

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний
(повне найменування факультету)

Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: «Розробка технологічного процесу відновлення бандажних полиць
робочих лопаток II ступеня турбіни авіаційного двигуна AI-25»
(назва теми)

Виконав: студент 2 курсу магістратури, групи ІФ-312М

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Технології та устаткування зварювання

Снесарь Сергій Борисович
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник Лаптева Ганна Миколаївна
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)


Рецензент Мітєв О.А.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Інженерно-фізичний
 Кафедра Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технології та устаткування зварювання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

 Завідувач кафедри Капустян
Олексій Євгенович
 «20» жовтня 2023 року

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

Снесарь Сергій Борисович
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу відновлення бандажних полиць робочих лопаток II ступеня турбіни

керівник проєкту (роботи) Лаптева Ганна Миколаївна, к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затвердені наказом закладу вищої освіти від « » 20 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи)

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Креслення лопатки II ступеня турбіни, матеріал, виробнича програма.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1. Аналіз умов експлуатації виробу; Розділ 2. Технічні умови на відновлення лопаток; Розділ 3. Технологічний процес відновлення бандажних полиць лопаток II ступеня двигуна AI-25; Розділ 4. Вибір наплавочного матеріалу для відновлення зношених лопаток; Розділ 5. Обладнання; Розділ 6. Техніко-економічні розрахунки ділянки.

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

Лопатка II ступеня турбіни, діаграма зміни маси наплавних матеріалів, діаграма твердості зразків, хімічний склад сплавів для наплавлення, установка для мікроплазмового наплавлення, пристосування для наплавлення стелітом, техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	Лаптева Г.М., к.т.н., доцент	<i>[підпис]</i> 10.09.23	<i>[підпис]</i> 15.12.23
<i>Нормоюк</i>	<i>Корнієнко О.Б., ст. викл.</i>		<i>[підпис]</i> 20.12.23

7. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	10.09.23	<i>вик</i>
2	Аналіз літературних джерел	20.09.23	<i>вик</i>
3	Методи дослідження та устаткування	25.09.23	<i>вик</i>
4	Робота з графічними матеріалами (креслення)	15.10.23	<i>вик</i>
5	Економічний розрахунок дільниці	01.11.23	<i>вик</i>
6	Формування висновків з магістерської роботи	15.11.23	<i>вик</i>
7	Оформлення магістерської роботи, нормоконтроль	25.11.23	<i>вик</i>
8	Розробка доповіді до захисту	01.12.23	<i>вик</i>
9	Подання роботи до захисту	07.12.23	<i>вик</i>

Студент


 (підпис)

Снесарь С.Б.

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


 (підпис)

Лаптева Г.М.

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 63 с., 13 рис., 14 табл., 3 додатки, 19 джерел.

ЛОПАТКА, НАПЛАВЛЕННЯ, ПОРОШОК, АРГОН, УСТАНОВКА, СТЕЛІТ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ПЛАЗМА, ВІДНОВЛЕННЯ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, МІЦНІСТЬ.

Об'єкт дослідження - робочі лопатки II ступеня турбіни авіаційного двигуна АІ-25.

Метод дослідження - розробка технологічного процесу відновлення бандажних полиць робочих лопаток II ступеня турбіни, вибір режимів і матеріалів для наплавлення та підбір необхідного обладнання.

Проаналізовано умови експлуатації робочих лопаток II ступеня турбіни, показано основні чинники, що впливають на зниження працездатності деталі.

Дано характеристику робочих лопаток II ступеня турбіни. Запропоновано технологію відновлення робочих лопаток II ступеня турбіни.

Показано, що найбільш надійним методом відновлення зношених лопаток є мікроплазмове порошкове наплавлення. Спосіб вирізняється високою продуктивністю, характеризується хорошими міцнісними та експлуатаційними показниками.

Проаналізовано та обрано наплавочний матеріал.

ABSTRACT

Explanatory note: 63 p., 13 figures, 14 tables, 3 appendices, 19 sources.

BLADE, DEPOSITION, POWDER, ARGON, INSTALLATION, STELLITE, WEAR RESISTANCE, PLASMA, RESTORATION, MACHINATION, STRENGTH.

The object of the study is the working blades of the II stage turbine of the AI-25 aircraft engine.

The research method is the development of the technological process of restoration of the bandage shelves of the working blades of the II stage of the turbine, the selection of modes and materials for surfacing, and the selection of the necessary equipment.

The conditions of operation of the working blades of the II stage of the turbine are analyzed, the main factors affecting the decrease in the efficiency of the part are shown.

The characteristics of the working blades of the II stage of the turbine are given. The technology of restoring the working blades of the II stage of the turbine is proposed.

It is shown that the most reliable method of restoring worn blades is microplasma powder surfacing. The method is distinguished by high productivity, characterized by good strength and performance indicators.

The surfacing material was analyzed and selected.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз умов експлуатації виробу.....	10
1.1 Опис конструкції виробу та умов його експлуатації	10
1.2 Встановлення видів зношування та визначення переважного.....	13
1.3 Перевірочний розрахунок виробу на міцність.....	14
2 Технічні умови на відновлення лопаток	15
2.1 Технічні вимоги	15
2.2 Вхідний контроль якості	16
2.3 Вимоги до обладнання	16
2.4 Матеріал для наплавлення	17
2.5 Вибір способу виконання складальних і зварювальних робіт	18
2.6 Механізація та автоматизація виробничих процесів	18
3 Технологічний процес відновлення бандажних полиць лопаток II ступеня двигуна AI-25.....	20
3.1 Аналіз наявної технології відновлення та вибір альтернативної	20
3.2 Технологічний процес відновлювального наплавлення.....	24
3.2.1 Крацовка.	24
3.2.2 Дефектація	25
3.2.3 Шліфування.....	25
3.2.4 Наплавлення	26
3.2.5 Шліфування.....	27
3.2.6 Полірування.....	28

3.2.7 Притирання.....	29
3.2.8 Контроль.....	29
4 Вибір наплавочного матеріалу для відновлення зношених лопаток	31
4.1 Основні типи наплавочних матеріалів	31
4.1.1 Хромокобальтові сплави (стеліти).....	31
4.1.2 Наплавочні сплави на основі карбіду хрому.....	32
4.1.3 Наплавочні сплави на основі нікелю	32
4.2 Вибір матеріалу для наплавлення	34
4.2.1 Окалиностійкість	35
4.2.2. Гаряча твердість.....	36
4.2.3 Зносостійкість за високих температур	38
4.2.4 Ерозійна стійкість	38
4.2.5 Термостійкість.....	38
5 Обладнання	40
5.1 Вибір стандартного обладнання.....	40
5.2 Нестандартне обладнання	42
6 Техніко-економічні розрахунки дільниці	43
6.1 Технічне нормування технологічних операцій для порошкового мікроплазмового наплавлення лопаток турбіни авіаційного двигуна АІ-25... 43	43
6.2 Техніко-економічне обґрунтування ділянки.....	45
6.2.1 Виробнича програма та її матеріальне забезпечення.....	45
6.2.2 Розрахунок собівартості продукції	48
6.2.3 Загальновиробничі витрати	51
6.3 Обґрунтування економічного ефекту від впровадження технології відновлення лопаток турбіни авіаційного двигуна АІ-25.....	57

Висновки	59
Перелік джерел посилання	60
Додаток А специфікація установка для мікроплазмового наплавлення.....	62
Додаток Б специфікація пристосування для наплавки стелітом	63

ВСТУП

Ресурс роботи авіаційного двигуна значною мірою визначається надійною роботою деталей газової турбіни. Відповідальними деталями турбіни є робочі лопатки, що піддаються в процесі експлуатації дії високих температур, значних навантажень, корозійному та ерозійному руйнуванню газовим потоком. Під час тривалої експлуатації лопаток відбувається їхнє зношування - насамперед по бандажних полицях і торцю лопаток. Знос лопаток призводить до збільшення зазорів, зниження ККД двигуна, появи в лопатках напружень, результатом якого може бути поломка і руйнування лопатки.

Виготовлення нових лопаток замість зношених потребує значної витрати дорогих нікелевих сплавів і пов'язане з високою трудомісткістю їхнього виготовлення, яка для лопаток турбіни становить 20-25% від трудомісткості турбіни загалом.

Оскільки основною причиною виходу з ладу лопаток є зношування, ефективним шляхом збільшення довговічності лопаток може стати наплавлення бандажних полиць зносостійкими сплавами.

На ВАТ "Мотор Січ" наплавлення бандажних полиць лопаток турбіни здійснюється ручним аргонодуговим наплавленням, після якого через низку причин з'являються тріщини (в середньому 10-15% лопаток з тріщинами від загальної кількості наплавлених). Тріщини вирізають і заварюють повторно. Тому завданням цього дипломного проєкту є розробка альтернативного технологічного процесу, що забезпечує стабільну якість лопаток після наплавлення.

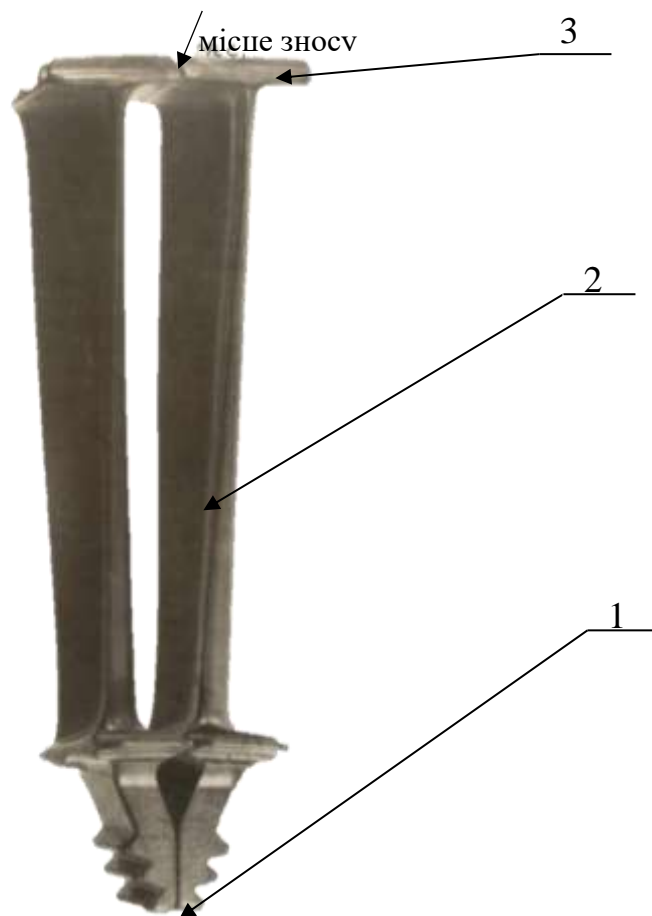
1 АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБУ

1.1 Опис конструкції виробу та умов його експлуатації

Турбіна призначена для перетворення енергії газового потоку в механічну роботу на робочих лопатках, які є одними з найбільш відповідальних деталей двигуна.

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

- 1 - хвостову частину - замок для кріплення в диску;
- 2 - середню частину - перо, на якому енергія газу перетворюється на механічну роботу, що передається через замок лопатки ротору;
- 3 - зовнішній обід, що складається з бандажної полиці.



1 – замок; 2 – перо; 3 – бандажна полиця

Рисунок 1.1 – Робоча лопатка турбіни

У зібраному робочому колесі лопатки утворюють бандаж, який є межею газового тракту (див. рис. 1.2) [1].

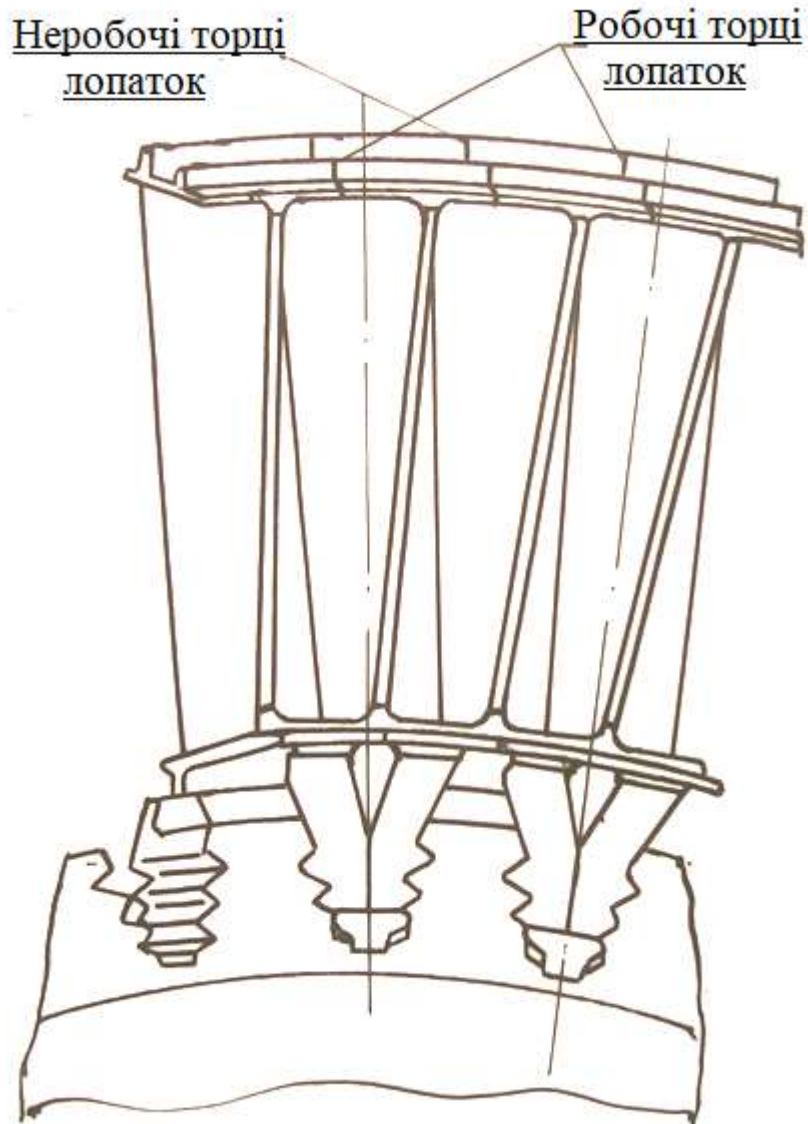


Рисунок 1.2 – Елемент з'єднання робочих лопаток двигуна AI-25

Число обертів газової турбіни становить 11000-17000 об/хв.

У процесі експлуатації на робочі лопатки діють відцентрові сили і сили від тиску газу. Відцентрові сили спричиняють розтягувальні напруження в лопатках і залежать від маси лопатки та окружної швидкості. Тиск газу спричиняє постійне по довжині лопаток навантаження і вигин щодо місця її кріплення на робочому колесі.

Насправді в турбінах можуть виникати змінні, періодично діючі сили, які виникають у робочих лопатках динамічні знакозмінні напруження, що значно перевищують за своєю величиною статистичні. Практика експлуатації турбін показує, що вібраційні поломки робочих лопаток унаслідок знакозмінних напружень становить більшість від усіх аварій з турбінами [2].

Для зниження вібраційних напружень бандажні полиці лопаток збирають із натягом, а замки встановлюють у ялинкові пази дисків попарно (див. рис. 1.1).

Робоча температура лопатки 2-го ступеня двигуна АІ-25 – 800 °С.

Матеріалом робочих лопаток 2-го ступеня турбіни слугує литий жароміцний нікелевий сплав ЖС6К. Хімічний склад і механічні властивості сплаву ЖС6К представлені в таблицях 2.1 і 2.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву ЖС6К [4].

C	Cr	W	Co	Mo	Ni	Ti	Al	Si	Mn	Fe	S	P
								не більше				
0.13-0.20	9.5-12.5	4.5-5.5	4-5	3.5-4.8	основа	2.5-3.2	5-6	0.4	0.4	2	0.015	0.015

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву ЖС6К [4].

Стан матеріалу	Температура випробувань, °С	Межа міцності, МПа	Межа пластичності, МПа
Загартований з 1210-1220 °С (4 години) на повітрі	20	900-1000	830-850
	800	900-940	830-850
	900	750-800	510-520
		500-570	300-320

1.2 Встановлення видів зношування та визначення переважного

У процесі експлуатації на лопатки впливають газовий потік від продуктів згоряння палива, що містить у середньому 74% N_2 , 24% CO_2 , 2% H_2O [3].

Сила впливу газового потоку змінна за величиною і залежить від режимів роботи двигуна (режим малого газу, крейсерський режим, режим зльоту). Унаслідок цього лопатки зі значною силою притискаються одна до одної, що призводить до деформації бандажних полиць та їхнього інтенсивного зносу на контактуючих поверхнях, який досягає 0,5 мм (див. рис. 2.3).



Рисунок 1.3 – Знос робочої лопатки 2-го ступеня турбіни після напрацювання 2458 годин

Знос може відбуватися за рахунок газо-абразивної ерозії, стирання, окисної дії газів, динамічного зіткнення контактуючих поверхонь або фреттинг-корозії.

Знос торців бандажних полиць призводить до вигину лопатки і виникнення в ній змінних напружень. Максимальні змінні напруження з'являються на злітному режимі та мають характер періодичних биття. На рівень змінних напружень впливає величина зазору між полицями лопаток: чим більший зазор,

тим вищий рівень динамічних напружень [1]. У міру збільшення зазорів і амплітуди зіткнень цей процес прогресує.

1.3 Перевірочний розрахунок виробу на міцність

У процесі експлуатації на робочі лопатки діють відцентрові сили і сили від тиску газу. Відцентрові сили спричиняють розтягувальні напруження в лопатках і залежать від маси лопатки та окружної швидкості. Тиск газу спричиняє постійне по довжині лопаток навантаження і вигин щодо місця її кріплення на робочому колесі.

Розрахунок міцності лопатки здійснюють за допустимими напруженнями, які встановлюють залежно від таких чинників:

- якість технологічного процесу;
- властивості матеріалу;
- характер навантажень;
- рід зусиль.

Допустимі напруження $[\sigma]_p$ основного металу визначають за формулою:

$$\sigma_p = \frac{\sigma}{K} \quad (1.1)$$

де σ – небезпечне напруження;

K – коефіцієнт запасу міцності.

2 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВІДНОВЛЕННЯ ЛОПАТОК

2.1 Технічні вимоги

Матеріалом робочих лопаток 2-го ступеня турбіни слугує литий жароміцний нікелевий сплав ЖС6К. Хімічний склад і механічні властивості сплаву ЖС6К представлені в таблицях 1.1 і 1.2 відповідно.

На поверхні лопаток у всіх місцях допускається відбиток керамічного покриття та сліди зсуву керамічної оболонки згідно з еталоном.

У зоні пера на відстані не ближче 3 мм від вхідної та 5 мм від вихідної кромки допускаються такі дефекти:

- раковини діаметром не більше ніж 1 мм і глибиною до 0,5 мм у кількості до 3 штук на кожен бік пера з відстанню між ними не менше ніж 5 мм за умови розбіжності дефектів на протилежних поверхнях.

На поверхнях пера, полиць бандажа і замка, вибірці на замку з боку площини, а також у радіусі переходу пера до замка і бандажа допускаються раковини діаметром до 0,5 мм і глибиною до 0,3 мм на відстані не менш як 3 мм одна від одної, без виходу на крайки полиць, у кількості не більш як 3 штуки з кожного боку за умови неспівпадіння дефектів на протилежних поверхнях.

Контроль усіх лопаток на наявність тріщин проводиться методом ЛЮМ1-ОВ. Тріщини не допускаються.

Перед наплавленням видаляється шар нагару, що утворився під час експлуатації лопаток.

Вимоги до напавленої бандажної полиці, виходячи з умов роботи, такі:

- висока гаряча твердість;
- висока зносостійкість;
- гарний опір окисленню та ерозії;
- висока термостійкість і термостабільність;

- близькість коефіцієнтів термічного розширення наплавленого металу і матеріалу лопаток.

2.2 Вхідний контроль якості

Лопатки повинні мати супровідний документ для проведення ремонту, в якому повинно бути зазначено, який за рахунком проводиться ремонт.

По одній лопатці від комплекту (108 лопаток) БТК (бюро технічного контролю) направляє в металографічну лабораторію для перевірки наявності перегріву.

Деталі приймаються в роботу в тарі комплектно, по одному двигуну, одна лопатка з комплекту має бирку з № двигуна.

2.3 Вимоги до обладнання

Устаткування повинно мати функцію захисту від перевантаження, а саме ланцюг приводу має перериватися і установка зупиняється, водночас подається сигнал про небезпеку, коли загальний струм сервоприводу перевищує допустиме значення.

Обладнання повинне мати функцію виявлення вимкнення кабелю кодування, у разі цього установка повинна зупинитися і з'являється сигнал про небезпеку.

Установка повинна зупинятися з відповідним сигналом у разі виникнення похибки між заданим і фактичним положенням зварювального пальника.

Установка повинна зупинятися з відповідним сигналом, коли напруга змінного струму падає нижче встановленого значення.

2.4 Матеріал для наплавлення

Матеріал для наплавлення ВЗК у вигляді порошку. Хімічний склад матеріалу ВЗК повинен відповідати таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад порошку ВЗК [4]

C	Cr	W	Si	Co	Ni	Mn	Fe	S	P
					не більше				
1-1,3	28-32	4-5	2.0-2,75	основа	2	0,4	2	0,07	0,05

Масова кількість фракції порошку ВЗК повинна відповідати таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Масова кількість фракції порошку ВЗК для мікроплазмового наплавлення

Розмір частинок	160 мкм \geq	160 мкм \leq п-к \geq 100 мкм	100 мкм \leq п-к \geq 63 мкм	63 мкм \leq
Кількість частинок, %	1.8-2.0	41-42	55-56	1.2-1.4

Геометрія частинок порошку повинна мати однакову сферичну форму (див. рисунок 2.1).

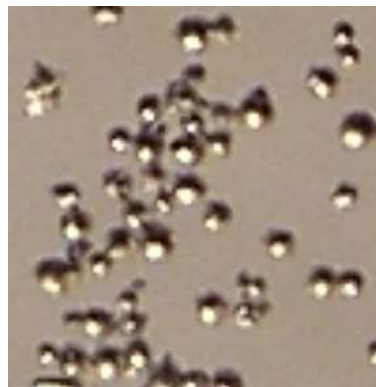


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд порошку ВЗК під мікроплазмове наплавлення (32-х кратне збільшення)

2.5 Вибір способу виконання складальних і зварювальних робіт

Основною операцією технологічного процесу відновлення і зміцнення бандажної полиці лопатки турбіни є наплавлення. Встановлені технічні вимоги на виготовлення лопаток, конструктивні особливості, тип матеріалу, вид виробництва, а також продуктивність процесу визначають вибір способу зварювання.

Відновлення і зміцнення бандажної полиці лопатки турбіни зі сплаву ЖС6-К (склад і механічні властивості див. табл. 1.1 і 1.2) товщиною 1 мм здійснюється мікроплазмовим порошковим наплавленням. Наплавлення проводиться роботизованою зварювальною установкою STARWELD PTA 190H.

Для точної фіксації лопаток і для збільшення продуктивності передбачено оснащення, яке фіксує одночасно 8 лопаток. Затиск лопаток здійснюється пневматично.

2.6 Механізація та автоматизація виробничих процесів

Механізація та автоматизація є важливим засобом підвищення продуктивності праці, поліпшення якості умов праці у зварювальному виробництві.

Для заміни ручної праці передбачено використання роботизованої зварювальної установки STARWELD PTA 190H.

Результати розробки впровадження складально-зварювальної потокової лінії комплексної механізації та автоматизації оцінюють особливими показниками, що визначають досягнутий ступінь і рівень механізації.

Рівень автоматизації та механізації зварювального виробництва визначається кількісними та якісними показниками.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ БАНДАЖНИХ ПОЛИЦЬ ЛОПАТОК II СТУПЕНЯ ДВИГУНА АІ-25

3.1 Аналіз наявної технології відновлення та вибір альтернативної

Сплав ЖС6К, що містить до 6 % Al і 3 % Ti належить до групи сплавів, що незадовільно зварюються, внаслідок дуже низьких значень пластичності ($\delta = 1,5 \%$, $\alpha_H = 1-3 \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{см}^2$) [4]. Через високий вміст алюмінію і титану сплав ЖС6К схильний до утворення тріщин як у металі шва, так і в навколошовній зоні [5].

Після аргонно-дугового наплавлення лопаток II ступеня турбіни двигуна АІ-25 - 10-15% лопаток із тріщинами. Тріщини вирізають і заварюють.

Характерною особливістю тріщин, що утворюються під час наплавлення АДС лопаток, є розташування їх перпендикулярно валику наплавленого металу. Тріщини виникають здебільшого в навколошовній зоні і розташовуються по межах зерен основного металу, іноді частково захоплюючи метал шва. Міжзеренний підсолідусний характер чітко видно на малюнку 3.1. У деяких випадках тріщини захоплюють частину межі одного зерна, в інших - межі декількох зерен.

Дослідженням зламів встановлено, що тріщини гарячі, поверхня зламу темна, сильно окислена, кристалічної будови.

Утворення тріщин у навколошовній зоні, мабуть, пов'язане з появою значних напружень, спричинених неоднаковою зміною об'ємів наплавленого й основного металу, і зумовлене низькою пластичністю сплаву в зістареному стані.

З технологічних чинників на утворення тріщин впливає, головним чином, величина зварювального струму, тривалість нагріву, а також фактор прямого впливу високотемпературного стовпа дуги на бандажну полицю лопатки. Змінюючи умови і параметри режиму наплавлення (зварювальний струм, швидкість зварювання) можна керувати швидкостями нагріву та охолодження

деталі. При цьому не можна допускати різкого нагріву і перегріву металу лопатки. Умови перегріву визначаються, в основному, температурою, а також тривалістю часу перебування металу навколошовної зони за високої температури. Температура перегріву для сплаву ЖС6К близько 1200 °С [6]. Для запобігання перегріву під час аргонно-дугового ручного наплавлення необхідний зварювальник дуже високої кваліфікації.

Також суттєвим фактором, що впливає на результат наплавлення, є якість присадного матеріалу. Під час ручного аргонно-дугового наплавлення бандажних полиць використовуються прутки з матеріалу Х30Н50Ю5Т2 (Ø 1.8-2 мм і довжиною 90-110 мм), відлиті прецизійним способом. Литі прутки мають окисні плівки, шлакові включення, пори. Наявність таких дефектів у прутках є причиною виникнення дефектів (несплавлення, пори, шлакові включення) у швах наплавлення і ОШЗ. Появі масового браку дорогих ремонтних лопаток після наплавлення вдається запобігти тільки завдяки високій кваліфікації зварювальників. Однак повністю виключити появу дефектів під час наплавлення не вдається і близько 15% лопаток доводиться виправляти повторним наплавленням.

Зробимо висновок, що основними недоліками наявної технології наплавлення бандажних полиць є:

- виникнення гарячих тріщин у навколошовній зоні, поява яких зумовлена появою значних напружень, спричинених перегрівом основного матеріалу і неоднаковою зміною об'ємів наплавленого і основного металу;
- виникнення в наплавленому металі несплавлень, пір і шлакових включень, які утворюються під час наплавлення через погану якість присадкового матеріалу (литі присадкові прутки мають окисні полонини, шлакові включення і пори).

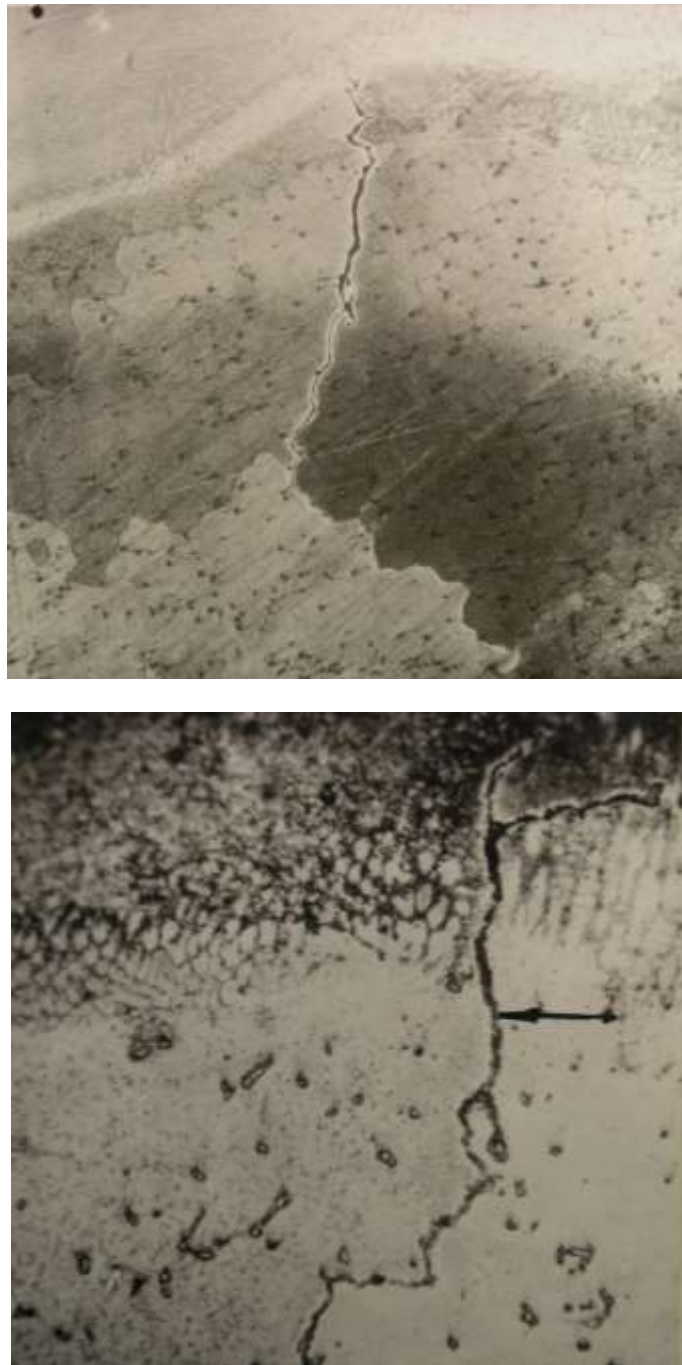


Рисунок 3.1 – Гарячі тріщини по межах зерен у навколошовній зоні під час аргонно-дугового наплавлення лопаток зі сплаву ЖС6К

Для запобігання виникненню перелічених дефектів вважаємо за необхідне наплавлення здійснювати мікро-плазмово порошковим способом.

Під час мікро-плазмово-порошкового наплавлення пілотна дуга запалюється між вольфрамовим електродом, що не плавиться, і плазموутворювальним соплом за допомогою генератора високої напруги.

Пілотна дуга видувається з цього сопла газовим потоком (плазмовий газ) і спричиняє, своєю чергою, утворення перенесеної дуги між вольфрамовим електродом і оброблюваною деталлю. Перенесена дуга стискається плазмоутворювальним соплом, стаючи в такий спосіб "гарячішою", концентрованішою і стабільнішою.

Подібно до процесу плазмового напилення, витратний матеріал використовується у вигляді порошку. Порошок вноситься в стовп дуги транспортним газом. Для захисту зони зварювання від впливу атмосфери використовується захисний газ - аргон. Перенесена дуга розплавляє порошок і, локально, поверхню оброблюваної деталі. За таким способом наплавлення можливо відрегулювати перебіг процесу таким чином, що буде розплавлятися дугою тільки тонкий шар основного металу на поверхні і при цьому весь обсяг порошку. Як результат, на поверхні деталі з'являється звичайна зварювальна ванна. Під час затвердіння формується металургійне зчеплення між присадним матеріалом (порошком) і матеріалом основи за мінімального переплавлення і перемішування з матеріалом деталі (від 3 % до 10%). Незважаючи на деяку схожість із процесом плазмового напилення, видно також і суттєву відмінність: здійснене способом мікро-плазмово-порошкового наплавлення покриття має більш гомогенну структуру та міцне металургійне зчеплення з матеріалом основи.

Як робочий газ використовується аргон.

Шари товщиною від 0,25 мм до 6,0 мм і шириною від 3 мм до 5 мм можуть бути отримані в один прохід. Для накладення широких шарів необхідно здійснювати поперечні коливальні рухи пальником. Діапазон продуктивності при мікро-плазмовому порошковому напавленні від 2 кг/год до 6,5 кг/год, залежно від конкретного застосування і типу плазмового пальника.

Переваги мікро-плазмово-порошкового наплавлення:

- невисокий ступінь переплавлення напавленого шару з основним матеріалом;
- висока продуктивність;

- невисокі вимоги до кваліфікації зварника;
- маленька зона тепловкладення;
- відносно невисока деформація деталі;
- економне витрачання наплавочного матеріалу (порошку);
- гладка, рівна поверхня наплавленого шару;
- висока стабільність і повторюваність процесу.

3.2 Технологічний процес відновлювального наплавлення

Технологічний процес відновлення бандажних полиць лопаток виконується в такій послідовності:

- транспортна;
- дефектація;
- крацовка;
- шліфування;
- наплавлення;
- шліфування;
- полірування;
- притирання;
- контрольна.

3.2.1 Крацовка

Проводиться зачистка щіткою (Ø 150 мм) сталевим з корозіоностійкого нагартового дроту Ø від 0,2 мм до 0,3 мм за профілем і торцями ялинкового замка, за профілем пера і зовнішньої поверхні бандажної полиці. Деталь

перевіряється візуально на відсутність слідів нагару за профілем ялинкового замка, за профілем пера і зовнішньої поверхні бандажної полиці.

3.2.2 Дефектація

Заготівлею слугує деталь, відпрацьована на двигуні, яка прийшла на ремонт. Надіслані деталі повинні мати супровідний документ для проведення ремонту, в якому повинно бути зазначено, за яким рахунком проводиться ремонт.

По одній лопатці від комплекту (108 лопаток) БТК (бюро технічного контролю) направляє в металографічну лабораторію для перевірки наявності перегріву. Деталі приймаються в роботу в тарі комплектно, по одному двигуну, одна лопатка з комплекту має бірку з № двигуна.

3.2.3 Шліфування

Шліфується поверхня 2 (див. рис. 3.2) на плоскошліфувальному верстаті 371М1 (шліфувальний круг 250 мм × 20 мм × 76 мм 14А F60 С₂ К), при цьому витримується розмір $D = 12,71_{-0,42}^{-0,32}$.

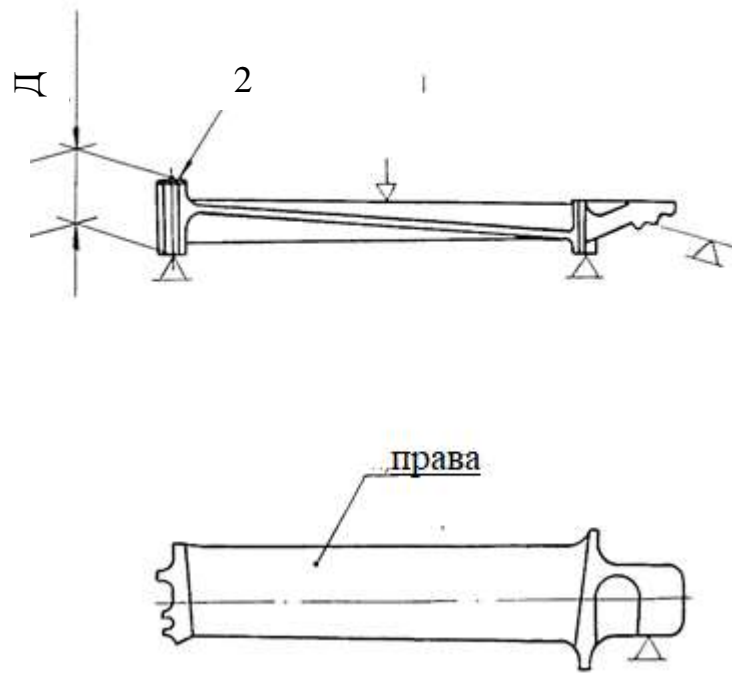


Рисунок 3.2 – Лопатка ТВД під наплавлення

3.2.4 Наплавлення

Деталь встановлюється в пристосування. Проводиться мікро-плазмове порошкове наплавлення сплавом ВЗК (порошок) на роботизованій зварювальній установці STARWELD PTA 190H на таких режимах:

- сила струму, А 18 – 20;
- напруга, В 20 – 30;
- діаметр вольфрамового електрода, мм 2,4;
- витрата порошку, г/хв 2;
- витрата аргону, л/хв 8 - 9;
- швидкість зварювання, см/хв 8.

Перевіряється якість наплавлення візуальним контролем за допомогою лупи 4-х. Неспавлення напавленого металу з поличкою не допускається. Лопатки з неспавленням виправляються повторним зварюванням на режимі,

що проводилося первинне наплавлення. Затікання металу на поверхні пера не допускаються. Товщина наплавленого шару не менше 1,5 мм (перевіряється штангенциркулем ШЦ 1-126-0.1). Допускається відсутність наплавленого шару на гребінцях лабіринту з боку площини 2 (див. рис.3.2).

3.2.5 Шліфування

Шліфується поверхня 2 (див. рис. 3.3) на плоскошліфувальному верстаті 371М1 (шліфувальний круг 250 мм × 20 мм × 76 мм 14А F60 С₂ К), шліфування поверхні 4 здійснюється забезпечення розміру $D = 12,69^{+0.04}$ мм. Підрізування торця 4 допускається на величину не більше 0,15 мм.

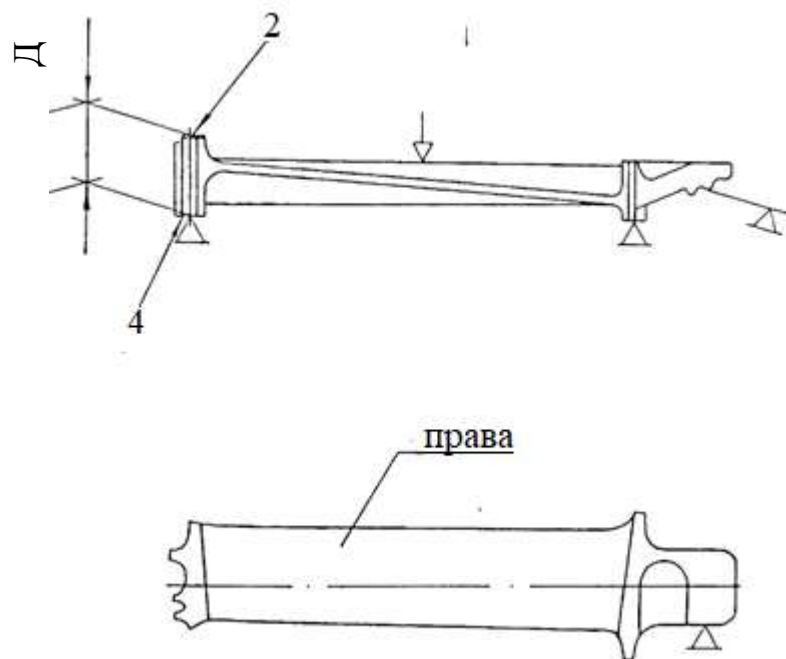
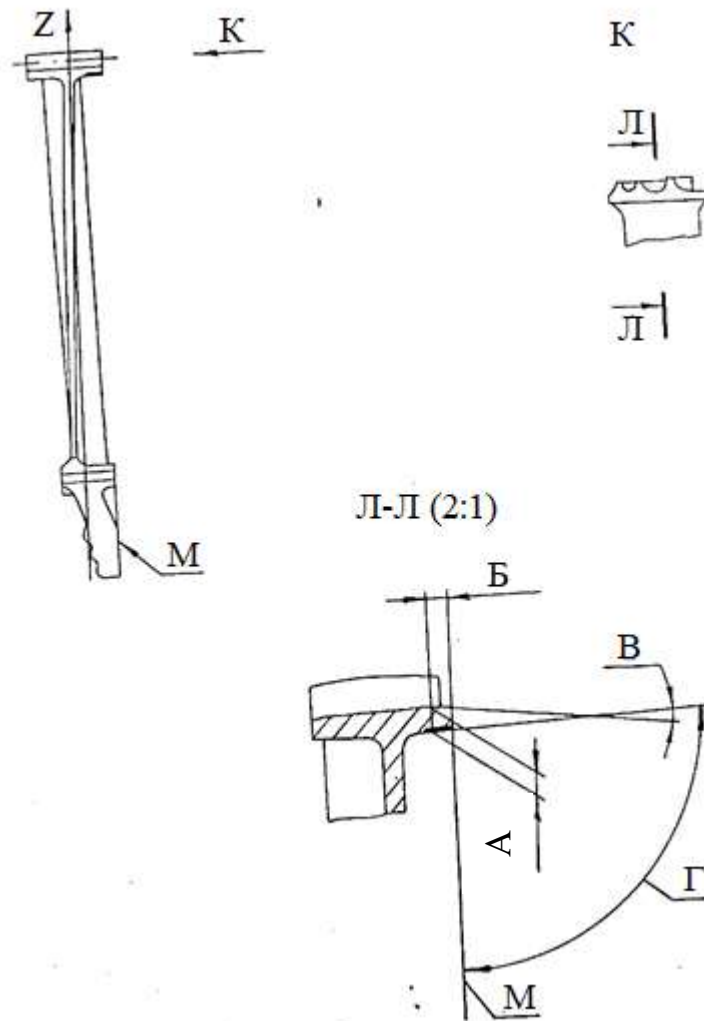


Рисунок 3.3 – Лопатка ТВД після наплавлення і шліфування

3.2.6 Полірування

На поверхні бандажної полиці на полірувальній бабці У6879-0119 (шліфувальний круг 140 мм × 8 мм × 6 мм 24А F60 С₂ К) зачищають напливи наплавленого металу, згідно з рисунком 3.4.



$A=1_{-0.15}$ мм, $B=1,5$ мм.

Рисунок 3.4 – Лопатка ТВД після полірування

3.2.7 Притирання

Поверхні 6 і 7 притирають на притиральному верстаті "Коевман" (шліфувальний круг 1650 мм × 67 мм × 305 мм 54А F150 CM2K), згідно з рисунком 3.5.

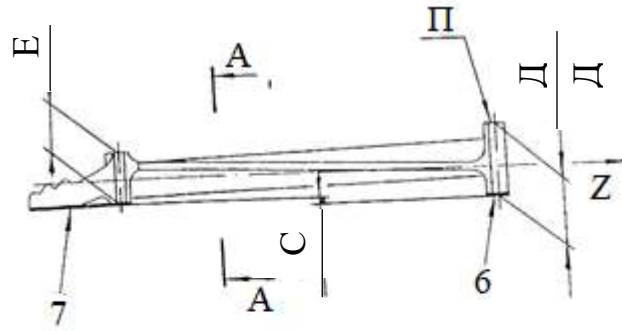
3.2.8 Контроль

Лопатка перевіряється люмінесцентним контролем фарбами ЛЮМ1-ОВ (обладнання ДРШ-1000 зі світлофільтром УФС-6).

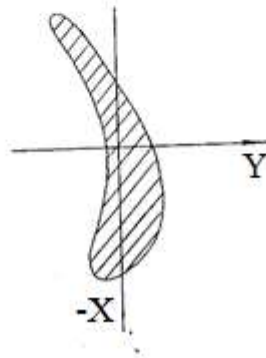
Технологія контролю складається з таких операцій:

- підготовка поверхні (очищення, знежирення бензином і ацетоном);
- нанесення індикаторної рідини (індикаторної рідини ЛЖ-6-А);
- видалення індикаторної рідини з поверхні у ваннах з проточною водою і очищувальним розчином ОЖ-1;
- нанесення білого проявляючого лаку ПР-1 відповідно до еталона білизни;
- огляд деталей (контроль) в ультрафіолетовому світлі (УФС).

Під час контролю люмінесцентною дефектоскопією ЛЮМ1-ОВ допускається світіння точок розміром до 0.3 мм із відстанню між точками не менше ніж 2 мм, кількістю не більше ніж 5 шт, за умови розбіжності дефектів на протилежних поверхнях.



A-A (2:1)



$C = 0-0,1$ мм; $Д = 12,69_{-0,06}$ мм, $E = 9,54_{-0,05}$ мм.

Рисунок 3.5 – Лопатка ТВД після притирання

4 ВИБІР НАПЛАВОЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ЛОПАТОК

4.1 Основні типи наплавочних матеріалів

Розглянемо найважливіші типи застосовуваних і перспективних для лопаток турбіни наплавочних матеріалів.

4.1.1 Хромокобальтові сплави (стеліти)

Серед зносостійких сплавів, що мають високу працездатність за високих температур, перше місце безперечно посідають стеліти, які вперше запропонував Е. Гайнес (США) 1907 року. Стеліти містять від 18 до 35 % Cr, від 0,25 до 2.5 % C, від 3 до 20 % W і основа - Co [7].

Залежно від вмісту вуглецю і вольфраму структура стеліту може бути доевтектичною, евтектичною і заевтектичною.

Структура стеліту вітчизняної марки ВЗК, склад якого аналогічний складу сплаву стеліт № 6, складається з твердого розчину, що містить Co, W, Cr і карбідної евтектики. За великого вмісту вуглецю і вольфраму кількість карбідів настільки велика, що вони виділяються у вигляді вільної надлишкової фази (заевтектичної структури).

На структуру, а, отже, і на властивості стелітів значний вплив мають умови охолодження. Якщо сплав застигає повільно, структура виходить грубою, крупнокристалічною. В умовах швидкого охолодження спостерігається дрібнокристалічна структура з наявністю дрібних і рівномірно розподілених зерен карбідів. Працездатність наплавленого металу великою мірою залежить від форми виділення карбідної та інших фаз, від розмірів частинок і їх розподілу, а також від властивостей матриці сплаву [8].

4.1.2 Наплавочні сплави на основі карбиду хрому

Останнім часом застосування отримали наплавочні сплави на основі карбиду хрому у вигляді спечених прутків [9, 10]. За допомогою порошкової металургії можна в принципі отримати електроди будь-якого хімічного складу. Прикладами подібних матеріалів можуть слугувати кермети, основою яких є карбід хрому Cr C_{32} , а металевою зв'язкою служить порошковий нікель [9].

Основні марки керметів:

- ГК-10 (90% Cr C_{32} + 10% Ni);
- ГК-15(85% Cr C_{32} + 15% Ni);
- ГК-30(70% Cr C_{32} + 30% Ni).

Спечені карбідохромові тверді сплави мають високу окислостійкість, стійкість проти зношування та ерозійного руйнування. Структура керметів складається із зерен карбиду хрому, зцементованих зв'язкою, що являє собою легований розчин на основі нікелю.

Застосування карбідних наплавочних матеріалів обмежене через високу крихкість.

4.1.3 Наплавочні сплави на основі нікелю

Основним елементом, що забезпечує окислостійкість нікелевих сплавів, є хром, зі збільшенням вмісту якого підвищується опір корозії за всіх температур [11]. Хром є карбідоутворювальним елементом і частково входить у твердий розчин сплаву. Максимальну окислостійкість мають сплави із вмістом хрому від 30 % до 40 %. Однак високий вміст хрому небажаний, оскільки викликає крихкість сплаву, що ускладнює технологічні операції його обробки [12].

Максимальний вміст хрому в нікельхромових сплавах, що застосовуються в авіамоторобудуванні, становить від 26,5 % до 28,5 % (ВЖ-98, EI-652) [4].

Хром належить до числа елементів, що зміцнюють міжатомний зв'язок і, як наслідок цього, підвищують жароміцність аустенітних сталей і сплавів [13].

Висока окалиностійкість сплавів з великим вмістом хрому пояснюється утворенням на їхній поверхні за високих температур плівки оксидів хрому типу CrO_2 або шпінелі NiCrO_2 , що створює бар'єр, який перешкоджає дифузії кисню і нікелю. Плівка повинна мати механічну міцність, фізичну щільність, не мати розривів і мати досить низьку провідність (для запобігання взаємодії металу з корозійним середовищем і, насамперед, з киснем) [14].

Для підвищення жароміцності в сплав додають Ti, Al, Mo, W, Nb, Ce, B та інші легувальні елементи [15].

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

Зносостійкість за підвищених температур залежить, головним чином, від кількості, дисперсності та форми карбідів, а також від міцності та твердості металевої основи за підвищених температур. Важливою властивістю є в'язкість основи сплаву-матриці та міцність закріплення в ній карбідів. Причиною високої зносостійкості карбідної сталі з аустенітно-карбідною структурою є здатність аустеніту утримувати карбіди внаслідок існування когерентного зв'язку - міцного зчеплення кристалічних решіток на кордоні аустеніт-карбід, завдяки чому попереджається викришування карбідних часток у процесі зношування [10].

Зносостійкість наплавленого металу значною мірою залежить від структури матриці, в яку вкраплені карбіди. Якщо вони оточені м'якою матрицею, то в процесі зносу карбідні частинки виступатимуть над поверхнею і вифарбовуватимуться, оскільки міцність їх на вигин низька.

При введенні в шов зміцнювальних елементів - алюмінію і титану - необхідна жароміцність і зносостійкість досягається завдяки дисперсному зміцненню під час старіння перенасиченого твердого розчину, з якого виділяється зміцнювальна інтерметалідна γ' -фаза - $\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$ [16].

Кремній, присутній у жароміцних нікелевих сплавах з інтерметалідним зміцненням, негативно впливає на тривалу міцність і підвищує схильність сплаву до утворення тріщин. Що вищий вміст алюмінію і титану, то меншим має бути вміст кремнію. У багатьох жароміцних сплавах вміст кремнію допускається не більше 0,3 – 0,5 % [12].

Введення в кобальтові та нікелеві сплави невеликих добавок V, Nb, W, позитивно впливає на властивості сплавів, збільшуючи твердість і жароміцність сплавів за високих температур.

4.2 Вибір матеріалу для наплавлення

З огляду на умови роботи лопаток, вимоги до наплавочних матеріалів можна сформулювати так:

- висока окалиностійкість;
- висока гаряча твердість;
- висока зносостійкість за високих температур;
- гарний опір окисленню та ерозії;
- висока термостійкість і термостабільність;
- близькість коефіцієнтів термічного розширення наплавленого металу і матеріалу лопаток.

4.2.1 Окалиностійкість

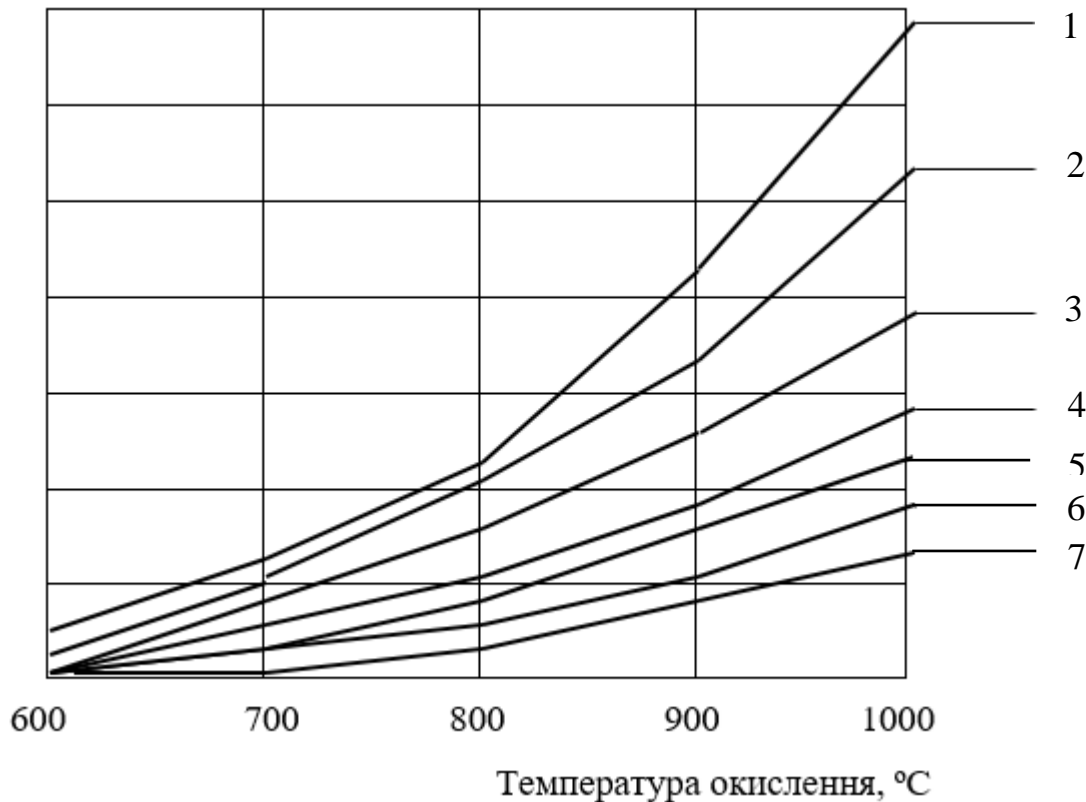
Попередню якісну оцінку рівня окалиностійкості наплавочних матеріалів проводили візуально за характером окисленого шару після нагрітих пластин із цих сплавів за температури 1200 °С протягом 5-ти годин на підставі візуального огляду зразків. У порядку убутання інтенсивності окислення зразки можна розташувати в такій послідовності (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Результати візуального огляду зразків із наплавочних матеріалів після випробування за температури 1200 °С протягом 5-ти годин [17].

Марка матеріалу	Характеристика окислення поверхні
ГК-30	Шар оксидів, що обсипаються, середньої товщини
ЕП-616	Рівномірний шар оксидів, що не обсипаються
X25H60B9, X25H40B6, X30H50Ю5T2	Тонкий рівномірний шар оксидів, що не обсипається
ВЗК	Те саме, але світлішого відтінку
ЖС6К	Тонкий, слабо помітний шар оксидів

Кількісну величину окалиностійкості визначали за зміною маси зразків після нагрівання в муфельній печі впродовж 100 годин за температури 600, 700, 800, 900 і 1000 °С [17].

Результати кількісних випробувань сплавів на окалиностійкість наведено на рисунку 4.1.



1 – ГК-30; 2 – ЕП-616; 3 – Х25Н40В6; 4 – Х25Н60В9; 5 – Х30Н50Ю5Т2; 6 – ВЗК; 7 – ЖС6-К.

Рисунок 4.1 – Зміна маси наплавочних матеріалів під час окислення на повітрі протягом 100 годин залежно від температури.

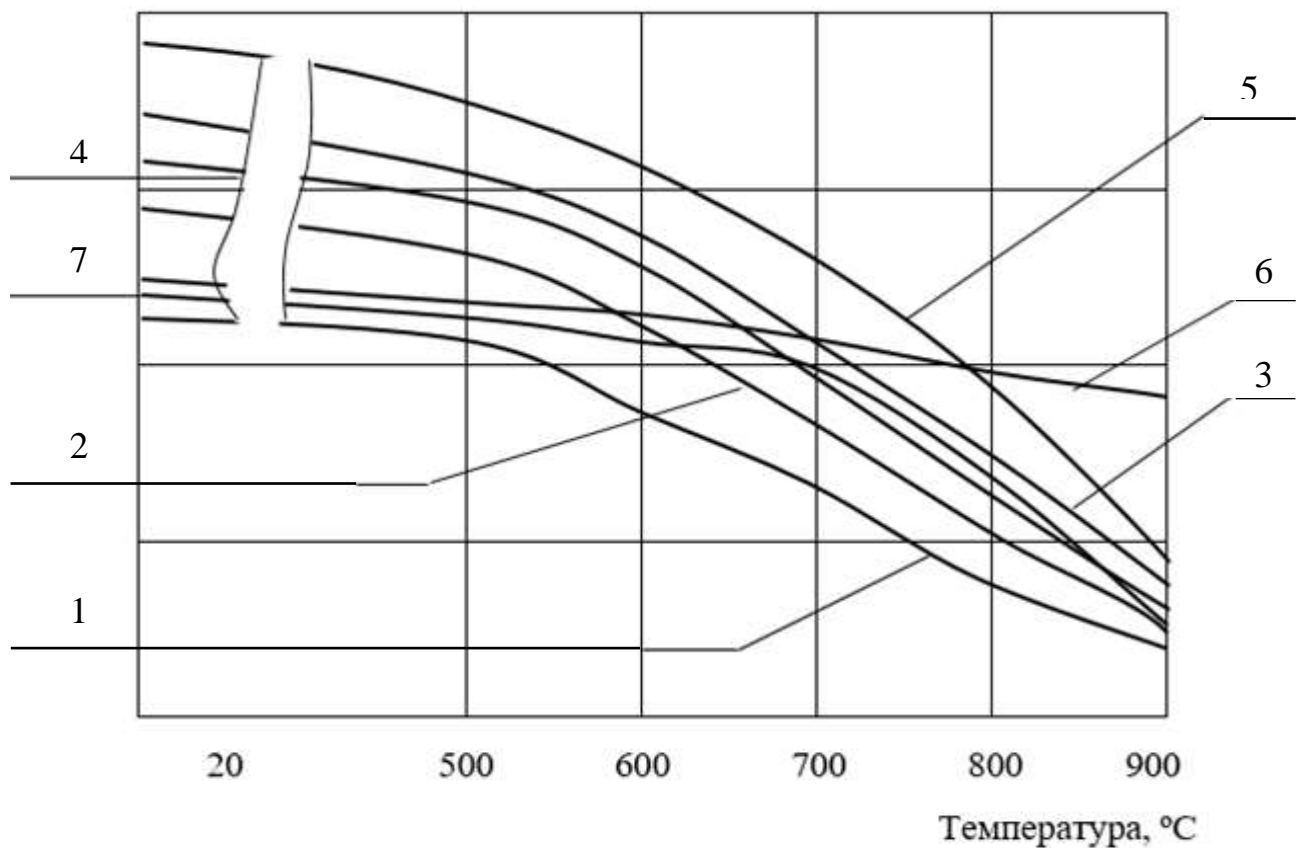
Найбільшу окалиноостійкість у досліджуваному діапазоні робочих температур лопаток турбін - 700-900°C мають сплави ЖС6К і стелит ВЗК. Окаліноостійкість цих сплавів за вказаних температур практично однакова.

4.2.2. Гаряча твердість

Жароміцність тендітних сплавів на кобальтовій і нікелевій основі з високим вмістом вуглецю, у структурі яких багато карбідів та інтерметалідів, оцінюються шляхом випробування на гарячу твердість. Цей метод дослідження

дає попереднє уявлення про поведінку сплавів за високих температур на легко виготовлюваних зразках. Численними дослідженнями встановлено, що твердість тісно пов'язана з іншими показниками механічних властивостей і може слугувати характеристикою пластичної деформації [17].

Результати замірів гарячої твердості зразків наплавлених досліджуваними сплавами наведено на рисунку 4.2 [18].



1 – ГК-30; 2 – ЕП-616; 3 – Х25Н60В9; 4 – Х25Н40В6;
5 – Х30Н50Ю5Т2; 6 – ВЗК; 7 – ЖС6-К.

Рисунок 4.2 – Гаряча твердість зразків наплавлених досліджуваними сплавами

Найбільшу гарячу твердість мають зразки, наплавлені матеріалами ВЗК і Х30Н50Ю5Т2.

4.2.3 Зносостійкість за високих температур

Найменший знос при температурі 800°C спостерігається у сплавів Х30Н50Ю5Т2 і ВЗК, зміцнених комбінованим способом за рахунок інтерметалідної фази і карбідів [18].

4.2.4 Ерозійна стійкість

Найбільше зношування всіх досліджуваних сплавів відбувається за кута атаки 60° (потік частинок кварцового піску розміром від 0,1 мм до 0,2 мм і зі швидкістю 280 м/сек). Найкраща зносостійкість за цього кута атаки спостерігається у сплаву Х30Н50Ю5Т2 та ВЗК.

4.2.5 Термостійкість

У процесі роботи лопатки піддаються впливу теплових ударів, які виникають під час пусків двигуна і змін режимів роботи. Великі термічні напруження, що виникають при цьому, можуть призвести до деформації та руйнування лопаток.

Одна з найбільш точних і наочних методик визначення термостійкості полягає в такому: литі зразки розміром 50 мм × 25 мм × 1.5 мм нагрівають у муфельній печі до 1000°C і охолоджують на повітрі. Як критерій, що характеризує термостійкість сплаву, було прийнято число циклів до появи тріщини, що спостерігається під бінокулярним мікроскопом зі збільшенням 40.

За критерій термостійкості приймається середнє число циклів на 5-ти зразках до появи тріщини.

Термостійкість досліджуваних сплавів у порівнянні з термостійкістю основного матеріалу лопаток ЖС6К наведені в таблиці 4.2 [17].

Таблиця 4.2 - Термостійкість литих зразків, виконаних із досліджуваних наплавочних сплавів[17].

Марка сплаву	ЖС6К	ГК-30	ЕП-616	X25H60B9	X25H40B6	X30H50Ю5Т2	В3К
Кількість циклів до появи тріщин	520	440	470	540	530	540	570

Найбільшу термостійкість мають зразки з матеріалу В3К.

Отже, можна зробити висновок, що оптимальним поєднанням властивостей, виходячи з умови роботи лопаток, володіє наплавочний кобальтовий сплав В3К.

5 ОБЛАДНАННЯ

5.1 Вибір стандартного обладнання

Установка складається з таких основних елементів:

- плазмовий пальник;
- джерело живлення;
- блок запалювання;
- блок водяного охолодження;
- блок управління.
- елементи приєднання пальника;
- консоль і каретка;
- робот;
- блок управління довжиною дуги;
- дозатор порошку.

Зовнішній вигляд установки представлений на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд установки для мікроплазмового наплавлення

Технічні характеристики установки мікроплазмового порошкового наплавлення:

- струм наплавлення – постійний 150А (ПН - 60%), 120А (ПН - 100%);
- чергова дуга: max 20А, ПН -100%;
- продуктивність наплавлення, кг/год – 2;
- вольфрамовий електрод $\varnothing / < - 2,4$ мм / 30° ;
- плазмoутворювальне сопло, \varnothing , мм – 2,0;
- швидкість охолодження л/хв – min 1,5;
- швидкість наплавлення, м/год – 10-110;
- діаметр електрода – 2.4 мм;
- вага пальника, кг – 0,15
- габаритні розміри, мм:
 - довжина 3100;
 - ширина 1990;
 - висота 3200;
 - вага, кг - 2100.

Установку укомплектовано спеціалізованим джерелом живлення з системами газорозподілу і подачі порошку на різні витрати.

Роботизований комплекс установки оснащений вимірювальною головкою і зварювальним пальником з 5-ма ступенями свободи для забезпечення переміщення вимірювальної головки і пальника вздовж поверхні, що наплавляється. Точність позиціонування 0,05 мм.

Установку оснащено системою програмування та керування переміщенням пальника відносно деталі, джерелом живлення, подачею та витратою порошку, а також системою позиціонування пальника на обраних базових поверхнях, а саме знаходженням початкової та кінцевої точок зварювання (наплавлення).

Плазмoво-порошковий живильник (дозатор) установки - колісного типу, має хороші характеристики під час подачі порошку, має можливість плавного

зниження або збільшення подачі під час зростання або загасання зварювального струму.

5.2 Нестандартне обладнання

Принцип роботи системи позиціонування пальника (рука робота) полягає в знаходженні початкової та кінцевої точок зварювання (наплавлення) і переміщення по базовій поверхні. Тому з'явилася необхідність у розробленні та використанні оснащення, в якому була можливість точної фіксації лопаток. Для збільшення продуктивності спроектоване оснащення фіксує одночасно 8 лопаток. Затиск лопаток здійснюється пневматично. Пристосування для наплавлення представлено на рисунку 5.2.

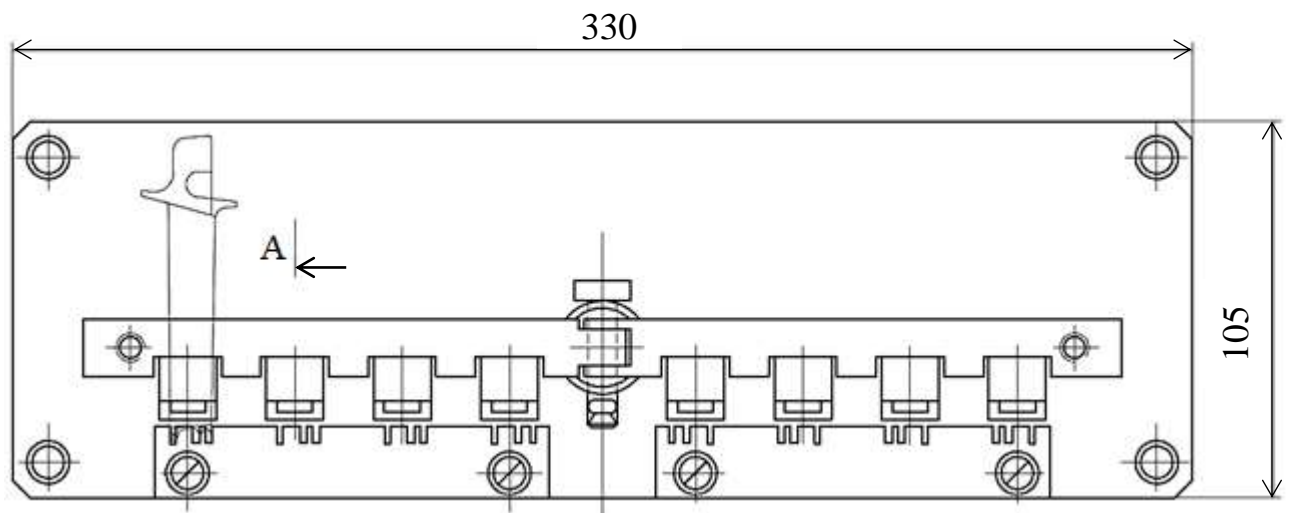


Рисунок 5.2 – Пристосування для наплавлення

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДІЛЬНИЦІ

6.1 Технічне нормування технологічних операцій для порошкового мікроплазмового наплавлення лопаток турбіни авіаційного двигуна АІ-25

Для техніко-економічного обґрунтування ділянки, на якій проводиться відновлення лопаток, складемо норму часу на кожну технологічну операцію. Норма часу на дефектацію лопаток перед відновленням становить 3 хв.

Норма часу на підготовку крацовки:

$$T_{шт} = (t_{зач.} + t_{осм.}) \times k = (1,3 + 0,5) \times 1,3 = 2 \quad (6.1)$$

де $k = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби робітника;

$t_{зач.} = 1,3$ хв – час на зачищення щіткою ($\varnothing 150$ мм) сталевого з корозійностійкого нагартового дроту \varnothing від 0,2 до 0,3 мм за профілем і торцями ялинкового замка, за профілем пера і зовнішньою поверхнею бандажної полиці;

$t_{осм.} = 0,5$ хв – час на візуальну перевірку відсутності слідів нагару за профілем ялинкового замка, за профілем пера і зовнішньої поверхні бандажної полиці.

Норма часу на шліфування під наплавлення становить:

$$T_{шт} = (t_{доп} + t_{осн}) \times k = (1,6 + 1) \times 1,13 = 3 \text{ хв} \quad (6.2)$$

де $k = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби робітника;

$t_{доп} = 1$ хв – допоміжний час, пов'язаний зі шліфувальною обробкою;

$t_{осн} = 1,6$ хв – основний час на шліфування бандажної полиці під наплавлення.

Норма часу на порошкове мікро-плазмове наплавлення:

$$T_{шт} = (t_{доп} + t_{осн}) \times k = (1 + 0,5) \times 1,13 = 1,3 \text{ хв} \quad (6.3)$$

де $k = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби робітника;

$t_{доп} = 0,5$ хв – допоміжний час, з установкою лопаток у пристосування під наплавлення;

$t_{осн} = 1$ хв – час наплавлення.

Норма часу на шліфування після наплавлення становить:

$$T_{шт} = (t_{доп} + t_{осн}) \times k = (2,3 + 1) \times 1,13 = 3,73 \text{ хв} \quad (6.4)$$

де $k = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби робітника;

$t_{доп} = 1$ хв – допоміжний час, пов'язаний зі шліфувальною обробкою;

$t_{осн} = 2,3$ хв – основний час на шліфування бандажної полиці під наплавлення.

Норма часу на полірування поверхні після шліфування становить:

$$T_{шт} = t_{п} - k = 2, -1,13 = 3,2 \text{ хв} \quad (6.5)$$

де $k = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби робітника;

$t_{п} = 2,8$ хв – час полірування.

Норма часу на притирання лопатки після полірування становить:

$$T_{шт} = t_{пр} - k = 1,8 - 1,13 = 2 \text{ хв} \quad (6.6)$$

де $k = 1,13$ - коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби робітника;

$t_{пр} = 1,8$ хв - час полірування.

Норма часу на контроль якості становить 3 хв.

Сумарний штучний час металізації становить 23,63 хв.

Норма часу на технологічний процес представлена в табл. 6.1

Таблиця 6.1 - Норма часу на технологічний процес відновлення штока гідроамортизатора

№	Найменування операції	Норма часу, хв
1	Дефектація	3
2	Крацівка	2
3	Шліфування	3
4	Наплавлення	1.7
5	Шліфування	3.73
6	Полірування	3.2
7	Притирання	2
8	Контроль якості	5
9	$t_{шт}$	23,63

6.2 Техніко-економічне обґрунтування ділянки

6.2.1 Виробнича програма та її матеріальне забезпечення

Основою для розрахунку ділянки комбінованого зміцнення є виробнича програма виробів у штуках.

У цьому дипломному проекті здійснюється мікроплазмове порошкове наплавлення лопаток $N = 100000$ шт. Розрахунок вартості річної програми виробів проведено в табл. 6.2

Таблиця 6.2 – Розрахунок необхідних і покупних деталей

Найменування напівфабрикат ів або виробів	Кількість деталей у виробі	Вартість напівфабрикатів або виробів, грн	Річна програма прейскуранта	
			Кількість виробів	Вартість виробів, грн
Лопатка турбіни	1	70	100000	7000 000

Балансова вартість напівфабрикатів з урахуванням транспортних витрат становить:

$$7000000 + 1050000 = 8050000 \text{ грн}$$

Розрахунок потреби в матеріалах та їхню вартість наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок потреби в матеріалах та їхня вартість

Найменування матеріал	Норма витрати		Ціна за тону матеріалу, грн	Вартість на програму, грн
	На виріб, кг	На програму, т		
Порошок ВЗК	0.0016	0.16	850 000	136 000

Балансова вартість матеріалів з урахуванням транспортних витрат:

$$136000 + 20400 = 156400 \text{ грн}$$

Вартість основних фондів включає:

- вартість будівель розраховується виходячи із загальної займаної площі;
- вартість 1 м² будівлі виробничого призначення приймаємо 1500 грн;
- вартість споруд = 5 % від вартості будівель;
- вартість цінних інструментів, інвентарю, ((3 - 5) % вартості обладнання).

Для розміщення розрахованої кількості обладнання ділянка має ширину 12 м, довжину 18 м, висоту 6 м.

Визначаємо об'єм, який займає проектована ділянка:

$$V = a \times b \times c = 12 \times 18 \times 6 = 1944 \text{ м}^3 \quad (6.7)$$

де $a = 12$ м – довжина ділянки;

$b = 18$ м – ширина ділянки;

$c = 6$ м – висота ділянки.

Балансова вартість будівель:

$$C_{\text{п.у.}} = 12 \times 18 \times 1500 = 324000 \text{ грн}$$

Балансова вартість цінного інструменту становить 3% балансової вартості обладнання:

$$Q_{\text{інстр}} = 3139396,5 \times 0,03 = 94181,9 \text{ грн}$$

Балансову вартість виробничого інвентарю приймаємо 2 % від вартості обладнання, а господарського 110 грн на одного робітника і 165 грн на одного ІТП.

$$Q_{\text{інв}} = 3139396,5 \times 0,02 + 2200 = 64987,73 \text{ грн}$$

де 2200 – вартість господарського інвентарю, грн.

Основні фонди дільниці та розрахунок амортизаційних відрахувань наведено в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Основні фонди ділянки їх структура та амортизаційні відрахування

Групи основних фондів	Балансова вартість, грн	Структура, %	Норма амортизації	Річні амортизаційні відрахування, грн
Будинки	324000	9	8	25920
Споруди	16200	0.4	8	1296
Обладнання	3139396.5	86.3	24	753455.16
Інструмент	94181.9	2.6	40	37672.8
Інвентар	64987,73	1.9	40	25995.1
Усього	3638766.13	100		71029,65

6.2.2 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість продукції річного випуску визначається всіма витратами дільниці протягом року за такими статтями, прямими і непрямими витратами.

А. Прямі витрати:

- стаття 1 – основні та допоміжні матеріали – 156400грн;
- стаття 2 – напівфабрикати та покупні вироби – 8050000 грн;
- стаття 3 – тарифна заробітна плата основних працівників – 368000 грн;
- стаття 4 – доплати, допоміжна зарплата, премії – 220800 грн;
- стаття 5 – нарахування на заробітну плату основних робітників.

$$З = К \times \Phi_{\text{осн}} = 0,375 \times 588800 = 220800 \text{ грн} \quad (6.8)$$

Б. Непрямі витрати:

- витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
- загальновиробничі витрати.

Непрямі витрати визначаються складанням річних витрат, оскільки ці статті є комплексними.

Розрахунок статей здійснюємо таким чином: витрати утримання та експлуатація обладнання.

Стаття 1

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$E_s = C \times F_{ef} \times W \times K_3 \times K_S = 0,29 \times 3827 \times 35 \times 0,75 \times 0,8 = 23176,95 \text{ грн} \quad (6.9)$$

де $C = 0,29$ грн – вартість 1 кВт енергії;

W – споживана потужність обладнання, кВт;

F_{ef} – ефективний фонд роботи обладнання за рік, год;

$K_3 = 0,87$ – коефіцієнт завантаження обладнання за часом;

$K_S = 0,8$ – коефіцієнт попиту, який враховує витрату електроенергії в мережі.

Витрати на стиснене повітря :

$$З = S_{пов} \times Q_p = 0,0264 \times 10570,5 = 4344,98 \text{ грн} \quad (6.10)$$

де $S_{пов} = 0,029$ грн – вартість 1 м³ стисненого повітря;

Q_p - річні витрати стисненого повітря, визначаються за формулою:

$$Q_p = 1,5 \times \sum Q_{непр} \times F_{еф} \times \eta_3 = 1,5 \times 30 \times 3827 \times 0,87 = 149827 \text{ м}^3 \quad (6.11)$$

де $R_{п} = T_{ф} / T_{ср} = 6/8 = 0,75$;

$Q_{непр}$ – витрата повітря на годину при безперервній роботі, м³;

$\sum Q_{непр} = 30 \text{ м}^3/\text{Год}$.

Витрати на допоміжні матеріали приймаються в розмірі 1 % від балансової вартості обладнання:

$$З_{\text{доп}} = 0,01 \times 3139396,5 = 31393,97 \text{ грн}$$

Усього за статтею 1:

$$23176,95 + 4344,98 + 31393,97 = 58915,90 \text{ грн}$$

Стаття 2

Тарифна заробітна плата, доплати, додаткова заробітна плата, премії допоміжних працівників, нарахування на заробітну плату:

- тарифна заробітна плата = 78306,37 грн;
- доплати і премії = 39153,19 грн;
- нарахування на соціальне страхування = 44047,35 рн.

Усього: 162506,91 грн.

Стаття 3

Поточний ремонт обладнання та дорогих інструментів – 5 % від балансової вартості:

$$3139396,5 \times 0,05 + 94181,9 \times 0,05 = 161678,92 \text{ грн}$$

Стаття 4

Амортизаційні відрахування:

- на обладнання = 753455,16 грн;
- на інструмент = 37672,8 грн.

Загальні амортизаційні відрахування = 791127,96 грн.

Стаття 5

Відрахування на відшкодування зносу малоцінних і швидкозношуваних інструментів. Приймається в розмірі 50 % від балансової вартості (вартість - 2 % від вартості устаткування), і становить:

$$(3139396,5 \times 0,02) \times 0,5 = 31393,97 \text{ грн}$$

Стаття 6

Інші витрати розраховуються в розмірі 5 % від суми витрат за статтями (1 – 5) і становлять:

$$0,05 - (58915,9 + 162506,91 + 161678,92 + 791127,96 + 31393,97) = \\ = 60281,18 \text{ грн}$$

Усі витрати за статтями (1 - 6) наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статті витрат	Сума, грн
1. Утримання обладнання та робочих місць:	
- витрати на силову електроенергію	23176,95
- витрати на стиснене повітря	4344,98
- витрати на допоміжні матеріали	31393,97
2. Зарплата тарифна, додаткова зарплата, доплати, премії допоміжних працівників і нарахування на заробітну плату	162506,91
3. поточний ремонт обладнання та дорогих інструментів	161678,92
4. Амортизація виробничого обладнання та дорогих інструментів	791127,96
5. Відшкодування зносу малоцінних і швидкозношуваних інструментів	31393,97
6. Інші витрати	60281,18
Усього	1265903,92

6.2.3 Загальновиробничі витрати

Розрахунок статей загальновиробничих витрат проводиться в такій послідовності:

Стаття 1

Утримання цехового персоналу:

- річний фонд заробітної плати ІТП = 72000 грн;
- нарахування на заробітну плату ІТП = 27000 грн.

Усього за статтею 1:

$$72000 + 27000 = 99000 \text{ грн}$$

Стаття 2

Утримання приміщень та інвентарю. У цій статті розраховуються витрати на електроенергію для освітлення, воду на побутові потреби, пару для опалення, допоміжні матеріали.

Витрати на електроенергію для освітлення розраховують за формулою:

$$E_{\text{ос}} = \frac{C \times q \times S \times F_{\text{ос}}}{1000} = \frac{0,29 \times 20 \times 216 \times 2100}{1000} = 2630,88 \text{ грн} \quad (6.12)$$

- де q – норма використання електроенергії за 1 год на 1 м^2 площі ($q = 20 \text{ Вт}$);
 $C = 0,29 \text{ грн}$ – вартість 1 кВт електроенергії;
 S – площа ділянки, м^2 ;
 $F_{\text{ос.}}$ = 2100 год – період використання освітлення.

Витрати на воду для побутових потреб:

- на господарсько-питні – 5 л/особу на добу. За годину витрачається кількість:

$$\frac{5}{8} = 0,625 \text{ л}$$

за рік на 22 робітників:

$$0,625 \times 32 \times 1860 = 37200 \text{ л}$$

- на душ – 40 л на працюючого за зміну. Витрата води на душ за рік дорівнюватиме:

$$40 \times 220 \times 32 = 281600 \text{ л}$$

- на умивання – 10 л на одного працівника. За рік на 32 робітників:

$$10 \times 32 \times 220 = 70400 \text{ л}$$

Загалом споживається 389200 л/рік.

Вартість питної води за 1000 л = 2,07 грн.

Витрати на воду дорівнюватимуть:

$$389200 \div 1000 \times 2,07 = 805,23 \text{ грн}$$

Витрати на пар для опалення розраховують за формулою:

$$Z_n = Q_n \times S_n = 31,99 \times 105,5 = 3374,94 \text{ грн} \quad (6.13)$$

$$Q_n = \frac{d_T \times H \times V}{7000} = \frac{20 \times 4320 \times 1944}{7000 \times 0,75} = 31,99 \text{ т} \quad (6.14)$$

де $d_T = 20$ ккал/год – витрата тепла на 1 м³ будівлі;

$S_n = 105,5$ грн/т – вартість енергоносія за тонну;

$H = 4320$ год – кількість годин в опалювальний період;

$V = 1944$ м³ – об'єм будівлі.

Витрати на допоміжні матеріали визначаються в розмірі 3 % від балансової вартості приміщення і відповідно дорівнюють 9720 грн.

Загальні витрати за статтею 2 становлять:

$$2630,88 + 805,23 + 3374,94 + 9720 = 16531,05 \text{ грн}$$

Стаття 3

Поточний ремонт приміщень та інвентарю. Витрати приймаються в розмірі 2 % від балансової вартості приміщень та інвентарю, що становлять:

$$0,02(324000 + 64987,73) = 7779,75 \text{ грн}$$

Стаття 4

Амортизація приміщень та інвентарю:

- амортизація приміщень = 25920 грн;

- амортизація інвентарю = 25995,1 грн.

Усього:

$$25920 + 25995,1 = 51915,1 \text{ грн}$$

Стаття 5

Витрати на досліди, дослідження, раціоналізацію, винаходи приймаються в розмірі 150 грн на одного робітника, і відповідно дорівнюють 5250 грн.

Стаття 6

Витрати на охорону праці на рік становлять (від 150 до 200) грн на одного працюючого і дорівнюють 7000 грн.

Стаття 7

Інші витрати приймаються в розмірі 3 % від суми витрат за статтями 1 - 6 і становлять:

$$0,03 \times (99000 + 16531,05 + 7779,75 + 51915,1 + 5250 + 7000) = \\ = 5624,27 \text{ грн}$$

Усі дані з розрахунку загальновиробничих витрат зведено в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Кошторис загальновиробничих витрат

Стаття	Найменування статей витрат	Значення, грн
1	Утримання цехового персоналу	99000
2	Утримання приміщень та інвентарю	16531,05
3	Поточний ремонт приміщень та інвентарю	7779,75
4	Амортизація приміщень та інвентарю	51915,1
5	Витрати на проведення дослідів, досліджень	5250
6	Витрати на охорону праці	7000
7	Інші витрати	5624,27
Усього		186100,17

Загальновиробничі витрати на собівартість окремих виробів розподіляються пропорційно тарифній заробітній платі основних працівників:

$$\% \text{ОПР} = \frac{\sum \text{Ц}_{\text{ЗАТР}}}{\sum \text{З}_{\text{ТАР}}} \times 100\% = \frac{186100,17}{368000} \times 100 = 50,6\% \quad (6.15)$$

де: $\Sigma Ц_{ЗАТР} = 186100,17$ грн – сума загально виробничих витрат за кошторисом (див. табл. 11);

$\Sigma З_{ТАР}$ – тарифний фонд заробітної плати основних працівників.

Розмір загально виробничих витрат, які припадають на одиницю виробу, розраховується за формулою:

$$\text{ОПР} \frac{\text{изд}}{\text{затр}} = \frac{\% \text{ОПР}}{100} \times \sum_i^B P_i = \frac{50,6}{100} \times 3,68 = 1,86 \text{ грн} \quad (6.16)$$

де $\sum_i^B P_i = 3,68$ грн.

Загально виробничі та адміністративні витрати – це на управління, виробниче обслуговування на рівні підприємства як єдиної системи.

Сума загально виробничих витрат визначається прямим підрахунком або укрупненим відповідним відсотком до основної заробітної плати основних працівників (від 150 до 200) %.

Витрати на реалізацію містять витрати з утримання складів готової продукції, транспортування готової продукції та інші (2 % виробничої вартості).

Собівартість лопаток турбіни розраховується на основі складання калькуляції собівартості виробу і наведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 - Калькуляція собівартості лопаток турбіни

№	Найменування статей витрат	Витрати, грн	
		на програму	на одиницю
1.	Допоміжні та основні матеріали	156400	1,56
2.	Напівфабрикати та покупні вироби	8050000	80,5
3.	Тарифна заробітна плата основних працівників	368000	3,68

Кінець таблиці 6.7

4.	Доплати, додаткова заробітна плата, премії основних працівників	220800	2,21
5.	Нарахування на заробітну плату	138000	1,38
6.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1265903,92	12,66
7.	Загальновиробничі витрати	186100,7	1,86
Усього загальновиробнича собівартість		10385000	103,85

Відносні показники рахуємо за такими формулами:

- фондвіддача:

$$\Phi_{\text{отд}} = \frac{\sum \text{ПС}}{\sum \text{ОФ}} = 2,85 \text{ грн} \quad (6.17)$$

де $\sum \text{ПС}$ – виробнича собівартість;

$\sum \text{ОФ}$ – вартість основних фондів.

- технічна озброєність:

$$\text{ТВ} = \frac{\sum \text{ОФ}}{К} = \frac{3638766,13}{26} = 139952,54 \frac{\text{грн}}{\text{чол}} \quad (6.18)$$

де $К$ – кількість робітників.

- енергоозброєність:

$$E = \frac{\sum E_{\text{кїл}}}{К} = \frac{79920}{26} = 3073 \frac{\text{кВт}}{\text{год}} \quad (6.19)$$

де $\sum E_{\text{кїл}}$ – кількість електроенергії.

Знімання продукції з 1 м² площі:

$$СП = \frac{\Sigma ПС}{S} = 48078,70 \frac{\text{грн}}{\text{м}^2} \quad (6.20)$$

де S – площа ділянки.

6.3 Обґрунтування економічного ефекту від впровадження технології відновлення лопаток турбіни авіаційного двигуна АІ-25

Критерієм економічної ефективності застосовуваних рішень є наведені витрати. Економічно ефективним буде той варіант, за яким наведені витрати будуть найменшими.

Розрахунок економічного ефекту для обладнання довготривалого використання проводиться за формулою:

$$\begin{aligned} E &= (Z_1 \times Z_2) \times N = (123,23 \times 109,307) \times 100000 = \\ &= 1392300 \text{ грн} \end{aligned} \quad (6.21)$$

де Z_1 – приведені витрати за базовим варіантом, грн;

Z_2 – приведені витрати за новим варіантом, грн;

$N = 100000$ шт – річний обсяг продукції.

$$Z_1 = C_1 + EN \times K_1 = 122,68 + 0,15 \times \left(\frac{365000}{100000} \right) = 123,23 \text{ грн} \quad (6.22)$$

$$Z_2 = C_2 + EN \times K_2 = 103,85 + 0,15 \times \left(\frac{3638766,13}{100000} \right) = 109,31 \text{ грн} \quad (6.23)$$

де $EN = 0,15$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;

C_1 – собівартість одиниці продукції за базовим варіантом, грн;

C_2 – собівартість одиниці продукції за новим варіантом, грн;

K_1, K_2 – питомі капітальні вкладення.

Основні техніко-економічні показники наведено в табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Техніко-економічні показники

Показники	Значення
А. Абсолютні	
Річний випуск продукції:	
- за кількістю, шт	100000
- за трудомісткістю, год	39383
Вартість основних фондів, грн	3638766,13
Річні витрати електроенергії, кВт/год	79920
Б. Відносні	
Фондовіддача, грн / грн	2,85
Знімання продукції з 1 м ² площі, грн/м ²	48078,7
Технічна озброєність праці, тис. грн / чол.	139,95
Енергоозброєність праці, кВт/особа	3073
Коефіцієнт завантаження обладнання	0,75
Середньомісячна заробітна плата працівників, грн	1853
Собівартість продукції:	
Однією, грн	103,85
Усього випуску, грн	10385000
Відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання, %	897,1
Відсоток загальновиробничих витрат, %	123,2
Продуктивність праці, грн / чол.	63715
Річний економічний ефект, тис. грн	362

ВИСНОВКИ

Процес відновлення бандажних полиць лопаток турбіни авіаційного двигуна AI-25 методом мікроплазмового порошкового наплавлення - прогресивна технологія, що дає змогу підвищити експлуатаційні показники зношених лопаток турбіни та здійснювати подальше їх використання в авіаційному двигуні. За цього способу наплавлення не спостерігається перегріву поверхні, як у разі аргонодугового наплавлення. Це унеможливить виникнення у виробі значних внутрішніх напружень, а також виникнення гарячих тріщин у навколошовній зоні. Застосування присадкового матеріалу у вигляді порошку дасть змогу запобігти виникненню в наплавленому металі несплавлень, пір і шлакових включень, які за базової технології утворюються під час наплавлення через погану якість присадкового матеріалу (литі присадкові прутки мають оксидні полонини, шлакові включення та пори).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гарбузов І. М., Берим І. Г. Технологічний опис авіаційного двигуна АІ-25. Москва : Оборонгіз, 1969. 73 с.
2. Бушуєв М. М. Технологія виробництва турбін. Москва : Машинобудування, 1966. 246 с.
3. Михайлов-Михеєв. Метал газових турбін. Москва : Машгіз, 1958. 178 с.
4. Довідник з авіаційних матеріалів : корозійні та жароміцні сталі та сплави. Москва : Машинобудування, 1979. Т. 3. 472 с.
5. Сорокін Л. І., Йолкін І. С. Клинова проба для оцінки зварюваності литих сталей і сплавів. Автоматичне зварювання, 1975. № 8. С. 17-22.
6. Лашко Н. Ф. Структура і фазовий склад ливарних жароміцних сплавів типу "ЖС". Москва : ВІАМ, 1964. 69 с.
7. Сплави типу стеллит : проект американської фірми "Хейнес". Москва : ВНДІ твердий сплав, 1962. 158 с.
8. Раковський В. С., Самсонов Г. В. Основи виробництва твердих сплавів. Москва : Металургія, 1960. 534 с.
9. Шеєнко І. Н. Нові електроди для зносостійкого наплавлення. Зварювальне виробництво, 1966, № 8. С. 16-19.
10. Шеєнко І. М., Орешкін В. Д. Сучасні наплавочні матеріали. Київ : Наукова думка, 1970. 219 с.
11. Борздика А. М., Цейглін В. З. Термічна обробка жароміцних сталей і сплавів. Москва : Машинобудування, 1964. 237 с.
12. Хімушин Ф.Ф. Жароміцні сталі та сплави. Москва : Металургія, 1969. 326 с.
13. Мовчан Б. А., Нероденко Л. М. Нові дані про межі металів і зварних швів з аустенітною структурою. Автоматичне зварювання, 1962. № 6. С. 5-10.
14. Коломб'є Л. К., Гофман І. І. Нержавіючі та жароміцні сталі. Москва : Металургія, 1958. 356 с.

15. Беттерідж У. Ф. Жароміцні сплави типу німонік. Москва : Металургіздат, 1961. 189 с.
16. Бульф Б. К., Ромадін К. П. Авіаційне матеріалознавство. Москва : Машинобудування, 1967. 589 с.
17. Хімушин В. В. Жароміцні сталі та сплави. Москва : Металургія, 1969. 458 с.
18. Маркін Ю. В., Фрумін І. І. Зміна структури і гарячої твердості наплавочного сплаву ВЗК після тривалої витримки за 700°C та 800°C. Автоматичне зварювання, 1972. № 11. С. 5-12.
19. Перемиловський І. А., Казанцева Н. А. Жароміцні сплави для наплавлення лопаток двигунів. Автоматичне зварювання, 1977. № 1. С. 8-11.

ДОДАТОК А

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кил	Примітка
<i>Документація</i>						
A1			НУЗП. 44.1523. 005 СК	Складальний кресленик		
<i>Складальні одиниці</i>						
б/к		1		Робот	1	
б/к		2		Пальник плазмовий	1	
б/к		3		Дозатор порошку	1	
A1		4	НУЗП. 44.1523. 006 СК	Пристосування для наплавлення	1	
б/к		5		Стіл	1	
б/к		6		Джерело живлення	1	
б/к		7		Корпус	1	
НУЗП. 44.1523. 005						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Снесарь С.Б.			Лит.	Аркцил
Перевір.		Лоптева Г.М.			Д\П	Аркцил
Н.контр.					НУЗП, каф. ІТЗ та МК	
Затв.		Лоптева Г.М.			Група ІФ-312м	
Копіював				Формат А4		

ДОДАТОК Б

Формат Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка	Лист і дата	Лист і дата	Зам. інв. №	Інв. № дріл	Інв. № ар	Періодичне застосування										
											Зм.	Арк	№ док.	Підпис	Дата						
			<u>Документація</u>																		
A1		НУЗП. 441523. 006 СК	Складальний кресленник																		
			<u>Складальні одиниці</u>																		
б/к	1		Плита	1																	
б/к	2		Притиск	1																	
б/к	3		Стійка	1																	
			<u>Стандартні вироби</u>																		
	4		Гвинт М6-6g 20.66.05 ГОСТ 1491-80	1																	
	5		Гвинт М5 8 ГОСТ 9052-69	1																	
	6		Гвинт М8 40 ГОСТ 9052-69	1																	
	7		Пневмоциліндр 7020-0151 ГОСТ 21307-75	1																	
	8		Шайба 12 ГОСТ 6402-70	1																	
	9		Шпінт 1,6 10 ГОСТ 397-79	1																	
											НУЗП. 441523. 006										
											Пристосування для наплавки стеллітом										
											НУЗП, каф. ІТЗ та МК Група ІФ-312м										
											Літ. Аркш Аркшів Д\П 1 1										
											Формат А4										