

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: «Розробка технології наплавлення витісняльної втулки турбіни першої ступені двигуна МС400»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи ІФ-419

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій

Григоренко Максим Станіславович

(прізвище та ініціали)

Керівник Бриков Михайло Миколайович

(прізвище та ініціали)

Рецензент Клишів Олександр Володимирович

(прізвище та ініціали)

2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет: Інженерно-фізичний факультет

Кафедра: Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.в. Завідувач кафедри В.В. НЕТРЕБКО

Валерій НЕТРЕБКО

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ГРИГОРЕНКО Максим Станіславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи): Розробка технології наплавлення витісняльної втулки турбіни першої ступені двигуна МС400

Керівник проєкту (роботи): Бриков Михайло Миколайович, д.т.н., професор

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «__» _____ 202__ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

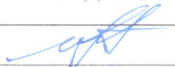

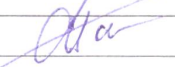

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) технологія виготовлення витісняльної втулки: програма вирощування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Матеріали в авіабудуванні; 2. Характеристика будова та умова роботи двигуна МС-400 і об'єкту дипломного проєкту; 3. Технологія виготовлення; 4. Обладнання; 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

1. Витісняльна втулка; 2. Етапи вирощування витісняльної втулки; 3. FANUC M710iC та його характеристики; 4. Двигун МС-400 та його характеристики;

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
2-4	БРИКОВ М.М. професор		
5			
н/к	ПОПОВ С.М. професор		

7. Дата видачі завдання « 29 » травня 2023 року.

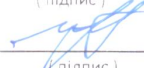
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	<u>23.05.2023</u>	
2	Матеріали в авіабудуванні	<u>28.05.2023</u>	
3	Характеристика будова та умова роботи двигуна МС-400 і об'єкту дипломного проекту	<u>02.06.2023</u>	
4	Технологія виготовлення	<u>04.06.2023</u>	
5	Обладнання	<u>07.06.2023</u>	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	<u>10.06.2023</u>	
7	Висновок	<u>11.06.2023</u>	
8	Виконання креслень та додатків	<u>11.06.2023</u>	

Студент(ка)


(підпис) Максим ГРИГОРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис) Михайло БРИКОВ
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з 63 сторінок, 23 рисунків, 9 таблиць, 1 додатка, 20 літературних джерел

ВИТІСНЯЛЬНА ВТУЛКА, КАМЕРА ЗГОРАННЯ, АДТИВНЕ ВИРОЩУВАННЯ, ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВА НАПЛАВКА.

Мета проекту – розробити технологію наплавлення витісняльної втулки турбіни першої ступені двигуна МС400

В пояснювальній записці було описано саму деталь, матеріал виготовлення було обрано технологію наплавлення та обладнання яке необхідно для наплавки, також було обрано режими при яких наплавлення виконувалось. Були передбачені заходи щодо охорони праці.

ABSTRACT

Explanatory note consists of: 63 pages, 23 figures, 9 tables, 1 addition, 19 literature sources

DISPLACEMENT SLEEVE, COMBUSTION CHAMBER, ADDITIVE GROWING, PLASMA-POWDER COATING.

The goal of the project is to develop a technology for surfacing the displacement sleeve of the turbine of the first stage of the MC400 engine

In the explanatory note, the part itself was described, the manufacturing material was selected, the surfacing technology and the equipment necessary for surfacing, and the modes in which surfacing was performed were also selected. Labor protection measures were provided.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Матеріали в авіабудуванні.....	10
1.1. Загальні матеріали.....	10
1.2. Алюмінієві сплави.....	10
1.3. Магнієві сплави.....	11
1.4. Титан та його сплави.....	12
1.5. Жароміцні та жаростійкі сталі та сплави.....	12
1.6. Характеристики сплаву ХН50ВМТЮБ.....	18
2. Характеристика будова та умова роботи двигуна МС-400 і об'єкту дипломного проекту.....	20
2.1. Двигун МС-400 та його модифікації.....	20
2.2. Деталь дипломного проекту.....	24
3. Технологія виготовлення.....	25
3.1. Технологія виготовлення деталі.....	25
3.2. Принцип адитивного вирощування.....	26
3.3. Вирощування деталі.....	30
3.4. Технологія вирощування деталі.....	33
4. Обладнання.....	39
4.1. Використане обладнання.....	39
4.2. Дослідження зразків ХН50ВМТЮБ.....	44
4.3. Можливі методи покращення технології наплавлення.....	46
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	48
5.1. Потенційні небезпеки.....	48
5.2. Заходи задля забезпечення безпеки.....	49
5.3. Заходи з пожежної безпеки.....	54
5.4. Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	55
Висновки.....	58

Перелік джерел посилань	59
Додаток А.....	61

ВСТУП

Витісняльна втулка є однією з деталей які працюють в камері згорання турбореактивного двоконтурного двигуна, деталь працює в парі з силовим фланцем та забезпечує підвід охолоджувального повітря в камеру щоб підтримувати потрібну робочу температуру.

Турбореактивні двоконтурні двигуни використовуються в авіації для встановлення на літаки безпілотні літальні апарати як одноразового так і багаторазового використання, крилаті ракети. Головними перевагами двоконтурних двигунів це зменшений розхід палива, мала маса та невеликі габарити. Через їхні характеристики їх зачасту використовують на військові потреби в авіації для конструювання реактивних літаків.

Основною проблемою виготовлення турбореактивних двигунів є те що деталі експлуатуються в тяжких умовах. Особливо деталі які працюють в камері згорання та деталі які пов'язані з нею. Високі тиск та температура ставлять необхідність в використанні високолеговані сталі та сплави з високими експлуатаційними характеристиками. Оскільки деталь працює в авіаційному двигуні то від її роботи залежить життя людей і її можна віднести до категорії відповідальних конструкцій, а тому деталь слід виготовляти з максимальним рівнем якості.

На сьогоднішній день активно розвиваються технології адитивного виготовлення деталей і заготовок для авіації та космічних ракет. Данну технології використовують для суттєвого зменшення коштовності виготовлення деталей

Виготовлення деталей стандартними методами має ряд недоліків:

- малий коефіцієнт використаного металу, а рахуючи що більшість деталей виготовляють з легких алюмінієвих, титанових, магнієвих сплавів, та особливо жароміцні та жаростійкі сталі які мають високу ціну;

- затрати на розробку та виготовлення додаткового обладнання яке необхідне для виготовлення деталі. Їх доцільно виготовляти якщо є потреба в виготовлення великої партії деталей.

Адитивний метод вирощування може більший ступені вирішити данні проблеми а саме:

- коефіцієнт використання матеріалу збільшується за рахунок виготовлення досить точної форми деталі з не великим припуском;

- а кошти на розробки допоміжних обладнань зберігаються так як їх можливо виготовляти з некоштовних сталей типу Ст3, Ст10, та їх можливо використовувати повторно з можливістю доробити її не знімаючи з приладу у разі потреби.

МАТЕРІАЛИ В АВІАБУДУВАННІ

1.1 Загальні матеріали

В авіабудуванні не мале значення має вибір матеріалу для забезпечення необхідних характеристик. В авіабудуванні матеріал вибирають виходячи з двох умов – зменшення маси матеріалу і при цьому не втрачаючи значень в міцності, та мати підвищені характеристики при роботі в особливо навантажених вузлах зі специфічними умовами роботи. Метали та сплави в авіабудуванні повинні мати: хімічну стійкість в атмосферних умовах, хімічну стійкість в підвищеній температурі, високу міцність і при цьому достатню пластичність, забезпечити простоту та дешевизну збору елементів конструкції та за необхідності мати можливість ремонту.

В сучасному авіаконструванні найбільш широко використовуються алюмінієві і магнієві сплави, сталі різних марок, титан та його сплави, також використовуються не металеві матеріали гуми пластмаси та інші.

1.2 Алюмінієві сплави

Алюмінієві сплави – висока корозійна стійкість алюмінію обумовлюється окисною плівкою яка утворюється на його поверхні. Різні добавки які додають до його складу порушують однорідність поверхні тому в сплавах окисна плівка не однорідна та не досить щільна що зменшує корозійну стійкість в порівнянні з чистим алюмінієм. Залежно від способу виготовлення поділяються на деформуючі та ливарні.

Деформуючі сплави виготовляють у вигляді напівфабрикатів наприклад: листи, профілі, труби, поковки і т.д. Листи можуть бути плаковані і неплаковані. Метод плакування полягає в тому, що на плиту зі сплаву накладається з обох сторін по листу чистого алюмінію, після чого плита піддається гарячій прокатці, в процесі якої алюмінієві листи зварюються з серцевиною. Зовнішня оболонка

виробляється для підвищення корозійної стійкості. Деформуючі алюмінієві сплави по корозійної стійкості розділяються на дві групи:

- Перша група це сплави які мають високу корозійну стійкість, це сплави що в своїй структурі мають мідь це такі сплави: АМц, АМцІ, АМг1, АМг2 а також плаковані сплави Д1, Діб, Д19, В95.
- Друга група це сплави які мають зменшену корозійну стійкість це: неплаковані Д1, Діб, Д19, В95, а також кувальні сплави АК4, АК6, АК8.

Ливарні сплави мають різну корозійну стійкість. Сплави АЛ5, АЛ6, АЛ12 і АЛ19 містять мідь, їх корозійна стійкість низька. Доброю стійкістю володіють сплави: АЛ2, АЛ8, АЛ12 і АЛ13. На корозійну стійкість ливарних алюмінієвих сплавів впливає не тільки склад сплаву, а й ступінь пористості. Алюмінієві сплави в літако-і вертольотобудуванні широко застосовують для виготовлення крил, фюзеляжу і оперення (стабілізатор, кіль, керма). Вони також витрачаються на виготовлення заклепок, коліс, шасі, лопатей повітряних гвинтів, внутрішньої обробки і в приладах.

1.3 Магнієві сплави

Магнієві сплави через малу механічну міцність та низьку корозійну стійкість чистий магній в авіабудуванні не застосовується. В авіаційних конструкціях використовуються деталі з ливарних магнієвих сплавів. Великою перевагою їх у порівнянні з іншими сплавами є менша маса, так як їх щільність дорівнює $1,76 \dots 2,00 \text{ г/см}^3$, що приблизно в 4 рази менше, ніж у сталі, і в 1,5 рази менше, ніж у алюмінієвих сплавів. З магнієвих сплавів відливають корпуси компресорів і приладів, картери, кришки картерів, корпусу нагнітачів, картери масляних насосів, деталі авіаколес (гальмівні барабани, колодки, реборди, корпуси гальм та ін.), штурвали, колонки управління, ферми шасі, кронштейни, каркаси ліхтарів, вікон, люків, сидінь і багато інших деталей.

1.4 Титан та його сплави

Титан і його сплави володіють дуже цінним комплексом властивостей це - висока міцність і менша, ніж сталь, щільність. Титан і його сплави добре обробляються всіма відомими механічними методами. Вони мають високу корозійну стійкість і не потребують захисту від корозії в атмосферних умовах, річковій і морській воді і в багатьох інших агресивних середовищах. Високі фізико-механічні властивості титану та його сплавів роблять їх незамінним конструкційним матеріалом для виготовлення деяких деталей і силових вузлів сучасної авіаційної техніки. Особливо широко титанові сплави застосовують в конструкціях авіаційних двигунів.

1.5 Жароміцні та жаростійкі сталі і сплави

Жароміцність – здатність сталі працювати під напругою в умовах підвищених температур без помітної деформації та руйнування. Основними характеристиками є повзучість і тривала міцність. Тривала міцність – це умовна напруга під дією якої сталь при температурі руйнується через заданий тривалий проміжок часу.

Жароміцність характеризує опір металу повзучості. При високих температурах міжатомні зв'язки слабшають, тому метали при цих температурах руйнуються при напрузі, що значно нижчі, ніж необхідні для руйнування металу при кімнатній температурі. Руйнування відбувається в результаті повзучості. Повзучість - це деформація матеріалу в часі під дією постійної напруги. Вона розвивається при високих температурах і напруженнях, що перевищують межу текучості. Таким чином, одним з основних факторів, що визначає жароміцність, є температура рекристалізації: чим вона вища, тим більшою жароміцністю володіє метал або сплав.

Температура рекристалізації залежить від температури плавлення сплаву, що визначається його хімічним складом і типом сплаву: $T_{рек} = a \times T_{пл}$ ($T_{рек}$ - температура рекристалізації К, $T_{пл}$ - температура плавлення, К; a - коефіцієнт, що залежить від типу сплаву). Значення коефіцієнта a змінюється в залежності від чистоти металів: 0,2 для чистих металів; 0,4 для технічно чистих металів та сплавів; 0,6...0,8 для твердих розчинів. Високі значення коефіцієнта a характерні для твердих розчинів, тому в якості жароміцних матеріалів використовують сплави типу "твердий розчин". Аустенітні сплави мають більш високу температуру рекристалізації і, отже, більш жароміцні, ніж феритні сплави.

Крім температури рекристалізації жароміцність залежить від хімічного складу сплаву, структури - вона повинна бути стабільною при певних умовах експлуатації. При цьому для різних умов експлуатації, а саме при короткочасній або тривалій експлуатації, оптимальними будуть неоднорідні структури.

Для сплавів, призначених для короткострокової експлуатації при високих температурах, необхідно забезпечити високу межу повзучості. Оптимальною для цих умов є структура, що забезпечує найбільшу міцність, - це структура твердого розчину і дисперсних частинок другої фази (карбідів, інтерметалідів), що виявляються бар'єром переміщенню дислокацій і тому ускладнюють пластичну деформацію сплаву.

Інші вимоги пред'являються до структури сплавів, призначених для тривалої експлуатації при високій температурі: це тривала міцність. Вона досягається, якщо сплав зберігає свою структуру при високих температурах протягом тривалого часу. Більш висока стабільність сплаву відзначається при однофазній структурі, що не зазнає фазових або структурних перетворень, що призводять до зниження жароміцності.

Більш високою жароміцністю володіють грубозернисті структури з меншою протяжністю кордонів зерен. Межі зерен, що містять велику кількість дефектів, є найбільш ослабленими ділянками в металі. Тому саме по межах зерен в процесі повзучості відбувається прослизання - переміщення одного зерна щодо

іншого. Таким чином, чим більше величина зерна, тобто чим менше протяжність кордонів, тим повільніше розвивається процес повзучості.

Сплави, призначені для тривалої експлуатації при високих температурах, піддають стабілізуючому відпустки при температурі вище експлуатаційної.

Для різних температур експлуатації в якості жароміцних матеріалів використовують:

- Сталі - для роботи до 850 °С;
- Сплави на основі нікелю і кобальту - для роботи до 950 ... 1000 °С;
- Сплави на основі тугоплавких металів - для роботи при більш високих температурах - до 1300 ... 2000 °С і вище.

Застосовують сталі перлітного, мартенситного та аустенітного класу.

Перлітні сталі - це низьковуглецеві сталі, леговані в невеликих кількостях (до 1%) хромом, молібденом і ванадієм. Сталі піддають нормалізації і подальшого стабілізуючому відпустки при температурі 600...750 °С, отримуючи структуру пластинчастого сорбіту, що забезпечує високу тривалу міцність. Ці сталі застосовують для деталей, що працюють тривалий час (10 000...100 000 год) при температурах не вище 500 ... 580 °С. Основне призначення - деталі котельного устаткування: паропроводи, кріплення і т.д.

Мартенситні сталі складно леговані. До їх складу входять сильні карбідоутворюючі компоненти (Cr, W, V, Mo та ін.). Ці елементи підвищують температуру рекристалізації, а також утворюють складні карбіди, що забезпечує підвищення жароміцності. Обробка цих сталей полягає в загартуванні від високих температур (з метою розчинення карбідів в аустеніті) і подальшому відпуску (при температурі вищій, ніж температура експлуатації) на сорбіт або троостит.

До мартенситних сталей відносяться також сільхроми. Мартенситні сталі застосовуються для деталей і вузлів газових турбін і паросилових установок, робоча температура яких не перевищує 600 °С. Сільхроми використовують для випускних клапанів двигунів внутрішнього згорання.

Аустенітні сталі застосовують для деталей, що працюють при температурах до 850 ° С. Сталі на основі α -заліза (перлітні, мартенситні) для роботи при таких температурах непридатні, оскільки температура рекристалізації альфа заліза нижче, ніж у гамма заліза.

Аустенітна структура сталей досягається легуванням нікелем і марганцем тобто компонентами, що розширюють область існування аустеніту і знижують температуру початку мартенситного перетворення до негативної. Крім того, такі сталі містять у великій кількості хром для забезпечення високої окалинотійкості - опору металу окисленню при високих температурах. Додаткове легування молібденом, а також бором і рідкоземельними елементами дозволяє підвищити жароміцність і технологічні властивості.

Жароміцні сталі мартенситного та аустенітного класів також стійкі проти корозії. Аустенітні сталі добре зварюються але погано обробляються різанням.

Табл. 1.1 – Жароміцні сталі та їх склад

Марка сталі	Вміст компонентів, % мас.					
	С	Cr	Ni	Mo	V	Інші
Сталі перлітного класу						
15ХМ	0,11-0,018	0,8-1,1	-	0,4-0,6	-	-
12Х1МФ	0,08-0,15	0,9-1,2	-	0,25-0,35	0,15-0,3	-
Сталі мартенситного класу						
12ХМБФ	0,08-0,12	2,1-2,6	-	0,5-0,7	0,2-0,35	0,2 N
Сільхром						
40Х9С2	0,35-0,45	8-10	-	-	-	2-3 Si
Сталі аустенітного класу						
08Х18Н10Т	<0,12	17-19	9-11	-	-	0,5-0,7 Ti

Жароміцні сплави це сплави на основі нікелю і тугоплавких металів - ніобію, молібдену, вольфраму.

Нікелеві сплави це сплави сумарний вміст нікелю і хрому в яких перевищує 50%. Температура рекристалізації сплавів і допустима температура експлуатації вище, ніж у сталей. Найбільшого поширення набули сплави на залізонікелевій і нікелевої основі. До складу жароміцних сплавів входять також титан і алюміній. Жароміцні сплави використовують для виготовлення лопаток газових турбін, кріпильних деталей і дисків турбін, а також авіаційних двигунів.

Сплави на основі тугоплавких металів. Сплави на основі ніобію ВН2А (4% Мо, 0,7% Zr, $\leq 0,8\%$ С), ВН4 (9,5% Мо, 1,5% Zr, 0,3% С) можна експлуатувати до 1300 °С, сплави на основі молібдену (ВМ1 - 0,4% Ti, $\leq 0,01\%$ С) - до 1300 ... 1400 °С, на основі вольфраму (W - 27Re) - до 2000 ... 2200 °С.

Таблиця 1.2 Хімічний склад жароміцних сталей на основі нікеля і на основі заліза і нікеля.

Марка сталі	Вміст компонентів, % мас.							
	Cr	Ti	Al	Mo	W, Nb	Fe	Mn	Інші
ХН77ТЮР	19-22	2,5-2,9	0,6-1,0	-	-	≤ 1	$\leq 0,4$	-
ХН70ВМЮ	13-16	-	4,5-5,5	5-6,5	4,5-5,5 W	≤ 5	$\leq 0,4$	До 0,7 V
Жароміцні сплави на основі заліза і нікелю								
Марка сталі	Cr	Ni	Al	W	Ti	Fe		
ХН35ВТ	14-16	34-38	-	2,8-3,5	1,1-1,5	Зал.		
ХН35ВТЮ	14-16	33-37	0,7-1,4	2,8-3,5	2,4-3,2	Зал.		

Жаростійкість – опір металу окисленню в газовому середовищі при високих температурах (понад 550 °С) в ненавантаженому чи слабо навантаженому стані.

При нагріванні в корозійно-активних середовищах (в більшості випадків це кисень) – метали піддаються хімічній корозії, окисленню. Чим більша температура тим швидше розвивається корозія(рис 1.1).

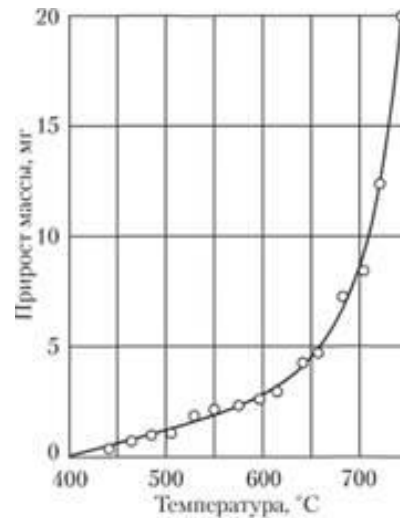


Рисунок 1.1 Вплив температури на швидкість окислення заліза

Процес корозії сповільнюється, якщо на поверхні металу утворюється щільна плівка оксидів, що перешкоджає проникненню кисню всередину металу. Захисна плівка повинна бути суцільною, пластичною, міцно пов'язаною з основним металом. Утворення такої плівки пов'язано з наявністю в складі сплаву відповідних легуючих компонентів, тому жаростійкість визначається тільки хімічним складом сплаву і не залежить від його структури.

Залізо утворює з киснем оксиди FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 . Окислений шар, в якому переважає FeO , є пухким, легко пропускає кисень і не має захисні властивості. Плівки на основі сполук Fe_3O_4 і Fe_2O_3 більш щільні, але і вони не захищають від окислення.

Для підвищення жаростійкості в сталь вводять легуючі компоненти, які мають більшу спорідненість до кисню, ніж залізо, і утворюють щільні оксидні плівки. До таких елементів відносяться хром, кремній і алюміній.

Найбільш сильний вплив хрому на жаростійкість проявляється при його концентрації в сплаві 15-20%. Для роботи при температурах до 800 °C застосовують феритні і мартенситні хромисті сталі, при більш високих температурах - аустенітні сплави системи "Fe - Ni - Cr". Вміст кремнію і

алюмінію в сталях не перевищує 4% через крихкість сплавів з більш високим вмістом кремнію і алюмінію. Жаростійкі сталі і сплави застосовують для виготовлення клапанів двигунів внутрішнього згорання, пічного обладнання (ролики рольгангів, подові плити), соплових апаратів і жарових труб в газотурбінних установках.

Табл. 1.3 Хімічний склад жаростійких сталей і сплавів

Марка сталі сплава	Вміст компонентів % мас.					
	C	Fe	Ni	Cr	Al	Інші
Сталі						
20X23H18	>0,12	основа	17-20	22-25	-	≤ 1 Si, ≤ 2 Mn
12X25H16ГАР	>0,2	основа	15-18	23-26	-	7 Mn, 0,3-5 N
Сплави						
ХН4510	>0,1	Залишок	44-46	15-17	2,9-3,9	-
ХН78Т	>0,12	6	основа	19-22	0,15-0,35	-

1.6 Характеристики сплаву ХН50ВМТЮБ

ХН50ВМТЮБ – жароміцний сплав на нікелевій основі також має назву ЭП-648, Бор і церій вводяться в сплав з розрахунку та хімічним аналізом не визначаються, відхилення по хімічному складі повинні відповідати по ГОСТ 10500, ГОСТ 5632 хімічний склад зазначено в таблиці 1.4 і механічні властивості зазначені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 Хімічний склад сплаву ХН50ВМТЮБ

Хімічний елемент	C	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Ce
Масова частка %	≤0,1	≤0,01	≤0,015	≤0,5	32-35	≤0,4	Основа	≤0,03
Хімічний елемент	Fe	Al	B	Ti	Mo	Nb	W	
Масова частка %	≤4	0,5-1,1	≤0,008	0,5-1,1	2,3-3,3	0,5-1,1	4,3-5,3	

Таблиця 1.5 механічні властивості сплаву ХН50ВМТЮБ

Температура °С	Межа текучості МПа	Тимчасовий опір розриву МПа	Відносне видовження %	Відносне звуження %	Твердість Кдж/м ²
20	≥340	≥780	≥25	-	≥340
800	-	≥340	≥13	≥18	-

Випробування на тривалу міцність проводиться при температурі в 800 °С тривалість випробування складало 30 годин а значення тривалої міцності дорівнює 175 МПа.

Сплав ХН50ВМТЮБ може працювати при температурі до +950 °С. Даний сплав використовується для виготовлення холоднокатаного листового прокату, трубних заготовок методом гарячої обробки тиском, виготовлення високонавантажених деталей штуцерів фланців деталей з листового прокату для обмеженого терміну служби при температурі в +950 °С, виготовлення деталей авіаційної техніки: диски лопатки газових турбін.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА БУДОВА ТА УМОВИ РОБОТИ ДВИГУНА МС-400 І ОБ'ЄКТУ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

2.1 Двигун МС-400 та його модифікації

Двигун МС-400 - це малогабаритний турбореактивний двоконтурний двигун. Який був спроектований на основі двигуна Р35 300. Двигун призначений для легких літальних апаратів, крилатих ракет, безпілотних літальних апаратів як одноразового так і багаторазового використання. Двигуни цієї серії можуть бути виготовлені для внутрішньої фюзеляжної установки та зовнішньої установки на пілоні який входить до компоновки апарату.



Рис.2.1 Двигун МС-400

Двоконтурний турбореактивний двигун це удосконалений турбореактивний двигун конструкція якого дає змогу зменшити витрату палива. Перший контур двигуна це внутрішня порожнина двигуна а другий контур це порожнина між зовнішнім та внутрішнім корпусами.

Перший контур вміщує компресори високого і низького тиску, камеру згоряння, турбіни високого і низького тиску і сопло. Другий контур складається з прямого апарату та сопла. Така конструкція є базовою, але можливі деякі відхилення, наприклад, потоки внутрішнього і зовнішнього контуру можуть

змішуватися і виходити через загальне сопло, або двигун може оснащуватися форсажною камерою(рис 2.2).

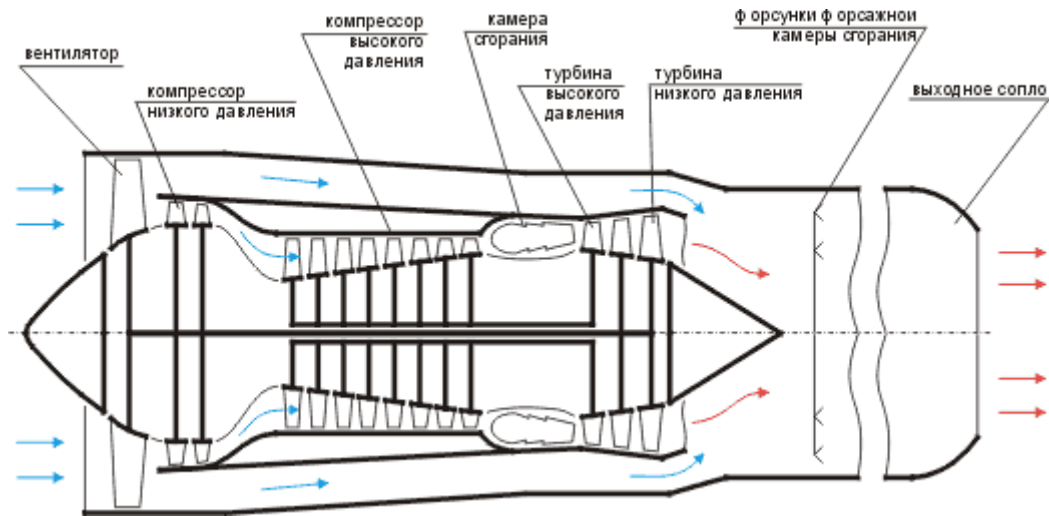


Рис.2.2 Пристрій турбореактивних двоконтурних двигунів

Компресор високого тиску – це вал, на якому закріплені рухомі та нерухомі лопатки, що формують щабель. Рухливі лопатки при обертанні захоплюють потік повітря, стискають і направляють всередину корпусу. Повітря потрапляє на нерухомі лопатки, гальмується і додатково стискається, що підвищує його тиск і надає йому осьовий вектор руху. Таких щаблів у компресорі кілька, а від їхньої кількості безпосередньо залежить ступінь стиснення двигуна. Така сама конструкція і компресора низького тиску, який розташований перед компресором високого тиску. Відмінність між ними полягає тільки в розмірах: у компресора низького тиску лопатки мають більший діаметр, що перекриває собою перетин першого і другого контуру, і менша кількість ступенів.

У камері згорання стиснене та нагріте повітря переміщується з паливом, яке впорскується форсунками, а отриманий паливний заряд спалахує і згорає, утворюючи газу з великою кількістю енергії. Камера згорання може бути одна, кільцева, або виконуватися з декількох труб.

Турбіна за своєю конструкцією нагадує осьовий компресор: ті ж нерухомі та рухливі лопатки на валу, тільки їх послідовність змінена. Спочатку розширені газу потрапляють на нерухомі лопатки, що вирівнюють їхній рух, а потім на рухомі, які обертають вал турбіни. У двоконтурних турбореактивних двигунів

турбін дві: одна рухає компресор високого тиску, а друга - компресор низького тиску. Працюють вони незалежно та між собою механічно не пов'язані. Вал приводу компресора низького тиску зазвичай розташований усередині валу приводу компресора високого тиску.

Сопло - це труба, що звужується, через яку виходять назовні відпрацьовані гази у вигляді реактивного потоку. Зазвичай кожен контур має своє сопло, але буває так, що реактивні потоки на виході потрапляють у загальну камеру змішування.

Зовнішній, або другий, контур – це порожня кільцева конструкція з направляючим апаратом, через яку проходить повітря, попередньо стиснене компресором низького тиску, минаючи камеру згоряння та турбіни. Цей потік повітря, потрапляючи на нерухомі лопаті напрямного апарату, вирівнюється і рухається до сопла, створюючи додаткову тягу за рахунок лише стиснення компресора низького тиску без спалювання палива.

Форсажна камера – це труба, розміщена між турбіною низького тиску та соплом. Всередині у неї встановлені завихрювачі та паливні форсунки із запалювачами. Форсажна камера дає можливість створення додаткової тяги з допомогою спалювання палива не в камері згоряння, а на виході турбіни. Відпрацьовані гази після проходження зон з високим та низьким тиском мають високу температуру і тиск, а також значну кількість кисню, що не згорів, що надійшов з другого контуру. Через форсунки, встановлені в камері, подається паливо, яке змішується з газами, і займається. В результаті тяга на виході зростає подекуди вдвічі, але і витрата палива при цьому теж зростає.

Всі модифікації двигуна призначені для легких літальних апаратів з невеликими змінами. Існують декілька конфігурацій даного двигуна це:

МС-400П в порівнянні з мс400 має трішки збільшені габаритні розміри

МС-430 - двигун в розробці в порівнянні з іншими матиме збільшене до 430 кгс тягнучу силу.

МС-450 двигун в порівнянні з іншими двигунами цієї серії має зменшені габарити та має тягнучу силу на рівні з МС-400 .

Таблиця 2.1. Характеристики Двигуна та його модифікацій:

Модифікація			
	МС-400	МС-400П	МС-450
Злітний режим (Н=0; Мп=0; МСА)			
Потужність, к.с.	400	400	398
Витрати палива, кг/к.с·год.	0,8	0,8	0,922
Габаритні розміри			
Діаметр двигуна по мотогондолі, мм	315	320	315
Довжина, мм	850	875	550
Суша маса двигуна, кг	85	85	66

У двигуна поміж інших виокремлюють наступні переваги:

- висока надійність;
- висока топливна економічність;
- низька удільна маса;
- Довгий строк зберігання та експлуатації в складі об'єкта при мінімальному об'ємі робіт по технічному обслуговуванні;
- надійний швидкий запуск в широкому діапазоні зовнішніх умов експлуатації;
- Стійкість до нерівномірності по тиску і температурі повітряного потоку на вході в двигун;
- Здатність самостійно виходити із помпажу;
- Компактна та проста оновальна конструкція;
- Вмонтований електрогенератор, який забезпечує живлення систем літального апарату;
- Електро-гідравлічна система автоматичного управління, яка не потребує в регулюванні під час збереження та експлуатації;
- Можливість відбору повітря на потреби літального апарату.

2.2 Деталь дипломного проекту

Об'єктом розробки є деталь камери згорання двигуна: витісляльна втулка

Витісляльна втулка це стартерна деталь турбіни першої ступені є елементом організації внутрішньої порожнини яка забезпечує підвід і організацію охолоджувального повітря яке потрібне для забезпечення температурних режимів диска першого ступеня турбіни. Деталь працює в температурному діапазоні до 550 °С. Конструкційно має крипільні різьбові отвори за рахунок яких кріпиться до силового фланця. Внутрішній корпус камери згорання розташований за корпусом першого соплового апарату. Охолоджуюче повітря подається через торцеві пази які розположені на фланці.

При температурі в якій працює ця деталь не кожен сплав зможе працювати забезпечуючи необхідні характеристики та властивості у таких умовах зазвичай працюють жаростійкі та жароміцні сплави. Для виготовлення цієї деталі використовують сплав ХН50ВМТЮБ. Для правильної роботи деталі та для того щоб деталь не виходила з ладу її виготовляють відповідно з ГОСТ (...) Тільки деталі виготовлені за ГОСТом можуть бути використані.

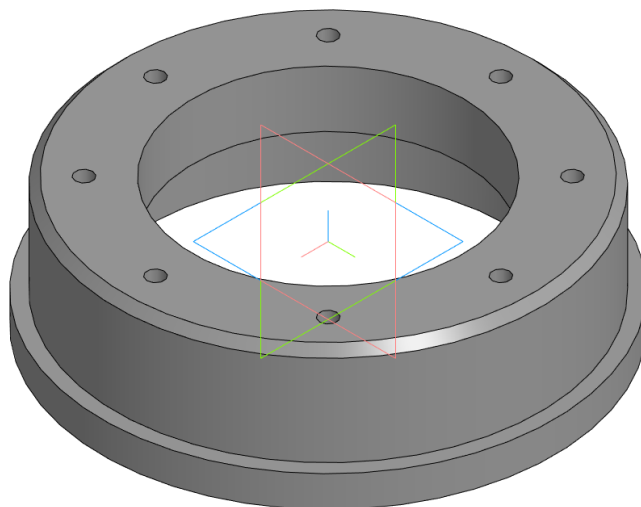


Рис. 2.3 Витісняльна втулка

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ

3.1 Технологія виготовлення деталі

Технологія виготовлення даної деталі полягає в штамповці деталі також допускається деталь поковка. На бічну поверхню після виготовлення можливе нанесення одного кільцевого шву автоматичним електродуговим зварюванням з рентгенопросвітленням.

Штамування — обробка металевих і неметалевих заготовок тиском у штампах. Оброблення металу тиском — пластичне деформування заготовки в штампах з витіканням металу, обмеженого розмірами штампувального простору. Під час штампування відбувається формоутворення без зняття стружки, забезпечується висока точність виробів при високій продуктивності праці.



Рис. 3.1 Машина для автоматичного гарячого штампування

Переваги штампування перед куванням це: висока продуктивність, висока точність розмірів та незначна шорсткість поверхні, отримання деталей складної форми з однаковими розмірами. Недоліками є висока вартість штампів (тому штампування в більшості випадків використовують для серійного та масового виробництва), можливість використання штампів для одного типорозміру

виробу, виготовлення деталей малої маси (0,3...100кг). Є два основних види штампування: об'ємне та листове.

Для виготовлення даної деталі використовують гаряче штампування приладом за допомогою якого заготовці надають потрібних розмірів є молотіві штампи. Молотовий штамп являє собою два сталевих бойка (матриця і пуансон), що мають в площині роз'єму виїмки, які відповідають конфігурації деталі. Під дією сили удару молота або тиску преса нагріта заготовка деформується і заповнює порожнину штампа. В результаті штампування одержують деталь, що за формою і розмірами відповідає формі і розмірам штампу.

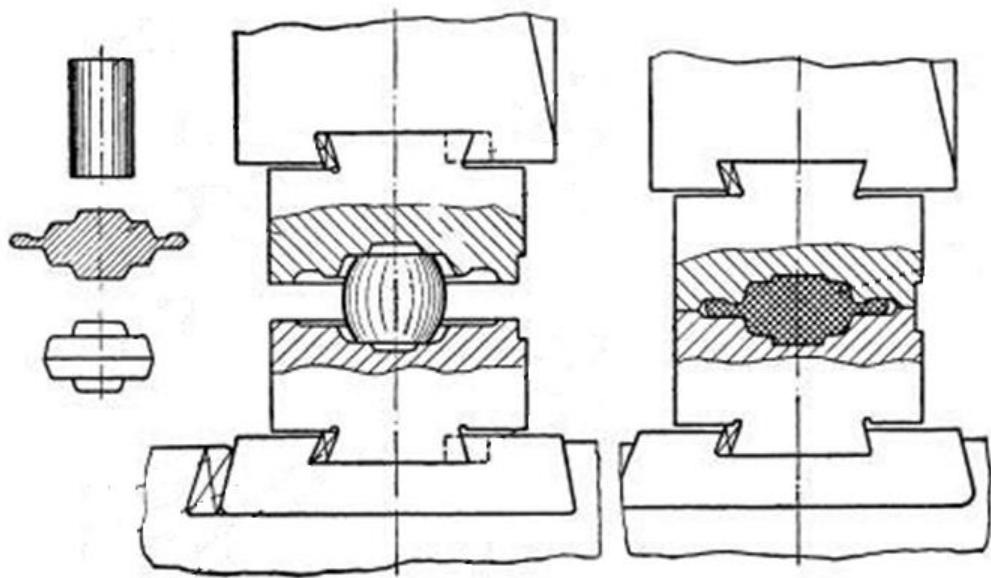


Рисунок 3.2 Схема штампування деталей [8]

Суть даного методу полягає в тому що заготовка наближена за розмірами до основної деталі встановлюється форму після чого деталь доводять до потрібної температури після чого прес притискає заготовку і під дією тиску заготовка приймає потрібну форму та розміри після деталь знімають

3.2 Принципи адитивного вирощування

Технологія 3D-друку з'явилася наприкінці 1980-х років. Перші машини були дуже дорогими, а вибір матеріалів для виготовлення моделей був обмежений. Однак технологія мала великий потенціал і швидко розвивалася.

Сьогодні капіталізація ринку 3D-друку становить 5 мільярдів доларів США, а щорічні темпи зростання ринку адитивних технологій-15%. Технологія перспективна тим, що питома витрата матеріалів на виробництво деталей адитивними методами знижується майже вдесятеро, а трудовитрати усередньому в п'ять разів. Порівняно з традиційними методами виробництва металевих виробів, пошарове наплавлення дає змогу виготовляти компакти практично необмеженої кількості форм безпосередньо з порошкоподібного металу або дроту. Метод також дає змогу виробляти більш легкі вироби зарахунок зменшення розміру заготовки, а завдяки виробництву готових вузлів можна значно спростити процес складання виробу та зменшити кількість необхідного оснащення. Виробництво компонентів нових технологій цим методом не потребує значних витрат на підготовку та оснащення, як у випадку з ливарним виробництвом. Це також стосується жароміцних сплавів.

Адитивне виробництво - це загальний термін для позначення технології виготовлення виробів шляхом додавання (складання) шарів матеріалу на основі тривимірної цифрової моделі (звідси і назва). Адитивне виробництво – це нова група технологій, що дають змогу створювати функціональні 3D-об'єкти з різних матеріалів, включно з металевими сплавами, шляхом нанесення шарів матеріалу до отримання остаточної форми.

Адитивні технології дають змогу виготовляти будь-які вироби пошарово на основі тривимірної комп'ютерної моделі. Цей поступовий процес створення об'єктів також відомий як виробництво на основі зростання. Якщо в традиційному виробництві спочатку створюють заготовку, від якої відрізають або деформують непотрібні частини, то адитивні технології дають змогу створювати нові вироби з нічого (точніше, з аморфних витратних матеріалів). Залежно від технології можна створювати об'єкти з різними властивостями від низу до верху і навпаки.

З розвитком адитивних технологій виникла необхідність у створенні нових стандартів і вимог, і цей стандарт став одним із них: ISO/ASTM 52900:2015 встановив визначення поняття адитивної технології: процес з'єднання матеріалів

і вирощування шар за шаром для створення деталей на основі 3D-моделей. Це перший стандарт такого роду.

Стандарт визначає різні типи адитивних технологій:

1. Спрямоване енергетичне осадження (DED): процес АТ, у якому використовують сфокусовану теплову енергію (наприклад, лазер, електронний промінь, електричну дугу, плазмову дугу) для розплавлення, затвердіння і сплаву дроту і порошків.

2. Електронно-променеве обладнання, що працює у вакуумній камері, дає змогу отримувати зразки з чистою поверхнею, що не окислюється, та гарною формованістю. Сплавлення порошкового шару (PBF) – це АТ-процес, який вибірково з'єднує ділянки порошкового шару за допомогою теплової енергії, більш відомий як селективне лазерне спікання (SLS) або електронно-променеве плавлення (EBM).

3. Ламінування листів (SL) Ламінування листів - це твердотільний процес між послідовними шарами металевої фольги. Це процес АТ, який використовує ультразвукове зварювання для утворення зв'язку, з'єднуючи шари матеріалу для формування об'єкта.

Крім того, існують підвиди технологій адитивного виробництва, які набули широкого поширення:

- FDM (Fused Deposition Modelling), який передбачає виготовлення виробів шар за шаром із розплавлених пластикових ниток чи металу. Це найпоширеніший метод 3D-друку у світі, в експлуатації перебувають мільйони 3D-принтерів; FDM – принтери використовують різні види пластику, з яких ABS є найпопулярнішим і найдоступнішим. Пластикові вироби міцні та гнучкі, що робить їх ідеальними для тестування продукції, створення прототипів і виробництва готових до використання об'єктів.

- SLM (селективне лазерне плавлення) - селективне сплавлення лазерних металевих порошків; найпоширеніший метод металевого 3D-друку. Ця технологія дає змогу швидко виготовляти металеві вироби зі складною

геометрією з якістю, що перевершує якість виробів, отриманих методом лиття або прокатки.

- SLS (Selective Laser Sintering) – технологія селективного спікання полімерних порошків. Ця технологія дає змогу виробляти великі вироби з різними фізичними властивостями.

- SLA (Stereo lithography) - лазерна стерео літографія, затвердіння рідких фото полімерних матеріалів під впливом лазера. Це технологія адитивного цифрового виробництва, орієнтована на виробництво високоточних виробів із різними фізичними властивостями.

- MJM (Multi Jet Modelling) -багато струменеве моделювання з використанням фото полімерних або воскових матеріалів. Ця технологія дає змогу виробляти майстер - моделі для випалу або лиття з розплав, а також прототипи для широкого спектра виробів.

- Polyjet – затвердіння рідких фото полімерів під впливом ультрафіолетового світла. Ця технологія дає змогу виготовляти прототипи та майстер – моделі з гладкою поверхнею.

- CJP (Colour Jet Printing) -розподіл шару клею поверх порошкоподібного гіпсу. Наразі це єдина промислова технологія повно-кольорового 3D-друку. Використовується для виробництва яскравих і барвистих прототипів продукції для тестування і презентації, а також різноманітних сувенірів і архітектурних моделей.

Wire + Arc Additive Manufacturing (WAAM) - це металургійна технологія, за якої присадний дріт пошарово накладається на джерело нагріву до досягнення остаточної форми, внаслідок чого отримують готовий виріб із мінімальним припуском на механічне оброблення та у найкоротш істроки, а в американській номенклатурі – це аббревіатура для методу пошарового накладення металевих деталей із використанням зварювальних джерел.

WAAM класифікується як метод прямого зростання за ASTM F2792-12a1 визначається як комбінація електричної дуги, використовуваної як джерело нагріву, і дроту, використовуваного як матеріал, що подається. WAAM містить

газо-дугове зварювання металів, мікро-плазмове зварювання та зварювання в інертному газі вольфрамовими електродами, лазерне зварювання, плазмове зварювання тощо, і ґрунтується на основних концепціях автоматизованих зварювальних процесів.

Останніми роками WAAM називають різними назвами: останніми роками WAAM називають різними назвами, такими як "зварювання форм", "плавлення форм" або "3D-зварювання".

Серед процесів дугового зварювання зварювання витратним електродом є найбільш поширеним процесом у WAAM. Швидкість осадження в цьому процесі варіюється від 15 до 160 г/хв, залежно від типу матеріалу і параметрів процесу, і використовується для виготовлення великих деталей за короткий час.

3.3 Вирощування деталі

Як вже не одноразово було сказано предметом даного дипломного проекту є наплавлення та вирощування витісняльної втулки зі сплаву ХН50ВМТЮБ. Метод адитивного вирощування даної деталі базується на багаторазовому накладенні шарів металу один на один по однакової траєкторії зі зміщенням по вертикальній осі. Використовуючи зміщення по вертикалі забезпечуються декілька позитивних ознак такі як:

- простіше програмування;
- зменшена ймовірність утворення не сплавлень між шарами наплавленого металу;
- наплавлений шар утворюється з меншою шорсткістю та по краю не утворюються напливи;

Але за необхідності виготовляти деталі складної конфігурації і за потреби незначно змінити траєкторію руху то це можливо зробити для кожного наплавленого шару.

Для наплавлення та вирощування даної деталі можливе використання плазмового джерела з подачею в стовп плазми як дроту так і порошку.

На відміну від зварювання TIG, дуга фокусується і видавлюється через мідне сопло. Така дуга з високою щільністю потужності дає змогу виконувати зварювання набагато швидше, ніж під час зварювання TIG, часто більш ніж на 100%. Це не тільки економить час і гроші, а й дає додаткову перевагу - глибше проплавлення зварного шву. Вольфрамові електроди захищені від забруднення і мають більш тривалий термін служби, оскільки знаходяться в плазмовому соплі.

Використання пілотної дуги для запуску основної зварювальної дуги означає відсутність ризику високочастотних перешкод для автоматизованого обладнання. Часто до заміни електродів може бути виконано понад 10000 зварних швів.

Зварювальний матеріал може бути у вигляді порошку, що розпилюється газом, або холоднокатаного дроту, поміщеного в зварювальний басейн, захищений від атмосфери захисним газом. Плазмова дуга і подача тепла контролюються набагато краще, ніж звичайна електрична дуга, що дає змогу мінімізувати подачу тепла і бризки, оскільки більша частина енергії витрачається на розплавлення зварювального матеріалу.

Додатковою перевагою є інтерфейс автоматизації, який дає змогу використовувати плазму в роботизованих і автоматизованих установках.

Нижче описується вибір плазмового джерела тепла з подачею суцільно металевого дроту:

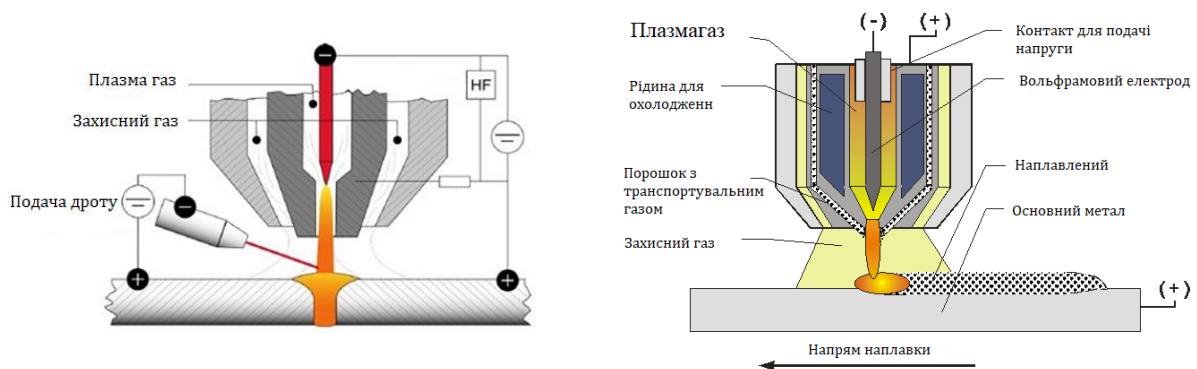
1. Цей метод характеризується високою стабільністю дуги, проплавленням і геометрією зварного шву.

2. В більшості переважає струйний переніс металу чи дрібнокрапельний. Крупнокрапельний переніс металу може відбуватися тільки на краях, де відстань між наконечником плазмового сопла із зварювальною ванною збільшується.

3. Висока щільність енергії дуги і швидкість зварювання, що призводить до меншої деформації металу через нагрівання

4. високі показники захисту і практично повна відсутність розбрикування порівняно з системами MIG.

Сам плазмовий пальник досить простий в експлуатації (рис. 3.3 А). Дуга горить у прямій полярності між вольфрамовим електродом і заготовкою, після чого підводиться плазмоутворюючий газ, який стискає і концентрує плазму. Струм плази нагріває метал до температури плавлення, утворюється зварювальна ванна, і зварювальний дріт подається в потік плази. Під впливом температури дріт миттєво плавиться, і краплі, що утворюються, потрапляють у зварювальну ванну.



а – схема наплавлення дротом;

б – схема наплавлення порошком

Рис. 3.3 Схеми плазмового наплавлення

Це процес з високою питомою енергією, за якого форсований потік частинок проходить через простір між катодом і анодом, стискаючи дугу і покращуючи її стабільність і стійкість. Завдяки використанню здебільшого інертної плазмової дуги, високо локалізована іонізована плазма характеризується високою температурою та високою енергією, з щільністю енергії нижчою, ніж у потужних лазерних променів, але вищою, ніж в інших електродугових процесів. Зона термічного впливу плази вузла і тонша, що дає змогу гнучкіше керувати найважливішими параметрами процесу-струмом і швидкістю подачі дроту, і таким чином, краще контролювати геометрію зварного шву.

А при плазменно-порошковій наплавці як присадковий матеріал використовується порошок. Схема наплавки даним методом показана на рисунку 3.3 б. Наплавлювальний порошок потрапляє в зону розплавлення через робочу дугу в вигляді плазмових краплин. В результаті взаємодії між розплавленим порошком та матеріалом заготовки забезпечується стійкий металевий зв'язок.

Серед інших методів наплавки плазмово-порошкова наплавка має наступні переваги:

- Мала глибина проплавлення основного матеріалу;
- Невелика зона термічного впливу;
- Висока продуктивність праці;
- Низькі витрати присадкового матеріалу;
- Висока якість наплавленого матеріалу;
- Можливість наплавки тонкостійних матеріалів;

3.4 Технологія вирощування деталі

За цією технологією деталей вирощують наступним чином.

Перше що роблять так це узгоджують документацію з цехом який виробляє деталь за для форми та розмірів деталі, та за необхідності підкладки для вирощування під деталь. Для вирощування даної деталі підкладка необхідні її креслення показано на рис. 3.4. Підкладка може використовуватись багаторазово її використання не обмежується, але перешкодою може бути деформація підкладки. Деформовані підкладки завдають труднощів наприклад: в процесі встановлення та позиціюванні на планшайбі треба буде враховувати деформацію форми за для правильного встановлення підкладки, але на результат це не впливає.

Підкладку виготовляють з низьковуглецевої конструкційної сталі на кшталт Ст3, Ст5, 08Г2С і т.д. Підкладка повинна бути в висоту 150 мм та 100 мм в ширину. за для можливості встановити її на планшайбу з потрібною висотою підкладки за для наплавлення.

Оскільки підкладки деформуються в процесі наплавки, дуже важливо їх стабілізувати. Найвища жорсткість досягається шляхом притискання підкладки до пластини спеціальними затискачами по шести напрямкам за внутрішнім і зовнішнім діаметрами.



Рисунок 3.4 Креслення підкладки для вирощування

Потім підкладка центрується за допомогою годинникового мікрометра, але відхилення від центру не повинно перевищувати 0,5 мм.

Підкладка для гарної центрації та базування встановлюється на кулачкові тримачі (рис. 3.5) так як без них підкладка таких невеликих розмірів не тримається на планшайбі.



Рисунок 3.5 Силкові кулаки для базування підкладки

Після потрібно встановити універсальну програму на панелі керування(рис. 3.6) відповідно до розміру заготовки. Для написання деяких

значень в універсальну програму їх треба спочатку розрахувати наприклад: значення кількості повторних дій зварювального апарату(R_6) (3.1) та значення кроку який робить робот між цими повторювальними діями(3.2):

$$R_6 = \frac{d_{\text{зов}} \times \pi}{2,5} = \frac{100 \times 3,14}{2,5} \approx 126 \text{ дій}, \quad (3.1)$$

де, $d_{\text{зов}}$ – зовнішній діаметр заготовки.

Слід зазначити що при наплавленні на бічну поверхню підкладки зовнішній діаметр збільшується і як наслідок після проходження декількох проходів треба знову розраховувати кількість дій за формулою та встановлювати нові значення.

Знаючи значення R_6 можливо визначити значення необхідного кроку робота (S):

$$S = \frac{-360}{R_6} = \frac{-360}{126} = -2,85714 \text{ мм}. \quad (3.2)$$

Знак мінус в формулі стоїть з розрахунку для того щоб планшайба поверталась навколо своєї осі проти часової стрілки якщо планшайба стоїть вертикально, але якщо планшайба буде повернута на 90° мінус не ставиться. Це робиться з умови практичності для того щоб було краще видно як формується шов, та за необхідності зупинити робота.



Рисунок 3.6 Пульт управління роботом

Перед початком роботи треба протерти поверхню ацетоном або спиртом. Третій етап - наплавлення основи до необхідних розмірів згідно з узгодженим кресленням. Параметри режиму наплавлення наведені в таблиці 3.1. Також слід зазначити що після проходження роботом кожних трьох чотирьох проходів необхідно дати 5-6 хвилин на охолодження заготовки.

Таблиця 3.1 Параметри режиму наплавлення

Параметр	Значення для порошкового наплавлення	Значення для наплавлення дротом
Діаметр присадкового дроту, мм	-	1,2
Діаметр вольфрамового улектроду, мм	3,2	3,2
Діаметр плазмоутворюючого сопла, мм	12	2,6

Продовження таблиці 3.1

Параметр	Значення для порошкового наплавлення	Значення для наплавлення дротом
Сила струму, А	85-92	85-92
Напруга на дузі, В	17-20	17-20
Частота імпульсу, Гц	0,8	0,8
Тривалість максимального струму імпульсу, %	70	70
Мінімальний струм імпульсу від основного, %	30	30
Швидкість подачі дроту (порошку), м/хв (кг/год)	0,17	0,85
Витрата захисного газу, л/хв	18	18
Витрата плазмоутворюючого газу, л/хв	0,8	1,1
Швидкість руху роботу, мм/сек	1,5	1,5

Данна деталь наплавляється в три етапи між якими ще проходять допоміжні токарні операції (рис. 3.7) які необхідні для надання гладкої поверхні заготовці без хвилястої поверхні що дозволяє уникнення утворення несплавень. Несплавлення можуть виникати при напавленні на бокову поверхню на вже напавлені шари. Така поверхня (рис. 3.8) має хвилястий вигляд та покрита товстою оксидною плівкою з перепадом висоти до 1.2 мм. Поєднання всіх вище перелічених факторів створює загрозу утворення несплавень які в свою чергу слугують концентраторами напружень від чого утворюються холодні тріщини в середині заготовки.

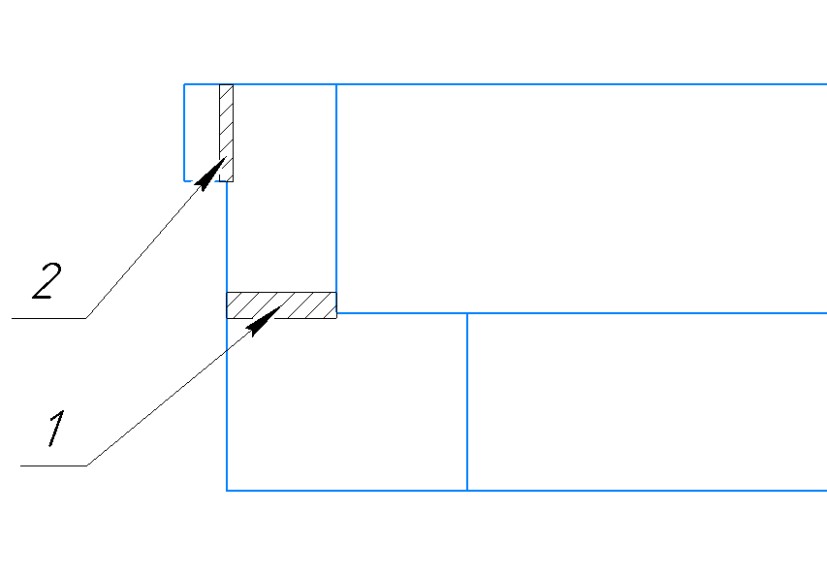


Рисунок 3.7 Місця допоміжних токарних операцій



Рисунок 3.8 Бічна поверхня деталі

Після виготовлення деталі проводиться остання токарна обробка задля надання деталі необхідних розмірів та зрізання хвилястої поверхні. Після чого складаються документи і деталь відправляють в інший цех в якому проводять всі необхідні допоміжні роботи.

4 ОБЛАДНАННЯ

4.1 Використане обладнання

На дослідно експериментальній ділянці адитивного вирощування на якій було проведено дослід з вирощування даної деталі в даний час використовується робот фірми FANUC моделі «M-710iC/50»(рис. 4.1) до якого підключений контролер «FANUC R-30iA»(рис 4.2)



Рисунок 4.1 FANUC M-710iC/50

Ця серія легких роботів вирізняється тонким зап'ястям, жорсткою рукою і малою займаною площею. Висока швидкість і величезна універсальність руху по 6 осях роблять його ідеальним вибором для обробки незручних вантажів, шліфування, полірування, видалення задирок, водяного різання та промивання, зварювання. Діапазон дії робота складає 2050 мм., а вантажопідйомність складає 50 кг.



Рисунок 4.2 Контролер FANUC R-30iA

Системний контролер FANUC R-30iA додає можливості технологічного процесу і відкритої архітектури, забезпечує додатковий інтелект і спрощує системну інтеграцію. Крім того, в ньому реалізовано концепцію "додаткових опцій" для забезпечення гнучкості, коли потрібні специфічні конфігурації додатків. Він також скорочує час прискорення і уповільнення робота, що призводить до скорочення часу циклу.

Нова версія цього контролера вирізняється поліпшеним контролем вібрації та вбудованою системою 2D-бачення, яку можна модернізувати до системи 3D-бачення. Вібраційний контроль значно скорочує час прискорення і уповільнення робота, що призводить до скорочення часу циклу. Контролер FANUC R 30iA також забезпечує розширене керування осями до 40 осей із простим завантаженням і вивантаженням програм робота на сервер.

Ефективна система охолодження FANUC R-30iA має незалежні повітряні контури та охолодження зовнішнім повітрям для максимальної ефективності. Повітряний потік "спина до спини" також економить простір і дає змогу розмістити кілька контролерів поруч один з одним. R-30iA також має такі надійні функції, як унеможливлення потрапляння пилу із системи охолодження в контролер, а також вентилятори на дверцятах контролера і стійці для оптимального охолодження всіх компонентів.

R-30iA оснащено операційною системою FANUC, яка сприяє підвищенню працездатності, збереженню високого рівня безпеки даних у разі вимкнення живлення та швидкому запуску основного програмного забезпечення; розширені можливості автономного програмування, як-от TPE (TeachPendantEditor-стандартний метод програмування), ROBOGUID.

Робот суміщений із планшайбою та маніпулятором FANUC a iS 8/4000 (рис.4.3), який діє як додатковий маніпулятор із двома поворотними осями. Цей маніпулятор може обертати тіло вагою до 500кг зі швидкістю 20мм/с, як зазначено в керівництві з експлуатації маніпулятора.



Рисунок 4.3 Маніпулятор з планшайбою FANUC a iS 8/4000

Як вже було сказано в інших розділах деталь можливо вирощувати як за допомогою порошку так і дротом. Для плазмово-порошкового наплавлення використовується пальник PP-200-R (рис. 4.4 а). А для наплавлення дротом

використовується пальник TP200 (рис. 4.4 б). Джерелом живлення як для одного так і для іншого пальника використовують джерело живлення SBI «PMI 350 AC/DC» (рис. 4.6)



а – пальник TP200

б – пальник PP-200-R

Рисунок 4.4 Фото пальників змонтованих на робота

Додатково до кожного з пальників додається ще або механізм подачі дроту, або модуль подачі порошку. На дослідно експериментальній лабораторії встановлено модуль подачі порошку PF-2 Powder Feeder (рис. 4.5 а), та механізм подачі дроту WF-1 Wire feeder (рис. 4.5 б). Модуль подачі порошку даного типу може використовуватись для порошку фракції 50-300 мкм та можливість регулювання швидкості подачі в межах 0,1-10 кг/год. А механізм подачі дроту може використовуватись для подачі дроту діаметром 0,6-2,4 мм. зі швидкістю подачі в 0,1-10 м/хв.



а - WF-1 Wire feeder



б - PF-2 Powder Feeder

Рисунок 4.5 Допоміжне обладнання



Рисунок 4.6 Джерело живлення SBI PMI 350 AC/DC

Джерело живлення має великий спектр можливостей, з достатнім простором налаштувань для кожного типу зварювання (MMA, TIG ware, Plasma ware, Plasma powder) характеристики джерела живлення наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Характеристики джерела живлення SBI PMI 350 AC/DC

Найменування характеристики	Значення
Зварювальний струм при ПВ 60% (40°C/10 хв)	350А
Зварювальний струм при ПВ 100% (40°C/10 хв)	290А
Діапазон керування пульсації току	3...350А
Діапазон керування пілотним струмом	0,5...50А
Пило-волого захист	IP21
Електронний контроль плазмового газу	0,5...5 л/хв
Ручний контроль газу	1,0...25 л/хв
Контроль подачі транспортного газу (для порошку)	0,5...25 л/хв
Рівень шуму	<70 Дб
Вага	105 кг

4.2 Дослідження зразків ХН50ВМТЮБ

Для дослідження властивостей та якості матеріалу в лабораторії наплавляють зразок (рис. 4.7) з розмірами 150 мм x 120 мм x 16 мм ЕП648, який був отриманий методом мікроплазменної наплавки на установці на режимах зазначених в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Режим наплавлення зразку з ХН50ВМТЮБ

Параметр наплавлення	Значення
Діаметр дроту, мм	1,2
Діаметр вольфрамового електроду, мм	3,2
Сила струму, А	90
Швидкість зварювання, мм/с	1,5
Швидкість подачі дроту, м/хв	0,85
Діаметр плазмо утворюючого сопла, мм	2,6
Витрата плазмо утворюючого газу, л/хв	1,1
Витрата захисного газу, л/хв	16
Крок наплавлення, мм	2,5
Тривалість максимального струму імпульсу, %	70
Мінімальний струм імпульсу від основного, %	30

Якість матеріалу зразка отриманого даним методом проводиться мікроструктурним аналізом шліфів до та після термічної обробки для сплаву ХН50ВМТЮБ температура термічної обробки складає: $T=1170\pm 10$ °С з витримкою в 1 годину і охолодженням на повітрі.



Рис. 4.7 Зразок для дослідження характеристик

Мікроструктурний аналіз проводять на шліфах виготовленими у поздовжньому і поперечному напрямках. Після проводиться електrolітичне травлення в розчині H_3PO_4 – 800 мл + CrO_3 – 100 мл та знову проводиться мікроструктурний аналіз. Після термічної обробки мікроструктурний аналіз проводиться знову по такій же технології.

Дослідження на механічні властивості проводяться на стандартних циліндричних зразках згідно з «ISO 6892-84 Metали» Методи випробувань на розтягання», «ISO 783:1989 Metали. Методи випробувань на розтяг при підвищених температурах» та згідно «ДСТУ ISO 204:2019 Metали. Методи випробування на тривалу міцність»

4.2 Можливі методи покращення технології наплавлення

В процесі проходження практики та роботі з роботом було виявлено деякі недоліки. Наприклад при плазмово-порошковій наплавці було виявлено що використовуючи пальник PP-200-R через його конструкцію (порошок подається з боку під напором газу що також може привести до невеликого “збивання” дуги) деяка кількість порошку може просипатись на підлогу, через що може не вистачати порошку на наплавку самої деталі. Тому можна запропонувати декілька варіантів наприклад:

- При використанні даного пальника встановлювати працювати його не вертикально а з кутом в $10-15^\circ$ щоб зменшити просипання.
- Встановлювати на підлозі бункер або предмет в який порошок буде потрапляти без забруднення самого порошку.
- Або замінити даний пальник на пальник з іншою системою підводу порошку в зону наплавлення

Також в лабораторії було помічено що захисний та транспортувальний газ поступають в зону зварювання з одного балону. Це зберігає місце в лабораторії, але через це досить швидко закінчуються балони з аргоном. Також якщо розділити подачу на два балони то можливо окремо використовувати балони з

аргоном вищого для захисту та плазма газу, а балони з аргонем першого сорту для транспортування порошку.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі було проаналізовано заходи з охорони праці, можливі небезпечні впливи на робітників, і вивчення можливостей їх передбачення.

5.1 Потенційні небезпеки

1. Небезпеки, пов'язані з недотриманням роботодавцями вимог правил охорони праці щодо забезпечення безпечних умов праці для працівників.

-Відсутність вимог до навчання та перевірки знань з питань ОП, інструкцій, плакатів, схем тощо.

2. Можливість ураження електричним струмом під час виконання службових обов'язків унаслідок недотримання правил електробезпеки.

3. Небезпеки, пов'язані з використанням ємностей, у яких зберігається робочий газ під тиском, зокрема: порушення правил зберігання, транспортування ємностей під тиском.

4. Небезпеки, пов'язані з безпосередньою поверхневою обробкою дослідницьких зразків і продуктів.

-Несприятливий вплив інтенсивного ультрафіолетового випромінювання в зоні плазмоутворення.

-Можливість отруєння зварювальними газами, що містять токсичні речовини.

-Можливість отримання опіків унаслідок ненавмисного контакту з нагрітими поверхнями.

5. Небезпеки, пов'язані з роботою з роботизованим обладнанням.

-Можливість механічних пошкоджень, пов'язаних із недотриманням правил безпеки під час експлуатації обладнання або відсутністю захисних екранів чи засобів індивідуального захисту.

6. Небезпеки, пов'язані з випробуванням механічних властивостей зразків, отриманих за допомогою лабораторного обладнання.

7. Небезпеки, пов'язані з проведенням металографічних досліджень оптичними металографічними методами на зразках або готовій продукції.

Зокрема:

-Можливість хімічних опіків при травленні зразка.

8. Можливість пошкодження очей через неправильний підбір світлофільтрів, окулярів і комбінацій лінз.

9. Недостатнє освітлення в лабораторіях і на виробництві.

10. Невідповідність погодних умов вимогам санітарно-гігієнічних норм.

11. Недотримання правил пожежної безпеки,

5.2 Заходи задля забезпечення безпеки

а) Відповідно до НПАПП 0.00-7.11-12 "Загальні вимоги до забезпечення роботодавцями охорони праці працівників", обов'язковим є таке:

-Усі працівники повинні пройти навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до типового положення, затвердженого наказом Державної служби охорони праці України від 26 січня 2005 року №15;

-Роботодавець зобов'язаний надати повну і вичерпну інформацію про можливі небезпеки, для підприємства в цілому, і для окремих видів робіт;

-Усі види необхідних інструктажів (вступний, первинний, регулярний, позаплановий і цільовий) є обов'язковими на підприємствах.

б) З метою запобігання нещасним випадкам, пов'язаним з ураженням електричним струмом, відповідно до ПУЕ-15 "Правила флаштування електроустановок споживання", в обов'язковому порядку необхідно

-Усі працівники повинні пройти навчання і перевірку знань з електробезпеки (спеціальне навчання відповідно до правил) та перевірку знань шляхом отримання посвідчень на відповідну групу з електробезпеки .

-Відповідно до ДСТУ 7237:2011 "Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Відповідно до "Номенклатури загальних вимог і видів захисту" обов'язковою є регулярна(один раз на рік) перевірка опору заземлення і перевірка справності кіл електричних з'єднань.

Провідники повинні мати подвійну ізоляцію для запобігання ураження електричним струмом. Частини, що перебувають під напругою, розташовують на недоступній висоті (не менше 3,5 м до 1000 В і 6 м вище 1000В). Не ізольовані провідники надійно огорожені міцною огорожею. Відчиняти і зачиняти їх повинен тільки спеціалізований персонал за допомогою спеціальних ключів.

Електрообладнання в зонах зварювання або наплавлення має відповідати вимогам НПАП40.1-1.21-98 "Правила техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів", тобто:

-Зварювальний дріт має бути легким, з міцного ізоляційного матеріалу, гнучким, довжина дроту від електродотримача до стику не повинна перевищувати 3 м;

Щодо джерел струму основним заходом безпеки є запобігання потраплянню струму в ланцюг під час переривання процесу зварювання, для чого необхідно використовувати автоматичні вимикачі на обладнанні.

в) Для виключення можливості отримання травм, пов'язаних з використанням ємностей, у яких зберігається газ, що працює під тиском, необхідно діяти згідно з НПАПП0.00-1.81-18 "Правила захисту працівників під час експлуатації устаткування, що працює під тиском", тобто:

-Перевірити і переконатися в справності газових балонів, обладнання, інструментів, огорожень і вимірювальних приладів вентиляції;

-Переконатися в стійкості балонів і правильності їх кріплення;

-Переконатися, що на робочому місці немає легкозаймистих речовин.

Працівники не повинні приступати до роботи, якщо цілісність газового балона порушена (тріщини або вм'ятини), якщо на балоні немає тавра з датою випробування або якщо несправний газовий редуктор чи манометр редуктора.

Газові балони повинні зберігатися в одноповерховому складському приміщенні з легким забарвленням, вентиляційним устаткуванням і без вогнища.

Підлога приміщення для зберігання має бути виконана з матеріалу, який не іскрить під час удару металевими предметами.

Газові балони, встановлені в приміщенні, повинні знаходитися на відстані не менше 1м від радіаторів опалення та 5м від будь-якого джерела тепла з відкритим полум'ям.

Відстань між балоном і радіатором опалення може бути зменшена до 0,5м, якщо встановлено екран для захисту балона від тепла. Відстань між балоном і захисним екраном має бути не менше 10 см.

Газові балони не слід розміщувати поблизу аварійних (пожежних) виходів із приміщень, на лицьовому боці будівлі або в живих коридорах.

Забороняється нагрівати балон для підвищення тиску.

Під час експлуатації балона забороняється повністю стравлювати газ, що міститься в ньому.

Якщо тиск у балоні перевищує допустимий, необхідно короткочасно відкрити вентиль для випуску частини газу в атмосферу або охолодити балон холодною водою для зниження тиску. Під час випуску газу з балона або видування газу з вентиля чи пальника працівники повинні стояти в напрямку, протилежному напрямку випуску газу.

Якщо роботи проводяться взимку, то в разі замерзання вентиля на балоні, балон слід відігрівати тільки теплою водою.

Робота має бути зупинена:

- Якщо тиск у балоні піднімається вище допустимого;
- якщо виявлено несправний запобіжний клапан;
- якщо несправний манометр;
- у разі виникнення пожежі, за якої виникає безпосередня загроза;

г) При вирощуванні зразків на роботизованому обладнанні необхідно дотримуватися таких правил безпеки, щоб уникнути потенційних небезпек

- Інтенсивність світлового випромінювання повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-28:2018 "Інженерне устаткування будинків і споруд. Природне та штучне освітлення".

Для захисту очей від потужного УФ-випромінювання повинні використовуватися засоби індивідуального (маски, щитки) і колективного (захисні штори, екрани) захисту.

Допустима інтенсивність УФ-випромінювання для працівників із площею незахищеної поверхні шкіри менше ніж 0,2 м² не повинна перевищувати значень, регламентованих у ПІ 1.1.23-007-2005 "Типова інструкція з охорони праці для електрогазо зварювальників"

Для захисту очей від інтенсивного УФ-випромінювання слід використовувати індивідуальні та колективні засоби захисту:

Захисні маски. Повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 166:2017 "Засоби індивідуального захисту очей".

- Для запобігання отруєння зварювальними димами та аерозолями під час роботи в приміщенні повинна бути передбачена на місцева витяжна примусова вентиляція.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони має бути в межах гранично допустимих концентрацій, зазначених у ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" і в переліку ГДК (ГДК) у межах установлених меж. Основними небезпечними речовинами є марганець, хром, залізо, оксиди азоту, озон, пил, що містить кремнезем, сполуки нікелю, гідрофториди, оксид вуглецю та фторид кремнію.

Щоб уникнути випадкового контакту та опіків, температура нагрітої поверхні приладу не повинна перевищувати 45°C. Необхідно також використовувати засоби індивідуального захисту (рукавички, чоботи).

д) Для унеможливлення та запобігання травмам працівники в зонах зварювання та наплавлення мають бути забезпечені спеціальним захисним одягом відповідно до ДСТУ EN ISO 11611:2016 "Захисний одяг для

використання під час зварювання та пов'язаних з ним процесів". При цьому мають бути дотримані такі вимоги:

Основними джерелами впливу на працівників небезпечних виробничих елементів у промислових роботах, робото-технічних комплексах та операціях на дільниці є:

-Несподіваний рух виконавчих механізмів промислових роботів під час налагодження, ремонту, навчання та виконання програм керування;

-Раптовий вихід з ладу технічного обладнання, що входить до складу промислового робота або робото-технічного комплексу;

-Неправильні (ненавмисні) дії оператора або наладчика під час налаштування, ремонту або під час роботи робота в автоматичному режимі;

-Входження людини в робочу зону робота, коли він працює в режимі виконання програми;

-Порушення умов експлуатації промислового робота або робото-технічного комплексу;

-Порушення вимог ергономіки або охорони праці під час проектування робото-технічного комплексу або ділянки.

Електромонтажні роботи для промислових роботів виконуються в суворій відповідності до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ).

Шумові характеристики мають відповідати ДСТУЗ.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку".

У зонах, де під час роботи робота можуть перебувати люди, мають бути встановлені спеціальні рамки датчиків руху, які можуть миттєво зупинити роботу робота, якщо в робочу зону входить людина.

Силові лінії подачі зварювального дроту, подачі захисного газу, силові лінії, трубки системи охолодження тощо мають бути встановлені та закріплені так, щоб не порушувати простір і запобігати скручуванню кабелів і проводів під час руху робота.

Пристрої управління і відображення інформації повинні розташовуватися на панелі управління робочої кабіни і відповідати ергономічним вимогам.

Сигнальні кольори і знаки безпеки, що наносяться на промислові роботи, повинні відповідати встановленим вимогам.

5.3 Заходи з пожежної безпеки

Заходи пожежної безпеки розробляються відповідно до НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні". Розроблення заходів починається з аналізу речовин і матеріалів, які використовуються в роботі, що дає змогу визначити можливі класи пожежі (А, В, С, D, Е, F). Залежно від класу пожежі обирається категорія приміщень (А, В, С, D, Е, F). Виходячи з класу і категорії, обираються первинні засоби пожежогасіння: пожежні щити, до складу яких входять: пожежні щити: 3 баржі, 3 лопати, 3 сокири, 3 відра, 1 азбестове полотно (1 м x 1,5 м, 1,5 м x 2 м, 2 м x 2 м), ящики з піском об'ємом не менше 0,1 м³, вогнегасники на пожежних щитах і окремо (1 панель 200 м² - 5000 м²).

Навчання та тестування персоналу з пожежної безпеки є обов'язковим.

Повний комплекс заходів пожежної безпеки для лабораторій з ПК і зварювальними роботами підготовлений відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні".

У приміщеннях зварювальних лабораторій присутні такі пожежонебезпечні фактори:

-Зварювальні дуги.

-Іскри та частинки розплавленого металу, що утворюються під час електрозварювання;

-Підвищення температури виробів, що піддаються зварюванню або різанню.

Під час проведення дослідницьких робіт не використовуються вибухонебезпечні гази та сухі речовини. На підставі аналізу речовин і матеріалів, що використовуються в лабораторіях, згідно з ДСТУ EN 2:2014 "Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)" Можливі пожежі класу Е (загоряння електрообладнання що працюють при напрузі до 1000 В), відповідно

до вимог ДСТУ Б В.1.11- 36:2016 "Визначення категорій приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою". За пожежною небезпекою він належить до категорії "Г" – приміщення з негорючими речовинами та/або матеріалами в гарячому, розплавленому або розплавленому стані, оброблення яких пов'язане з виділенням променистого тепла, утворенням іскор і виникненням полум'я.

Приміщення лабораторії відносяться до категорії "Г" за пожежною небезпекою згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека будівництва", тому вони мають II – ступінь вогнестійкості згідно із загальними вимогами.

Пожежна безпека в монтажних і зварювальних приміщеннях може бути забезпечена низкою заходів, спрямованих на запобігання пожежам, запобігання розповсюдженню вогню в разі виникнення пожежі та створення умов, які сприяють швидкому усуненню будь-якої пожежі, що виникла.

Для виключення можливості виникнення пожежі через недотримання правил пожежної безпеки, навчання та перевірка знань правил пожежної безпеки відповідно до НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки України" та НПАПП 0.00-4.12-05 "Типові правила щодо порядку навчання та перевірки знань з охорони праці працівників повинні проводитися відповідно до НПАПП 0.00-4.12-05.

Засоби пожежогасіння на робочому місці повинні відповідати українським правилам пожежної безпеки, виходячи з категорії виробництва за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою.

5.4 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Захисні споруди використовуються для захисту персоналу в надзвичайних ситуаціях. До захисних споруд належать сховища, протирадіаційні укриття та збірні споруди цивільної оборони.

Сховища-це наземні або часто підземні споруди, що використовуються для захисту персоналу на період від двох до трьох днів. У сховищах створюються умови, що запобігають впливу на працівників негативних чинників, які можуть виникнути внаслідок воєнних дій, терористичних актів або надзвичайних ситуацій.

Радіаційні сховища – це сховища, спеціально побудовані для протидії іонізуючому випромінюванню в разі радіоактивного зараження місцевості.

Швидко монтвані сховища цивільної оборони – це сховища, що можуть бути зібрані всього за один – два дні з використанням спеціальних матеріалів у разі можливого нападу і мають використовуватися для захисту людей від руйнівної зброї.

Споруди подвійного призначення або найпростіші сховища використовуються для захисту людей від можливих небезпек у мирний час.

Споруди подвійного призначення – це наземні або часто підземні споруди, які, крім свого прямого призначення, можуть використовуватися для захисту персоналу під час небезпеки.

Найпростішими сховищами найчастіше є підвали або цокольні поверхи споруд, які зменшують вплив на персонал небезпечних наслідків у надзвичайній ситуації або впливу руйнівної зброї в особливих періоди.

Персонал, що підлягає евакуації:

– Працівники класифікованих установ у районах, де їхнє житло може бути зруйноване і які повинні продовжувати роботу протягом особливого періоду;

– Персонал установ, де існує ризик радіаційної катастрофи при відході з роботи;

– Працівники об'єктів, що класифіковані як такі, що мають особливе значення для захисту цивільного населення і розташовані поза районами, де їхнє місце проживання може бути сильно зруйноване;

–Пацієнти, медичний персонал та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не мають можливості евакуюватися в безпечне місце.

–Працівники, які перебувають на чергуванні на об'єктах, що забезпечують життєдіяльність міста.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту було розроблено технологію адитивного вирощування для витісняльної втулки турбіни двигуна МС-400

В ході проведення проекту були проаналізовані переваги та недоліки різних технологій вирощування. В результаті аналізу літератури було обране адитивне вирощування плазмовою дугою в середовищі інертного газу. В якості присадного матеріалу було обрано цільнотягнутий дріт, так як ціна дроту в 2,5-3 рази менша ніж порошка.

Також були визначені режими наплавлення як для наплавлення порошком так і наплавленням дротом. Були запропоновані методи покращення методу вирощування судячи з нагляду за процесом.

Наведені основні заходи з охорони праці при напавленні та в умовах надзвичайного стану

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Зубков Л.Б.** Космический метал: (все о титане). М.: Наука, 1987 г. 128 с.
2. Жаропрочные стали и сплавы. Химушин Ф.Ф. Изд-во «Металлургия», 1969, 2-е изд., 752 с.
3. **Денкер І.І.** Технологія фарбування літаків і вертольотів цивільної авіації. - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.Машиностроение. -128 Е.: ил., 1988
4. **ТУ 14-1-3046-97.** Прутки из жаропрочного сплава ХН50ВМТЮБ-ВИ (ЭП648-ВИ), ХН50ВМТЮБ-ИД (ЭП648-ИД). Технические условия. 1997 г. 18 с.
5. Матеріалознавство в машинобудуванні: в 2 т.: Підручник для академічного бакалаврату / А.М. Адаскін, Ю.Є. Сєдов, А.К. Онєгіна, В.Н. Климов. - 2-е изд., Испр. і Дон. - М 2017.
6. MS-400 – опис на сайті Мотор січ [Електронний ресурс] <https://motorsich.com/ukr/products/aircraft/tde/ms400/>
7. **500ТУМ-43** «Заготовки із сплавів ХН60ВТ (ВЖ98, ЕІ868), ХН50ВМТЮБ (ЕП 648-ВІ), вирощені методом плазмового наплавлення». Технічні умови. Мотор січ, 2020. с. 46
8. Лекція 15 Сутність процесу і характеристика штампувальних молотів <https://vseosvita.ua/lesson/lektsia-15-tema-31-sutnist-protsesu-i-kharakterystyka-shtampuvalnykh-molotiv-67512.html>
9. Строение и свойства авиационных материалов: Учебник для вузов/ Белов А.Ф. Бенедиктова Г.П., Висков А.С. и др. Под ред. акад. Белова А.Ф. докт. техн. наук, проф. Николенко В.В. М.: Металлургия, 1989. 368 ст.
10. Быковский О.Г., Петренко В.Р., Пешков В.В. Справочник сварщика. - М.: Машиностроение, 2011. – 336 с
11. Новітні розробки з Запоріжжя – яким є потенціал АТ “МОТОР СІЧ” електронне видання Defense Express [Електронний ресурс] https://defence-ua.com/people_and_company/novitni_rozrobki_at_motor_sich-1959.html

12. **Боков, В. М.** Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування: навч. посіб. - Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2010. - 249 с

13. Технічна енциклопедія TechTrend [Електронний ресурс] <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=5558>

14. Офіційний сайт SBI international [Електронний ресурс] <https://www.sbi.at/en>

15. **ДСТУ ISO 10462:2019** Газові балони. Ацетиленові балони. Періодичні перевірки та обслуговування. Затверджено: Наказ від 19.12.2019 № 452 Про прийняття національних стандартів, прийняття змін та поправок до національних стандартів. Дата введення: 01.01.2020.

16. **ДСТУ 2456-94** «Зварювання. Вимоги безпеки». Затверджено: Наказ від 15.04.1994 р. №86. Дата введення 15.04.1994

17. **ПІ 1.1.23-007-2005**. Примірня інструкція з охорони праці для електрогазозварника. Затверджено: Наказ ДК "Укртрансгаз" № .2005" року. [Електронний ресурс]. URL: https://dnaop.com/html/58147/doc-ПІ_1.1.23-007-2005

18. **ДСТУ EN ISO 11611:2016** «Одяг захисний для використання під час зварювання та суміжних процесів» Затверджено: Наказ від 13.12.2016 № 426. Дата введення 13.12.2016.




19. **ДСТУ EN ISO 10218-1:2014** «Роботи та роботизовані пристрої. Вимоги безпеки для промислових роботів.». Затверджено наказом від 29.12.2014 № 1479. На заміну ДСТУ 3738-98 (ГОСТ 12.2.072-98).

20. **НАПБ А.01.001-2014** «Правила пожежної безпеки в Україні». Затверджено: Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні

ДОДАТОК А

ГОСТ 3.1118-82.

Дубл.			
Замі.			
Підп.			

Розроб.	Григоренко С.М.	
Перев.	Бриков М.М.	
Н. контр	Попов С.М.	
	Листів 3	Лист 1

131.2023.ІФ-419 14

ДП

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

УЗГОДЖЕНО

МАРШРУТНА КАРТА

ЗАТВЕРДЖУЮ

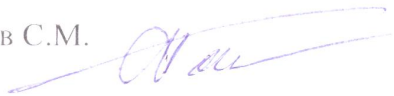
На технологічний процес наплавлення витісняльної втулки
турбіни двигуна МС-400

Нормоконтроль: Попов С.М.

Дата _____

Впроваджено у виробництво

Акт № _____ Дата _____



Зав. Кафедри  Нетребко В.В.

Дата _____

Комплект документів відповідає

