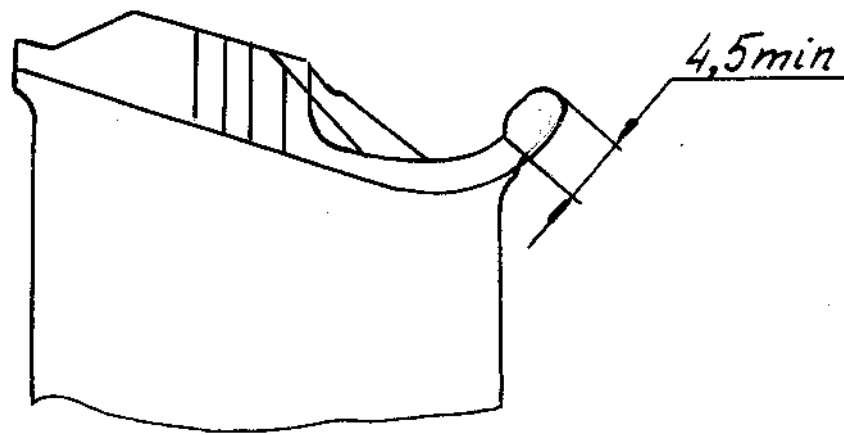


Рис. 2.1 – Схема наплавлення лабіринтового гребінця лопатки

При напавленні плазмово-порошковим методом в якості того, що транспортує і плазموутворюючого газу застосовувати газоподібний аргон вищого або першого сорту (ГОСТ 1015-78), в якості захисного газу застосовувати газову суміш Varigon H10 (90 % Ar + 10 % H) по ТУ 9241-06761850-020. При необхідності замість суміші Varigon H10 допускається використання аргону.

- Термообробка

Виконати проміжну термообробку лопаток

- Слюсарна

Зачистити грубі напливи після напавлення гребінця

- Напавлення

Виконати напавлення бандажної полки матеріалом ЖС-26 ВІ

плазмовим -порошковим методом. Параметри режиму напавлення:

- Сила струму основного імпульсу, А	30
- Тривалість зварювального імпульсу,	0,3
- Пауза між імпульсами зварювального струму, с	0,2
- Сила струму паузи, А	2
- Витрата транспортуючого газу, л/хв	2-3
- Витрата захисного газу, л/хв	4-8
- Витрата порошку ЖС – 26 ВІ, г/хв	1,2 – 2,5

- Термообробка

Виконати термообробку лопаток для зняття напруги після наплавлення

- Слюсарна

Зачистити напливи після наплавлення по контуру зигових поверхонь з припуском 0,2-0,4 мм від основного матеріалу

- Кольорова дефектоскопія

Виконати кольорову дефектоскопію ЦМ-15В лопаток після наплавлення бандажної полки.

2.3 Аналіз методів відновлення лопатки ТСТ

Можуть бути використані наступні типи наплавлення лопаток ТСТ:

-Іонно-плазмове наплавка

Іонно-плазмове нанесення (катодне, магнетронне, високочастотне, напилення тощо) можна використовувати для формування покриттів з металів, сплавів та різноманітних сполук і композицій [5].

Переваги іонно-плазмового напилення:

- Висока енергія розпилюваних частинок забезпечує високу адгезійну міцність і щільність покриття, що утворюється;
- Покриття можна формувати без зміни стехіометричного складу;
- Можливість отримання покриттів з особотугоплавких матеріалів;
- Покриття можуть бути отримані зі спеціальних вогнетривких матеріалів;
- Можливість контролювати склад і властивості покриття в процесі нанесення;
- Підкладка і поверхня покриття, що росте, можуть бути очищені.

Основними недоліками іонно-плазмових покриттів є:

- Нижчі швидкості розпилення, ніж у інших вакуумних методах(магнетронне розпилення досягає 25-45 м/с);
- Дещо більша кількість домішок у матеріалі покриття;
- Об'єм камери обмежує розмір виробу.

- Детонаційне напилення

Застосовується для напилення покриттів з порошків металів, їх сплавів, оксидів, тугоплавких з'єднань, різних композицій і т.д., які не повинні розкладатися і переганятися в продуктах детонації і мати достатню різницю між температурами плавлення і кипіння (не менше 200 °С) [7].

Основні переваги методу:

- Можливість здобування покриттів з більшості порошків, плавких при температурі до 2800 ° С без розкладання;
- Можливість нанесення покриттів на різні матеріали (метали з твердістю поверхні до 60 HRC, кераміку, скло, пластмасу та ін.);
- Відсутність деформації напилюваної поверхні;
- Можливість здобування покриттів з пористістю 0,5-1,5% і високою міцністю зчеплення покриттів з основою (никель-100 МПа, ПН70Ю30-100 МПа, оксид алюмінію - 30 МПа);
- Можливість управляти хімічним складом продуктів детонації (відновний, нейтральний, окислювальний) і енергетичними характеристиками процесу за рахунок регулювання газового режиму;
- Можливість нанесення покриттів на вироби практично без обмеження їх розмірів за наявності засобів механізації і забезпеченні правил техніки безпеки.

Основні недоліки методу:

- Високий рівень шуму в приміщенні, де робиться детонаційне напилення покриттів, що досягає 140 дБ;
- Наявність продуктів згорання суміші горючий газ - кисень з утворенням шкідливих компонентів (СО, вуглеводні, оксиди азоту);
- Наявність концентрації зважених в повітрі часток напилюваного порошку розміром 5—150 мкм >150 мг/м³.

У зв'язку з перерахованими особливостями усе детонаційне устаткування необхідно розміщувати в спеціальних приміщеннях виробничої ділянки.

-Вібродугове наплавлення

Вона зазвичай проводиться з поданням розчину кальцинованої соди у воді (5 %) для охолодження металу і захисту його від окислення.

Переваги процесу, це його простота і дуже маленька зона термічного впливу. Для товщини наплавлення 0,5мм зона термічного впливу складає від 0.05 до 0.1, звідси маленькі деформації [6].

Недоліки:

1. Відносно низька продуктивність;
2. Низька якість наплавленого металу;
3. Геометрія гребінця шару;
4. Наявність тріщин і пір.

- Плазмова наплавка

Плазмова наплавка - це сучасний метод ремонту зношених деталей машин і нанесення зносостійких покриттів (сплавів, порошків і полімерів) на робочі поверхні у виробництві деталей. По суті, це процес, де джерелом тепла є плазмова дуга, а матеріалом - металевий порошок. Порошок подається в плазмотрон спеціальним газом-носієм, а потім за допомогою фідера (пристрою подачі) подається в плазмотрон.

Цей метод наплавлення забезпечує дуже низьке проникнення в шар основного металу і високу продуктивність. Завдяки цьому можна досягти необхідної твердості та хімічного складу наплавленого металу в діапазоні 0,3-0,5 мм від місця сплавлення. Ці можливості забезпечуються можливістю регулювання потужності плазмової дуги і подачі присадочного матеріалу. Осадження може бути зведене до одного шару за допомогою плазмово-порошкового методу, в порівнянні з трьома або чотирма шарами за допомогою електродугового методу.

Плазмово-порошкове наплавлення дозволяє створювати найбільш жароміцні та зносостійкі покриття зі сплавів на основі нікелю та кобальту. Метод створює тонкий, рівномірний шар покриття з гладкою, пористою поверхнею, часто без необхідності додаткової механічної обробки.

Плазмово-порошкове наплавлення має всі переваги плазмового дротяного наплавлення. Використання порошків в якості наповнювачів, які можуть бути отримані практично з будь-якого сплаву, незалежно від твердості, міцності або властивостей сплаву, значно розширює діапазон сплавів, які можуть наплавлятися з використанням наповнювачів. Вартість порошку на 10-30% нижча за вартість прутків і дроту аналогічного складу. Якість порошку, особливо хімічний склад, легше контролювати, ніж якість основного дроту або стрічки. При необхідності порошки можна змішувати для отримання потрібного складу наплавленого металу.

Важливою перевагою плазмового наплавлення порошками є те, що товщина наплавленого шару менша (якщо потрібно) і краще сформована, що зменшує витрату матеріалів для наплавлення і складність механічної обробки наплавленого виробу.

Переваги плазмового наплавлення є:

1. Висока концентрація теплової потужності та мала ширина зони теплового впливу (рис. 2.2).

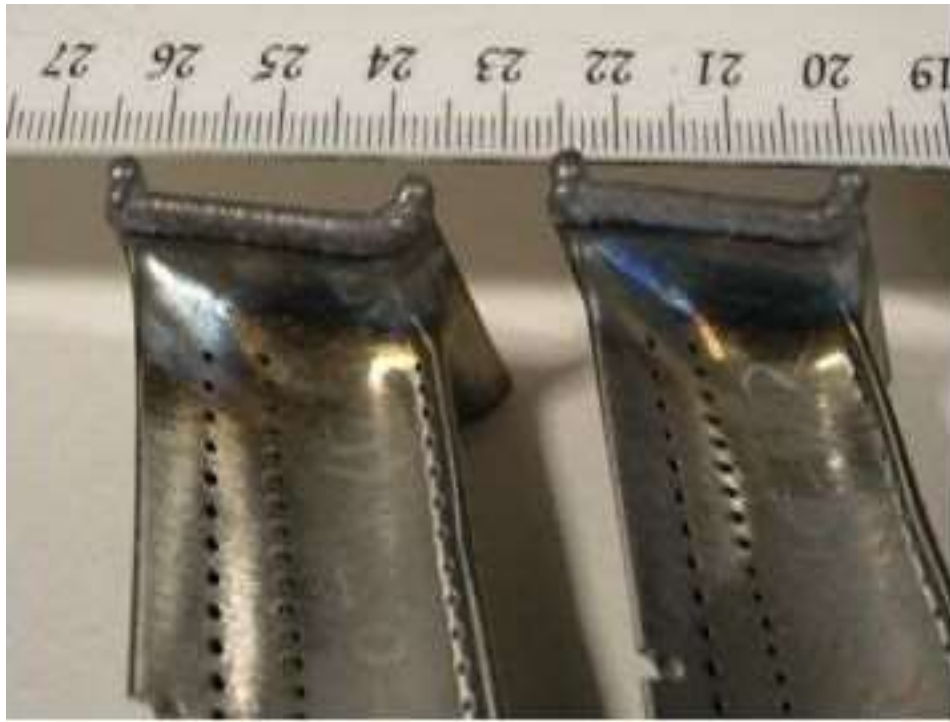


Рисунок 2.2 – Наплавленые лопатки методом ППН

2. Товщина осадженого шару може варіюватися від 0,1 мм до декількох мм.
3. Сталеві деталі можуть бути оброблені різними зносостійкими матеріалами (мідь, латунь, пластик).
4. Доцільність плазмового зміцнення поверхонь заготовок.
5. Відносно високий ККД дуги (0.2-0.45).
6. Менше змішування осаджуваного матеріалу з основою (порівняно з іншими методами наплавлення), що дозволяє досягти необхідних властивостей покриття.
7. Висока температура плазмового потоку дозволяє плавити і наносити жароміцні матеріали.
8. Плазмовий потік дозволяє виготовляти сплави матеріалів з різними властивостями і наносити багат шарові покриття з різних сплавів.

Можливості цього способу не обмежені формою і розмірами оброблюваного виробу.

9. Плазмова дуга є найбільш гнучким джерелом нагріву, а її енергетичні характеристики можна регулювати в широких межах.

Плазмово-порошкове наплавлення створює наплавлений метал з однорідною структурою по відношенню до основного металу і без тріщин (рис. 2.3).



АДС



ППН



АДС



ППН

Рисунок 2.3 – Порівняння методів наплавлення лопаток

2.4 Розробка технологічного процесу відновлення лопатки ТСТ двигуна Д-18Т

2.4.1 Технологічний процес відновлення лопатки ТСТ

1. Слюсарна
2. Контрольна
3. Токарно-шліфувальна
4. Слюсарна
5. Мийна
6. Термічна обробка
7. Кольорова дефектоскопія
8. Наплавлення гребінця
9. Термічна обробка
10. Слюсарна
11. Наплавлення
12. Термічна обробка
13. Слюсарна
14. Кольорова дефектоскопія

2.4.2 Вибір матеріалу для наплавлення

З огляду на умови експлуатації лопатей, вимоги до матеріалів для наплавлення наступні:

- Висока температурна твердість;
- Висока стійкість до стирання;
- Стійкість до окиснення та ерозії;
- Висока теплостійкість;
- Коефіцієнт теплового розширення наплавленого металу повинен бути однаковим і матеріалів лопаток.

Дуже мало наплавлювальних сплавів мають такі властивості.

Розглянемо тут найважливіші типи наплавлювальних матеріалів, що використовуються і є перспективними для турбінних лопаток [7].

Хромокобальтові сплави (стеліти).

Серед зносостійких сплавів з високими експлуатаційними характеристиками при високих температурах перше місце, безсумнівно, займає стеліт, який вперше був запропонований Е. Хайнсом (США) в 1907 році. В основі стеліту лежить 18-35% Cr, 0,25-2,5% C, 3-20% W і Co.

Залежно від вмісту вуглецю і вольфраму структура стеліту може бути доєвтектичною, заєвтектичною або евтектичною.

Вітчизняний стеліт марки ВЗК має склад, подібний до стелітного сплаву №6, зі структурою, що складається з твердого розчину і карбідної евтектики, що містить Co, W і Cr. При високому вмісті вуглецю і вольфраму кількість карбідів дуже велика і виділяється у вигляді вільної надлишкової фази (структура евтектики) [7].

На структуру, а отже, і властивості стелітних сплавів сильно впливають умови охолодження. Якщо сплав твердне повільно, то структура виходить грубою і крупнокристалічною. За умов швидкого охолодження спостерігається дрібнокристалічна структура з дрібними, рівномірно розподіленими карбідними зернами. Придатність осадженого металу до використання значною мірою залежить від морфології карбідів та інших фаз, розміру і розподілу частинок, а також властивостей матриці сплаву.

- Сплави з поверхневою обробкою карбіду хрому.

Останнім часом сплави карбіду хрому з поверхневою обробкою застосовуються у вигляді спечених стрижнів. В принципі, електроди будь-якого хімічного складу можуть бути виготовлені методом порошкової металургії. Прикладами є металокераміка на основі Cr_3C_2 з порошкоподібним нікелем як зв'язуючою речовиною.

Основні марки керміту:

ГК-10 (90 % Cr_3C_2 , +10 % Ni);

ГК-15(85 % Cr_3C_2 , +15 % Ni);

ГК-30(70 % Cr_3C_2 , +30 % Ni)

Спечені зв'язки на основі карбіду хрому мають високу стійкість леза, зносостійкість та ерозійну стійкість. Структура металокераміки складається із зерен карбіду хрому, зцементованих сполучною речовиною - розчином сплаву на основі нікелю.

Застосування наплавлювальних карбідних матеріалів обмежене із-за високої крихкості.

- Наплавлювальні сплави на нікелевій основі.

Основним елементом, що відповідає за стійкість до утворення накипу в нікелевих сплавах, є хром, вміст якого зростає зі збільшенням і покращує корозійну стійкість за будь-яких температур. Хром є карбідоутворюючим елементом і частково входить до складу твердого розчину сплаву. Сплави з вмістом хрому 30-40% мають найкращу стійкість до утворення накипу. Однак високий вміст хрому небажаний, оскільки він робить сплав крихким і важким в обробці.

Максимальний вміст хрому в нікельхромових сплавах, вживаних в авіомоторобудуванні, складає 26.5-28.5 % (ВЖ-98, EI-652).

Хром належить до елементів, що зміцнюють міжатомний зв'язок і в результаті покращується жаростійкість аустенітних сталей і сплавів.

Високу стійкість сплавів з високим вмістом хрому до корозії можна пояснити утворенням на поверхні при високих температурах плівки оксиду хрому, наприклад, Cr_2O_3 або шпінелі NiCr_2O_4 , яка діє як бар'єр для дифузії кисню і нікелю. Ця плівка повинна мати механічну міцність, фізичну щільність, бути без розривів і мати досить низьку провідність (щоб запобігти взаємодії металу спочатку з корозійним середовищем, а потім з киснем) [8].

Для підвищення жароміцності до сплаву додають Ti, Al, Mo, W, Nb, Ce, та інші легуючі елементи.

Ступінь зміцнення і рівень властивостей сплаву, залежать від температури плавлення, кристалічної структури твердого розчину і міри його дисперсності.

Зносостійкість при високих температурах залежить головним чином від кількості, дисперсності і форми карбідів, а також від міцності і твердості металевої основи при високих температурах. Важливими властивостями є в'язкість сплаву-матриці та міцність зчеплення карбідів з нею. Причиною високої зносостійкості твердих сплавів зі структурою аустеніт-карбід полягає в тому, що аустеніт утримує карбіди завдяки наявності когерентних зв'язків (міцне зчеплення кристалічної решітки на межі розділу аустеніт-карбід), що запобігає викришуванню частинок карбіду під час зношування.

Зносостійкість наплавлених металів значною мірою залежить від структури матриці, в яку вбудовані карбіди. Коли карбідні частинки оточені м'якою матрицею, вони виступають на поверхню і зафарбовуються під час зношування через їх низьку міцність на вигин.

При введенні алюмінію і титану в зварний шов необхідна жароміцність і зносостійкість досягається дисперсійним зміцненням під час старіння пересиченого твердого розчину, з якого виділяється інтерметалідна γ' фаза, $Ni_3(Al, Ti)$, що піддається загартуванню.

Кремній в інтерметалічному нікелевому сплаві негативно впливає на довготривалу міцність і збільшує схильність сплаву до розтріскування. Чим вищий вміст алюмінію і титану, тим нижчим має бути вміст кремнію. У багатьох жароміцних сплавах вміст кремнію допускається не більше 0,3-0,5 %.

Введення невеликих кількостей добавок V, Nb і B в кобальтові і нікелеві сплави позитивно впливає на властивості сплаву, підвищуючи твердість сплаву і його жароміцність при високих температурах [8].

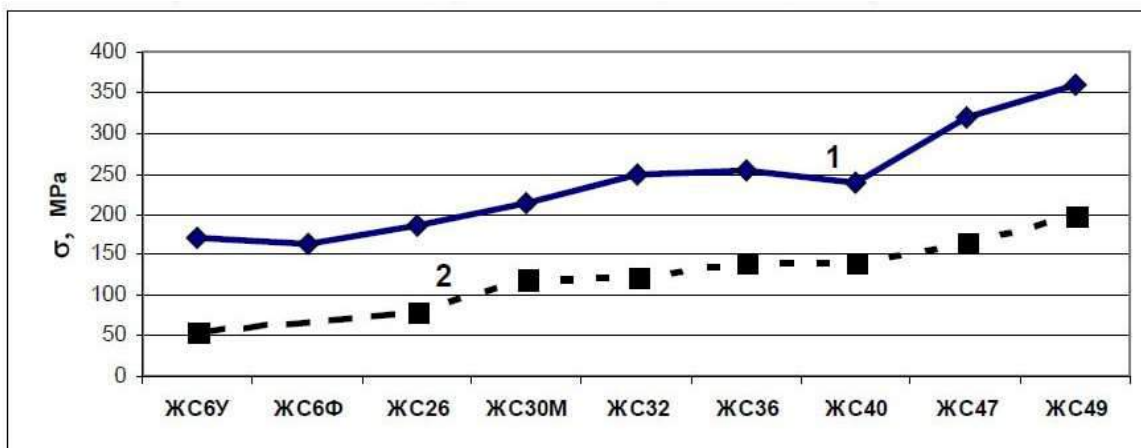
Далі розглядається хімічний склад різних нікелевих жароміцних сплавів.

Таблица 2.1- Хімічний склад нікелевих жароміцних сплавів

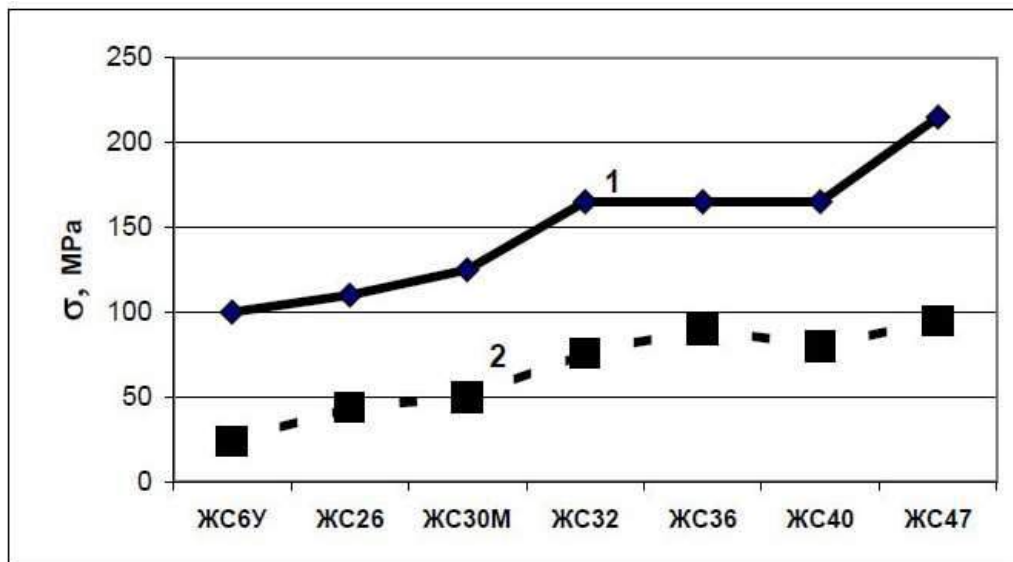
Сплав	Химический состав, % вес.												
	Cr	Ti	Mo	W	Re	Ta	Al	Co	Hf	Nb	B	Zr	C
Сплавы для равноосного литья													
ЖС6К	11	3.0	4.0	5.0	-	-	5.5	4.3	-	-	-	-	0.15
ЖС6У	8.5	2.5	1.8	10	-	-	5.5	9.5	-	1.0	-	-	0.15
Сплавы для направленной кристаллизации													
ЖС6Ф *	5.5	1.0	0.9	12.0	-	-	5.3	9.4	0.9	1.6	-	-	0.11
ЖС30	7.0	1.9	0.7	11.8	-	-	5.2	8.5	0.8	0.9	0.015	0.05	0.15
ЖС26У	5.0	1.0	1.1	11.7	-	-	5.8	9.0	-	1.6	0.015	0.05	0.15
ЖС32	5.0	-	1.0	8.3	4.0	4.0	6.0	9.0	-	1.5	0.015	0.05	0.15
Сплавы для монокристалльного литья													
ЖС30М	7.0	1.8	0.6	12.0	-	-	5.0	7.5	-	1.0	-	-	-
ЖС40	6.1	-	4.0	6.9	-	7.0	5.6	0.5	-	0.2	-	-	-
ЖС36	4.0	1.0	1.0	12.0	2.0	-	6.0	9.0	-	-	-	-	-
ЖС47	2.5	-	2.0	1.1	9.5	9	5.8	11	-	-	-	-	0.005
ЖС49	2.4	-	1.6 **	12	14.0***	12	-	-	-	-	-	-	0.005

Примечание: * – Сплав содержит 1.0 % V; ** - сумма W+Mo; *** - сумма Ta+Al.

Для об'єктивного вибору матеріалів для обробки поверхні слід враховувати результати довготривалих випробувань на міцність основних жароміцних сплавів.



а)- 100 годинна тривала міцність, випробування при температурах 1000 (1)
и 1100 °C (2)



б)- 1000 годинна тривала міцність, випробування при температурах 1000 (1) и 1100 °C (2)

Рисунок 2.4-Тривала міцність жароміцних сплавів (ЖС6У, ЖС26, ЖС30М, ЖС32 вказані значення відповідна вірогідність неруйнування 0,5-1; ЖС36, ЖС40, ЖС47, ЖС49 вказані середні значення)

З наведеного вище аналізу можна зробити висновок, що найкращі показники тривалої міцності мають сплави ЖС-47 і ЖС-49. Проте, як впливає з (таблиці 2.1), ці сплави містять у своєму складі реній, тантал і підвищена, в порівнянні з іншими сплавами, кількість кобальту. Такі добавки значно збільшують вартість матеріалу. В той же час приріст тривалої міцності при використанні сплавів ЖС-47 і ЖС-49 відносно невеликий. Сплав ЖС32-ВІ буде найбільш оптимальним варіантом як з точки зору тривалої міцності так і вартісного чинника. Для наплавлення лопатки ТСТ сплав ЖС32-ВІ використовуватимемо у вигляді порошку. Жароміцні нікелеві сплави, що отримуються з порошків, мають ряд переваг в порівнянні з традиційними сплавами: підвищені механічні властивості, велика технологічність.

2.4.3 Параметри режимів

У загальному випадку процес плазово-порошкового наплавлення (ППН) характеризується наступними технічними параметрами: струм дуги I , напруга U , швидкість левітації V_n , амплітуда коливань плазмотрона A , частота коливань плазмотрона f , ступінь грануляції порошку d , швидкість подачі маси порошку G_p , плазмоутворюючий газ, транспортний транспортний газ, захисний газ та їх витрати d_{pl} , d_{tr} , d_z , відстань від плазмотрона, амплітуда коливань плазмотрона, амплітуда коливань плазмотрона, швидкість коливань плазмотрона, ступінь шліфування, ступінь шліфування транспортний газ, захисний газ та їх витрати d_{pl} , d_{tr} , d_z відповідно, відстань від плазмотрона до заготовки відстань h , діаметр внутрішнього d_{in} і зовнішнього сопла плазмотрона d_N , температура нагріву зварного шва $T_{под}$ [9].

Однією з найважливіших переваг плазово-порошкового наплавлення є те, що воно забезпечує дуже низьке проникнення в основний метал.

Розглянемо, яким чином можна впливати на основні параметри режиму наплавлення.

Найбільший вплив на частку основного металу в наплавленому металі має постійний струм дуги I_h (рис. 2.5).

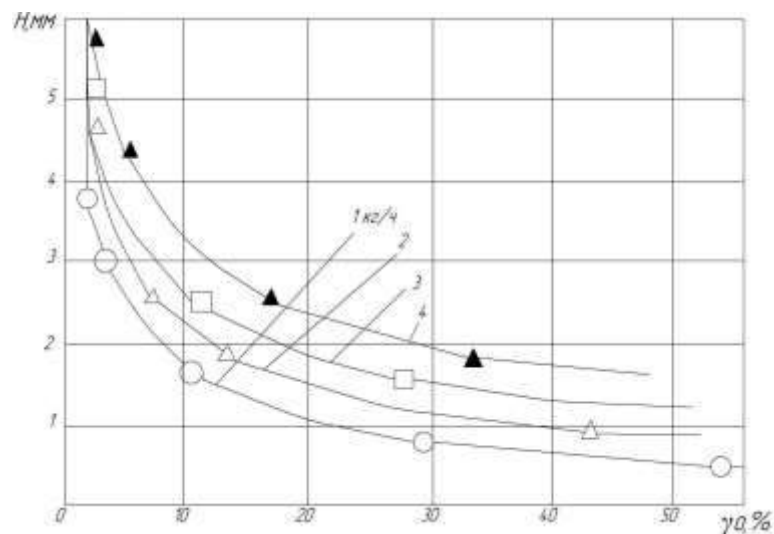


Рисунок 2.5 - Залежність відсоткового вмісту матриці γ_0 в наплавленому металі від сили струму дуги постійного струму I_p для різної продуктивності обробки поверхні.

Струм непрямої дуги I мало впливає на плавлення основного металу.

Однак, якщо I_k занадто низький, стабільність плазмотрона знижується. Якщо значення I_k велике, то значно зростає теплове навантаження на плазмоутворююче сопло. У зв'язку з цим існує певне оптимальне значення струму непрямої дуги, що дорівнює 10-20 А.

Вплив $q_{пл}$ на плавлення основного металу в основному пов'язаний з тиском плазмової дуги по відношенню до зварювальної ванни, оскільки ефективна теплова потужність дуги при зміні $q_{пл}$ змінюється лише на 10-15%. У той же час витрата плазми в дузі зростає більш ніж удвічі. Природно, що витрата плазмоутворюючого газу при наплавленні повинна бути якомога меншою. Її значення вибирають з умов, що забезпечують стабільність горіння дуги і процесу наплавлення.

Витрати транспортного газу $d_{тр}$ в діапазоні 4-9 л/хв впливають на частку основного металу в наплавленому валику γ_0 так само, як і плазмовий газ, але значно слабше.

Зі збільшенням витрати транспортного газу збільшується початкова швидкість частинок і погіршуються умови нагріву в дузі, що призводить до збільшення втрат порошку. Якщо витрата транспортного газу низька (3-4 л/хв), порошок може забивати канали плазмотрона і перешкоджати обробці поверхні. Оптимальною вважається витрата транспортного газу в діапазоні 6-9 л/хв [9].

Амплітуда і частота коливань плазмотрона мають лише незначний вплив на проникнення в матеріал основи. Наприклад, якщо амплітуда коливань змінюється в межах 2-16 мм, то значення γ_0 змінюється в межах 12-17%. Тому амплітуду коливань A плазмотрона слід вибирати, виходячи з необхідної ширини рулону, що напилюється, але з урахуванням того, що ширина рулону перевищує значення A на 5-8 мм, частоту коливань слід встановлювати такою, щоб крок коливань 2-5 мм.

Коли відстань h від плазмотрона до заготовки варіюється від 7 до 22 мм, проникнення в основний метал практично постійне, що є важливою перевагою плазмового наплавлення.

Враховуючи, що зі збільшенням відстані h погіршується захист зварювальної ванни і збільшуються втрати порошку, рекомендується тримати її в межах від 8 до 15 мм.

Величина γ_0 сильно залежить від масової швидкості подачі порошку G_p (інші параметри процесу постійні). На практиці швидкість подачі порошку вибирається одночасно зі швидкістю осадження, тому вплив цих двох факторів необхідно розглядати разом.

При збільшенні швидкості осадження V_n в діапазоні 1,7-32 м/год її значення залежить від сили струму, швидкості подачі маси порошку і амплітуди коливань, в той час як відсоток основного металу майже постійний, а потім зменшується. Зі збільшенням швидкості левітації швидкість подачі порошку потрібно збільшувати, щоб підтримувати постійну товщину шару, що наноситься. В цьому випадку також необхідно збільшити силу струму прямої дуги, щоб забезпечити розплавлення більшої кількості порошку: в результаті одночасного збільшення V_n , G_p і I_n (за умови, що товщина осаджуваного шару залишається постійною), γ_0 збільшується. Це означає, що продуктивність осадження шару заданої товщини обмежується величиною γ_0 [9].

Залежність між товщиною осаджуваного шару, відсотковим вмістом основного матеріалу в осаджуваному шарі і швидкістю осадження показана на (рис. 2.6).

З наведених даних видно, що вибір оптимального режиму плазмово-порошкової обробки поверхні в основному зводиться до визначення сили постійного струму дуги I_p , швидкості подачі маси порошку G_p і швидкості осадження V_n . Значення інших параметрів режиму (I_K , q_{n1} , q_{tr} , H) слід підтримувати постійними в зазначених вище межах. Амплітуда поперечних коливань плазмотрона A встановлюється відповідно до необхідної ширини валика, що осаджується, а частота f визначається відповідно до швидкості осадження.

Продуктивність тонкошарового покриття в значній мірі залежить від допустимого розбавлення металу, що наноситься, основним металом.

Чим тонший шар і чим нижче значення γ_0 , тим нижча продуктивність, яка визначається масою металу, що наноситься за одиницю часу.

Втрати порошку. Не всі частинки порошку, що рухаються навколо дуги, потрапляють у зварювальну ванну. Ті з них, які потрапляють на поверхню шва спереду або збоку зварювальної ванни, безповоротно втрачаються в результаті пружного відскоку від цієї поверхні. Якщо зварювальна ванна "протікає" під дугою, втрати порошку менші. Це відбувається в ряді випадків, наприклад, коли основний метал добре змочується металом зварювальної ванни, коли швидкість зварювання низька, коли він спливає на поверхню під час спуску або коли зварювальний валик товстий. Втрати порошку збільшуються, коли плазмотрон розташований на краю або періодично близько до деталі, що наплавляється, коли ширина основного матеріалу менша за діаметр сопла тощо.

Розміри і геометрія осаджувального валика в основному визначаються швидкістю подачі порошкової маси, амплітудою поперечних коливань плазмотрона, швидкістю осадження і постійним струмом дуги (рис. 2.6). Вплив інших параметрів незначний.

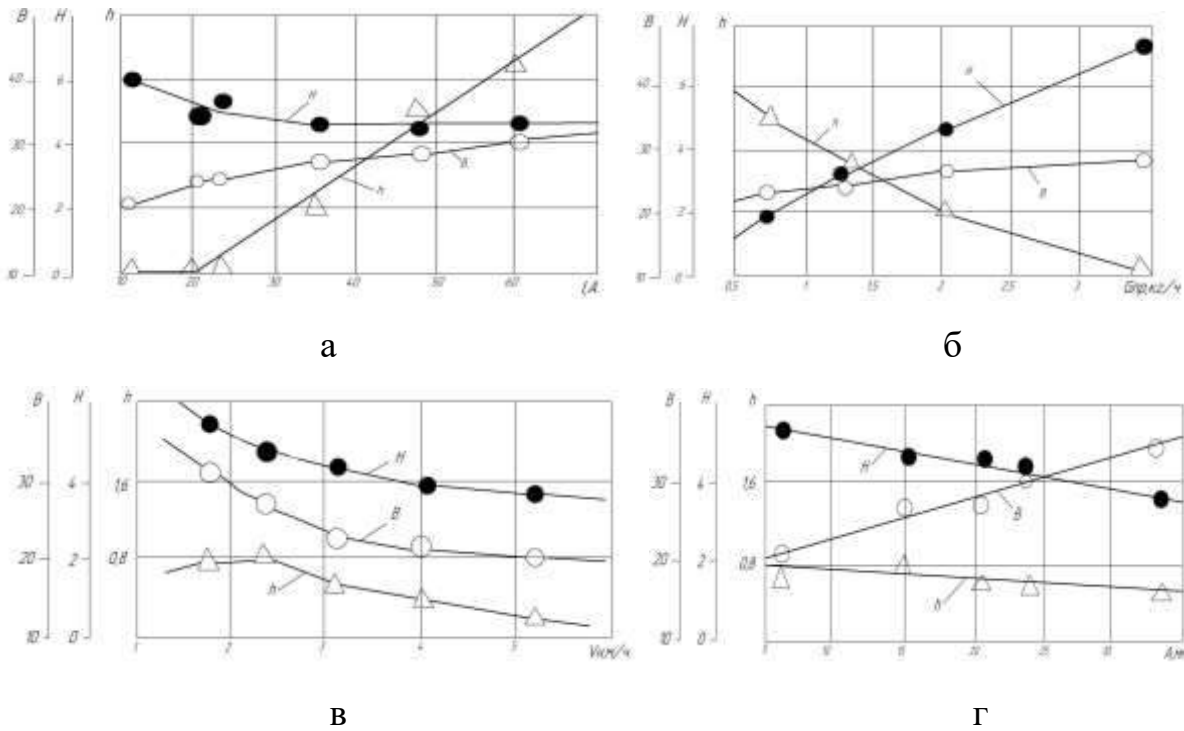


Рисунок 2.6 – Вплив струму наплавлення I (а), масової швидкості подачі порошку Gr (б), швидкості наплавлення V_n (в) і амплітуди вібрації A (г) на ширину B і висоту H і глибину проникнення h наплавлювального ролика.

Якість наплавленого металу. Завдяки низькій проникності і низьким випаровуванням легуючих елементів хімічний склад наплавленого металу вже в першому шарі відповідає складу порошку присадки. Однорідність хімічного складу напилюваного порошку і висока стабільність режиму плазмової обробки поверхні гарантують високу якість і однорідність хімічного складу наплавленого металу.

Проаналізувавши вплив параметрів режиму обробки поверхні на основні фізичні та геометричні параметри, для обробки поверхні лопаток ТСТ були обрані наступні параметри режиму.

Струм наплавки, А.....	10-20
Струм дежурної дуги, А.....	10-20
Напряга дуги, В.....	34-38
Витрата аргону, л/хв.....	7-9
Витрата порошку, г/хв.....	6

3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Цей процес включає в себе як поточний, так і контурний контроль лопаток ТСТ; метод кольорової дефектоскопії використовується для контролю якості обробки поверхні лопатей ТСТ. Метод кольорової дефектоскопії (капілярний контроль) дозволяє виявити поверхневі дефекти (тріщини, пори, сліди раковин, міжкристалічну корозію та інші розриви).

Для контролю лопаток ТСТ використовуйте набори для виявлення кольорової дефектоскопії ЦМ 15 В (рис. 3.1) [7].



Рисунок 3.1– Набір для виявлення кольорової дефектоскопії ЦМ-15 В

Контроль якості лопаток відбувається на всіх етапах технологічного процесу. Кожне полотно перевіряється (100% контроль) до і після обробки. Будь-які з перерахованих вище дефектів не допускаються.

На поверхні і прилеглих поверхнях не допускаються точкові і штрихові засвічення, що перевищують норму умов, зазначених на кресленнях.

При необхідності використовувати оптичні засоби: збільшення 4-7х, бінокулярний мікроскоп МБФ-1.

Після обробки поверхні провести відпал для зняття зварювальних напружень згідно з ПІ 1-82-177-91. За узгодженням з ОГМет допускається комбінувати цю термообробку з нагріванням при інших температурах.

Дефекти з мінімальним отвором 0,12-0,5 мкм, виявлені при візуальному огляді та випробуваннях, повинні бути усунені поверхневою обробкою матеріалу ЖЗ-32 плазмпорошковим методом після повного усунення дефекту. Кількість зварних швів повинна бути обмежена двома в одному місці.

4 ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

4.1 Устаткування для плазмово-порошкового наплавлення

Для плазмово-порошкового наплавлення лопатки ТСТ використовується установка для плазмового наплавлення УПНС-304.



Рисунок 4.1 – Плазмова установка наплавлення УПНС-304

Технічні характеристики установка плазмового наплавлення

УПНС-304

Напруга живлення, В	3x380
Споживана потужність, кВА	25
Призначення:	
- Зварювання плазмове	
- Зварювання аргано-дугове	
- Наплавлення плазмове	
- Загартування плазмове	
Номінальний струм (ПВ), А(%)	315 (60 %) 250 (100 %)
Регулювання робочого струму:	
- Зварювання, А	4-315
- Заплавки, А.....	20-160
Товщина зварювання:	
- Нержавіюча сталь, мм.....	0,5-5
- Алюміній, мм.....	1-8
Товщина шару, що наноситься, за один прохід	
- Наплавка, мм.....	1-4
Продуктивність	
- Наплавки, кг/час.....	5
Матеріал електроду:	
- Пряма полярність	вольфрам, мідь
- Зворотня полярність	вольфрам, мідь
Довжина шланга, м.....	4,5
Плазмоутворюючий та захисний газ	аргон
Максимальна витрата газу, л/год	1250
Охолодження плазмотрона	водяне

Витрата охолоджувальної води

- Для плазмотрона, л/год..... 200
- Для пальника ТИГ, л/год75

Габарити (ДхШхВ):

- Блоку живлення, мм..... 800x700x900
- Блоку управління, мм600x380x600

Маса установки, кг400

До складу системи входить плазмотрон (рис.4.2)



Рисунок 4.2– Плазмоторон

4.2 Обладнення для інших технологічних операцій

Вакуумні печі використовуються для термічної обробки лопаток в технологічному процесі. Зовнішній вигляд обраної печі показаний на (рис. 4.3)



Рисунок 4.3 – Вакуумна піч з екранною теплоізоляцією

Технічні характеристики вакуумної печі з екранною теплоізоляцією:

Максимальна температура в робочому просторі, °С	2500
Середовище в робочому просторі	вакуум
Потужність номінальна електропечі, кВт.....	32
Потужність встановлена, кВт.....	35
Рівномірність температури в робочому просторі, °С.....	±10

Розміри робочого простору, мм	200x400x200
Максимальна маса садки	12
Граничний залишковий тиск, мм рт. ст.....	$6,65 \times 10^{-3}$ Па (5×10^{-5})
Номінальна напруга живлячої мережі, В.....	380/220
Номінальна частота току, Гц.....	50
Кількість фаз нагрівача	1
Витрата води на охолодження, м ³ /год.....	1,5
Габаритні розміри печі, довжина-ширина-висота	1480x1750x1870
Вага печі, кг.....	1000

Токарно і шліфувальні операції в технологічному процесі передбачено використання токарно-лобового верстата ZERBST (рис.4.4)



Рисунок 4.4 – Токарно-лобовий верстат ZERBST

Технічні характеристики токарно-лобового верстата ZERBST

Максимальний діаметр в ямі, мм	400
Ширина ями перед лицьовою плитою, мм	700
Висота центрів над плитою підлоги, мм	1120
Діаметр лицьової плити, мм.....	3.550
Отвір через шпиндель, мм	120
Центр згідно DIN 809, мм.....	100
Довжина, що повертається, перед лицьовою плитою, мм.....	1.600
Відстань між осями, мм.....	3.150
Габаритні розміри, мм	5.700x 5.000x 3.200

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У проєкті розглядається проєкт ділянки для наплавлення лопатки турбіни середнього тиску методом плазмово-порошкового наплавлення.

5.1 Потенційний аналіз небезпек

- Механічні травми - із-за незадовільних ергономічних умов в робочій зоні, що може привести до переломів, ушибів, садин і порізів.
- Ураження електричним струмом - із-за обриву заземляючого контура і порушення правил електробезпеки, що може привести до електричних травм.
- Термічні опіки - внаслідок мимовільного торкання нагрітих деталей.
- Втрата герметичності, що підводить повітропроводи і газопроводи, що може привести до вибухонебезпечних ситуацій або отруєння робочими газами.
- Електроофтальмія, внаслідок дії потужного ультрафіолетового випромінювання в зоні наплавлення, що є специфікою процесу і може привести до ураження органів зору.
- Незадовільні параметри повітряного середовища через неефективну роботу систем опалювання і повітрообміну, що може привести до загальних захворювань.
- Незадовільне освітлення робочої зони із-за виходу з ладу освітлювальних приладів або надмірна їх запилена, що може привести до погіршення зору.
- Негативний вплив підвищеного шуму при роботі плазмотрона, що може привести до погіршення слуху.
- Можливість займань внаслідок порушення правил пожежної безпеки і короткого замикання, що може привести до загальних захворювань.
- Неправильні дії персоналу в умовах техногенних аварій, що може привести до паніки.

5.2 Забезпеченні заходи по безпеці

а) Для виключення механічних травм в проекті передбачені:

- Організаційні заходи

До організаційних заходів можна віднести проведення атестації робочих місць на відповідність ергономічним показникам згідно з ГОСТом 12.2.033-84 .ССБТ "Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги".

- Технічні заходи

До технічних заходів відноситься надання робітникам захисного одягу і індивідуальних засобів захисту ніг і рук згідно ГОСТ 12.4.103-83 "Одяг спеціальний захисний, засоби власного захисту ніг і рук. Класифікація".

б) Для виключення уражень електричним струмом передбачені:

- Організаційні заходи

До організаційних відносяться інструктажі, атестації, перевірки. Проводиться атестація робітників на 2 або 3 групу по електробезпеці згідно ПУЕ 2013. Також згідно ДСТУ ІЕС61140 "Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання" проводиться перевірка усіх систем наплавлювальної установки перед роботою.

- Технічні заходи

До технічних заходів повинне відноситися облаштування заземлюючого контура. Згідно ГОСТ 4997-75 "Килимів діелектричні гумові" усі наплавлювальні пости мають бути забезпечені гумовими килимками.

в) Для виключення термічних опіків передбачені:

- Організаційні заходи

До організаційних відносяться проведення інструктажів, а також перевірок по дотриманню вимог техніки безпеки (НПАОП 0.00-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці").

- Технічні заходи

До технічних заходів відноситься забезпечення працівників захисним одягом, зокрема захисними рукавицями згідно ГОСТ 12.4.010 -75" ССБТ Засобу індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови".

г) Для виключення втрати герметичності підводящих повітропроводів і газопроводів передбачені:

- Організаційні заходи

До організаційних відносяться заходи, що забезпечують контроль за станом підводящих комунікацій. Це як своєчасні перевірки, так і інструктажі про належне звернення згідно НПАОП 6.03-1.03-04 "Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів для магістралей низького тиску".

д) Для захисту від елетроофтальмії передбачені:

- Технічні заходи

До технічних заходів відносяться забезпечення робітників індивідуальними захисними засобами, такими як окуляри зі світлофільтрами, щитками. Це передбачено Гостом 12.4.035 - 78" Щитків захисних лицьових для електрозварників. Технічні умови".

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці

- Для забезпечення оптимальних метеорологічних параметрів повітряного середовища у виробничому приміщенні наплавлювальної ділянки, згідно ГОСТ 12.01.005-88 "Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони", приведені в таблиці 6.1. Передбачено використання припливно-витяжної загальної обмінної вентиляції і системи водяного опалювання згідно СНиП 2.04.05-91 "Опалювання, вентиляція і кондиціонування".

Таблиця 6.1 - Оптимальні норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (категорія робіт важка).

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

- Для забезпечення необхідної освітленості робочої зони, яка нормується ДБН, В. 2. 5. - 28 - 2006 "Природне і штучне освітлення" поклад від розряду зорової роботи як 200 лк в проекті передбачено використання системи загального штучного рівномірного освітлення.

-Для мінімізації негативного впливу шуму під час наплавлення в дипломному проекті передбачено використання шумопоглинаючих екранів за допомогою яких ізолюються джерела шуму, а також використання засобів індивідуального захисту (шлемофони, беруші, навушники) згідно ГОСТ 12.1.029-80 "ССБТ. Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація".

5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Відповідно до СНиПом 2.09.02-85 "Норм проектування. Виробничі будівлі промислових підприємств" проектоване нами приміщення належить до категорії Г. Клас пожеж - С.

В якості первинних засобів пожежогасінні передбачено використання 4 переносних вогнегасників порошкових ВП-2 і наявність на ділянці пожежного щита.

5.5 Заходи по наданню безпеки в надзвичайних ситуацій.

Дії відповідальних осіб при хімічній аварії з розливом кислотних розчинів.

Техногенна ЧС - це надзвичайна ситуація, причина якої полягає у виробничій діяльності людини.

Хімічна аварія - це порушення технологічних процесів на виробництві, ушкодження трубопроводів, місткостей, сховищ, транспортних засобів, що призводить до викиду аварійних хімічно небезпечних речовин (АХОВ) в атмосферу в кількостях, що представляють небезпеку для життя і здоров'я людей, функціонування біосфери.

Великими запасами АХОВ, головним чином хлору, аміаку, фосгену, синільної кислоти, сірчистого ангідриду і інших речовин, розташовують хімічні, целюлозно-паперові і переробні комбінати, заводи мінеральних добрив, чорної і кольорової металургії, а також хладокомбінати, пивзаводи, кондитерські фабрики, овочебази і водопровідні станції.

Небезпека хімічної аварії для людей і тварин полягає в порушенні нормальної життєдіяльності організму і можливості віддалених генетичних наслідків, а при певних обставинах - в летальному кінці при попаданні АХОВ в організм через органи дихання, шкіру, слизові оболонки, рани і разом з їжею.

Хімічна аварія може супроводжуватися вибухами і пожежами.

Підготовка до хімічної аварії.

Дії після хімічної аварії.

При підозрі на поразку АХОВ виключити будь-які хімічні навантаження, прийняти щедро (молоко, чай) і негайно звернутися до лікаря. Вхід у будівлі дозволяється тільки після контрольної перевірки вмісту в них АХОВ. Якщо Ви потрапили під безпосередньою дією АХОВ, то при першій нагоді прийміть душ. Заражений одяг поперіть, а при неможливості прання - викинете. Провести ретельне вологе прибирання приміщення. Утриматися від вживання водопровідної (колодязної) води, фруктів і овочів з городу, м'яса худоби і птаха, до офіційного висновку про їх безпеку.

- Для виключення механічних травм надання робітникам захисного одягу і індивідуальних засобів захисту ніг і рук згідно ГОСТ 12.4.103-83 "Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук. Класифікація".

- Для захисту від поразок електричним струмом передбачено належне облаштування заземляючого контура. Згідно ГОСТ 4997-75 "Килими діелектричні гумові" усі наплавлювальні пости мають бути забезпечені гумовими килимками.

- Для виключення термічних опіків передбачено забезпечення працівників захисним одягом, зокрема захисними рукавицями згідно ГОСТ 12.4.103-83 "Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук. Класифікація".

- Для виключення втрати герметичності підводящих повітропроводів, газопроводів передбачено проведення своєчасних перевірок згідно ДНАОП 0.00-1.20-98 "Правила безпеки систем газопостачання України" і ДНАОП 0.00-1.07-94 "Правила облаштування безпечної експлуатації посудин, працюючих під тиском". Так само передбачено використання тільки атестованого устаткування і наявність спеціального оснащення для зберігання балонів.

- Для захисту від офтальмії передбачено забезпечення робітників індивідуальними захисними засобами, такими як окуляри зі світлофільтрами, щитками. Це передбачено ГОСТом 12.4.035 - 78 "Щитків захисних лицьових для електрозварників. Технічні умови".

- Для забезпечення оптимальних фізичних параметрів повітряного середовища у виробничому приміщенні з виділенням шкідливих речовин, згідно ГОСТ 12.01.005-88 "Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони". Передбачено використання припливно-витяжної загальної обмінної вентиляції і системи водяного опалювання згідно ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" і СНиП 2.04.05-91 "Опалювання, вентиляція і кондиціонування".

- Для забезпечення необхідної освітленості робочої зони, яка нормується ДБН, В.2.5.-28-2006 "Природне і штучне освітлення" залежно від розряду зорової роботи як 200 лк в проекті передбачено використання системи загального штучного рівномірного освітлення. Згідно з розрахунком в приміщенні встановимо 2 ряди світильників по 4 в кожному. Використовуємо лампи ДРЛ 50, потужність 50 Вт.

- Для мінімізації негативного впливу шуму під час наплавлення в дипломному проекті передбачено використання шумопоглинаючих екранів, за допомогою яких ізолюються джерела шуму, а також використання засобів індивідуального захисту (шлемофони, беруші, навушники) згідно ГОСТ 12.1.029-80 "ССБТ. Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

- Для забезпечення пожежної безпеки вибрані первинні засоби пожежогасіння і відповідно з площею ділянки кількість вогнегасників – ОП-5 4шт.

- Для забезпечення безпеки в ЧС розроблений план дій і алгоритм дій персоналу.

ВИСНОВОК

У цьому дипломному проекті розроблена технологія плазмово-порошкового наплавлення лопатки турбіни середнього тиску двигуна Д18-Т.

Проаналізовані види зношування лопатки ТСД при експлуатації, а також розглянуті основні види ушкоджень лопатки в процесі роботи. Проаналізовані можливі способи наплавлення, і в результаті вибраний спосіб плазмово-порошковою метод. Вибір матеріалу для наплавлення ґрунтується на аналізі хімічного складу і механічних властивостей найбільш відомих сплавів для авіаційного машинобудування.



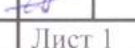
Передбачені заходи по охороні праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богуслаев В. А. Муравченко Ф. М., Жеманюк П. Д. «Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД». Лопатки турбины. Часть 2. Монография. Г.Запорожье изд. ОАО «Мотор Сич», 2007.- 496с.
2. Ильяшин А.И, Авиационные двигатели нового поколения. М.: Машиностроение, 1990. – 124с.
3. Бушуев М. Н. Технология производства турбин. – М.: Машиностроение, 1966. - 246с.
4. И.И. Фрумин. Наплавка износостойких и жаропрочных сталей и сплавов. Наплавочные материалы. - К.;ИЭС им. Е.О. Патона. 1983.-117с.
5. Михайлов-Михеев. Металлогазовых турбин. – М.:Машгиз, 1958. -178с.
6. А.Л.Колганов. Сварочные работы. Сварка, резка, пайка, наплавка. – Феникс. 2003. – 408с.

ГОСТ 3.1105-84 Форма 2.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Розроб.	Свідзинський М.		
Перевір.	Савонов Ю.М.		
Н. контр.	Попов С.М.		

Листів 6 Лист 1

ГКІО 135523.000

ДП

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

ПОГОДЖЕНО:

СТВЕРДЖУЮ:

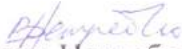
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес плазмового наплавлення бандажної полки лопатки ТСД турбіни двигуна Д-18Т

Нормоконтроль: Попов С.М. 

Дата

В.О.

Зав. Кафедрою: Нетребко В.В. 

Дата

Впроваджений у виробництво

Акт № _____ Дата _____

Комплект документів

відповідає

ТД

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1б

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										Листів 6	Лист 3			
Розроб.			Свідзинський М.							ГКІЮ 135523.000				
Перев.			Савонов Ю.М.											
Н. контр.			Попов С.М.											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. найменування операції				Обозначення документа					
Б	Код. найменування устаткування				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі сб. одиниці або матеріалу				Обозначення, код				ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх	
А 01					70. Контрольна									
Б 02	Робочий стіл, луна, дефектоскоп МДУ – 2У				Контролер III				0,2					
О 03	Контроль якості 100 % лопаток													
04														
А 05					80. Транспортна									
Б 06	Вилковий навантажувач													
О 07	Доставити лопатки на термічну ділянку													
08														
А 09					90. Термічна				0,22					
Б 10	Вакуумна піч				Терміст III									
О 11	Виконати відпал													
А 12					100. Полірувальна				0,1					
Б 14	Полірувальна бабка				III									
О 15	Полірування після відпалу													
16														
А 17					110. Контрольна				0,2					
Б 18	Контрольний стіл				контролер IV									
О 19	Контроль ЛЮМІ-ОВ													
18														
19														

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листів 6	Лист 6		
Розроб.			Свідзинський М.											
Перев.			Савонов Ю.М.								ГКІЮ 135523.000			
Н. контр.			Попов С.М.											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. найменування операції					Обозначення документа				
Б	Код. найменування устаткування				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі сб. одиниці або матеріалу				Обозначення, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
А 01					220. Контрольна									
Б 02	Контрольний стіл				контролер IV					0,2				
О 03	Контроль ЛЮМІ-ОВ													
04														
А 05					230. Термічна					0,22				
Б 06	Вакуумна піч				Терміст III									
О 07	Вакуумна дегазація													
08														
А 09					240. Контрольна					0,2				
Б 10	Дефектоскоп УД 2-12				контролер IV									
О 11	Контроль неруйнівний акустичний													
12														
А 14					250. Гравірувально-фрезерна					0,1				
Б 15	Верстат гравіювання. копіювально-фрезерний													
О 16	Маркування лопаток													
17														
А 18														
Б 19														
О 18														
19														
20														

Формат Зона Лист	Обозначение		Наименование		Кол	Примечание
	ГКІЮ	Лист	ГКІЮ	Лист		
				Документація		
А1		ГКІЮ 135523.002		Креслення загального вигляду		
				Деталі		
Б1	1	ГКІЮ .001		Консоль	1	
Б1	2	ГКІЮ .002		Плазмотрон	1	
Б1	3	ГКІЮ .003		Джерело живлення	1	
А1	4	ГКІЮ .004		Шафа управління	1	
Б1	5	ГКІЮ .005		Пружина противаги	1	
ГКІЮ 135523.002						
Ізм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Разраб.		Свідзинський М.Я.	<i>[Signature]</i>	2007	Лит	Лист
Проб.		Саванов Ю.М.	<i>[Signature]</i>	9.06	Д/П	1
Нконтр.		Попов С.М.	<i>[Signature]</i>		Листов 1	
Утв.		Нетрепко В.В.	<i>[Signature]</i>		Група ІФ 410сп	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
41			ГКІЮ 135523.003	Креслення загального вигляду		
				Деталі		
1		1	ГКІЮ .001	Гудка пересувна	1	
1		2	ГКІЮ .002	Гудка непересувна	1	
1		3	ГКІЮ .003	Прижим	1	
41		4	ГКІЮ .004	Бодішка	1	
1		5	ГКІЮ .005	Пружина	1	
1		6	ГКІЮ .006	Станіна	1	
1		7	ГКІЮ .007	Мембрана	1	
1		8	ГКІЮ .008	Товкач	1	
1		9	ГКІЮ .009	Пружина возвратна пласка	1	
ГКІЮ 135523.003						
Ізм	Лист	№ док.	Підп.	Дата		
Разраб.		Свідзінський М.Я.	<i>[Signature]</i>	9.06.23	Лист	Листов
Проб.		Савонов Ю.М.	<i>[Signature]</i>	9.06	1	1
Н.контр.		Попов С.М.	<i>[Signature]</i>		НУ "Запорізька політехніка"	
Утв.		Нетрепко В.В.	<i>[Signature]</i>		Група ІФ 410сп	