

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Обладнання і технологія зварювального виробництва

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технології складання-зварювання внутрішнього корпусу
авіаційного двигуна AI-322 з проектуванням ділянки»

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи ІФ-310м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технологія та устаткування зварювання

Полевой А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лаптева Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Скредцов А.А.

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Фізико-технічний інститут, інженерно-фізичний факультет
 Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Технологія та устаткування зварювання
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТЗВ _____

проф. Овчинников О. В.

« _____ » 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Полевого Артема Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Розробка технології складання-зварювання внутрішнього корпусу авіаційного двигуна AI-322 з проєктуванням дільниці»

Керівник проєкту (роботи) Лаптева Ганна Миколаївна, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 07 » грудня 2021 року № 499

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Дослідження електронно-променевого зварювання сплаву на нікелевій основі ХН45МВТЮБР-ІД

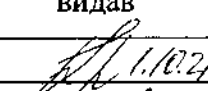
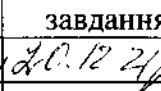
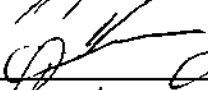
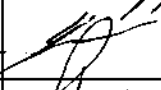
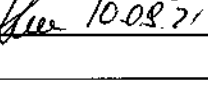
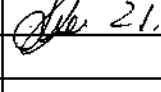
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; 1. Існуючий технологічний процес складання та зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 2. Удосконалення технологічного процесу збирання –зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 3. Технологія електронно-променевого зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД; 4. Дослідження електронно-променевого зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД; 5. Модернізація обладнання для складання під зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; 7. Техніко-економічні розрахунки; Висновки; Перелік посилань.

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

1. 3-Д модель внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 2. Хімічний склад та механічні властивості сплаву ХН45МВТЮБР-ІД; 3. Технологічна послідовність складання-зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 4. Устаткування для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 5. Залежність геометричних форм шву від параметрів електронно-променевого

зварювання; 6. Результати металографічних досліджень 7. План дільниці складання-зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322; 8. Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
1-5	Лаптева Г.М., к.т.н., доцент		
6	Нестеров О.В., к.т.н., доцент, зав.кафедри ОПіНС		
7	Круглікова В.В., к.е.н., доцент		

7. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	
	Вступ	20.10.21	Виконав
1	Існуючий технологічний процес складання та зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322	23.10.21	Виконав
2	Удосконалення технологічного процесу збирання-зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322	26.10.21	Виконав
3	Умови роботи електродів, причини виходу їх з лад Технологія електронно-променевого зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД	09.11.21	Виконав
4	Дослідження електронно-променевого зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД	18.11.21	Виконав
5	Модернізація обладнання для складання під зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322	25.11.21	Виконав
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	02.12.21	Виконав
7	Техніко-економічні розрахунки	07.12.21	Виконав
8	Висновок	11.12.21	Виконав
9	Перелік посилань	15.12.21	Виконав

Студент

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

(підпис)

Полевой А.С.
(прізвище та ініціали)

Лаптева Г.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 103 с., 38 рис., 18 табл., 2 дод., 23 джерела.

СПЛАВ, ЗВАРЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВЕ, СТРУКТУРА, ПРОПЛАВЛЕННЯ, СКЛАДАННЯ, ПРИСКОРЮЮЧА НАПРУГА, ОБЛАДНАННЯ, ВАКУУМНА КАМЕРА.

Об'єкт дослідження – удосконалення технологічного процесу складання-зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322.

Предмет дослідження – електронно-променеве зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД.

Мета дослідження – впровадження нової технології зварювання для внутрішніх корпусів авіадвигунів AI-322.

Методи дослідження – порівняння автоматичного аргано-дугового та електронно-променевого зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД на основі експериментів з літературних джерел.

Обрано оптимальні параметри режимів електронно-променевого зварювання.

Розроблено план ділянки для електронно-променевого зварювання внутрішніх корпусів авіадвигуна AI-322. Визначено відмінні економічні показники обраного способу зварювання.

ABSTRACT

Explanatory note: 103 pages, 38 figures, 18 tables, 2 appendices, 23 sources.

ALLOY, WELDING, ELECTRONIC BEAM, STRUCTURE, MELTING, ASSEMBLY, ACCELERATING VOLTAGE, EQUIPMENT, VACUUM CAMERA.

Object of research - Improving the technological process of assembly-welding of the inner body of the aircraft engine AI-322.

Subject of research—electron beam welding of alloy HN45MVTYUBR-ID.

The purpose of the study is to introduce a new welding technology for the inner hulls of AI-322 aircraft engines.

Research methods - comparison of automatic argon-arc and electron-beam welding of alloy HN45MVTYUBR - ID on the basis of experiments from literature sources.

The optimal parameters of electron-beam welding modes are selected.

A site plan for electron beam welding of the inner hulls of the AI-322 aircraft engine has been developed. Excellent economic indicators of the chosen welding method are determined.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Існуючий технологічний процес складання та зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322.....	9
1.1 Умови роботи внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД (ЕП-718 ІД).....	9
1.2 Загальні характеристики сплаву ХН45МВТЮБР-ІД (ЕП-718 ІД).....	11
1.3 Технологічний процес виготовлення внутрішнього корпусу авіаційного двигуна AI-322.....	13
1.3.1 Маршрутна карта виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД	13
1.3.2 Технічні умови на заготівлю.....	14
1.3.3 Технологічний процес виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД	15
2 Удосконалення технологічного процесу складання-зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322	30
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна для пропозицій щодо його вдосконалення.....	30
2.2 Суть електронно-променевого зварювання та його переваги над аргоно-дуговим зварюванням.....	31
2.3 Аналіз існуючого обладнання для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 та причини його модернізації	39
3 Технологія електронно-променевого зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 зі сплаву ХН45МВТЮБР- ІД.....	42
4 Дослідження електронно-променевого зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД	47

5 Модернізація обладнання для складання під зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322	58
6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	60
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	60
6.2 Заходи забезпечення безпеки.....	62
6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	68
6.4 Заходи з пожежної безпеки	75
6.5 Заходи забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.....	76
7 Техніко-економічні розрахунки.....	81
Висновки	92
Перелік джерел посилання	93
Додаток А Маршрутна карта	96
Додаток Б Специфікації.....	102

ВСТУП

Авіабудування – це галузь до якої пред’являються високі вимоги щодо якості продукції. Якість виготовленого літака багато в чому залежить від технології та організації виробництва, тому важливим фактором є точність виготовлення деталей та складальних одиниць.

Сучасні літаки проектуються з урахуванням особливих вимог з економічної ефективності, надійності, безпеки, жорстких умов експлуатації, підвищеного ресурсу, комфортності, що у свою чергу вимагає розробки більш прогресивних методів виготовлення та вдосконалення використовуваних методів,

Великими недоліками в авіабудування є висока трудомісткість та низькі обсяги виробництва, що призводять до високої собівартості продукції, що випускається, і відповідно накладає обмеження на інвестиційну діяльність організацій, та відсутність достатньої кількості кваліфікованого виробничого персоналу, та контролю якості продукції, що значно знижує її технологічну конкурентоспроможність.

Дана робота полягає в пропозиції введення нової технології електронно-променевого зварювання внутрішніх корпусів авіадвигунів таких як AI-322 та подібних, що значно вплине на якість виготовленої продукції, на строк виготовлення та зменшення собівартості.

1 ІСНУЮЧИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО КОРПУСУ АВІАДВИГУНА АІ-322

1.1 Умови роботи внутрішнього корпусу авіадвигуна АІ-322 зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД (ЕП-718 ІД)

АІ-222 / 322 – сімейство двигунів, оптимізоване для експлуатації на сучасних навчально-тренувальних, навчально-бойових і легких бойових літаках, а також на безпілотних літальних апаратах [1].



Рисунок 1.1 – Турбореактивний двоконтурний авіадвигун АІ-322 [2]

Авіадвигун АІ-322 Ф розроблений спеціально для навчально-бойових літаків L – 15 та подібних.

В основі конструкції лежить агрегат АІ-222 К-25 Ф (з форсажною камерою) [1].

Двигуни забезпечують максимальну безпеку виконання польотів і високу бойову ефективність при тривалому терміні служби і низьких експлуатаційних витратах [2].

Внутрішній корпус авіадвигуна AI-322 виконаний із спеціального жароміцного сплаву ХН45МВТЮБР-ІД властивості якого наведені в табл. 2.1, 2.2, 2.3. Даний сплав в авіадвигуні працює при тривалій температурі від 700 °С до 800 °С. Ресурс даного типу двигуна має 3000 годин.

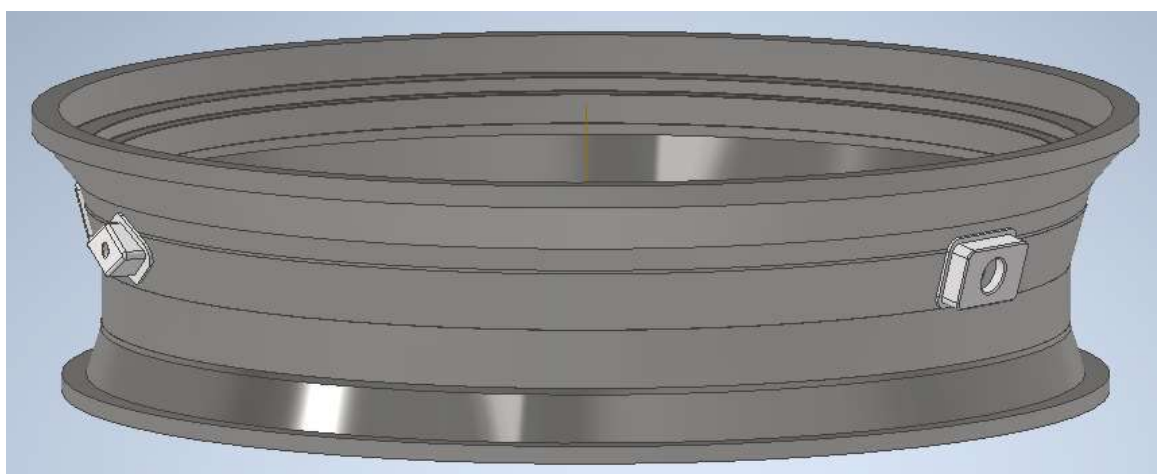


Рисунок 1.2 – 3-Д модель внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

Випробування показали що цей сплав підходить для високонавантажених елементів силових конструкцій (деталі літальних апаратів, зварні кільцеві деталі, силові деталі корпусу турбіни, деталі компресора), що працюють в усіх кліматичних умовах при температурах до 800 °С [3].

1.2 Загальні характеристики сплаву ХН45МВТЮБР-ІД (ЕП-718 ІД)

Сплав ХН45МВТЮБР-ІД (ЕП-718 ІД) відноситься до нержавіючого металопрокату спеціального призначення, призначений для виробництва виробів з підвищеними вимогами.

Це високоміцні конструкційні елементи відповідального призначення і т.п. Нержавіюча сталь даної мірки містить в своєму складі 45 % нікелю і 24 % хрому, виплавляється у вакуумно-індукційних печах.

До складу також входять, молібден, вольфрам, кремній, церій, вісмут. Легування надає багатопланову дію на якість сплаву, хром підвищує стійкість до корозії, нікель надає сплаву пластичність, вольфрам – твердість, красностійкість, титан збільшує міцність, стійкість ударним навантаженням і старання стабільність корозійну стійкість, молібден надає сплаву червоностійкість та протидію окисленню при високій температурі, алюміній збільшує стійкість утворення окалини.

Різні види обробки (плющення, точіння, волочіння, штампування, зварювання) можливі завдяки збалансованому складу і високій технологічності цього сплаву, прокат даної марки може виготовлятися в декількох варіантах по ГОСТ або ТУ заводу-виробника. Залежно від вимог конкретного покупця сплави на нікелевій основі після термообробки можуть мати міцність: високу; підвищену, стандартну.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву ХН45МВТЮБР-ІД згідно ГОСТ 5949 – 2018 [4]

Марка сплаву	Хімічний склад: мас. частка %												
ХН45МВТЮБР-ІД	C	Fe	Cr	Ni	Si	Mn	Al	Ti	P	S	Nb	Mo	W
	< 0,1	Інше	14-16	43-47	< 0,4	< 0,6	0,9-1,4	1,9-2,4	< 0,012	< 0,01	0,8-1,5	4-5,2	2,5-3,5

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву ХН45МВТЮБР-ІД при температурі 20 °С та 700 °С [4]

Марка матеріалу: ХН45МВТЮБР-ІД	Структурний клас	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %
20 °С	Fe-Ni-Cr	1080	685	12	14
700 °С	Fe-Ni-Cr	780	650	7	12-13

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості сплаву ХН45МВТЮБР-ІД [4]

Марка матеріалу	$t_{\text{вик}}$, °С	$E \cdot 10^4$ Н / мм ²	λ , Вт / (м · К)	Температурний інтервал, °С	$\alpha \cdot 10^6$, К ⁻¹
ХН45МВТЮБР-ІД	20	20	-	-	12,8
	900	8	26	20-900	16,9

1.3 Технологічний процес виготовлення внутрішнього корпусу авіаційного двигуна AI-322

1.3.1 Маршрутна карта виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД

Маршрутна карта:

- 1) комплектування;
- 2) контроль;
- 3) зачистка;
- 4) знежирнення, знесмолювання;
- 5) слюсарно-складальна;
- 6) дугове зварювання неплавким електродом без присадкового матеріалу;
- 7) зачистка;
- 8) маркування;
- 9) випробування на герметичність;
- 10) промивка;
- 11) контроль не руйнуючий з проникаючими речовинами;
- 12) промивка;
- 13) зачистка;
- 14) знежирнення, знесмолювання;
- 15) дугове зварювання неплавким електродом з присунокадковим матеріалом;
- 16) зачистка;
- 17) промивка;
- 18) монтаж;
- 19) транспортування у гартівний цех № 3;
- 20) гартування;

- 21) демонтаж;
- 22) контроль не руйнуючий з проникаючими речовинами;
- 23) промивка;
- 24) контроль;
- 25) транспортування готової деталі [5].

1.3.2 Технічні умови на заготівлю

Таблиця 1.4 – Технічні умови на заготівлю

Матеріал: Сплав ХН45МВТЮБР- ІД (ЕП 718-ІД)	Заготовка: Попередньо зварені: 1) корпус внутрішній; 2) оболонка; 3) фланець.
Профіль та розміри, мм:	1) корпус внутрішній S=1,2; 2) оболонка S=1,2; 3) фланець S=1,2.
Загальна маса, кг:	7,3
Кількість деталей, шт:	1) корпус внутрішній = 1; 2) оболонка = 1; 3) фланець = 1.

1.3.3 Технологічний процес виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна зі сплаву ХН45МВТЮБР-ІД

Технологічний процес представляє собою послідовність операцій, в даному випадку їх 24.

№ 1

Найменування операції: комплектування.

Обладнання: стіл.

Зміст переходу:

- 1) комплектувати складальну одиницю згідно комплектувальної карти
- 2) переміщати та зберігати деталі в тарі забезпечує їх збереження і вимог охорони праці.

Комплектувальна карта:

- 1) корпус внутрішній

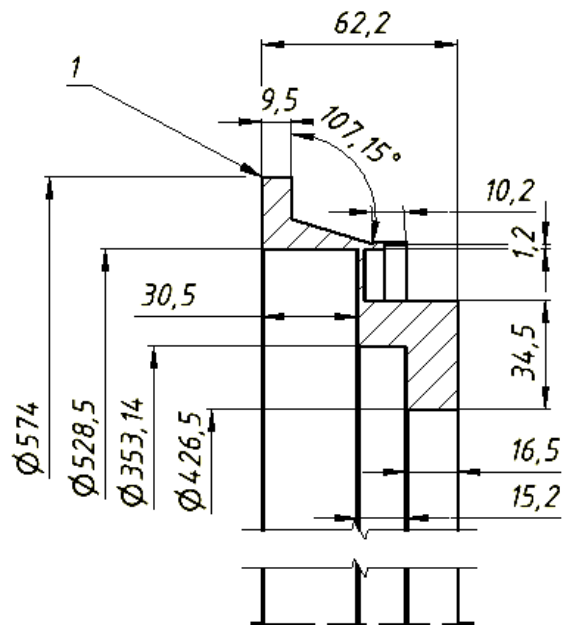


Рисунок 1.3 – Корпус внутрішній

1) оболонка

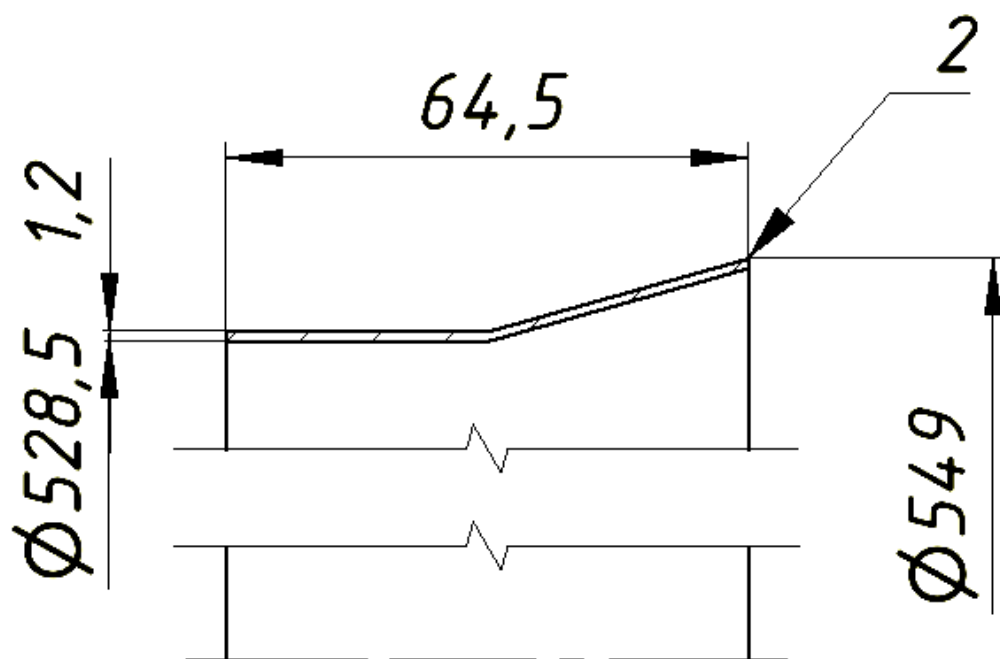


Рисунок 1.4 – Оболонка

2) фланецъ

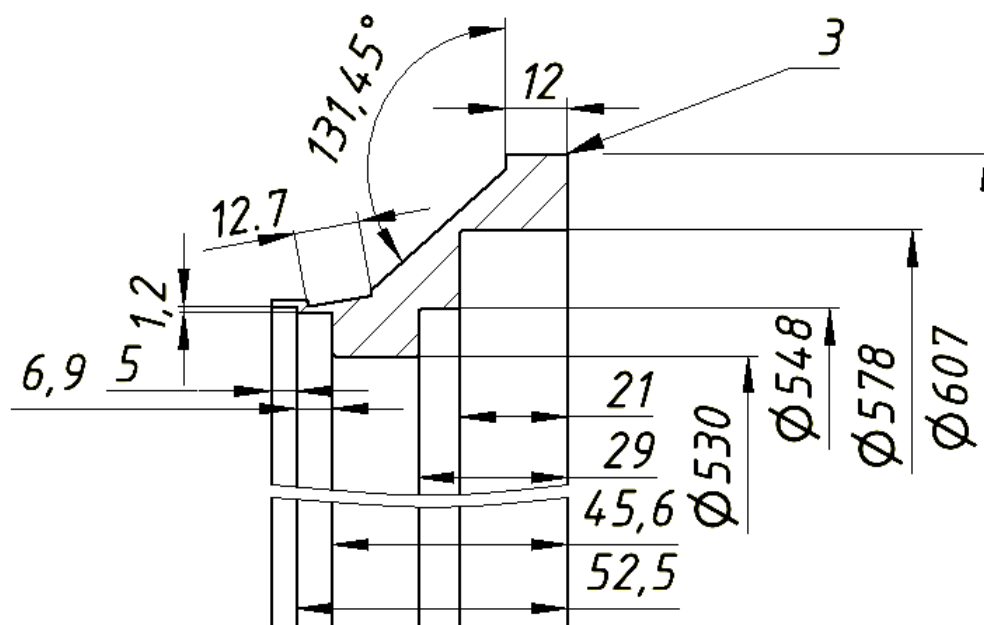


Рисунок 1.5 – Фланецъ

№ 2

Найменування операції : контроль.

Обладнання: контрольний стіл

Зміст переходу:

1) провести зовнішній огляд. Поверхні не повинні мати подряпин, задирок, рисок, вм'ятин і слідів корозії.

Найменування інструмента: лупа ЛП-1-4х ГОСТ 25706-83.

2) Перевірити маркування та наявність клейма.

№ 3

Найменування операції: зачистка.

Обладнання: Верстак слюсарний [5].

Зміст переходу:

1) зачистити деталі 1, 2, 3 по контуру під зварювання до металевого блиску згідно ескізу. Величина зачистки від 5 мм до 10 мм від краю.

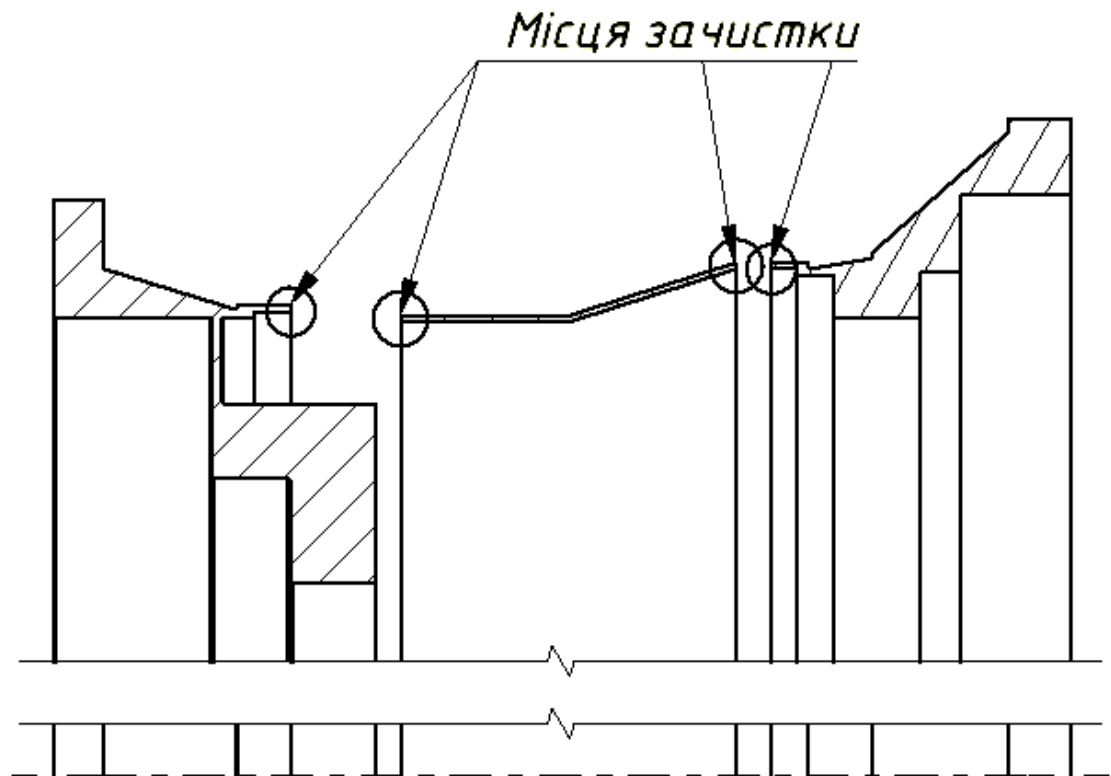


Рисунок 1.6 – Місця зачисток складальної одиниці

2) обдути сухим стисненим повітрям місця зачистки.

Пристосування та інструмент: У5337-0007 пневмомашини, У6403-0463 шарошка, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

№ 4

Найменування операції: знежирення, знесмолювання;

Обладнання: верстак слюсарний.

Зміст переходів:

1) знежирити місця зачистки дефектних місць серветкою б / б, змоченою розчинником.

2) сушити деталі на повітрі до повного висихання розчинника

$T = 10$ хв.

3) перевірити якість знежирювання серветкою б / б, наявність бруду не допускається [5].

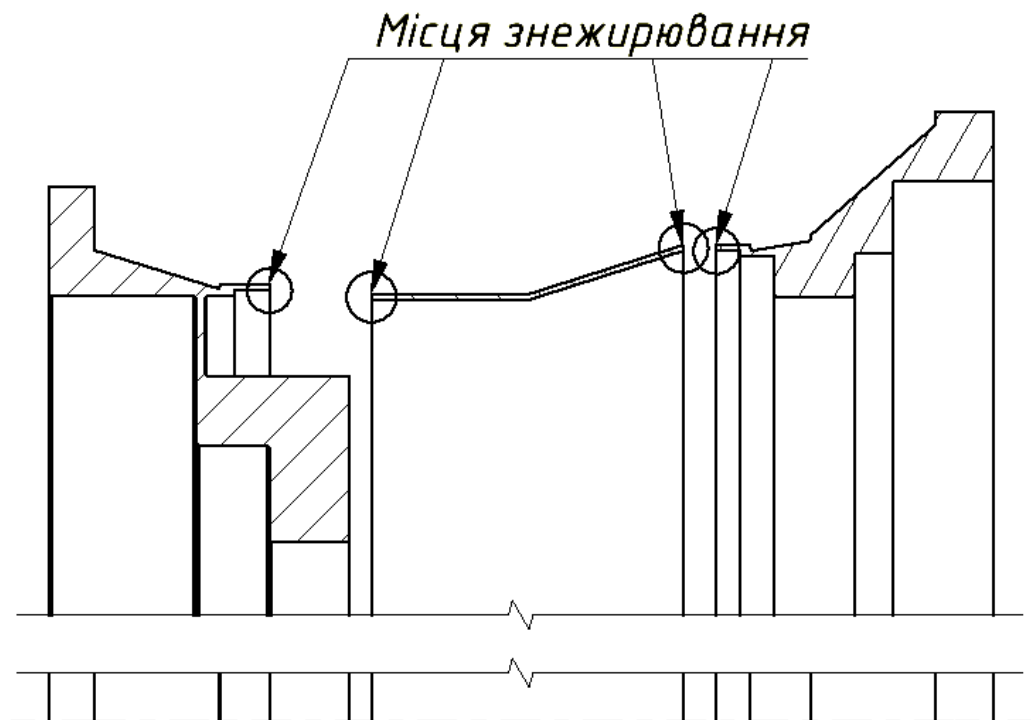


Рисунок 1.7 – Місця знежирювання деталей складальної одиниці

№ 5

Найменування операції : слюсарно-складальна.

Обладнання: верстак слюсарний.

Зміст переходу:

- 1) скласти деталі 1, 2, 3 та перевірити розмір згідно ескізу.
- 2) скласти деталі 1, 2, 3 в спеціальне пристосування.

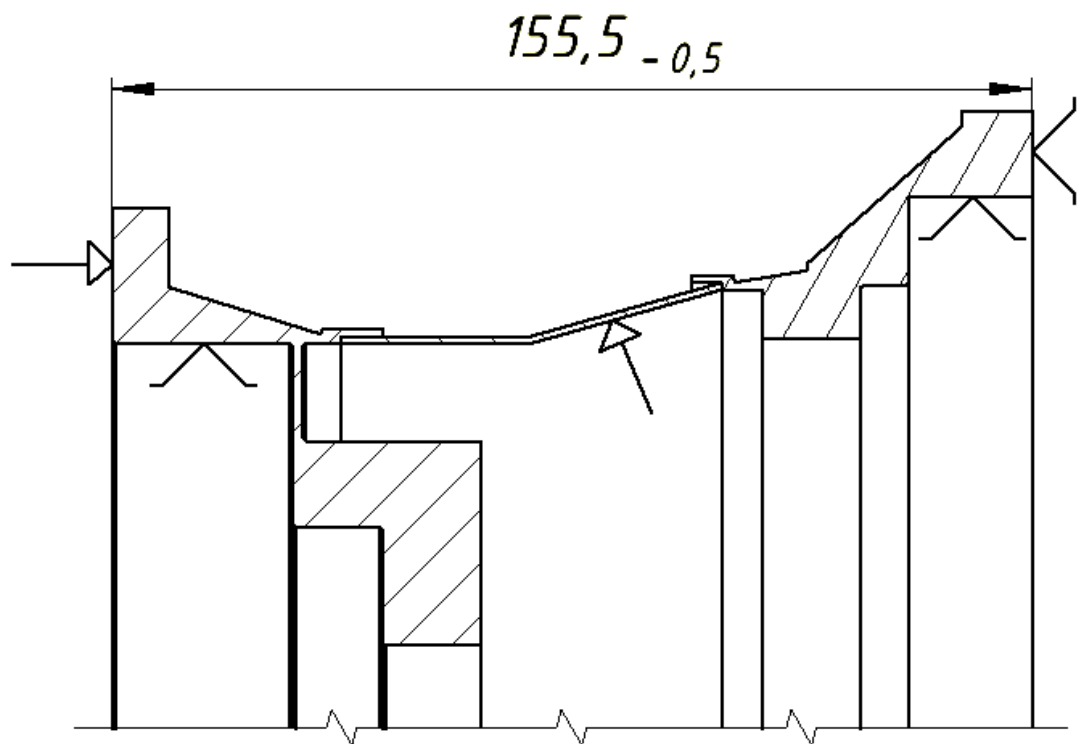


Рисунок 1.8 – Схема складання деталей

Пристосування і інструмент: пристосування У6353-9634, штангенрейсмас ШР-250-0,05 ГОСТ 164-90, щупи – 100 набор 2, клас точності 1 ТУ 2-034-0221197-01191.

№ 6

Найменування операції : дугове зварювання неплавким електродом без присадкового матеріалу;

Обладнання: установка У6353-0929.

Зміст переходу:

1) прихопити ААДЗ деталі 1, 2, 3 згідно рисунку 1.9 [5].

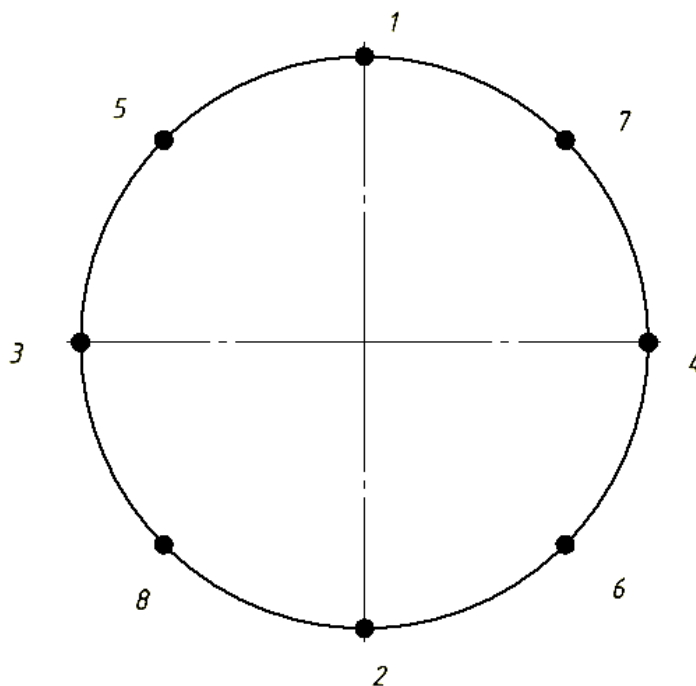


Рисунок 1.9 – Черговість прихоплення деталей

2) контролювати швидкість зварювання.

3) зварити деталі 1, 2, 3 згідно рисунку 1.10.

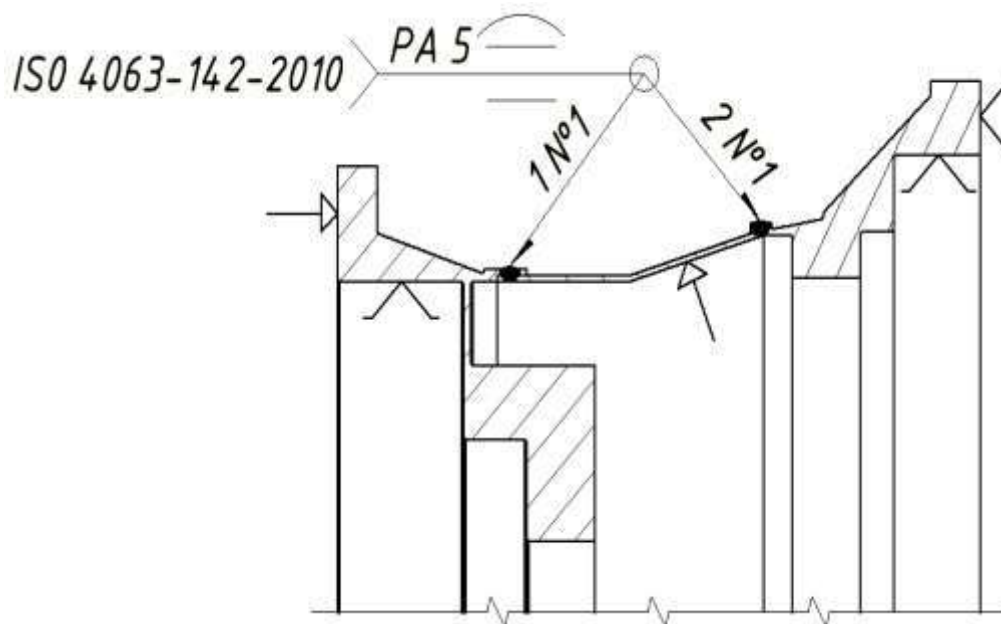


Рисунок 1.10 – Зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

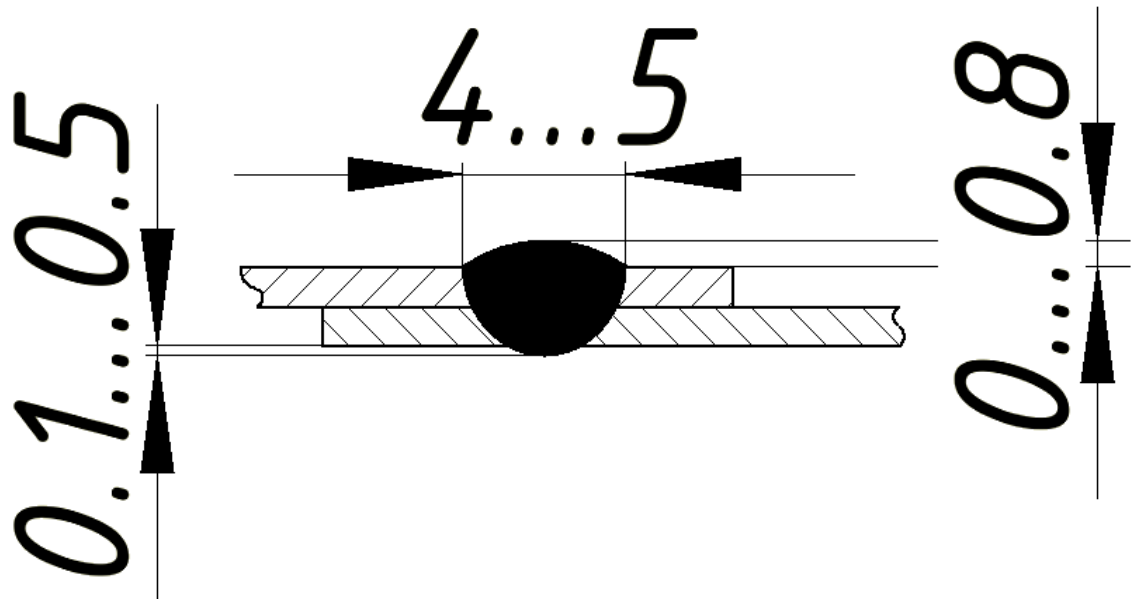


Рисунок 1.11 – Розміри зварного шву

Параметри зварювання:

Положення: нижнє.

Полярність: пряма.

Сила зварювального струму A .: від 70 до 100.

$V_{зв}$ = від 0,4 м / год до 0,6 м / год;

Марка: ЕП 718-ІД, $S = 1,2$ мм;

Вольфрамовий електрод заточити $\varnothing = 1,5$ мм заточений на конус 0,5 мм.

Основний захист л / хв: Аргон від 7 до 8.

4) зняти складальну одиницю з пристосування після повного охолодження.

5) перевірити контролеру якість зварювання зовнішнім оглядом.

Дефекти, допустимі без виправлення:

- подрізи глибиною не більше 1 мм.
- наскрізні пори та раковини діаметром 1 мм площею 6 мм^2 в кількості 3 шт. на довжині 162 мм.

- відхилення розмірів зварних швів в межах $\pm 20 \%$ від встановлених розмірів на довжині 75 мм.

Пристосування і інструмент: пристосування У6353-9634, штангенрейсмас ШР-250-0,05 ГОСТ 164-90, щупи – 100 набор 2, клас точності 1 ТУ 2-034-0221197-01191, мікроскоп МПБ-27, секундомір, лінійка, ротаметр РС-3.

№ 7

Найменування операції: зачистка.

Обладнання: верстак слюсарний.

Зміст переходів:

1) зачистити зварні шви і грубі напливи після зварювання. Врізання в основний матеріал не допускаються.

2) обдуть сухим стисненим повітрям місця зачистки.

Пристосування та інструмент: У5337-0007 пневмомашини, У6403-0463 шарошка, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, круг полірувальний [5].

№ 8

Найменування операції: Маркування;

Зміст переходів:

1) маркування згідно з інструкцією.

Обладнання: верстак слюсарний.

№ 9

Найменування операції: випробування на герметичність.

Обладнання: верстак слюсарний.

Зміст переходів:

1) нанести крейдову обмазку тонким рівномірним шаром на зварні шви з зовнішнього боку. Ширина зони нанесення крейдяної обмазки на зварні з'єднання повинна включати зону поблизу зварного шву.

2) сушити на повітрі не менше 1 години або про дути теплим повітрям. Температура повітря на ділянці випробування повинна бути не менше + 15 °С.

3) провести візуальний контроль якості нанесення і сушці крейдяної обмазки. Відшарування, тріщини, зони чистого металу не допускаються. При виявленні таких дефектів вони повинні бути усунуті повторним нанесенням крейдяної обмазки.

4) змастити зварні шви із внутрішньої сторони гасом як показано на Рисунку 2.10. Час випробування – 5 хвилин після нанесення гасу. Плями палива не допускаються.

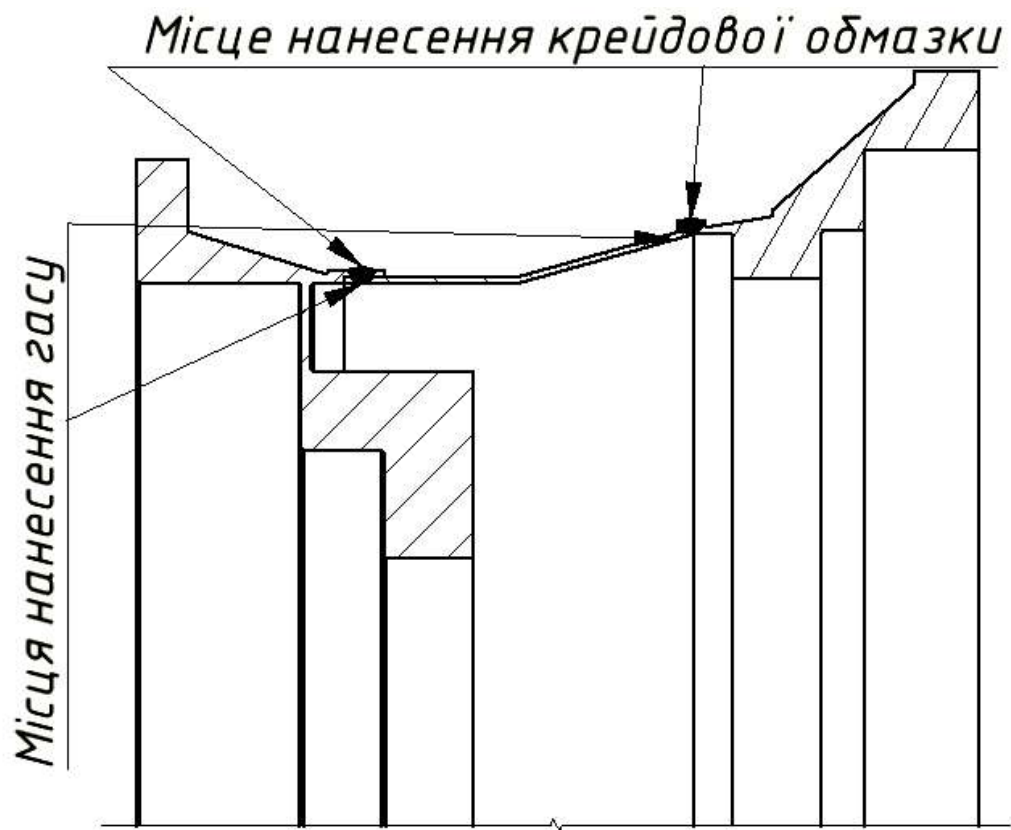


Рисунок 1.12 – Випробування на герметичність складальної одиниці

Примітка: при виявленні негерметичності, відзначити дефектні місця червоним олівцем і виконати підварку дефектних місць згідно даного технологічного процесу.

Пристосування та інструмент: годинник ГОСТ 23350-98 [6].

№ 10

Найменування операції: промивка.

Обладнання: ванна У5871-0226

Зміст переходів:

1) промити складальну одиницю в розчині НАКУР 50 R згідно з інструкцією.

$T = \text{від } 60^{\circ}\text{C до } 80^{\circ}\text{C};$

$t = \text{від } 5 \text{ хв до } 10 \text{ хв.}$

2) промити складальну одиницю в гарячій проточній воді.

$T = \text{від } 60^{\circ}\text{C до } 80^{\circ}\text{C}$

3) обдути сухим стиснутим повітрям до повного видалення вологи.

№ 11

Найменування операції: контроль не руйнуючий з проникаючими речовинами.

Обладнання: камера для фарбування.

Зміст переходів:

1) провести контроль зварних швів за інструкцією і відповідно до ескізу. контроль штрихових випотівання барвника по контрольному зразку.

2) знайдені тріщини відмітити червоним олівцем.

3) провести повторний контроль після підварювання дефекту.

Примітка: підварювання одного і того ж самого дефекту допускається не більше 3-х разів.

Пристосування та інструмент: червоний олівець, лупа ЛП-1-4х ГОСТ 25706-83.

№ 12

Найменування операції: : промивка.

Виконувати по операції № 10.

№ 13

Найменування операції: зачистка.

Обладнання: верстак слюсарний.

Примітка: операція виконується по вказівці майстра.

Зміст переходу:

1) зачистити дефектні місця які відмічені червоним олівцем на зварних швах, до повного видалення дефекту.

Пристосування та інструмент: У5337-0007 пневмомашини, У6403-0463 шарошка.

№ 14

Найменування операції: знежирення, знесмолювання;

Виконувати по операції № 4.

№ 15

Найменування операції: дугове зварювання неплавким електродом з присадковим матеріалом;

Обладнання: зварювальний випрямляч Trans Tig 3000, верстак з витяжкою.

Зміст переходу:

1) провести підварку АДЗ оброблених дефектних місць.

Параметри зварювання:

Положення: нижнє.

Полярність: пряма.

Сила зварювального струму А .: від 40 до 80.

Марка: ЕП 718-ІД, S = 1,2 мм.

Присадковий матеріал: ЕП-533, Ø = від 1.2 мм до 1.6 мм.

Вольфрамовий електрод заточити Ø = від 1 мм до 2.4 мм заточений на конус.

Основний захист л / хв: Аргон від 3,5 до 4.

2) перевірити контролеру якість зварювання зовнішнім оглядом.

Дефекти, допустимі без виправлення:

- підрізи глибиною не більше 0,2 мм товщини зварювальних матеріалів.
- наскрізні пори та раковини діаметром 1 мм площею 6 мм² в кількості 3 шт. на довжині 162 мм.
- відхилення розмірів зварних швів в межах ± 20 % від встановлених розмірів на довжині 75 мм.

Пристосування і інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 [5].

№ 16

Найменування операції: зачистка.

Виконувати по операції № 7

№ 17

Найменування операції: промивка.

Виконувати по операції № 10.

№ 18

Найменування операції: монтаж.

Обладнання: Кран-балка Q = 5000 кг.

Зміст переходу:

- 1) обдуги стисненим повітрям пристосування.
- 2) встановити складальну одиницю в пристосування для гартування.
- 3) стропити ланцюгом.

Пристосування та інструмент: СУ 6358-1121.

№ 19

Найменування операції: транспортування.

Обладнання: електрокар.

Зміст переходу:

- 1) транспортувати складальну одиницю в цех № 3 на гартування в спеціальному пристосуванні.
- 2) стропити пристосування ланцюгом.

Пристосування та інструмент: СУ 6358-1121.

№ 20

Найменування операції: гартування.

Обладнання: піч.

Зміст переходу:

1) провести гартування складальної одиниці після зварювання кільцевих швів по технології цеха № 3.

2) складальна одиниця надходить із цеха № 9 чиста, без слідів мастила, нагару, корозії в пристосуванні СУ 6358-1121 з технологічним маршрутним паспортом.

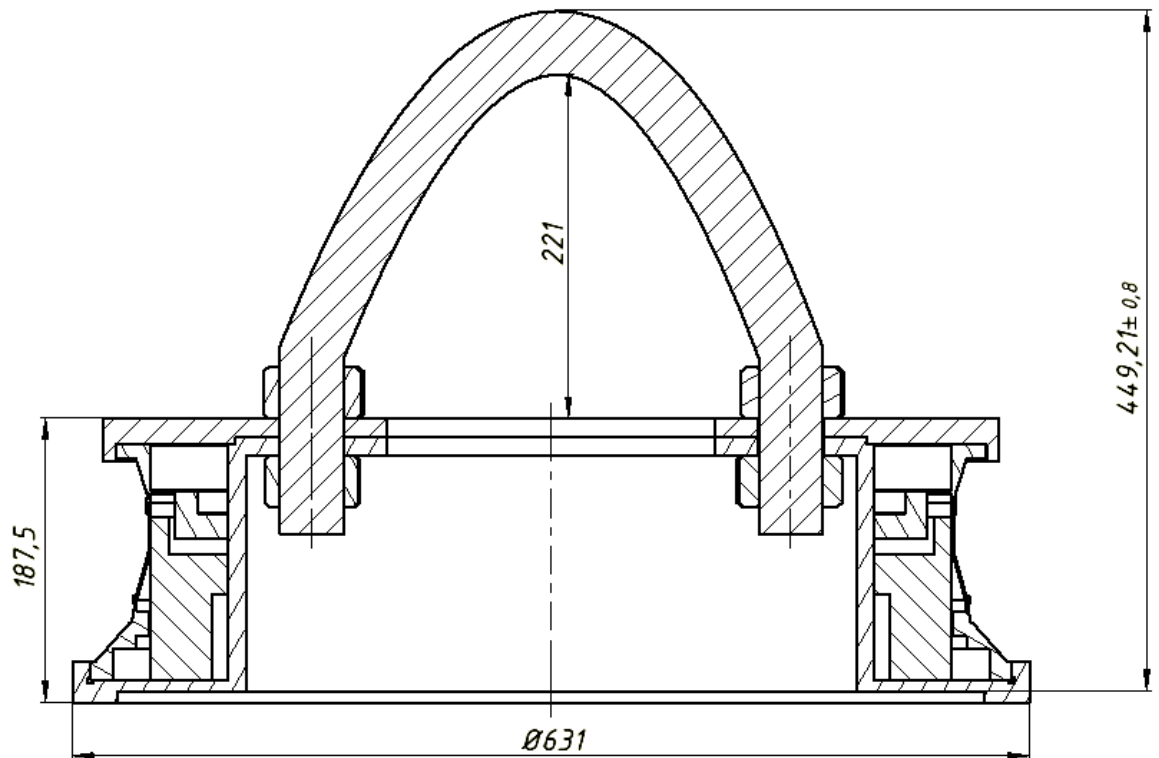


Рисунок 1.13 – Пристосування для гартування складальної одиниці СУ 6358-1121

3) маса складальної одиниці = 7,3 кг.

4) маса в пристосуванні = 85 кг.

5) поверхні деталі 3 (фланець), поверхня деталі 1 (корпус внутрішній), а також зовнішня і внутрішня поверхні деталі 2 (оболонки) остаточно обробленні.

6) матеріал пристосування – сталь 14X17H2.

Пристосування та інструмент: СУ 6358-1121 [6].

№ 21

Найменування операції: демонтаж.

Обладнання: кран-балка Q = 5000 кг.

Зміст переходу:

1) зняти складальну одиницю з пристосування.

№ 22

Найменування операції: контроль не руйнуючий з проникаючими речовинами.

Виконувати по операції № 11.

№ 23

Найменування операції: промивка.

Виконувати по операції № 10.

№ 24

Найменування операції: контроль.

Обладнання: плита перевірна.

Зміст переходу:

1) перевірити складальну одиницю на відсутність дефектів.

2) перевірити якість зварювання зовнішнім оглядом згідно інструкції.

Дефекти, які допускаються без виправлення:

- подрізи глибиною не більше 1 мм.
- наскрізні пори та раковини діаметром 1 мм площею 6 мм² в кількості 3 шт. на довжині 162 мм.

- відхилення розмірів зварних швів в межах $\pm 20\%$ від встановлених розмірів на довжині 75 мм.

3) перевірити розміри зварних швів. Після підварювання допускається подвоєна величина зварних швів.

Пристосування і інструмент: пристосування У5368-0065, штангенрейсмас ШР-250-0,05 ГОСТ 164-90, щупи – 100 набор 2, клас точності 1 ТУ 2-034-0221197-01191, мікроскоп МПБ-27, секундомір, лінійка, ротаметр РС-3 [5].

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО КОРПУСУ АВІАДВИГУНА AI-322

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна для пропозицій щодо його вдосконалення.

В даному дипломному проєкті пропонується новий тип зварювання, а саме електронно-променеве зварювання та модернізація пристосування для складання.

Основні недоліки, виправлення яких, значно вплине на підвищення кількості виробництва без зменшення якості деталей:

- 1) велика кількість технологічних операцій.
- 2) велика ймовірність виникнення дефектів в зварних з'єднаннях.
- 3) недосконалість пристосування для складання та зварювання.
- 4) застаріле обладнання для зварювання.

Всі основні пункти перелічені вище не дають змогу підприємству працювати в повну потужність, що і створює підґрунтя для їх вирішення.

Основною метою вдосконалення технологічного процесу, є здешевшання виробництва, збільшення кількості продукції для більшого прибутку або зменшення використання ресурсів не втрачаючи якості виготовленої деталі яке в підсумку і є підвищення прибутку.

Для покращення виробництва зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 пропонуються основні наступні рекомендації:

- 1) введення нового типу зварювання, за для зменшення кількості дефектів а отже часу на їх усунення;
- 2) модернізація зварювальної установки для підвищення продуктивності зварювання шляхом нововведень.

3) поліпшення або розробка нового пристосування для складання та зварювання, для меншої витрати часу даної операції на одну деталь;

4) поєднування пристосувань для складання та зварювання в одне, щоб зменшити кількість операцій за для економії часу та втрати на транспортування;

5) дорогий але сильнодіючий метод – це роботизація зварювання.

Це основні рекомендації щодо поліпшення технологічного процесу, можна використовувати один із списку, або за для максимального ефекту комбінувати.

2.2. Суть електронно-променевого зварювання та його переваги над аргоно-дуговим зварюванням

Причинами впровадження нового типу зварювання є значні недоліки діючого автоматичного аргоно-дугового зварювання для даної деталі та великі переваги впровадженого електронно-променевого зварювання:

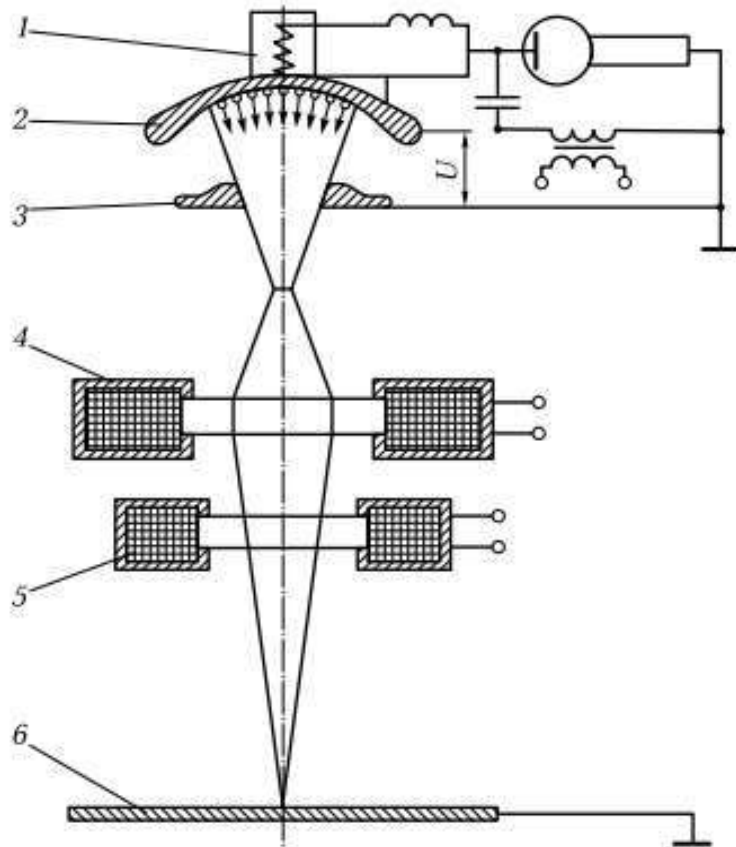
- 1) недоліки даного автоматичного аргоно-дугового зварювання:
 - мала продуктивність виду зварювання;
 - застаріле обладнання;
 - можливе виникнення дефектів при протягу в цеху, або не якісного газу.
 - велика зона термічного впливу, що може призвести до короблення деталі та залишкових напружень.
- 2) переваги електронно-променевого виду зварювання:
 - мала зона термічного впливу, так зване «кинджальне проплавлення»;

- велика концентрація теплоти що вводиться, не тільки на поверхні, а й на глибині зварювального матеріалу;
- в розплавленому металі відсутність насичення газами;
- для проплавлення необхідна менша кількість теплоти ніж для дугового зварювання.
- зварювання проводиться у вакуумній камері, що виключає можливість виникнення дефектів із-за неякісного захисту зварного шву.

Сучасна електронно-променева установка (ЕЛУ) – це складний комплекс обладнання, що включає електронну гармату з електронно-оптичними системами, джерела електроживлення високої напруги від 20 кВ до 150 кВ, системи вакуумного відкачування, роботизовані системи переміщення гармати або вироби з оснащенням, автоматизовані системи управління та реєстрації параметрів процесу. Розробка та експлуатація такого обладнання вимагає від фахівця наявність знань у різних галузях теоретичних і прикладних наук електронної оптики, радіоелектроніки, вакуумної техніки, електротехніки та силової електроніки, електромеханіки та систем управління [6].

Сутність процесу електронно-променевої обробки полягає в тому, що кінетична енергія сформованого у вакуумі потоку електронів перетворюється на теплову енергію в зоні взаємодії з оброблюваним матеріалом.

При взаємодії пучка прискорених електронів з оброблюваним матеріалом виробу забезпечується можливість концентрації енергії у всьому діапазоні термічного впливу (від 10^3 Вт / см^2 до 10^9 Вт / см^2). Ця перевага робить електронний пучок високоефективним інструментом для здійснення таких технологічних процесів, як зварювання, термообробка, плавка, рафінування, випаровування, різання, перфорація та ряду інших. Галузь застосування електронно-променевої технології постійно розширюється, з безперервним удосконаленням устаткування [7].



1 – катод; 2 – прикатодний електрод; 3 – прискорюючий електрод (анод); 4 – фокусуюча магнітна лінза; 5 – магнітна відхилююча система; 6 – зварювана деталь

Рисунок 2.1 – Схема електронно–променевої гармати [8]

Структура та склад основних елементів типової електронно-променевої установки:

Технологічна електронно-променева установка (ЕЛУ) – це технологічна машина для обробки матеріалів за допомогою сфокусованого в пляму малих розмірів електронного пучка (діаметр сфокусованої плями може становити десятки або навіть соті частки міліметра). Його формування здійснюється у спеціальному пристрої, який називається електронно-променевим генератором або електронною гарматою. Типова структура ЕЛУ

представлена на рисунку 2.2. Усі, що входять до неї елементи можна умовно поділити на дві групи:

- енергетичний комплекс (енергоблок) – це апаратура, призначена безпосередньо для формування пучка електронів із заданими параметрами (які визначаються товщиною, теплофізичними характеристиками матеріалів, що зварюються, а також вимогами до коефіцієнта форми шва), управління його інтенсивністю та положенням у просторі;

- електромеханічний комплекс – це апаратура, яка не має безпосереднього відношення до пучка електронів, а призначена для герметизації та вакуумування робочого об'єму, забезпечення взаємного переміщення електронного променя та виробу, що зварюється та управління всіма цими процесами. Енергетичний комплекс ЕЛУ включає електронну гармату з джерелом живлення та системою управління. Електромеханічний комплекс включає до свого складу вакуумну камеру з вакуумною системою, систему позиціонування та переміщення деталі, систему спостереження за ходом процесу та ін. Вакуумна камера як базовий елемент ЕЛУ є одним з найбільш важливих та складних вузлів та визначається видом технологічного процесу. Найчастіше використовуються циліндричні та прямокутні вакуумні камери, виготовлені за допомогою зварювання з низьковуглецевих конструкційних сталей (наприклад, сталь 20) [6].

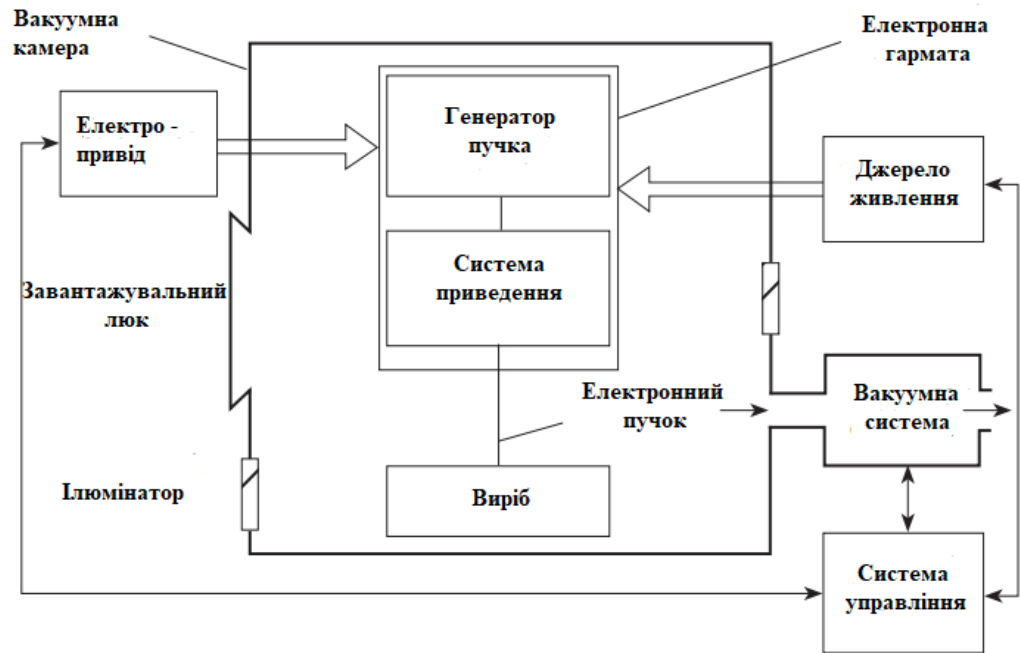


Рисунок 2.2 – Структурна схема технологічної електронно-променевої установки [6]

Ілюмінатори ЕЛУ виконуються з товстого скла, що витримує тиск атмосферного повітря, та спеціального свинцевого скла для захисту від рентгенівського випромінювання. За рахунок випаровування металу ілюмінатори інтенсивно запилюються, що призводить до різкого погіршення видимості. Для боротьби із запиленням використовують різні пристрої із плівками, які змінюють у міру запилення.

Електронна гармата, що входить до складу енергетичного блоку, є основним елементом електронно-променевої установки, що безпосередньо відповідає за формування електронного пучка. До складу електронної гармати входять генератор електронного пучка та система проведення його до виробу, що обробляється. Електронна гармата може бути нерухомою, закріпленою на вакуумній камері, або рухомий, що переміщається щодо нерухомого виробу (при зварювання великогабаритних виробів складної форми). В останньому випадку особливі вимоги висуваються до

високовольтного кабелю, що з'єднує електронну гармату з джерелом живлення [6].

Генератор електронного пучка – це система електродів електронної гармати, що служить для формування пучка електронів. Найбільшого поширення набув триелектродний генератор, де крім катода і анода є керуючий електрод, що дозволяє, подібно сітці в електронній лампі, керувати силою струму пучка.

Система проведення слугує для забезпечення заданого розміру плями нагріву, щільності потужності (струму) у цій плямі, а іноді і для розподілу щільності потужності по радіусу плями нагріву, запобігаючи втраті потужності пучка. Крім того, зона обробки може розташовуватися і не по осі пучка, вона може розташовуватися в різних 12 точках площини, і навіть різних площинах, переміщатися в часі та ін. Система проведення, таким чином, виконує дві обов'язкові функції – це фокусування та відхилення, які можуть бути як статичними, і динамічними процесами [6].

Джерело живлення ЕЛУ служить для подачі високого прискорюючої напруги від 20 кВ до 150 кВ на катод щодо анода і замикаючого напруги від 0 кВ до 3 кВ на керуючий електрод щодо катода. Важливою вимогою є стабільність цих напруг у часі не менше як від 0,5 % до 1 %, для виключення пульсацій струму пучка понад 5 %. Обов'язково передбачається плавне регулювання зазначених напруг під час роботи електронної гармати. Стабілізація струму пучка забезпечується за рахунок негативного зворотного зв'язку у джерелі живлення.

Блок живлення відхиляючих та фокусуєчих систем дозволяє змінювати силу струму в котушках відповідних систем. Тим самим проводиться переміщення пучка повідомленої траєкторії та досягається необхідний рівень його фокусування.

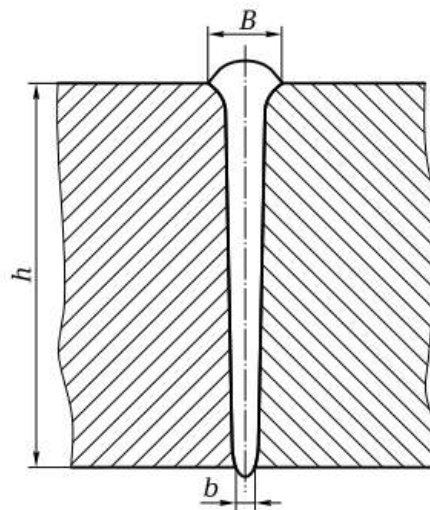
Система управління ЕЛУ забезпечує управління електроприводами переміщення виробу та електронною гарматою, а за високого рівні

автоматизації та управління блоками джерела живлення та вакуумною системою, аж до повної автоматизації роботи установки від моменту завантаження в камеру до моменту вивантаження виробу.

Електропривод – механізм переміщення (як ручного, так і автоматичного) електронної гармати або виробу в процесі підготовки та технологічної обробки. Він повинен забезпечувати режим позиціонування (висока швидкість відпрацювання зміщення та точність положення зупинки) та режим переміщення, коли важливі висока стабільність швидкості та плавне її регулювання [6].

Параметри електронно-променевого зварювання:

Основними параметрами процесу ЕПЗ є прискорююча напруга, кВ; струм променю, мА; струм фокусуючої лінзи, мА; швидкість зварювання, м / год; відстань від гармати до виробу - робоча відстань, мм; робочий тиск у камері, Па.



h – Глибина проплавлення; b – ширина проплавлення; B – ширина шву

Рисунок 2.3 – Типова форма зварного шву при електронно-променевому зварюванні [8]

При зварюванні зі скануванням променю в число основних регульованих параметрів режиму входять частота коливань (f , Гц) і струм в системі, що відхиляє, визначальний при заданому робочому відстані амплітуду коливань променю [7].

1. Прискорююча напруга. У сучасних електронно-променевих гарматах напруга, що прискорює, залишається постійною. У разі збільшення U_{nps} , глибина проплавлення зростає. Ширина шва росте значно меншою мірою.

2. Струм променю. Зі зростанням струму променю глибина проплавлення за інших рівних умов зростає. Зростає також ширина шва, оскільки зі зростанням струму збільшується діаметр пучка.

Струм фокусууючої лінзи. Струм фокусування – це основний регульований параметр, яким змінюють питому потужність плями нагріву.

3. Швидкість зварювання. Характер залежності параметрів шва від швидкості процесу при електронно-променевому зварюванні якісно однаковий для всіх способів зварювання плавленням: зі збільшенням швидкості зварювання $v_{св}$, зменшуються глибина проплавлення H і B ширина шва.

4. Робоча відстань. Характер залежності параметрів шва від робочої відстані L за інших рівних умов. При малих робочих відстанях більше пари звання потрапляє в гармату і більша ймовірність високовольтних пробойів. При дуже великій робочій відстані. виходить пучок з малим кутом збіжності і плямою більшого розміру в площині оптимального (гострого) фокусування. Оптимальна відстань, що забезпечує максимальну глибину проплавлення шва, знаходиться між крайніми значеннями. При відхиленні робочої відстані від оптимальної як в одну, так і в іншу сторону глибина проплавлення зменшується [7].

2.3 Аналіз існуючого обладнання для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 та причини його модернізації

Обладнання для складання під зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна підприємства ПАТ «Мотор Січ» є надійним, але морально застарілим та займає багато часу на складання даної деталі.

Переваги та недоліки пристосування для складання:

Переваги:

- надійність конструкції, оскільки практично не має рухомих деталей.
- простота конструкції, що зменшує час складання.

Недоліки:

- ручне припасування деталі, що значно збільшує час складання, втомлює працівника та велика ймовірність похибки при збиранні.
- виходячи з цього, виправивши недоліки обладнання, можна суттєво зменшити час складання а як наслідок і вплинути на час виготовлення однієї продукції і застою зварювального обладнання, а також менше втомлювати робітників.

Існуюче обладнання для складання приведені на рисунку 2.4.

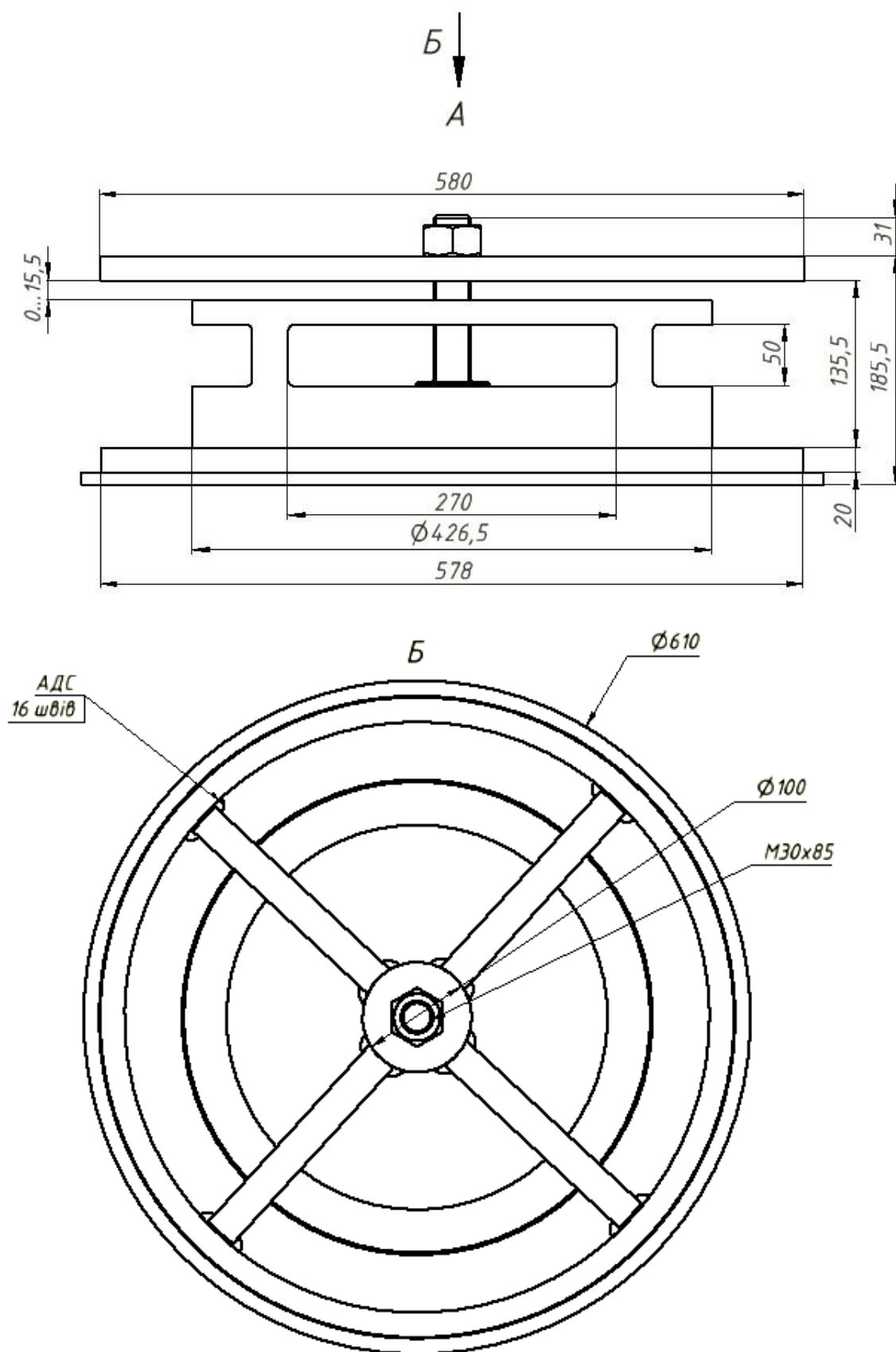
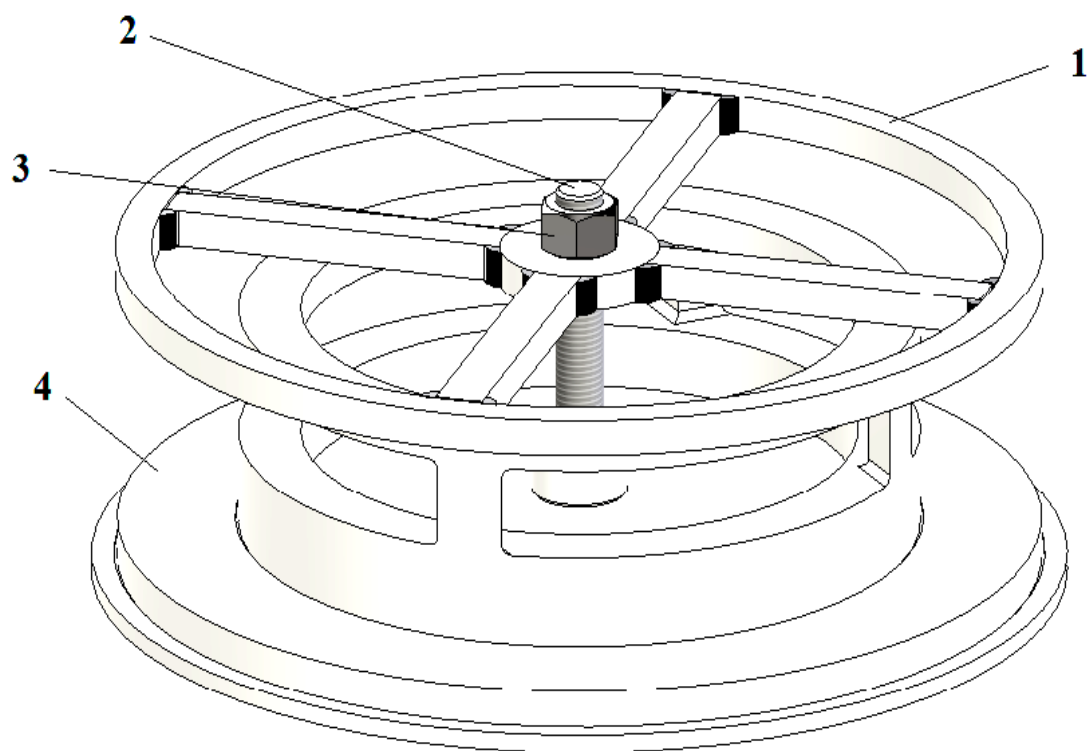


Рисунок 2.4 – Обладнання для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

Для наочності обладнання було зроблено 3-Д модель, яка показана на рисунку 2.5.



1 – притискаюча кришка; 2 – болт; 3 – гайка М 30; 4 – база

Рисунок 2.5 – 3-Д модель обладнання для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

**З ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО
ЗВАРЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО КОРПУСУ АВІАДВИГУНА АІ-322
ЗІ СПЛАВУ ХН45МВТЮБР-ІД**

Технологія електронно-променевого зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна АІ-322 наступна:

1) скласти деталі 1, 2, 3 в спеціальне пристосування та перевірити розмір згідно рисунку 3.1;

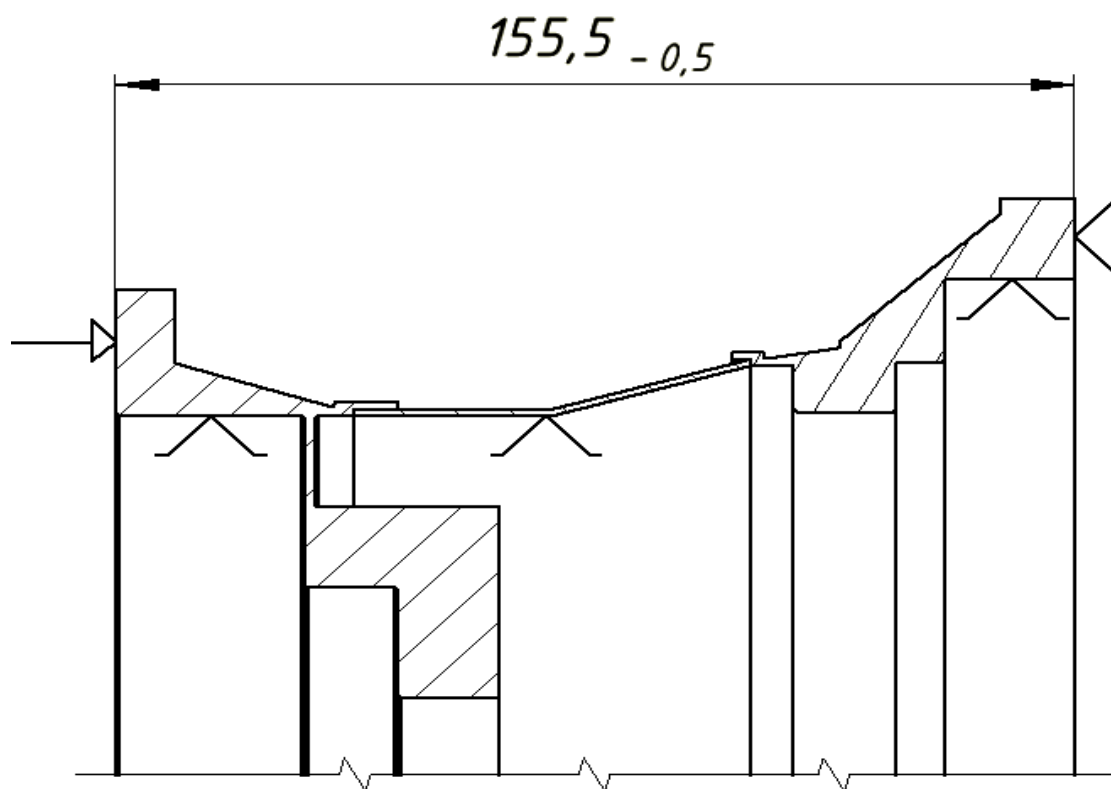


Рисунок 3.1 – Схема складання деталей

2) прихопити АДЗ деталі 1, 2, 3 згідно рисунку 3.2;

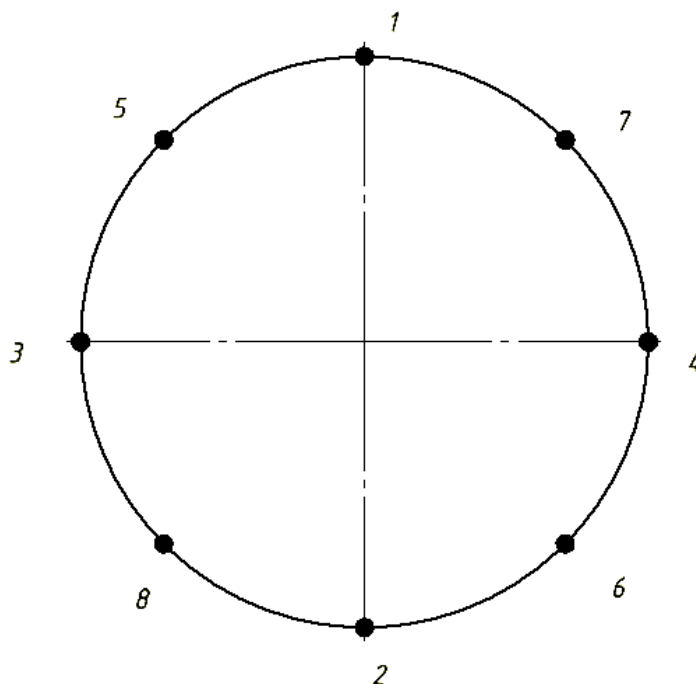
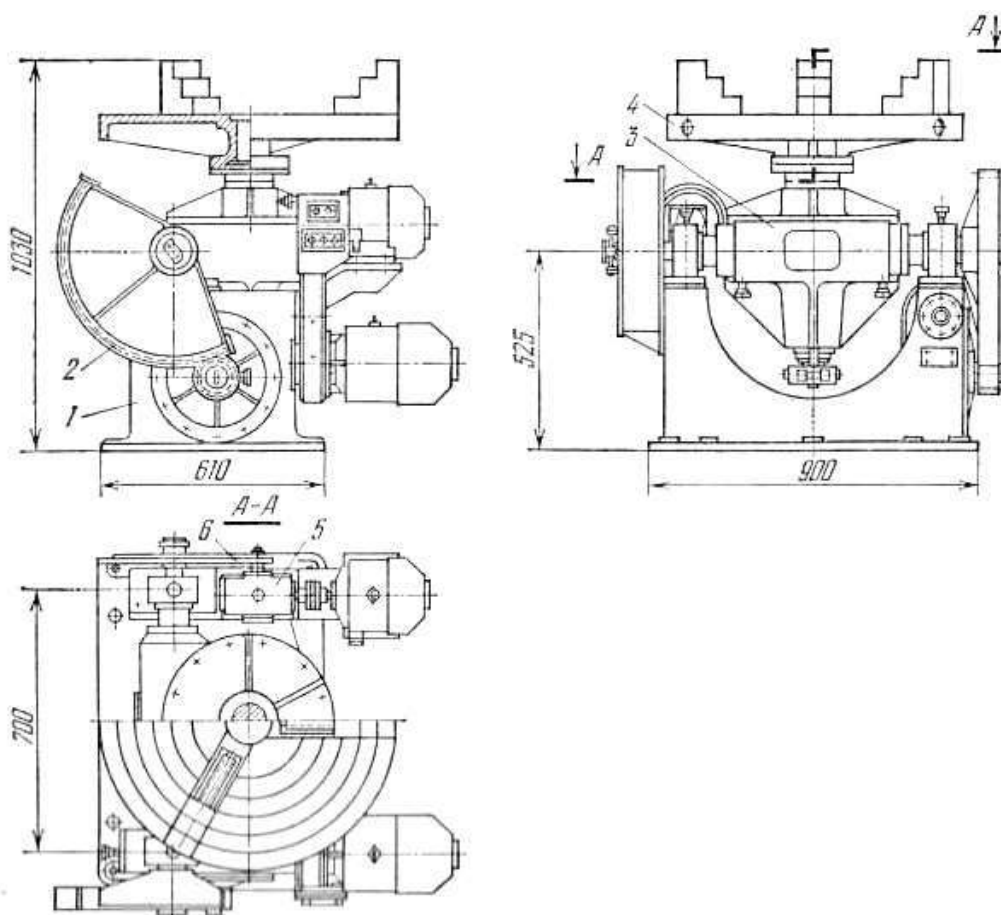


Рисунок 3.2 – Черговість прихоплення деталей

- 3) зняти деталь з пристосування для складання;
- 4) установка внутрішнього корпусу для зварювання в установку «ЭЛУ-9Б», а саме закріплення деталі в патроні по внутрішньому діаметрі після складальної операції;
- 5) завантаження деталі в вакуумну камеру для зварювання;
- 6) створення вакууму;
- 7) зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 згідно з рисунком 3.4;
 - зварювання кільцевого шву в нижньому положенні № 1 (рисунок 3.3);
 - зварювання кільцевого шву в нижньому положенні № 2 (рисунок 3.4);



1 – маніпулятор; 2 – механізм нахилу; 3 – поворотна траверса; 4 – планшайба; 5 – механізм обертання планшайби; 6 – шестерні

Рисунок 3.1 – Маніпулятор установки для обертання деталі «ЭЛУ-9Б»

- 8) контролювати процес зварювання.
 - 9) вивантаження деталі зі зварювальної установки.
 - 10) зняти складальну одиницю з пристосування після повного охолодження.
 - 11) перевірити контролеру якість зварювання зовнішнім оглядом.
- Дефекти, допустимі без виправлення:
- підрізи глибиною не більше 1 мм.
 - наскрізні пори та раковини діаметром 1 мм площею 6 мм^2 в кількості 3 шт на довжині 162 мм.

- відхилення розмірів зварних швів в межах $\pm 20\%$ від встановлених розмірів на довжині 75 мм.

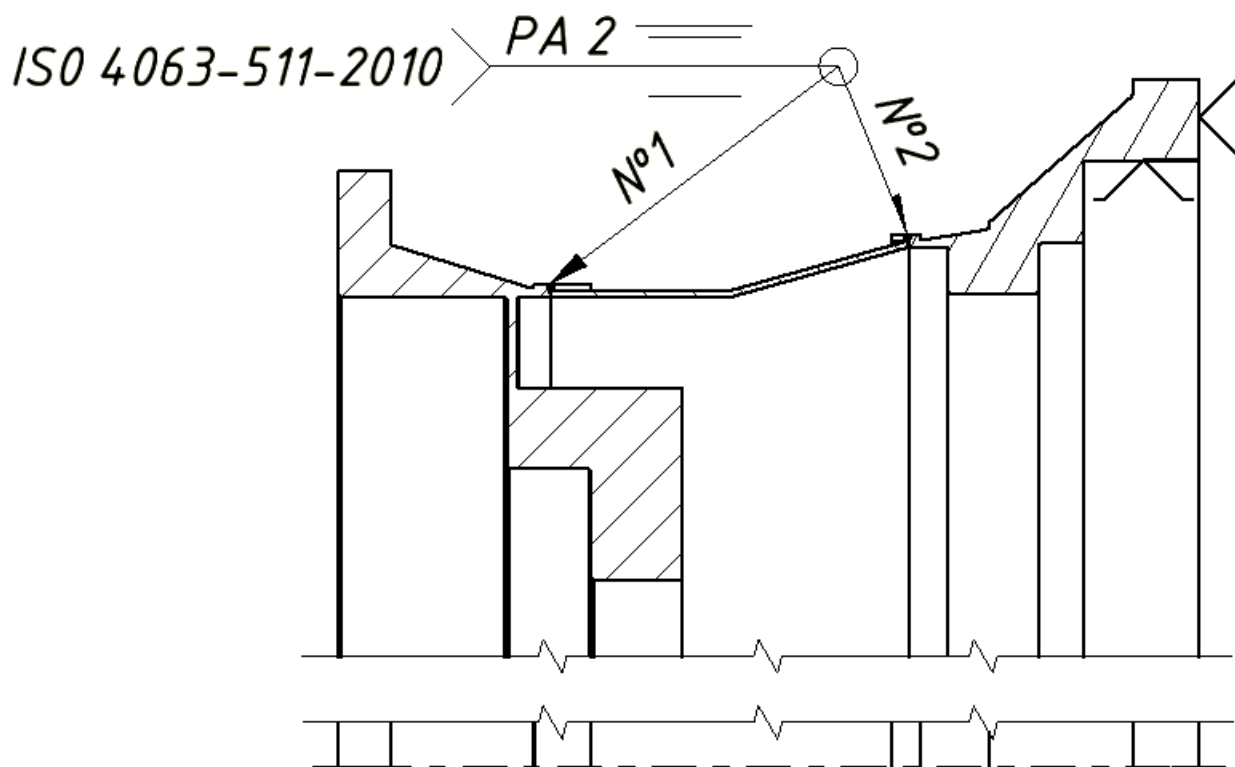


Рисунок 3.4 – Електронно-променеве зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

Зварні шви виконані електронно-променевим зварюванням зображені на рисунку 3.5 та рисунку 3.6.

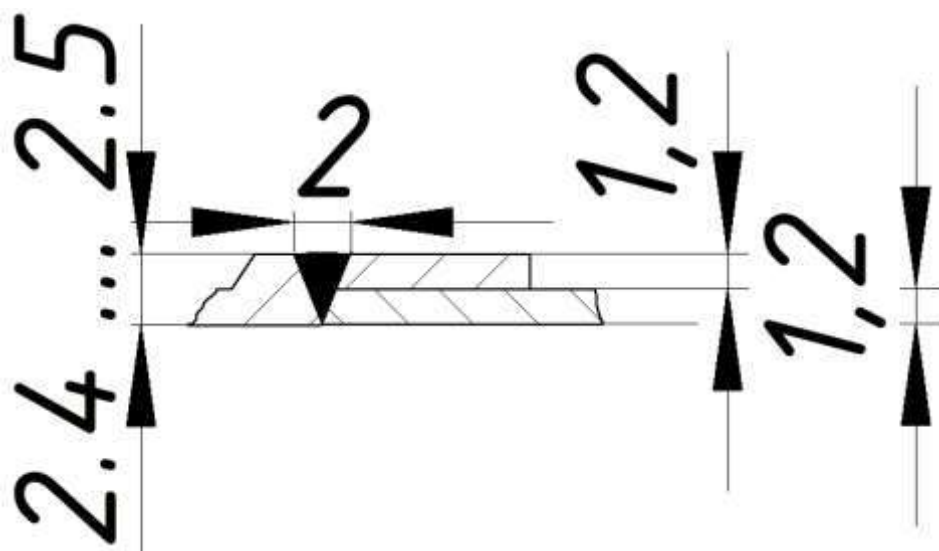


Рисунок 3.5 – Шов электронно-променевого зварювання № 1

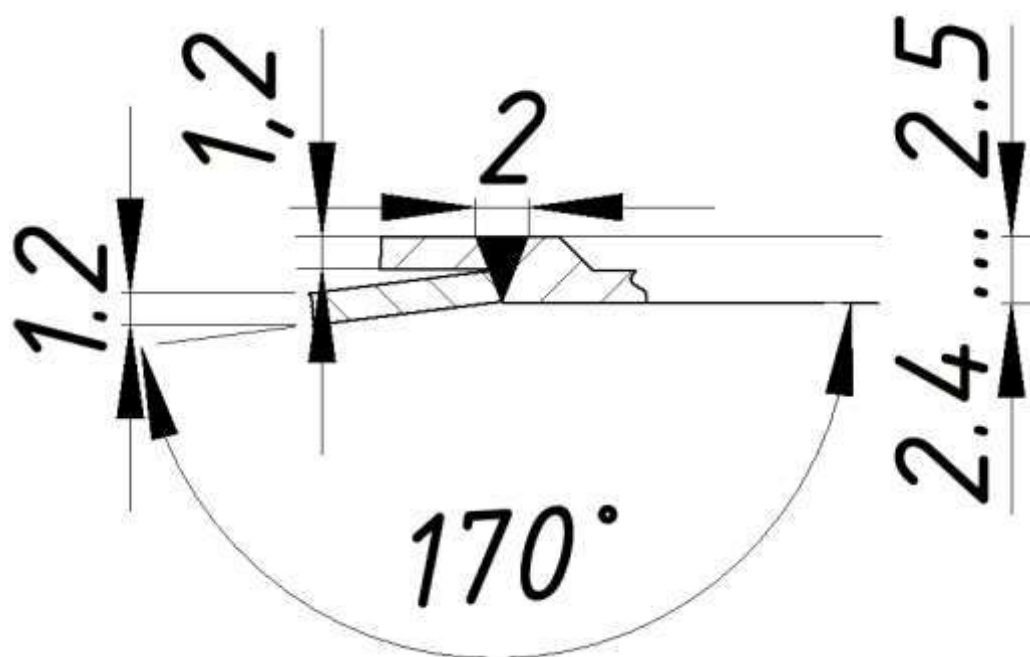


Рисунок 3.6 – Шов электронно-променевого зварювання № 2

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ЗВАРЮВАННЯ СПЛАВУ ХН45МВТЮБР-ІД

У цьому розділі розглянуто підвищення стабільності формування зварних з'єднань жароміцного сплаву ХН45МВТЮБР-ІД сумарною товщиною 2,4 мм за допомогою результатів даної дисертації [9].

Досягнення зазначеної мети вирішувалися такі задачі:

- вивчався механізм проплавлення сплаву електронним пучком;
- досліджувалася структура та властивості зварних з'єднань.

У роботі наведено експериментальні дані досліджень з електронно-променевого зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД. Проведено металографічне дослідження одержаних зварних з'єднань, вивчені механічні характеристики зварних з'єднань залежно від режимів зварювання, структура та хімічний склад.

При надходженні сплаву ХН45МВТЮБР-ІД, перед запуском дослідження, було проведено 100 % контроль марки матеріалу у стані постачання. Було проведено хімічний аналіз зразка від плавки на вміст вуглецю, нікелю, хрому, молібдену, вольфраму, титану, алюмінію та ніобію. Також, на термооброблених зразках було здійснено контроль межі міцності та відносного подовження.

Дослідження було проведено на зварювальній установці «ЭЛУ-9Б» (рисунок 3.1) яка призначена для зварювання електронним променем у вакуумі (5×10^{-5} мм рт. ст.) кільцевих швів у щілинній конструкції на виробках, розташованих у вертикальній та горизонтальній площинах, а також, для зварювання виробів з поздовжніми швами. Вона дозволяють проводити зварювання циліндричних виробів під кутом нахилу планшайби щодо горизонтальної осі вгору на 90° [9].

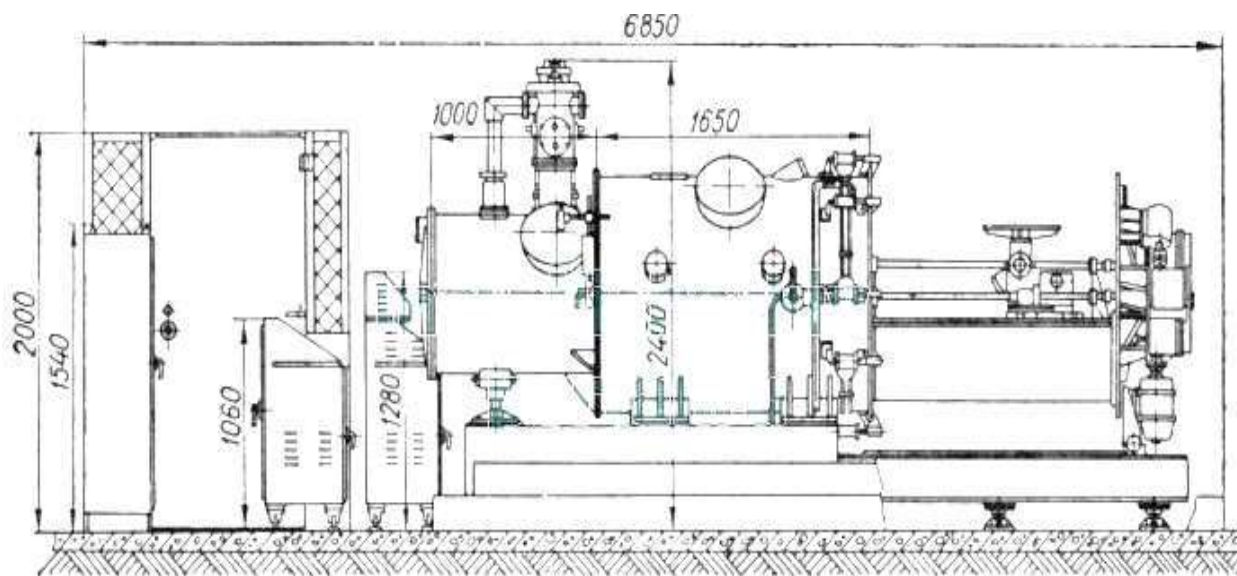


Рисунок 4.1 – Установка для электронно-променевого зварювання
«ЭЛУ-9Б» [10]

Виконання установки – горизонтальне. Установки комплектуються оптичними трубками спостереження огляду місця зварювання. Для отримання вакууму в камері застосовуються форвакуумний насос для попередньої відкачування та вакуумний агрегат для остаточного відкачування до ступеня розрядження 5×10^{-5} мм рт. ст.. Ця установка має внутрішній об'єм камери 4 м^3 . Дані установки укомплектовані універсальним зварювальним маніпулятором, електронно-променевою апаратурою ЕЛТА-60.15 потужністю 60 кВт, до якої входить електронна гармата з катодом непрямого підігріву та інверторне високовольтне джерело живлення [11].

Електронно-променева гармата (ЕПГ) встановлена зовні робочої вакуумної камери. Як джерело електронів використовується катод із непрямым підігрівом. Катод виконаний у вигляді таблетки діаметром 4,7 мм із гексабориду лантану (LaB_6).

Для відсікання катодно-анодної області гармати від об'єму вакуумної камери в гарматі є вакуумний затвор. Фокусуюча лінза служить для отримання гострофокусованого пучка електронів [12].

Підбір оптимального режиму електронно-променевого зварювання на зразках проводився, виходячи з умови отримання якісного зварного шва з мінімальною шириною ванни та необхідною глибиною провару, для гарантованого провару зварних кромок [13].

Для наочного аналізу геометричних розмірів було проведено безліч експериментів зварювання сплаву ХН45МВТЮБР-ІД, щоб побудувати діаграми при швидкостях зварювання 6 мм / с та 11 мм / с (рисунок 4.2 – 4.7). Відстань від електронно-променевої гармати до виробу ~ 300 мм.

На діаграмі (рисунок 4.2) видно, що ширина зварного шва кількісно однакова від 2,9 мм до 5,0 мм, при збільшенні струму лінзи, що фокусує, більше 757 мА збільшується за всіх струмів променю.

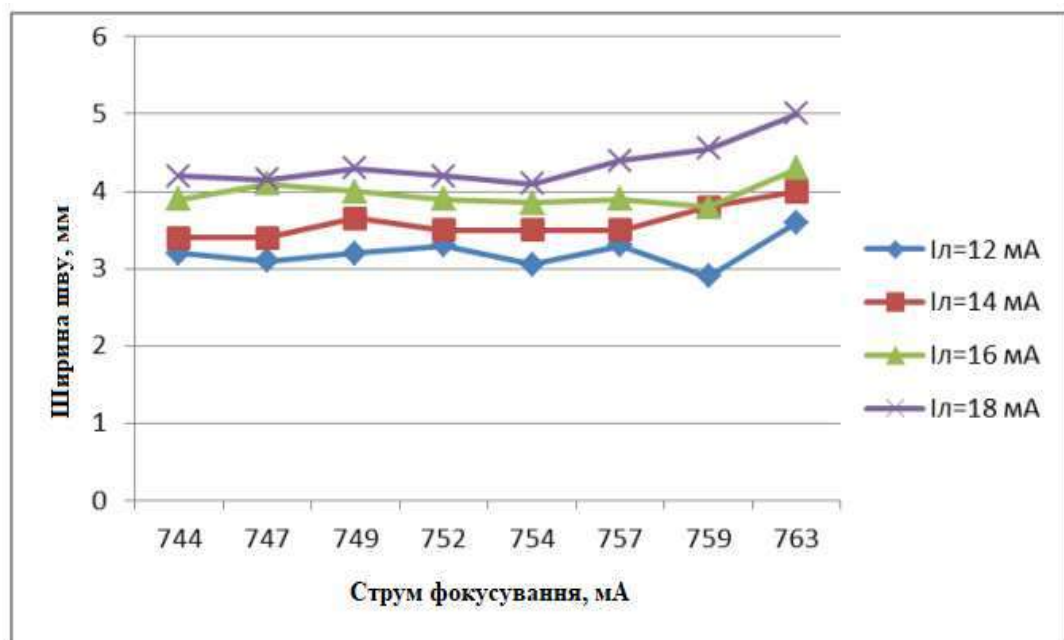


Рисунок 4.2 – Діаграма залежності ширини зварного шву від струму фокусування при швидкості зварювання 6 мм / с [9]

На діаграмах рисунків 4.3 та 4.4 видно, що глибина провару зростає з збільшенням струму зварювання та струму фокусувальної лінзи.

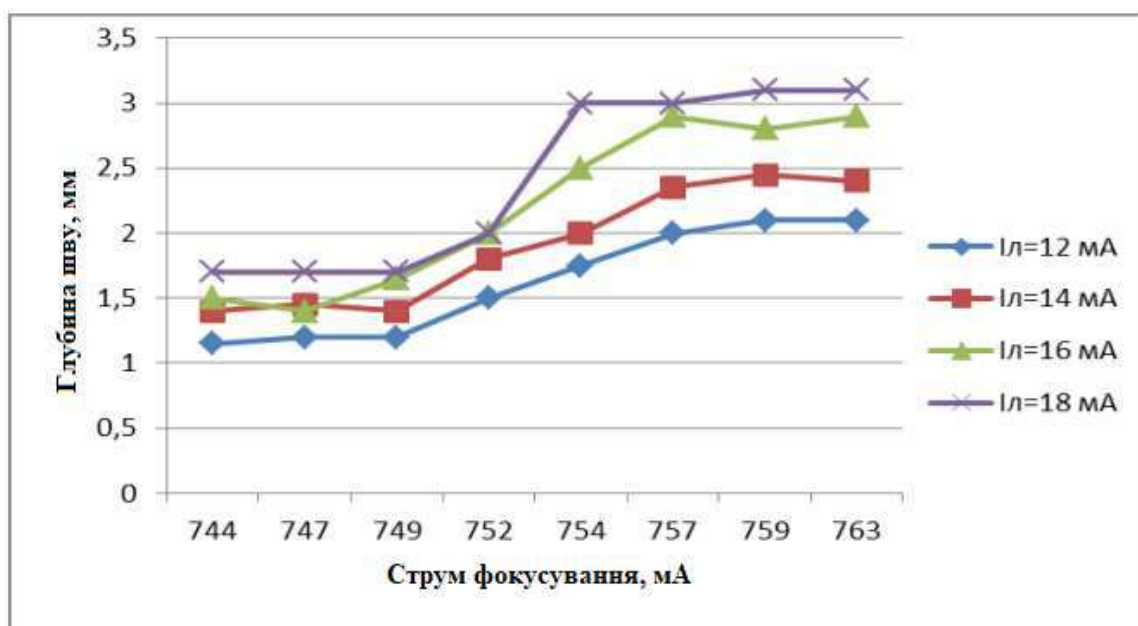


Рисунок 4.3 – Діаграма залежності глибини зварного шву від струму фокусування при швидкості зварювання 6 мм / с [9]

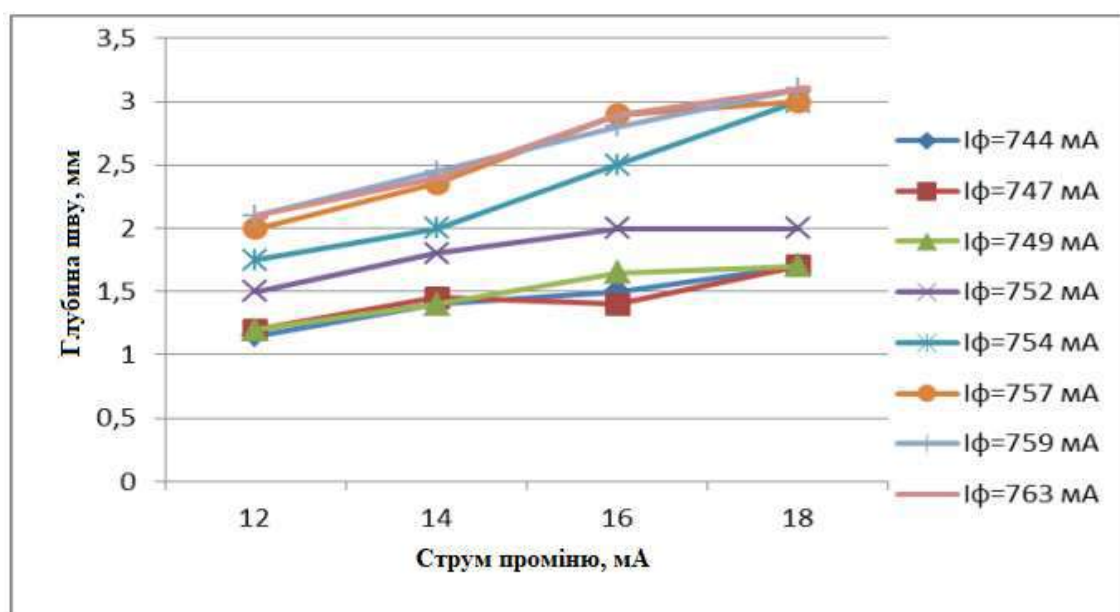


Рисунок 4.4 – Діаграма залежності глибини зварного шву від струму променя при швидкості зварювання 6 мм / с [9]

На діаграмі рисунку 4.5 видно, що ширина зварного шва зменшується з збільшенням струму фокусуючої лінзи або (та) швидкості і становить від 1,9 мм до 4,2 мм.

На діаграмах рисунків 4.6 та 4.7 видно, що величина провару зварного шва зростає зі збільшенням струму зварювання і струму лінзи, що фокусує. З збільшенням струму лінзи, що фокусує, ширина ванни зменшується, а глибина зростає.

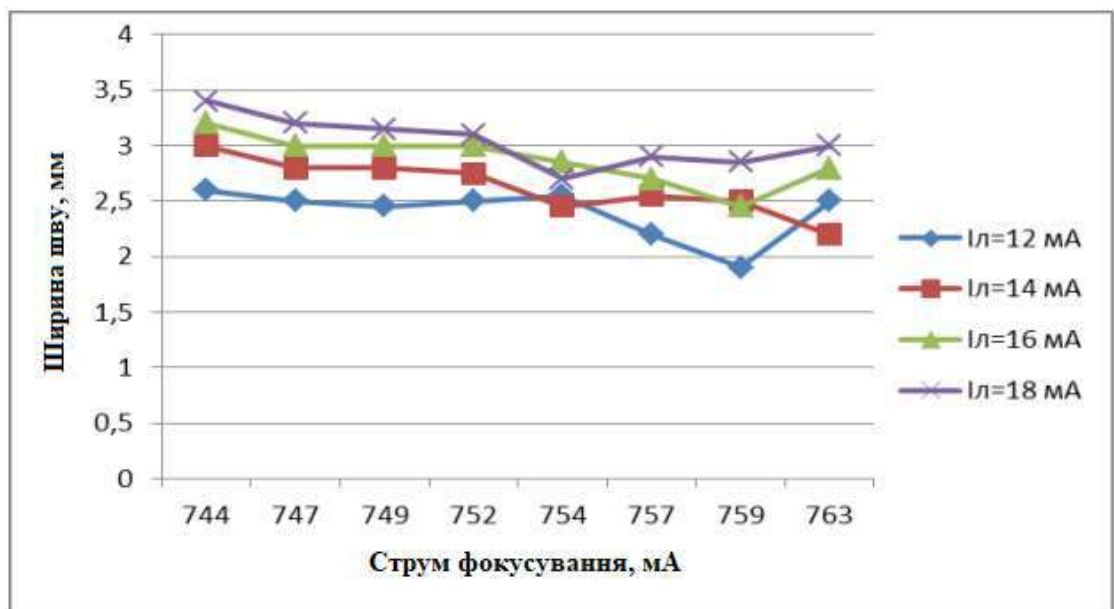


Рисунок 4.5 – Діаграма залежності ширини зварного шву від струму фокусування при швидкості зварювання 11 мм / с [9]

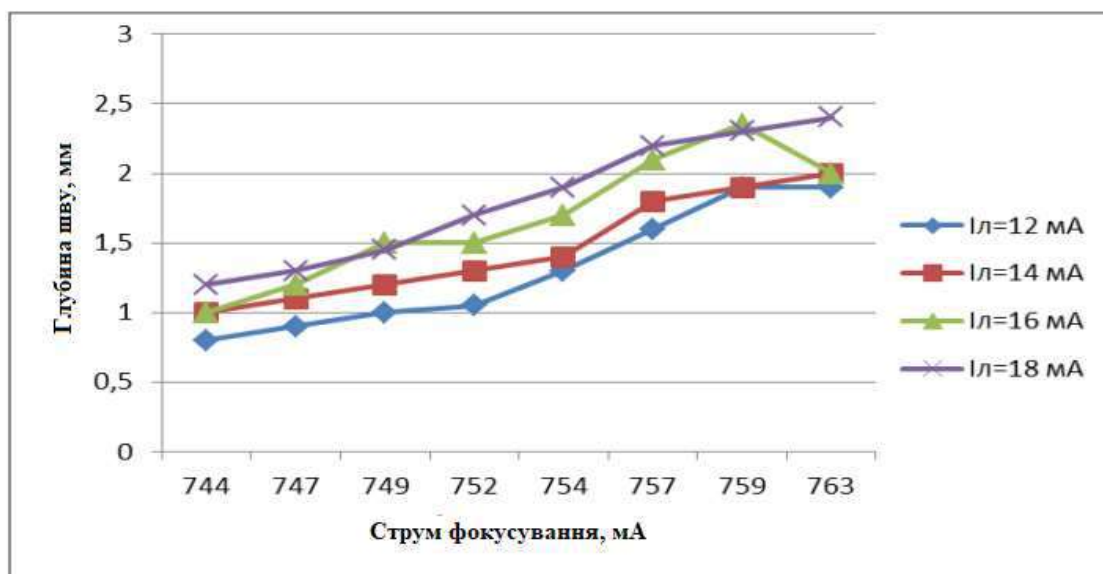


Рисунок 4.6 – Діаграма залежності глибини зварного шву від струму фокусування при швидкості зварювання 11 мм / с [9]

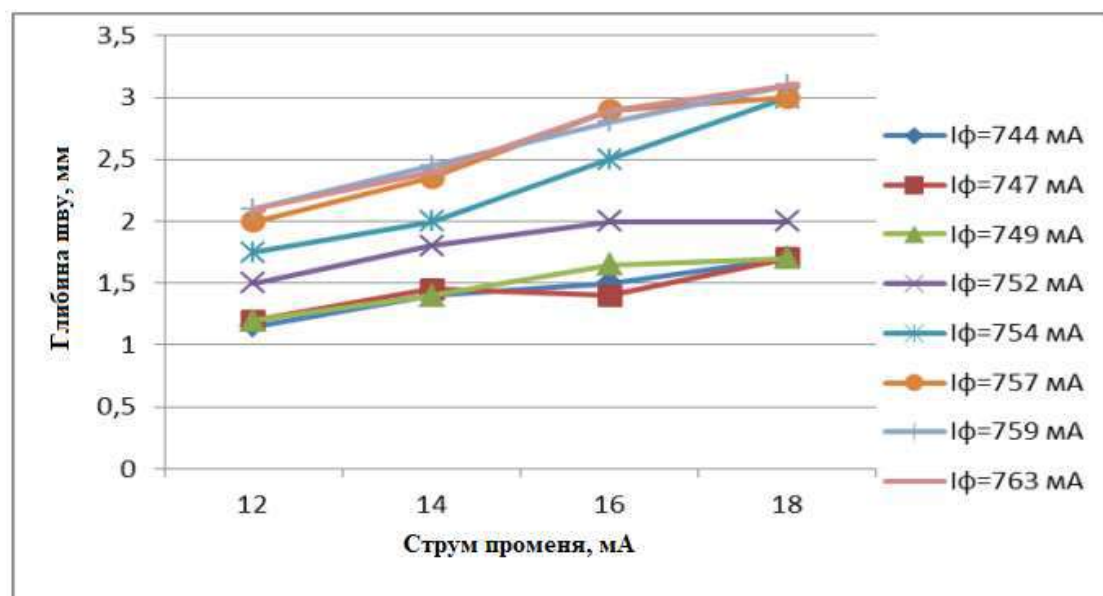


Рисунок 4.7 – Діаграма залежності глибини зварного шву від струму променя при швидкості зварювання 11 мм / с [9]

Порівнявши діаграми параметрів зварювання електронно-променевого зварювання зі швидкостями 6 мм / с та 11 мм / с режим зварювання сплаву

ХН45МВТЮБР-ІД для сумарної товщини 2,4 мм зварювальних деталей показані в таблиці 4.1, а зварювальний шов показаний на рисунку 4.8.

При швидкості зварювання 6 мм / с забезпечується велика ширина зварного шва. При швидкості зварювання 6 мм / с та струмі променю 12 мА мінімальна ширина зварного шва становила 2,9 мм. При швидкості зварювання 11 мм / с тепловкладання мінімально, на всіх режимах зварювання ширина шва значно менше [9].

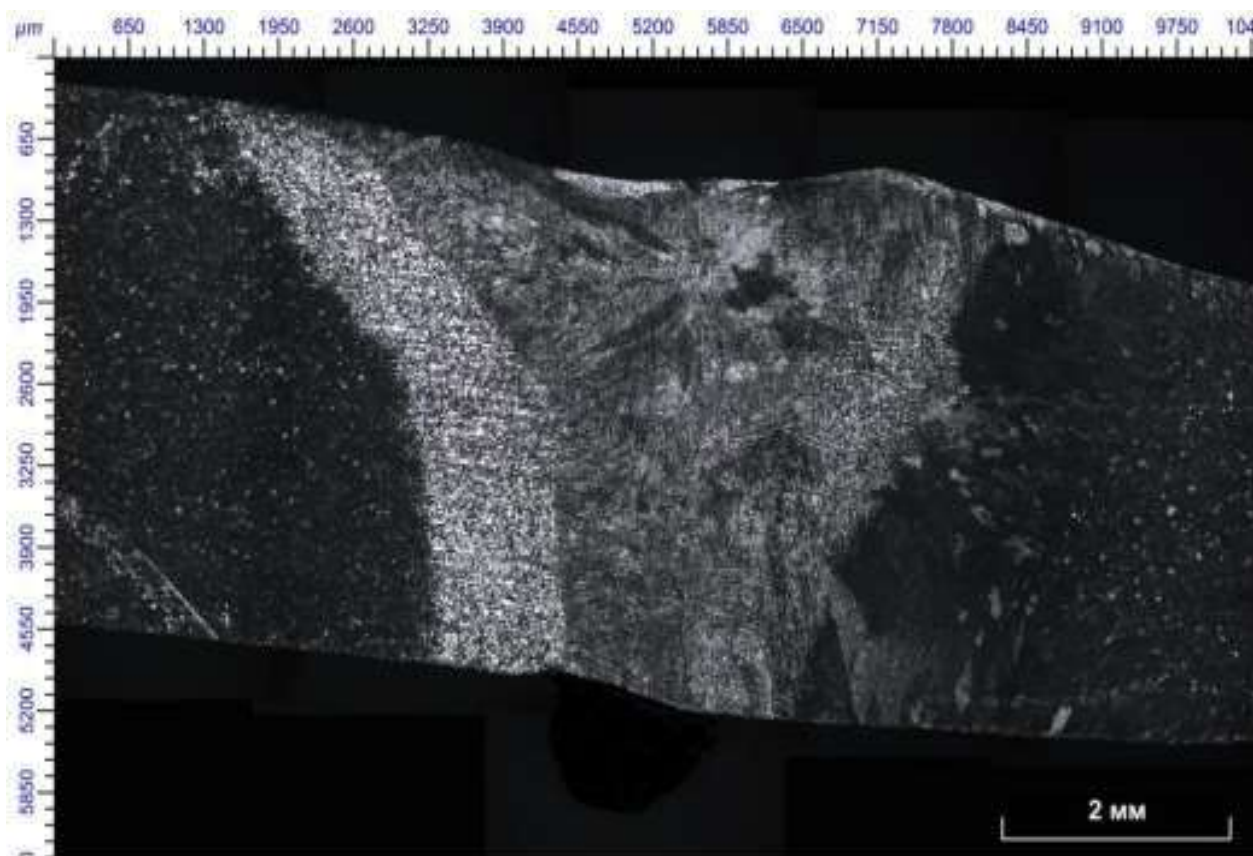


Рисунок 4.8 – Зварний шов [9]

Таблиця 4.1 – Параметри режиму електронно-променевого зварювання для сплаву ХН45МВТЮБР-ІД сумарною товщиною зварювальних деталей 2,4 мм

Прискорююча напруга, кВ	60
Струм променю, мА	16-18
Струм фокусуючої лінзи, мА	759-763
Швидкість зварювання, мм / с	11-13
Відстань від гармати до виробу - робоча відстань, мм	~ 300 мм
Робочий тиск у камері, Па	~0,0066

Дані параметри зварювання забезпечують необхідну глибину проплавлення для повного провару з мінімальною шириною ванни та виключають утворення дефектів.

На дослідження зразки виготовляли площею поперечного перерізу від 1 см² до 2 см². Дослідження мікроструктури зразків виконували на оптичному мікроскопі МВ-8 при збільшенні до 1000 разів. Для визначення кількості неметалевих включень їх об'ємного відсотка проводиться порівняння еталонними шкалами, шляхом лінійного підрахунку включень. Для проведення аналізу поверхню зразків полірували вручну на абразивні круги з різною зернистістю. Фінішне полірування макрошліфу здійснювалася наждачним папером марки К-3 зернистістю Р-280. Щоб виявити мікроструктуру зварних швів жароміцних сплавів, використовували реактив – HCl (70 %) та кілька крапель H₂O₂ (перекис водню), свіжоприготований [14].

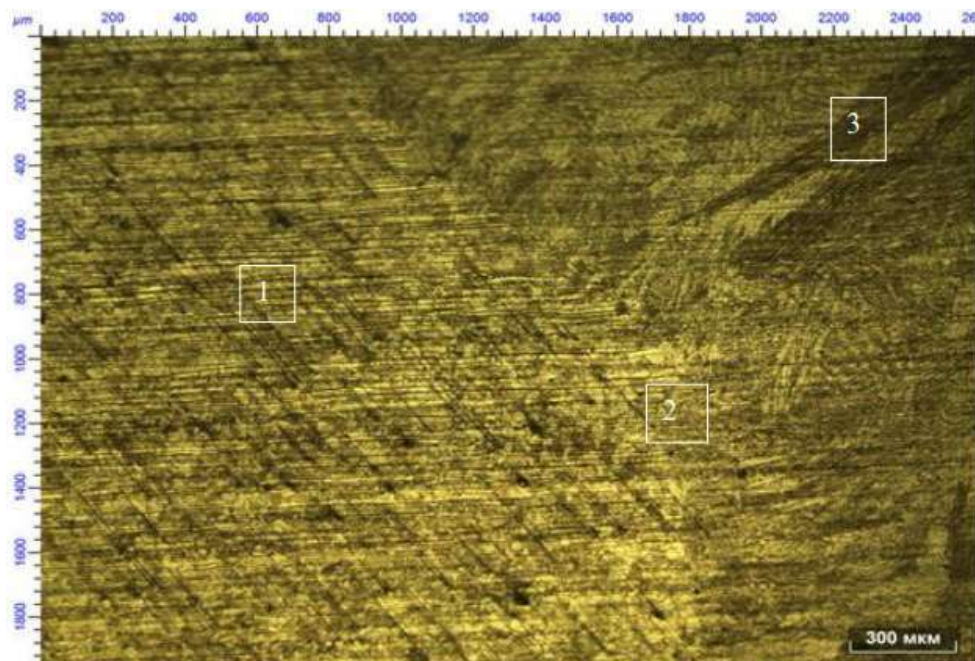
Для виявлення мікроструктури зварних швів при травленні шліфів використовували реактив «ВЖ» з наступним складом:

- 1) HCl (200 гр);
- 2) H₂O (200 гр);

3) CuSO_4 (40 гр);

Реактив, що застосовується, дозволяє виявити литу зону зварного шва, структуру основного матеріалу та межі зерен. Травлення відбувалось шляхом занурення шліфу в реактив протягом 3 секунд і потім промивали проточною водою, після чого сушили. Травлення проводили при температурі 20 °С.

Також для виявлення структури зварних швів практично на всіх сталях і сплавах широко використовується розчин хлористого заліза (200 г) та азотної кислоти (300 мл) у 100 мл води. Шліф травили протиранням ватним тампоном, змоченим у розчині. Поверхню мікрошліфа готували ретельніше, ніж у випадку з макрошліфом. Остаточне полірування проводили алмазною пастою або розчином окису хрому на сукні [15].



1 – основний метал; 2 – наведеношовна зона; 3 – зварний шов

Рисунок 4.9 – Макроструктура зварного шву [15]

Макроструктура зварного шву (рисунок 4.9) має стовпчасту крупнокристалічну структуру литого сплаву. Непроварів, пор, тріщин та

інших дефектів зварювання немає. Структура основного матеріалу – твердий хромонікелевий розчин + зміцнююча фаза.

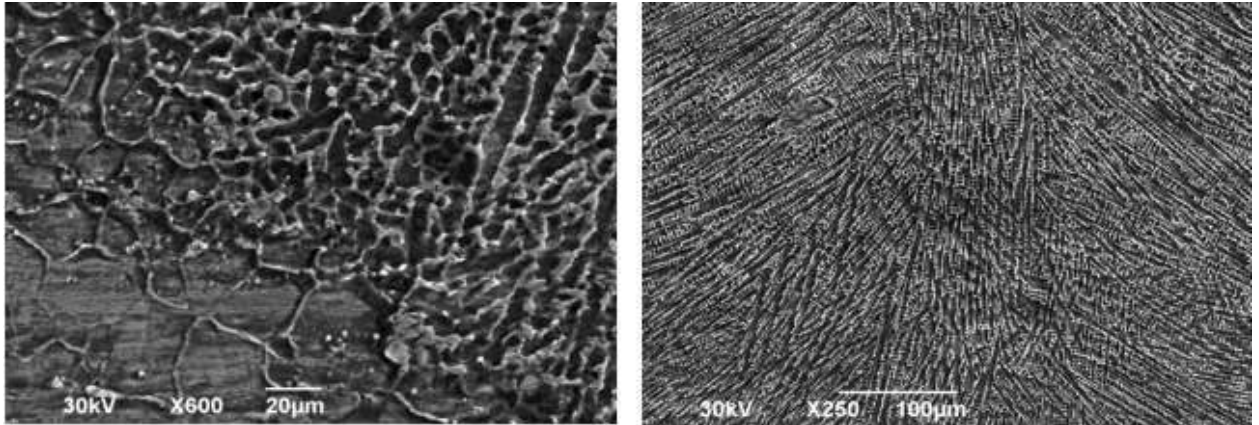


Рисунок 4.10 – Мікроструктура зразка після зварювання основного металу у районі навколошовної зони (ліворуч) та зварного шва (праворуч) [15]

Метал шва характеризується чітко вираженою дендритною будовою. Межа переходу від основного металу до зони шва різка, зону термічного впливу практично не виявлено. Основний метал має однорідну крупнозернисту будову. У структурі спостерігаються карбонітриди та карбіди, а також дрібнодисперсна інтерметалідна γ' -фаза. По центру зварного шва видно стовпчасту дендритну структуру литого сплаву [16].

У мікроструктурі зварного шва спостерігається підвищена травність навколошовній зоні та збільшене зерно у порівнянні з основним матеріалом. Основний метал зварних з'єднань із сплаву ХН45МВТЮБР-ІД відрізняється яскраво вираженою неоднорідністю, смугастістю структури.

Зазначена неоднорідність структури зберігається в навколошовній зоні, де спостерігається зростання зерна. По межах зерен, близько розташованих до металу шву, у процесі термічного циклу зварювання можуть

розташовуватися ліквацийні складові, відрізняються високою крихкістю та легкою травимістю.

При травленні шліфів межі зерен сильно розтравлюються і виглядають як тріщини. Крім цього, велика кількість карбонітридів і крихкої ліквацийної фази за межами зерен при певному рівні внутрішньої напруги приводить у процесі зварювання до утворення мікротріщин. Проте, дефектів макроструктури як пор, так тріщин виявлено не було [16].

5 МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СКАДАННЯ ПІД ЗВАРЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО КОРПУСУ АВІАДВИГУНА AI-322

В якості модернізації обладнання виступає додатковий елемент, так зване технологічне кільце, конструкції для забезпечення меншого часу та підвищення точності складання однієї деталі, тому що для електронно-променевого зварювання це важлива частина бездефектного з'єднання.

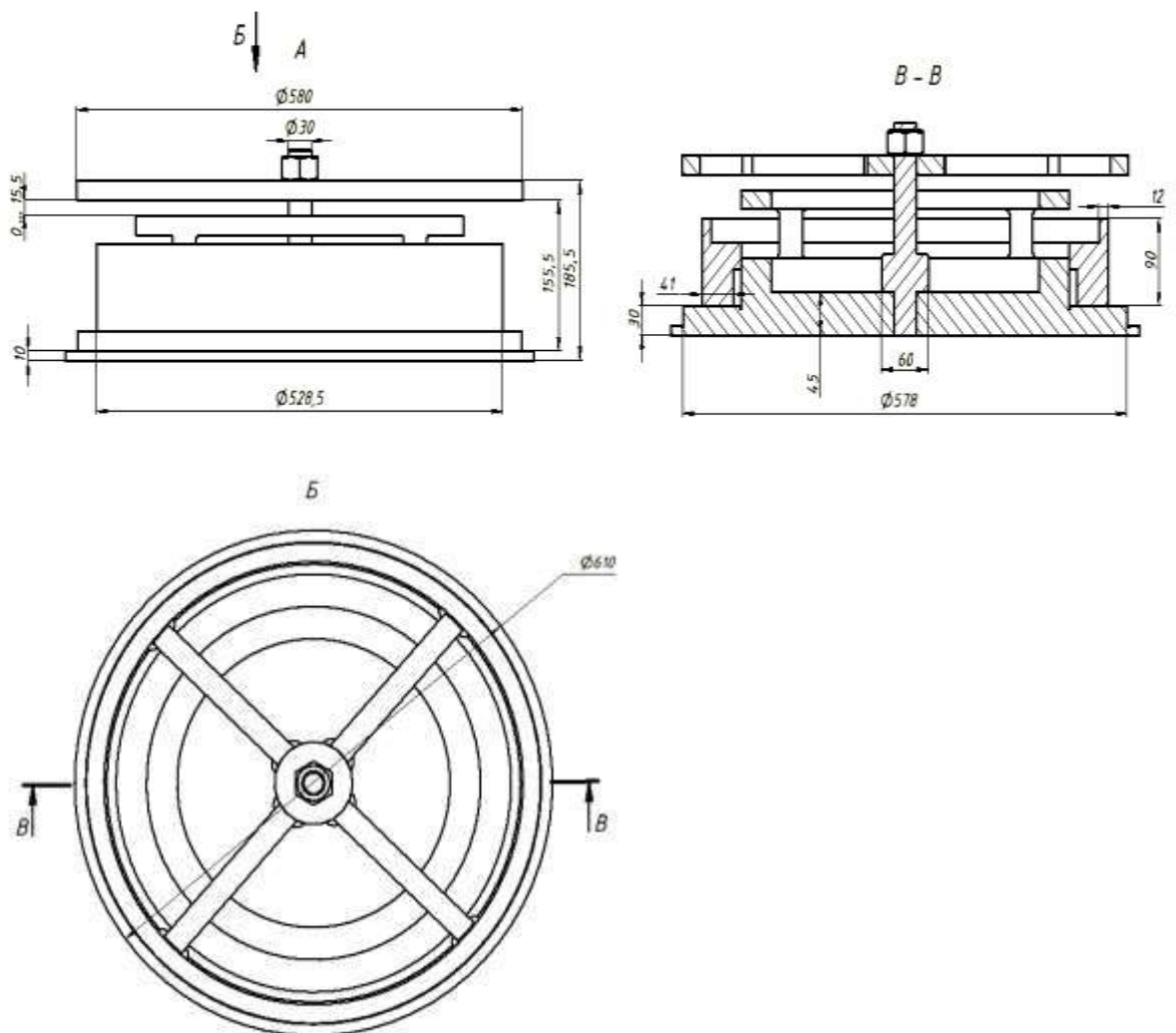
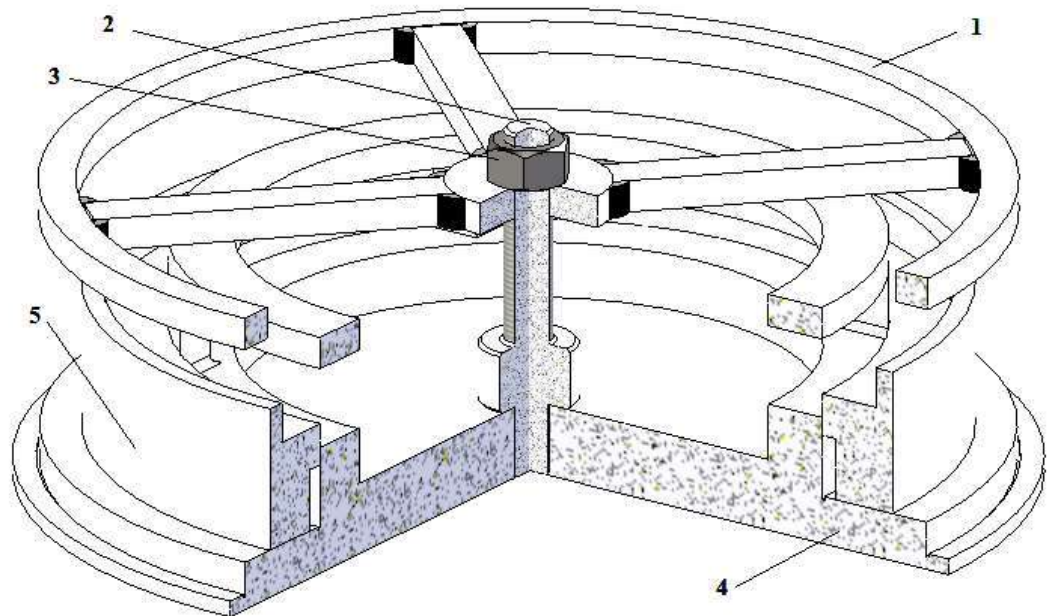


Рисунок 5.1 – Модернізоване обладнання для складання під зварювання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

Для наочності вдосконаленого обладнання була зроблена 3-Д модель, яка показана на рисунку 5.2.



1 – притискаюча кришка; 2 – болт; 3 – гайка М30; 4 – база; 5 – технологічне кільце

Рисунок 5.2 – 3-Д модель в перерізі 3 / 4 вдосконаленого обладнання для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

Таким чином доповнивши обладнання технологічним кільцем, точність складання суттєво збільшилась, тому що при попередньому обладнанні, припасування деталей відбувалось за допомогою лому чи інших засобів, а також було зменшене навантаження на працівника що складає дану деталь.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при впровадженні технології електронно-променевого зварювання внутрішніх корпусів авіадвигунів AI-322.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) небезпеки, які пов'язані з порушенням роботодавцем вимог нормативних актів з охорони праці, стосовно забезпечення безпечних умов праці робітників, а саме:

- вимог щодо організації проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці; відсутності інструкцій, плакатів, схем тощо.

б) можливість ураження електричним струмом при виконанні службових обов'язків внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності енергоспоживаючого обладнання, відсутності захисного заземлення, відсутності групових або індивідуальних засобів, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

в) небезпеки, які пов'язані з використанням судин для зберігання робочих газів під тиском, зокрема: порушення правил зберігання, транспортування судин під тиском, що може призвести до вибухів, великомасштабних руйнувань та серйозних травм або летальних наслідків.

г) небезпеки, пов'язані з прихопленням, тобто підготовкою внутрішніх корпусів авіадвигунів, до подальшого зварювання аргоного-дуговим методом зварювання, а саме:

- негативний вплив ультрафіолетового випромінювання.

- можливість отруєння зварювальними газами, які містять шкідливі речовини, що пов'язано з виділенням у навколишнє середовище аерозолів тугоплавких металів, внаслідок відсутності засобів індивідуального захисту та несправністю або відсутністю місцевої витяжної вентиляції.

- можливість опіку від непередбачуваного торкання нагрітих поверхонь.

г) небезпеки, які пов'язані з безпосереднім зварюванням внутрішніх корпусів методом електронно-променевого зварювання, а також технологічними особливостями зварювання у вакуумній камері.

д) небезпеки пов'язані з виготовленням зразків для металографічних досліджень, а саме:

- виникнення травм при роботі з ріжучим та шліфувальним обладнанням.

е) небезпеки, які пов'язані з проведенням металографічних досліджень методом оптичної металографії випробуваних зразків.

Зокрема:

- можливість отримання механічних травм при виготовленні зразків з використанням абразивного або металообробного обладнання.

- можливість отримання хімічних опіків при травленні зразків, що пов'язано з порушенням техніки безпеки при роботі з хімічними реактивами.

- можливість ушкодження органів зору при хибному виборі комбінацій світлофільтрів, окулярів та об'єктивів.

є) недостатній рівень освітленості в приміщенні виробничої дільниці, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або їх недостатньою кількістю.

ж) невідповідність параметрів метеоумов вимогам санітарно-гігієнічних правил.

з) можливість загоряння внаслідок недотримання правил з пожежної безпеки, що може призвести до пожежі.

6.2 Заходи забезпечення безпеки

а) у відповідності до НПАОП 0.00-7.11 – 12 «Загальні вимоги щодо забезпечення роботодавцем охорони праці працівників» має бути обов'язковим наступне [17]:

- усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань ОП згідно типового положення затвердженого наказом державної праці 26.01.2005 № 15;

- роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію про можливі небезпеки, як відносно усього підприємства, так і відносно конкретних видів робіт;

- на підприємствах обов'язковим є проведення усіх необхідних видів інструктажів (вступний, первинний, періодичний, позаплановий, цільовий) [18].

б) для виключення випадків ураження електричним струмом у відповідності до ПУЕ-17 «Правила улаштування електроустановок-споживачів» обов'язковим є:

- всі співробітники повинні пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки (спеціальне навчання за правилами) та перевірку знань з отриманням посвідчення за відповідною групою з електробезпеки [19];

- у відповідності до ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту» обов'язковим є періодична (1 раз на рік) перевірка опору заземлення контурів (до 1000 В та 4 Ом; після 1000 В, 10 Ом) та перевірка справності контуру електроз'єднань [20].

Для захисту від ураження електричним струмом передбачено використання подвійної ізоляції провідників. Розташування струмоведучих частин виконується на недоступній висоті (до 1000 В – не менше 3,5 м; більше 1000 В – 6 м). У разі неізольованих струмопровідних ліній, вони повинні бути надійно огорожені суцільними огорожами; відкриття або зняття яких виконують тільки спеціальний персонал за допомогою спеціальних ключів.

Електрообладнання зварювальної дільниці або дільниць наплавлення повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила техніки безпеки при використанні електроспоживачі », а саме [21]:

- зварювальні проводи повинні бути гнучкими з легкою і міцною ізоляцією, довжина дроту від електродотримача до з'єднання не повинна перевищувати 3 м;

- саме з'єднання представляє з себе спеціальний пристрій.

По відношенню до джерел струму основним заходом безпеки є недопустимість потрапляння струму в ланцюг при перериванні процесу зварювання, для чого необхідно використовувати автоматичні вимикачі на обладнанні.

в) для виключення можливості отримання травм, пов'язаних з використанням посудин для зберігання робочих газів під тиском або компресорних установок необхідно діяти згідно з НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», а саме [22]:

- перевірити і переконатися в справності вимірювальних приладів на балонах для газів, обладнання і інструментів, огорожень, вентиляції;

- перевірити стійкість балонів і правильність їх закріплення;

- переконатися у відсутності на робочому місці пожежонебезпечних матеріалів.

Також для попередження руйнування судин під тиском слід виконувати наступні вимоги ДНАОП 0.00-1.07-94 «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» [23]:

- не допуск балонів без відповідного маркування або з нечітким маркуванням: на верхній сферичній частині горловини марковані: номер, ємність балону, робочий та випробувальний тиск, дата випробування та дата наступного випробування, наявність паперового сертифікату. Важливим є забарвлення балонів;

- балони повинні зберігатися в спеціальних приміщеннях, які є легкоруйнуючимися. Допускаються зберігання балонів під навісом. Зберігання в одному приміщенні кисневих та ацетиленових балонів неприпустимо;

- зберігання в вертикальному положенні на спеціальних пристосуваннях з кріпленням хомутами;

- переміщення балонів допускається тільки в спеціальних візках. При транспортуванні наявність запобіжного ковпака є обов'язковою;

- експлуатація балонів потребує певного часу витримки в умовах дільниці для вирівнювання температури;

- для з'єднання вентиля балона з технологічним обладнанням використовують гнучкі шланги. З'єднання виконуються омідненим гайковим ключем для уникнення іскроутворення. Особливу увагу слід приділяти усуненню жирових та масляних забруднень. Перед комутацією слід продути вентиль.

- відстань від будь-якого джерела тепловипромінення > 5 м. Відкриття вентиля має бути плавним. Тиск на манометрі редуктора не має перевищувати технологічний. Протікання газу неприпустиме (перевірити пробою на омилуванням);

- випрацьовувати повністю газ не можна (залишковий тиск має складати 1 атмосферу або 2 атмосфери). Для виключення надмірного

підвищення тиску внаслідок надмірного нагріву балонів (40 °C) необхідно передбачати охолодження.

При експлуатації редуктора можуть виникнути наступні несправності:

- самоплив – поступання газу при закритому вентилі, такий редуктор має бути заміненим;
- замерзання редуктора – відігрівання відкритим полум'ям заборонено, лиш гарячою водою;
- спрацьовуваність різьби на штуцерній або відкидній гайці потребує негайної заміни.

Використання судин необхідно зупинити:

- якщо тиск в посудині піднявся вище допустимого;
- при виявленні несправностей запобіжних клапанів;
- при несправності манометра;
- при виникненні пожежі, яка безпосередньо загрожує посудині, що знаходиться під тиском.

г) для виключення термічних опіків та усунення негативного впливу ультрафіолетового випромінювання передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови», костюми захисні від підвищених температур по ГОСТ 12.4.045-78 », спеціальне шкіряне взуття по ГОСТ 12.4.032-77 «Взуття спеціальне шкіряне для захисту від підвищених температур. Технічні умови»;

Для попередження отруєнь зварювальними газами і аерозолями що представляють собою оксиди заліза, сполуки марганцю і інших елементів при роботі в закритих приміщеннях необхідно передбачити місцеву витяжну механічну вентиляцію. Приблизне співвідношення видаленого повітря від 1200 м³ / год до 2000 м³ / год.

г) заходи безпеки при електронно – променевому зварюванні: ОСТ 25 1162-84 «Система стандартів безпеки труда. Сварочные работы. Требования безопасности» [24].

- оглядові вікна повинні бути забезпечені склом марки ТФ-5 за ГОСТ 9541-75, можуть бути використані перископічні пристрої.

- у приміщеннях електронно-променевих установок має бути передбачена припливно-витяжна вентиляція, що забезпечує повітрообмін відповідно до СНіП 11-33-75.

- після закінчення монтажу установки необхідно передбачити її пробний запуск з метою проведення контролю за дозиметричним захистом. У разі внесення зміни до режиму роботи установки необхідно провести повторний дозиметричний контроль. Періодичний контроль захисту слід проводити один раз на рік.

- усі металеві частини установок, що знаходяться під напругою, необхідно захистити та розташувати так, щоб унеможливити випадкові дотики до них людей.

- матеріал підлоги в приміщеннях повинен відповідати вимогам електричної безпеки відповідно до СНіП 11В.8-71. 5.2.10 щоб уникнути опіків від самозаймання продуктів конденсації необхідні: попереднє чищення стінок камери металевою щіткою, укріпленою на довгій рукоятці, видалення пилу та порошку за допомогою пилососа, остаточне чищення та протирання протирання внутрішніх стінок камери. На установках для електронно-променевого зварювання баки випрямлячів з масляним охолодженням повинні мати клапани для виходу газів, що накопичуються всередині бака.

- порядок введення в експлуатацію електронно-променевих установок вимагають, щоб монтаж здійснювався відповідно до інструкції заводу-виробника та проекту розміщення установки, затвердженого адміністрацією підприємства та погодженого з місцевими органами санітарного нагляду.

- робота на електронно-променевих установках може проводитись за наявності в даному приміщенні не менше двох осіб обслуговуючого персоналу.

- приміщення для електронно-променевого зварювання та сама установка повинні бути у чистоті та справному стані.

- для захисту очей від світлового випромінювання металу під час візуального спостереження за процесом зварювання слід користуватися окулярами типу ДН – закриті захисні окуляри з непрямою вентиляцією за ГОСТ 12.4.003-80. Світлофільтри для окулярів та на оглядове вікно за ГОСТ 9411-81.

- під час чищення камери та профілактичних робіт необхідно користуватися респіраторами, рукавицями та захисними окулярами.

д) заходи безпеки при роботі на ріжучих шліфувальних і заточувальних верстатах:

- для уникнення механічних травм при виготовленні зразків необхідно працювати на справному станку, своєчасно проводити заміну деталей, термін експлуатації яких вже закінчився та використовувати захисні окуляри та рукавиці; для виключення травмування органів зору передбачено застосування захисних окулярів, які служать для захисту очей від ушкоджень частками твердих тіл, що летять попереду, знизу і збоку. Ці окуляри оснащені фігурними боковинами, що відкидаються. Застосовувати прозорий екран для захисту очей робітника від поранень частками, що відлітають.

- установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеціально проінструктованими наладчиками; використання абразивних кіл з дефектами заборонено; абразивні кола повинні мати штамп або наклейку про випробування – порядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування; біля кожного верстата необхідно вивісити табличку із зазначенням допустимої роботи колової швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпинделя верстата в хвилину; при

обертанні абразивного кола, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами; підручники повинні мати достатній за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу. Зазор між краєм підручника і робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм; заборонено працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилу ГОСТ 12.3.028-82 «Процесс обработки абразивными и эльборовым инструментами».

е) при проведенні металографічних досліджень з використанням оптичного мікроскопу МИМ-8, основними заходами безпеки є:

- оптимальна комбінація об'єктивів та окулярів мікроскопу, що повинно забезпечувати комфортний огляд об'єкту дослідження і має бути індивідуальним;
- обов'язковим є застосування світлофільтрів (синій, зелений тощо).

6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

е) для забезпечення вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення» [25] обов'язковим є використання цих видів освітлення:

- природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які орієнтовані на південь і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі. Природне освітлення повинно відповідати вимогам СНіП II-4-79 і СНіП 2.08.02-89.

- штучне освітлення повинне відповідати вимогам ГОСТ 12.2.007.13-88, СНіП II-4-79.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації), охоронне. При необхідності частина світильників того чи іншого виду освітлення може використовуватись для чергового освітлення.

Лампи розжарювання та газорозрядні лампи, що застосовуються для загального або місцевого освітлення, повинні бути укладені в захисну та світлорозсіювальну арматуру. Використання відкритих ламп не допускається.

Для обмеження сліпучої дії світильники загального освітлення у виробничих приміщеннях повинні бути встановлені таким чином, щоб вихідні отвори не розташовувалися у вертикальній або похилій площинах, якщо вони можуть потрапити до поля зору працюючих.

Вибір типу світильника залежить від необхідного рівня освітлюваності.

Розрахунок штучної системи освітлення:

а) вибір системи освітлення. За розряду зорової роботи Іа вибираємо загальноосвітлення з освітленістю 200 лк. У темному кольорі фону і малому контрасті об'єкта з фоном.

б) визначення рівня нормованої освітленості $E_n = 200$ лк.

в) джерелом світла вибираємо газорозрядну лампу РСП.

$IP = 64, L / h = 1,6.$

д) Оцінка коефіцієнта запасу і коефіцієнта нерівномірності освітлення:

$k_z = 1,6; z = 1, 15.$

е) визначення значення індексу приміщення і, що характеризує співвідношення розмірів освітлювального приміщення і висоти розміщення світильників:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{16 \times 12}{3,75 \times (16+12)} = 1,82 \quad (6.1)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p) \cdot (L/h)} = \frac{12}{(4.8-0.8) \times (1.6)} = 1.8 = 2 \text{ шт.} \quad (6.2)$$

де (L / h) – числове значення коефіцієнта світильника.

Визначаємо максимальну припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} = \frac{12}{2} = 6 \text{ м.} \quad (6.3)$$

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{max}}{L/h} = \frac{6}{1.6} = 3.75 \text{ м.} \quad (6.4)$$

Знаходимо висоту схилу світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h = 4.8 - 0.8 - 3.75 = 0.25 \text{ м.} \quad (6.5)$$

де H – висота виробничого приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

h_3 – висота звису світильника від стелі, м.

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta} = \frac{200 \times 192 \times 1,6 \times 1,15}{0,5} = 141213 \text{ лм.} \quad (6.6)$$

де S – площа освітлюваної поверхні, м^2 .

Визначаємо умовну загальну кількість світильників в приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$* N_{\text{св}}^* = \frac{A \cdot B}{L_{\text{max}}^2} = \frac{16 \times 12}{6^2} = 5,3 = 6 \text{ шт.} \quad (6.7)$$

Розраховуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}} = \frac{141213}{6} = 23552 \text{ лм.} \quad (6.8)$$

де $N_{\text{л}}$ – загальна кількість ламп в приміщенні, шт:

$$N_{\text{л}} = N_{\text{св}}^* \cdot n = 6 \times 1 = 6 \text{ шт.} \quad (6.9)$$

де n – кількість ламп у світильнику.

Визначаємо коефіцієнт m - співвідношення між розрахунковим світловим потоком $\Phi_{\text{л}}^*$ та фактичним світловим потоком обраної стандартної лампи $\Phi_{\text{л}}$:

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{23552}{24000} = 1. \quad (6.10)$$

Визначаємо оптимальну кількість світильників в приміщенні:

$$N_{\text{св}} = N_{\text{св}}^* \cdot m = 6 \times 1 = 6 \text{ шт.} \quad (6.11)$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p , в приміщенні що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{A \cdot B \cdot k_3 \cdot z} = \frac{24000 \times 6 \times 0,5}{192 \times 1,6 \times 1,15} = 203,8 \text{ лк.} \quad (6.12)$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп має виконуватись умова:

$$E_p = (-10 \% \dots + 20 \%) \cdot E_n, \text{ лк.} \quad (6.13)$$

$$203,8 \text{ лк} = 190 \dots 240 \text{ лк.}$$

Умова виконується.

Визначаємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} = 6 \times 1000 = 6 \text{ кВт.} \quad (6.14)$$

Ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників (рисунок 6.1, 6.2)

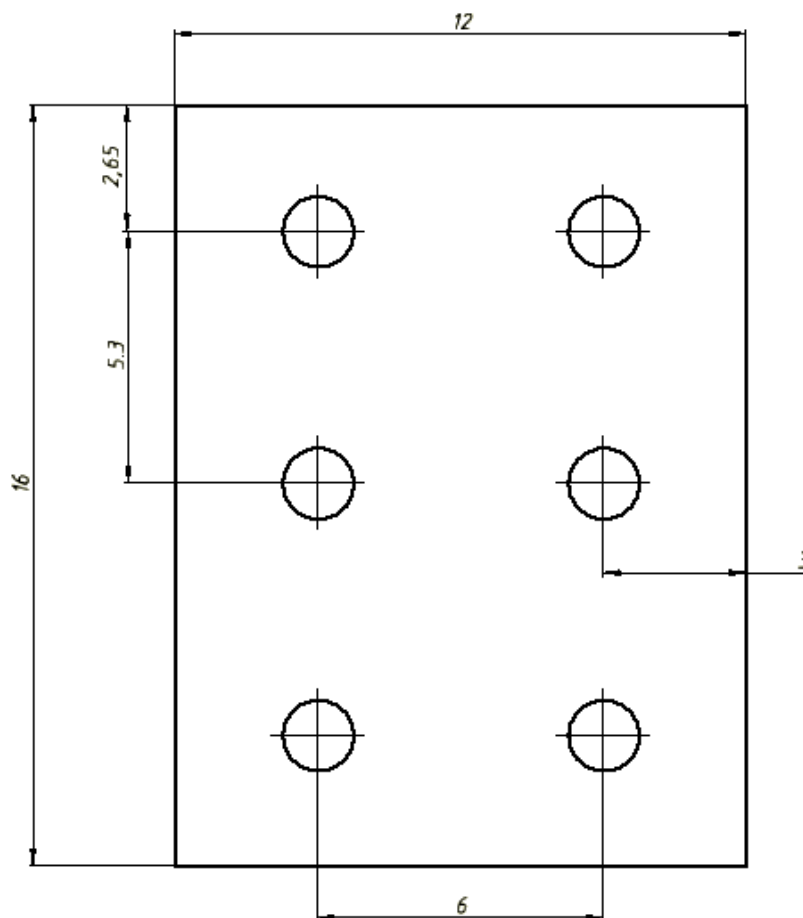


Рисунок 6.1 – Схема розміщення світильників на ділянці

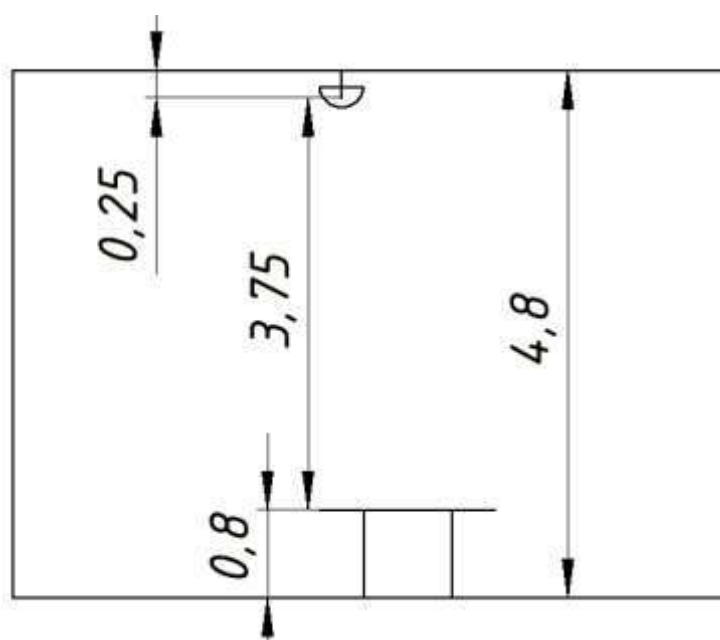


Рисунок 6.2 – Схема розміщення світильників над робочою поверхнею

ж) метеорологічні умови в робочій зоні приміщення, офісу (лабораторії і т.п.) – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідає вимогам СНіП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [26].

Для цього використовується природна вентиляція, загальна штучна вентиляція та локальна система відбору шкідливих речовин. В приміщеннях дослідницької лабораторії, в тих зонах де розташовані постійні робочі місця дослідників доцільно використовувати кондиціонування.

Оптимальні та допустимі метеорологічні умови:

- у холодний період року на постійних робочих місцях температура: оптимальна від 21 °С до 23 °С, припустима від 20 °С до 24 °С; відносна вологість: оптимальна від 40 % до 60 %, припустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,1 м / с, припустима не більше 0,2 м / с;

- у холодний період року на непостійних робочих місцях температура: оптимальна від 21 °С до 23 °С, припустима від 17 °С до 25 °С; відносна вологість: оптимальна від 40 % до 60 %, припустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,1 м / с, припустима не більше 0,2 м / с;

- у теплий період року на постійних робочих місцях температура: оптимальна від 22 °С до 24 °С, припустима від 21 °С до 28 °С; відносна вологість: оптимальна від 40 % до 60 %, припустима 60 % при температурі 27 °С; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м / с, припустима не більше 0,3 м / с;

- у теплий період року на непостійних робочих місцях температура: оптимальна від 22 °С до 24 °С, припустима від 19 °С до 30 °С; відносна вологість: оптимальна від 40 % до 60 %, припустима 60 % при температурі

27 °С; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м / с, припустима від 0,1 м / с до 0,3 м / с.

Ці параметри забезпечуються системами опалення, кондиціонування і вентиляції відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

6.4 Заходи з пожежної безпеки

з) заходи з пожежної безпеки розроблені на підставі НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Розробка заходів починається з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються в роботі, це дає змогу визначитись з класом можливої пожежі (А, В, С, D, Е, F) [27].

В залежності від класу пожежі обирається категорія приміщення (А, Б, В, Г, Д).

На підставі класу і категорії обираються первинні засоби пожежогасіння: пожежні щити, до складу яких входять: 3 багра, 3 лопати, 3 сокири, 3 відра, 1 азбестове полотно ($1 \times 1,5$; $1,5 \times 2$; 2×2), ящик з піском об'ємом не менш $0,1 \text{ м}^3$, вогнегасники можуть розташовуватись як на пожежному щиті так і окремо (1 щит від 200 м^2 до 5000 м^2).

Обов'язковим є навчання та перевірка знань персоналу з пожежної безпеки.

На складально-зварювальній ділянці небезпечними чинниками пожежі є:

- підвищена температура виробів, які піддаються зварюванню.
- зварювальна дуга;
- іскри і частки розплавленого металу, які виникають при електрозварюванні;

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при складально-зварювальному виробництві згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні можлива пожежа класу D (горіння металів та їх сплавів); відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Г» з пожежної безпеки – простір з негорючими речовинами і / або матеріалами у гарячому, розпеченому і / або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і / або полум'я.

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії належить до категорії «Г» з пожежної безпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Для виключення можливості загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, необхідно проводити інструктаж і перевірку знань правил пожежної безпеки, відповідно до НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України» та НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Засоби пожежогасіння в цехах повинні відповідати Правилам пожежної безпеки в Україні, виходячи з категорії виробництв щодо пожежовибухонебезпеки.

6.5 Заходи забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій

З метою забезпечення здійснення заходів із запобігання виникненню надзвичайних ситуацій в Україні проводяться постійний моніторинг і

прогнозування надзвичайних ситуацій. Моніторинг надзвичайних ситуацій – це система безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій та небезпечних процесів, які можуть призвести до загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, а також своєчасне виявлення тенденцій до їх зміни.

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій полягає у своєчасному доведенні інформації органам управління цивільного захисту, силам цивільного захисту, суб'єктам господарської діяльності та населенню. Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій забезпечується шляхом:

- функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення про погрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, спеціальних, локальних і об'єктових систем оповіщення;
- централізованого використання телекомунікаційних мереж загального користування, у тому числі мобільного зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж об'єктів господарської діяльності, а також мереж загальнонаціонального, регіонального і місцевого радіомовлення, телебачення та інших технічних засобів передачі або відображення інформації;
- автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;
- функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій і оповіщення;
- організаційно-технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій і автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій і оповіщення;

- функціонування в населених пунктах і місцях масового перебування людей сигнально-гучномовних обладнань, а також електронних інформаційних табло для передачі інформації цивільного захисту.

Евакуація проводиться на державному, регіональному, місцевому або об'єктовому рівні. Залежно від особливостей надзвичайної ситуації встановлюються такі види евакуації:

- обов'язкова;
- загальна або часткова;
- тимчасова або безповоротна.

Рішення про проведення евакуації приймають:

- на державному рівні;
- Кабінет Міністрів України;
- на регіональному рівні
- Рада міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київська та Севастопольська міські державні адміністрації;
- на місцевому рівні
- районні, районні у містах Києві чи Севастополі державні адміністрації та відповідні органи місцевого самоврядування;
- на об'єктовому рівні
- керівники суб'єктів господарювання.

У разі виникнення радіаційних аварій рішення про евакуацію населення, яке може потрапити до зони радіоактивного забруднення, приймається місцевими державними адміністраціями на підставі висновку санітарно-епідеміологічної служби відповідно до прогнозованої дози опромінення населення або на підставі інформації, отриманої від керівників радіаційно-небезпечних об'єктів.

У невідкладних випадках, рішення про проведення екстреної евакуації населення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження може прийняти керівник робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, а в разі

його відсутності – керівник аварійно-рятувальної служби, який першим прибув у зону надзвичайної ситуації.

Інженерний захист територій включає:

- проведення районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ними;
- віднесення міст до відповідних груп цивільного захисту та віднесення суб'єктів господарювання до відповідних категорій цивільного захисту;
- розроблення та включення вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту до відповідних видів містобудівної і проектної документації та реалізація їх під час будівництва і експлуатації;
- урахування можливих проявів небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів та негативних наслідків аварій під час розроблення генеральних планів населених пунктів і ведення містобудування;
- розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням наслідків аварій, що можуть статися на таких об'єктах;
- розроблення і здійснення заходів щодо безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки;
- будівництво споруд, будівель, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;
- будівництво протизсувних, протиповіневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення, їх утримання у функціональному стані;
- обстеження будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій, розроблення та здійснення заходів щодо їх безпечної експлуатації. Здійснення заходів інженерного захисту територій покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту. За результатами

визначення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також на об'єктах підвищеної небезпеки, ведеться Державний реєстр небезпечних територій. Вимоги інженерно-технічних заходів цивільного захисту, дотримання яких обов'язкове під час розроблення містобудівної та проектної документації, визначаються відповідно до Закону України «Про будівельні норми».

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Ідея полягає в зменшенні собівартості виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна АІ-322, виготовленого із жароміцного сплаву на нікелевій основі ЕП-718 ІД (ХН45ВМТЮБР-ІД), за рахунок зменшення матеріалоємності та кількості змін і як наслідок працівників на добу. В якості нової технології обрано електронно-променеве зварювання, дана технологія дозволяє отримати якісний виріб зі зменшеною матеріалоємністю. Опис ідеї приведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів
Зменшення собівартості виробу шляхом зменшення матеріалоємності	1. Вирішення проблеми високої метеріалоємності виробу	1. Зменшення витрат на ремонт двигуна
	2. Можливе збільшення кількості продукції.	2. Зменшення долі браку

Характеристику потенційного ринку надано в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	Заводи виробники авіадвигунів та комплектуючих для них («Івченко Прогрес»)

Продовження таблиці 7.2

2	Динаміка ринку	Зростає
3	Наявність обмежень для входу	Необхідність капіталовкладень для створення матеріально-технічної бази
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Закупівля обладнання для зварювання, навчання персоналу

Характеристика потенційних клієнтів сформована в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п / п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів
1.	Зменшення собівартості виготовлення та ремонту двигуна	Авіакомпанії; ремонтні заводи; заводи, що збирають двигун	Відсутні	Зменшення собівартості без втрати необхідної якості виробів
2.	Збільшення попиту на продукцію			Відповідна якість продукції

Таблиця 7.4 – SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Зменшення матеріалоемності - Висока якість отриманих виробів - Низька частка браку - Незалежність від зовнішніх надавачів послуг - Висока якість	- Досить висока вартість обладнання - Необхідність в навчанні персоналу
Можливості	Загрози
- Можливість налагодити обладнання на випуск іншої продукції підприємства. - Можливість зменшення собівартості ремонту та зборки двигуна. - Можливість збільшити обсяг виробництва шляхом удосконалення обладнання.	- Сповільнення росту ринку - Підвищення цін на сировину

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота вхо- ду у сегмент
1	Підприємства, які спеціалізуються на ремонті та збірці авіадвигунів	Висока	Великий попит	Низька конкуренція	Легкий
Цільові групи: АТ «Мотор Січ», Збройні Сили КНР, Збройні Сили України.					

Далі необхідно ідентифікувати стейкхолдерів, здійснити їх пріоритезацію та побудувати карту стейкхолдерів, яка дозволить візуалізувати картину взаємозв'язків стейкхолдерів.

Створення карти має відбуватись у 4 етапи:

- 1) ідентифікація – окреслення актуальних груп стейкхолдерів;
- 2) аналіз – дослідження впливу та інтересів стейкхолдерів;
- 3) візуалізація – візуальна ілюстрація взаємодії зі стейкхолдерами;
- 4) пріоритезація – вибір ключових стейкхолдерів, які найкраще відповідали б істотним питанням, визначеним на попередньому етапі.

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів на карті має бути виокремлено три концентричних області, в яких розміщено всіх зацікавлених осіб інноваційного проекту за можливостями впливу на них ініціатора проекту. Область внутрішніх стейкхолдерів – область повноважень / відповідальності ініціатора. Внутрішні зацікавлені сторони знаходяться в

прямій підлеглих ініціатора, що дозволяє використовувати досить прості методи адміністрування проекту.

Залежні зацікавлені сторони формально ініціатору проекту не підлеглі, проте тісні ділові стосунки потребують на пошук взаємовигідних рішень та компромісів. На периферії ж знаходяться зовнішні зацікавлені сторони. Це область стейкхолдерів опосередкованого впливу на успішність реалізації інноваційного проекту.



Рисунок 7.1 – Карта стейкхолдерів

Необхідно визначити витрати на оплату праці з урахуванням балансу робочого часу одного працівника та визначити суму ЄСВ (таблиця 7.7, 7.8).

Розраховуємо тарифний фонд заробітної плати основних робітників за формулою:

$$Z_{\text{тар}} = N \sum_{i=1}^m P_i, \quad (7.1)$$

де m – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на i -ту операцію;

$N = 500$ од / рік - річна виробнича програма виробів;

Розцінка на операцію розраховується за формулою:

$$P_i = C_i \cdot t_i, \quad (7.2)$$

де C_i – годинна тарифна ставка i -того розряду;

t_i – норма штучного часу на t_i -ту операцію, нормо-годин;

Розрахунок розцінок зведений в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Розрахунок розцінок на один виріб

Найменування операції	Норма часу, н/год.	Годинна тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн.
Складання	0,72	90	64,8
Завантаження	0,25	90	22
Зварювання	2,16	85	183,6
Всього	3,13	265	270,4

Таблиця 7.7 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн / год	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн	Преміальний відсоток до тарифного заробітку, %	Розмір премії, грн	Річний фонд заробітної плати, грн	ЄСВ, грн
	за зміну	на добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробничі працівники,									
Оператор зварювальної установки	1	1	85	8	680	25	170	212500	46750
Навантажувач зварювальної камери	1	1	90	8	720	25	180	225000	49500
Складальник	1	1	90	8	720	25	180	225000	49500
Разом виробничих працівників	3	3	265	-	2120	-	530	662500	145750

Таблиця 7.8 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	К-сть осіб	Посадовий оклад, грн	Прем. відсоток до окладу, %	Сума премії грн	Місячна заробітна плата, грн	Річний фонд оплати праці, грн	ЄСВ, грн
1	2	3	4	5	6	7	8
Майстер	1	14000	40	5600	19600	235200	51744
Технолог	1	13000	40	5200	18200	218400	48048
Разом	2	27000	-	10800	37800	453600	99792

Визначити матеріальні витрати (таблиця 7.9) та вартість спожитих послуг (таблиця 7.10).

Таблиця 7.9 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на один. продук.	Виробнича програма	Обсяг сировини	Ціна, грн / л	Сума з урах. трансп. витрат, грн
1	2	3	4	5	6
Захисний газ аргон, л	12	500	21000	1,25	26250
Вольфрамовий	0,1	500	175	150	26250
Інше	-	-	-	-	50000
Разом	-	-	-	-	103500

*Об'єм 1 балона 40 літрів, місткість 6000л.

Таблиця 7.10 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на один. продук.	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи	Сума грн
1	2	3	4	5	6
Електропостачання	30 кВт · ч	500	15000 кВт · ч	3,7	55500
Водопостачання	3 м ³	500	1500 м ³	18,68	28020
Теплопостачання	21,1 м ³	500	37000 м ³	7,42	274540
Разом	-	-	-	-	358060

Необхідно визначити річну суму амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації, а також витрати на поточний ремонт у розмірі 2 % від балансової вартості основних засобів

Таблиця 7.11 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Нормативний строк експлуатації	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Сума, грн
1	2	3	4
1.Виробничі будівлі	60	734400	12485
2. Споруди	50	36720	749
3. Обладнання	15	10000000	666670

Продовження таблиці 7.11

4.Цінні інструменти, прилади, інвентар	15	500000	33350
5.Транспортні засоби	10	200000	20000
Разом	-	11471120	733254

Таблиця 7.12 – Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати			
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.		у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.	
	Стара технологія	Нова технологія	Стара технологія	Нова технологія
Сировина та матеріали	2962,5	207	1481250	103500
Електропостачання	55,5	111	27750	55500
Водопостачання	18,68	56	9340	28020
Теплопостачання	549	549	274077	274540
Разом	3530,18	923	1792417	461560
Заробітна плата основних виробничих працівників	691	270,4	345500	135200
ЄСВ	152	59,5	76010	29744
Амортизація	318,4	1466,5	159136	733254
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів та поточний ремонт	2073	811,2	1036500	405600

Продовження таблиці 7.12

Загальновиробничі витрати	1382	540,8	691000	270400
Виробнича собівартість	8146,58	4071,4	4100563	2035758
Адміністративні витрати	1166,4	1166,4	583200	583200
Повна собівартість	9313	5237,8	4683763	2618958

Висновок: введення технології електронно променевого зварювання зменшує собівартість виробництва внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322 на 2 037 600 грн в порівнянні з базовою технологією, а саме за рахунок зменшення матеріалоємності та заробітної плати виробничих працівників оскільки нова технологія працює в одну зміну на відміну від старої і з легкістю виконує виробничу програму на рік, а отже є можливість при потребі, збільшити обсяг виробництва даної продукції.

Також дана технологія в декілька разів зменшує долю браку та підвищує якість продукції, як наслідок зменшує простої в роботі та збільшує попит.

$$E = (СБ_6 - СБ_н) \cdot N = (9313 - 5237,8) \times 500 = 2037600 \text{ (грн)} \quad (7.3)$$

де E – економічний ефект;

СБ₆ – Собівартість виготовлення за базовою технологією;

СБ_н – Собівартість виготовлення за новою технологією;

N – Виробнича програма на рік.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було запропоновано нову технологію електронно-променевого зварювання внутрішніх корпусів авіадвигунів AI-322 та було виявлено що:

1. Електронно-променеве зварювання є швидко зростаючою технологією в авіабудуванні.

2. Метал шва характеризується чітко вираженою дендритною будовою. Межа переходу від основного металу до зони шва різка, зону термічного впливу практично не виявлено. Основний метал має однорідну крупно-зернисту будову.

У мікроструктурі зварного шва спостерігається підвищена травність у навколошовній зоні та збільшене зерно у порівнянні з основним металом. Основний метал зварних з'єднань із сплаву ХН45МВТЮБР-ІД відрізняється яскраво вираженою неоднорідністю, смугастістю структури.

3. Наявності базового пристосування для складання складальної одиниці не достатньо для точного припасування деталей, і саме тому було внесено зміни до його конструкції, а саме до оснащення пристосування технологічним кільцем.

4. Швидкість зварювання при електронно-променевому зварюванні в порівнянні з автоматичним аргано-дуговим зварюванням приблизно в 60 разів швидше.

5. При високій точності припасування деталей, кількість дефектів практично дорівнює нулю.

6. Економічний ефект складає 2 037 600 грн., за рахунок зменшення матеріалоємності та заробітної плати, оскільки для виконання річної виробничої програми за новою технологією достатньо однієї виробничої зміни на добу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вільна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AI-222>.
2. Авіаційна енциклопедія: «Куточок неба» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.airwar.ru/enc/engines/ai222.html>
3. Довідник інженера [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://inzhenier-info.ru/razdely/materialy/zharoprochnye-stali-i-splavy/splavy-zhelezokhromonikelevye/vysokokorrozionnostojkij-vysokoj-tverdosti-2/splav-ep718-vzh-105-khn45mvtyubr-zhelezokhromonikelevyj-zharoprochnyj-svarivaemyj.html>
4. **ГОСТ 5949— 2018.** Металлопродукция из сталей нержавеющей и сплавов на железоникелевой основе коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных; М.: Стандартинформ, 2019. – 31 с.
5. Технологічний процес виготовлення внутрішнього корпусу авіаційного двигуна AI-322 ПАТ «Мотор Січ».
6. **Щербаков, А.В.** Технология обработки материалов. Оборудование электронно-лучевых комплексов : учеб. пособие для академического бакалавриата / Родякина Р.В. Новокрещенев В.В. Ластовиря В. Н. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2019. –183 с.
7. **Овчинников, В.В.** Сварщик на лазерных и электронно-лучевых сварочных установках : учеб. пособие / В.В.Овчинников. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 64 с.
8. **Овчинников, В.В.** Современные виды сварки : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В.Овчинников. – 5-е изд, стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. – 208 с.
9. **Исаев, С.А.** Исследование и обеспечение качества сварных соединений при электронно-лучевой сварке деталей камер сгорания ракетной

и авиационной техники [Текст]: автореф. дисс. на соискание ученой степени кан. техн. наук: 05.16.09/ Исаев Сергей Леонидович. - Самара, 2018. – 22 с.

10. Центральный металлический портал [Электронный ресурс].– Режим доступа:https://metallischekiportal.ru/articles/svarka/els/ustanovki_dla_svarki_v_visokom_vakuume/23.

11. **Кайдалов, А.А.** Сварочные электронные пушки (инженернотехническое описание и инструкция по эксплуатации сварочных электронных пушек УЛ-119, ЭЛА-15, ЭЛА-30, ЭЛА-60 / 60, ЭЛА-60Б) / Истомин Е.И. [Текст] // Киев: НТК «ИЭС им. Е.О.Патона» НАНУ, 2003. – 153 с.

12. **Алехнович, В.Н.** Электронно-лучевая обработка материалов/ Алифанов А.В Гордиенко А.И. Поболь И.Л. [Текст] // Минск: Белорусская наука, 2006. – 318 с.

13. **Саломатова, Е.С.** Исследование геометрических характеристик и микроструктуры сварных швов при электронно-лучевой сварке с осцилляцией электронного пучка / Беленький В.Я. Трушников Д.Н. Олышанская Т.В. [Текст] // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 36-42 с.

14. **Беленький, В.Я.** Некоторые аспекты контроля процесса сварного шва при электронно-лучевой сварке со сквозным проплавлением / Трушников Д.Н. Шваре А.В. [Текст] // Сварка и диагностика. – 2010. – № 1. – С. 41 – 43.

15. **Клиновой, Д.В.** Электронно-лучевая сварка со сквозным проплавлением жаропрочных сплавов на никелевой основе / Задерий Б.А., Котенко С.С., Буньков М.В., Панфилов Ю.Д., Воловец С.Ф. [Текст] // Электронно-лучевая сварка: материалы конференции. – М., 1993. – Сб. 2. – С. – 110 – 115 с.

16. **Петренко, В.Р.** О возможности свободного формирования сварного шва при сквозном проплавлении в условиях электронно-лучевой сварки /

Башкатов А.В., Медведев А.В., Чумарный В.П., Федоров В.М. [Текст] // Сварка и родственные технологии в машиностроении и электронике. – 2001. – № 3. – С. 159 – 162 с.

17. **НПАОП 0.00-7.11-12.** – На заміну наказу МНС України від 26.12.2011 № 1350 Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [Електронний ресурс]; чинний від 2012-03-16. – К. : МНС України, 2012. – 116 с.

18. **НПАОП 0.00-4.12-05.** Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [Електронний ресурс] : чинний від 2005-02-26 – К. : Держнаглядохоронпраці України, 2005. – 34 с. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

19. **ПУЕ-2017.** Правила улаштування електроустановок: – К. : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

20. **ДСТУ 7237:2011.** Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Чинний від 01.08.2011. Видано м. Київ. – 10 с.

21. **НПАОП 40.1-1.21-98.** «Правила техніки безпеки при виконанні електроспоживачів» Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10. 02. 98 за № 93/2533. – 93 с.

22. **НПАОП 0.00-1.81-18.** «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 квітня 2018 р. за № 433 / 31885. – 45 с.

23. **ДНАОП 0.00-1.07-94.** «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском». К.: Міністерство праці та соціальної політики Комітет з нагляду за охороною праці України. 1998. – 87 с.

ДОДАТОК А

ГОСТ 3.1118-82

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Розроб.	Полевой А.С.	
Перевір.	Лаптева Г.М.	
Н. контр.	Шумікін С. О.	
Листів 6		Лист 1

	ГКПО 20512021.000	
	ДП	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖУЮ

МАРШРУТНА КАРТА

технологічного процесу

Виготовлення внутрішнього корпусу авіадвигуна AI-322

Нормоконтролер: к.т.н., доц. Шумікін С. О.

Дата

Зав. кафедри ОТЗВ Овчинников О. В.

Дата



ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16.

[illegible]

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16.

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											Листів 6	Лист 3			
Розроб.			Полевой А.С.								ГКІЮ				
Перевір.			Лаптева Г.М.												
Н. контр.			Шумікін С. О.												
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.		Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
К	Внутрішній корпус					I _{зв} = 70 ... 100 А; V _{зв} = 0,4-0,6 м/год.									
						Основний захист л / хв: Аргон 7 ... 8									
						Вольфрамовий електрод Ø = 1.5 мм заточений на конус 0,5 мм.									
О	Прихоплення деталей згідно з інструкцією					Складальник 4 р.					0,72				
А	25					Зачистка									
Б	Верстак слюсарний														
	Пневмомашини, УШМ, шарошка, штангенциркуль														
М	Круг полірувальний.														
О	Підготовка деталей для зварювання					Складальник 4 р.					0,16				
А	30					Транспортна									
Б	Кран-балка														
О	Стропування деталі та транспортування до зварювальної установки					Стропувальник 3 р.					0,1				
А	35					Зварювальна									
Б	Зварювальна установка «ЭЛУ-9Б»														
О	Зварювання двох кільцевих швів.					Оператор звар.устан.4, зварювальник 4р.					2,41				
К	Внутрішній корпус					Режим: Прискорююча напруга = 60 кВ; Струм променю = 16-18 мА									

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16.

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											Листів 6	Лист 4			
Розроб.			Полевой А.С.								ГКІЮ				
Перевір.			Лаптева Г.М.												
Н. контр.			Шумікін С. О.												
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.		Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
						Струм фокусуючої лінзи = 759-763 мА;									
						Швидкість зварювання = 11-13 мм / с;									
						Відстань від гармати до виробу – робоча відстань = 300 мм;									
						Робочий тиск у камері = ~0,0066 Па.									
А	40					Транспортна									
Б	Кран-балка														
О	Стропування деталі та транспортування до зварювальної установки					Стропувальник 3 р.					0,1				
А	45					Випробування на герметичність									
Б	Верстак для контролю якості, годинник.														
М	Крейда, гас.														
О	Провірити деталь на герметичність згідно з інструкцією					Контролер 4 р.					0,2				
А	50					Промивка									
Б	Ванна														
М	Розчин НАКУР 50 R, вода.														
О	Промивання деталі згідно з інструкції					Контролер 4 р.					0,09				
А	55					Контроль не руйнуючий з проникаючими речовинами.									

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16.

[illegible]

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ГОСТ 3.1118-82 Форма 16.

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												Листів н	Лист 6		
Розроб.			Полевой А.С.									ГКІЮ			
Перевір.			Лаптева Г.М.												
Н. контр.			Шумікін С. О.												
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.		Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу					Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
О	Стропувати за пристосування та транспортувати до цеху № 9					Стропувальник 3 р. Водій електрокара					0,15				
А	80					Контроль не руйнуючий з проникаючими речовинами.									
Б	Верстак для контролю якості, червоний олівець, лупа ЛП-1-4х														
О	Провести контроль зварних швів за інструкцією					Контролер 4 р.					0,2				
А	85					Промивка									
Б	Ванна														
М	Розчин НАКУР 50 R, вода.														
О	Промивання деталі згідно з інструкції					Контролер 4 р.					0,09				
А	90					Контроль кінцевий									
Б	Верстак слюсарний														
	Лупа ЛП-1-4х, Штангенрейсмас ШР-250-0,05, Щупи – 100 набор 2, клас точності 1, Мікроскоп МПБ-27, Секундомір, Лінійка, Ротаметр РС-3[5].														
О	Провести контроль згідно з інструкцією					Контролер 4 р.					0,2				

ДОДАТОК Б

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																													
				<u>Документация</u>																															
A1			ГКІЮ 11602021.004 СК		1																														
				<u>Сборочные единицы</u>																															
Б/к	1		Кришка		1																														
Б/к	2		Технологічне кільце		1																														
				<u>Детали</u>																															
Б/к	3		База		1																														
Б/к	4		Болт М 30 X 220		1																														
				<u>Стандартные изделия</u>																															
Б/к	5		Гайка М30	ISO 4032 - М30	1																														
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td colspan="2">ГКІЮ 11602021.004 СК</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Полевой А.С.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2" rowspan="4"> Устаткування для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна АІ - 322 НУ "Запорізька політехніка" ІФ-310м </td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td>Липтева Г.М.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td>Шумкін С.О.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td>Овчинников</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	ГКІЮ 11602021.004 СК		Разраб.	Полевой А.С.				Устаткування для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна АІ - 322 НУ "Запорізька політехніка" ІФ-310м		Пров.	Липтева Г.М.				Н.контр.	Шумкін С.О.				Утв.	Овчинников			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	ГКІЮ 11602021.004 СК																														
Разраб.	Полевой А.С.				Устаткування для складання внутрішнього корпусу авіадвигуна АІ - 322 НУ "Запорізька політехніка" ІФ-310м																														
Пров.	Липтева Г.М.																																		
Н.контр.	Шумкін С.О.																																		
Утв.	Овчинников																																		
Копировал					Литера Лист Листов 1 1																														

[illegible]

Копировал

Формат А4