

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: «Розробка технології збирання і зварювання кожуху камери згоряння газотурбінного двигуна»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи ІФ-319

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології та устаткування зварювання

Залозецький Віталій Васильович

(прізвище та ініціали)

Керівник Бриков Михайло Миколайович

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кисельов Олександр Володимирович

(прізвище та ініціали)

2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 Національний університет «Запорізька політехніка»

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

б.б. Завідувач кафедри *Валерій НЕТРЕБКО*  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЗАЛОЗЕЦЬКИЙ Віталій Васильович  
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технології збирання і зварювання кожуху камери згоряння газотурбінного двигуна

керівник проєкту (роботи) д.т.н., професор БРИКОВ Михайло Миколайович,  
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «25» травня 2023 року №215

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) \_\_\_\_\_





3. Вихідні дані до проєкту (роботи) базова технологія виготовлення кожуха камери згоряння: річна програма виготовлення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика деталі та матеріалу, з якого вона виготовлена; 2. Розробка технології збирання та зварювання деталі; 3. Технічне нормування; 4. Розрахунок кількості обладнання; 5. Визначення потрібної кількості робочих місць; 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуації

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

1. Кожух камери згоряння; 2. Установка для зварювання; 3. Складально-зварювальне пристосування; 4. Складальне пристосування; 5. Загальний вигляд;

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
2-5	БРИКОВ, М.М. професор		
6			
н/к	ПОПОВ С.М. професор		

7. Дата видачі завдання « 22 » травня 2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	22.05.2023	
2	Вихідні данні та їх аналіз	23.05.2023	
3	Технологічний процес збирання і зварювання	28.05.2023	
4	Технічне нормування операцій і визначення трудоемності виготовлення виробу	29.05.2023	
5	Розрахунок потрібної кількості обладнання	30.05.2023	
6	Визначення потрібної кількості робочих місць	31.05.2023	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	2.06.2023	
8	Висновок	03.06.2023	
9	Виконання креслень та додатків	06.06.2023	

Студент(ка)



(підпис)

Віталій ЗАЛОЗЕЦЬКИЙ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)



(підпис)

Михайло БРИКОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з: 62 сторінок, 15 рисунків, 17 таблиць, 1 додаток, 9 літературних джерел.

КОЖУХ КАМЕРИ ЗГОРАННЯ, АВТОМАТИЧНЕ АРГОНОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ, СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ.

Мета проекту – розробити технологію збирання та зварювання кожуха камери згорання газотурбінного двигуна.

В пояснювальній записці було описано виріб та матеріал виробу, обрано метод зварювання, розраховано режими зварювання, обрано обладнання для виробництва, спроектовано складально-зварювальне пристосування, розраховано норми часу, кількість обладнання, кількість персоналу.

## **ABSTRACT**

The explanatory note consists of: 62 pages, 15 drawings, 17 tables, 1 addition, 9 literary sources.

**COMBUSTION CHAMBER HOUSING, AUTOMATIC TIG WELDING, ASSEMBLY AND WELDING DEVICE.**

The goal of the project is to develop a technology for assembling and welding the casing of the combustion chamber of a gas turbine engine.

The explanatory note described the product and the material of the product, selected the welding method, calculated the welding modes, selected the production equipment, designed the assembly and welding device, calculated the time standards, the number of equipment, and the number of personnel.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	8
Вступ.....	10
1. Вихідні данні та їх аналіз.....	11
1.1. Вихідні данні до проекту.....	11
1.2. Характеристика зварюваного виробу.....	11
1.3. Технічні умови на виготовлення виробу.....	15
1.3.1. Вимоги до основних і допоміжних матеріалів.....	15
1.3.2. Вимоги на виготовлення виробу.....	16
1.3.3. Правила приймання і методи контролю якості.....	17
2. Технологічний процес збирання і зварювання.....	21
2.1. Вибір методу зварювання.....	21
2.2. Вибір допоміжних матеріалів.....	22
2.3. Визначення типу зварного з'єднання.....	24
2.4. Визначення розмірів шву.....	25
2.5. Розрахунок параметрів режимів зварювання.....	25
2.6. Визначення витрат зварювальних матеріалів.....	28
2.7. Вибір зварювального обладнання.....	30
2.8. Складально-зварювальне пристосування.....	41
2.9. Послідовність виконання роботи.....	44
3. Технічне нормування операцій і визначення трудоемності виготовлення виробу.....	46
3.1. Збирання заготівок в пристосування.....	46
3.2. Зварювання заготівок.....	47
3.3. Контроль якості швів.....	47
3.4. Результати розрахунків.....	48
4. Розрахунок потрібної кількості обладнання.....	49
5. Визначення потрібної кількості робочих місць.....	50

6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	51
6.1. Аналіз потенційних небезпек.....	51
6.2. Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	51
6.3. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	53
6.4. Заходи з пожежної безпеки.....	54
6.5. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	55
Висновки.....	57
Перелік джерел посилання .....	58
Додаток А.....	60

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧАНЬ**

$d_{п.д.}$  – діаметр присадного дроту;

$F_{ш}$  – площа поперечного перерізу зварювального шву;

$G_{н.1}$  – маса наплавленого металу першого шву;

$G_{н.2}$  – маса наплавленого металу другого шву;

$G_{п.1}$  – витрата присадного дроту для першого шву;

$G_{п.2}$  – витрата присадного дроту для другого шву;

$H_1$  – витрата захисного газу при зварюванні першого шву;

$H_2$  – витрата захисного газу при зварюванні другого шву;

$h_r$  – витрата газу;

$I_{зв}$  – сила зварювального струму;

$j$  – допустима щільність струму;

$l$  – величина вильоту присадного дроту;

$l_{ш.1}$  – довжина першого кільцевого шву;

$l_{ш.2}$  – довжина другого кільцевого шву;

$O_d$  – об'єм зварюваної деталі;

$P_d$  – вага зварювальної деталі;

$P_{к1}$  – вага нижнього кільця;

$P_{к2}$  – вага верхнього кільця;

$P_{к.0}$  – вага опорного кільця;

$P_{к.п}$  – вага прижимного кільця;

$P_{к.р1}$  – вага нижнього розпирного кільця;

$P_{к.р2}$  – вага верхнього розпирного кільця;

$P_{оп}$  – вага опори;

$P_o$  – вага основи;

$P_{п}$  – вага складально-зварювального пристосування;

$Q_{п}$  – погонна енергія при зварюванні;



$t_{зв.1}$  – час зварювання першого шву;

$t_{зв.2}$  – час зварювання другого шву;

$U_d$  – напруга зварювання;

$V_{зв}$  – швидкість зварювання;

$V_{пд}$  – швидкість подачі присадного дроту;

$\alpha_n$  – коефіцієнт наплавлення;

$\alpha_p$  – коефіцієнт розплавлення;

$\eta_d$  – ефективний ККД нагрівання виробу дугою;

$\rho$  – щільність присадного дроту;

$\rho_d$  – щільність сталі ХН45МВТЮБР;

$\psi$  – коефіцієнт втрат металу.

## ВСТУП

Кожух камери згорання є основною з частин камери згорання газотурбінного двигуна.

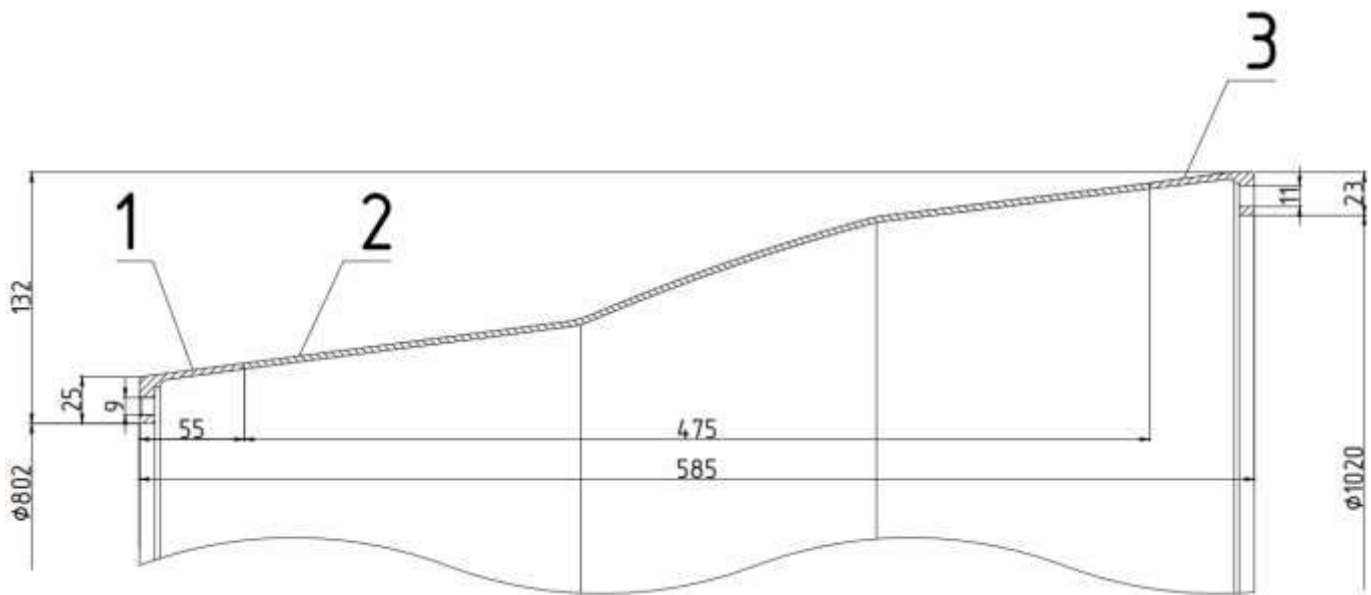
Газотурбінний двигун може використовуватись в морських кораблях в наземній техніці, або в якості приводу насосів для перекачування великих об'ємів речовини. Проте основним місцем використання є авіація. Авіаційний транспорт також забезпечує надзвичайно швидку доставку цінних та швидкопсувних товарів до місця призначення, чим зумовлюється його широке використання великими провідними міжнародними логістичними компаніями. Використання двигунів даного типу в авіації зумовлено їхньою великою потужністю. Оскільки в сучасному світі дуже важливим є питання логістики та швидкого перевезення вантажів є дуже нагальним виготовлення якісних газотурбінних двигунів, які являються основними двигунами транспортних та пасажирських літаків та гелікоптерів.

Основною проблемою виготовлення газотурбінних двигунів являється те, що деталі експлуатуються в досить тяжких умовах. Особливо камера згорання та кожух камери згорання. Високий тиск та температура ставлять перед необхідністю використовувати для цих деталей високолеговані сталі. Оскільки основним місцем використання двигунів є авіація від їх роботи залежать життя людей тому дану деталь як кожух камери згорання можна віднести до категорії відповідальних конструкцій, а тому необхідно виготовляти дану деталь з максимальним рівнем якості.

## 1 ВИХІДНІ ДАНІ ТА ЇХ АНАЛІЗ

### 1.1 Вихідні данні до проекту

Кожух камери має форму тіла обертання. Основні геометричні розміри показані на (рис 1.1).



1 – перша деталь; 2 – друга деталь; 3 – третя деталь

Рисунок 1.1 –Кожух камери згорання

### 1.2 Характеристика зварюваного виробу

Газотурбінний двигун (рис 1.2) – це двигун, в якому повітря стискається в спеціальному нагнітачу перед спалюванням в ньому палива, а нагнітач приводиться в рух газовою турбіною, яка використовує енергію нагрітих таким чином газів.

Камера згорання один з самих важливих елементів газотурбінних двигунів. Зазвичай камера згорання складається з кожуха, жарової труби та фронтального пристрою з форсунками та завихрювачами. Робочий об'єм камери згорання виконує дві функції змішування повітря з паливом та спалювання цієї суміші.



Рисунок 1.2 – Газотурбінний двигун

Газотурбінні двигуни мають велику питому потужність що дозволяє використовувати їх спеціальних задач.

Принцип роботи газотурбінного двигуна в наступному. Компресор, що знаходиться перед камерою згорання нагнітає в неї стиснене повітря, окремо подається паливо. Стиснене повітря для палива являється окиснювачем. Після їх контакту починається хімічна реакція з виділенням тепла та утворення газу. Частина утвореного в ході реакції газу підводиться до компресора та виконує корисну роботу, інша частина викидається в сопло, або виконує роботу в редукторі в залежності від типу газотурбінного двигуна

Двигуни даного типу можуть працювати на різноманітному пальному наприклад: гас, дизельне паливо, бензин, мазут, суднове паливо, водяний газ, природний газ, спирт та подрібнене вугілля.

Кожух камери згорання виготовляється з сплаву ХН45МВТЮБР.

ХН45МВТЮБР-ІД - жароміцний нержавіючий сплав на основі нікелю та хрому. Позначення ІД означає вакуумно-індукційну виплавку з наступним вакуумно-дуговим переплавом.

Жароміцні сплави — металеві матеріали, що мають високий опір до пластичної деформації та руйнуванню при дії високих температур і окисних середовищ. Це високоміцні конструкційні елементи відповідального призначення. До складу також входять кремній, молібден, залізо, вольфрам, церій, вісмут.

Легування надає багатоплановий вплив на якість сталі. Хром підвищує жорсткість, стійкість до корозії; нікель надає металу пластичність; вольфрам – твердість; титан збільшує міцність, стійкість до ударного навантаження та стирання, стабільність, корозійну стійкість; молібден надає металу міцність, стійкість до окислення при високій температурі; алюміній підвищує стійкість до утворення окалини.

Хімічний склад сплаву наведено в таблиці 1.1. Механічні властивості за стандартом ТУ 14-1-3905-85 для сплаву ХН45МВТЮБР наведені в таблиці 2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву ХН45МВТЮБР

C	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Fe
≤0,1	≤0,01	≤0,015	≤0,6	14-16	≤0,3	43-47	21,5-31,5
Al	B	Ti	Mo	Nb	W	Ce	Zr
0,9-1,4	≤0,008	1,9-2,4	4-5,2	0,8-1,5	2,5-3,5	≤0,1	≤0,2

Однією з найважливіших характеристик основного металу являється його зварюваність. Зварюваність розділяють на технічну та фізичну.

Технологічна зварюваність – це характеристика металу, що визначає його реакцію на вплив зварювання та здатність утворювати зварне з'єднання із заданими експлуатаційними властивостями[1].

Фізична зварюваність визначається процесами, що протікають у зоні сплавлення зварюваних металів, в результаті яких утворюється нероз'ємне зварне з'єднання.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву ХН45МВТЮБР

Зразок	Температура °С	Межа плинності $\sigma_{0,2}$ , МПа	Тимчасовий опір руйнуванню $\sigma_B$ , МПа
Поздовжній	20	> 685	> 1130
Відносне подовження $\delta_5$ , %	Відносне звуження $\psi$ , %	Ударна в'язкість при 20 °С $A_N$ , Дж/см <sup>2</sup>	Діаметр відбитка, мм
> 12	> 14	> 24	3,20 - 3,55

Основні характеризуючі ознаки зварюваності сталей, це схильність до утворення тріщин та механічні властивості зварного з'єднання.

Для класифікації по зварюваності сталі поділяються на чотири групи:

1. перша група – сталі, що добре зварюються,  $C_{екв}$  до 0,25%, без обмежень;
2. друга група – задовільно зварювані сталі,  $C_{екв}$  0,25% – 0,35%, тільки при температурі навколишнього середовища не нижче +5 °С ;
3. третя група – сталі, що обмежено зварюються,  $C_{екв}$  0,35% – 0,45%, з попереднім або супутнім підігрівом до +250 °С;
4. четверта група – погано зварювані сталі,  $C_{екв}$  більше 0,45%, з попереднім або супутнім підігрівом, термообробкою після зварювання.

Для оцінки зварюваності сталей застосовують різні величини, такі як еквівалент вуглецю, фактор схильності, одиниця схильності, критична швидкість деформування, хромонікелевий еквівалент.

Оцінюючи зварюваність сплавів на основі нікелю, слід перш за все мати на увазі, що вони мають певні проблеми, а саме:

1. Схильність сплавів на основі нікелю до утворенню тріщин та пор в наплавленому металі та в околшовній зоні;
2. Утворенню при підвищених температурах на поверхні сплавів на основі нікелю оксидів нікелю;
3. Зниженні ливарні характеристики;

#### 4. Вигорання легованих елементів.

Проте ці проблеми можна частково вирішити при додаванні до металу молібдену для запобігання утворенню тріщин, а також використовувати аргонодугове зварювання для зменшення вигорання легуючих елементів[2].

#### 1.3 Технічні умови на виготовлення виробу.

##### 1.3.1 Вимоги до основних і допоміжних матеріалів.

Для виготовлення виробу використовуються наступні зварювальні матеріали:

- зварювальний дріт суцільного перерізу;
- інертний захисний газ.

Усі зварювальні матеріали перед їх використанням повинні пройти вхідний контроль, що включає[3]:

1. Перевірку відповідності марки зварювального матеріалу. Маркування повинно відповідати ДСТУ EN ISO 544:2019.

2. Перевірку наявності сертифікатів якості заводу-виробника;

3. Перевірку безпеки упаковки електродів;

4. Перевірку зварювально-технологічних властивостей присадних дротів якості матеріалів, що застосовуються при виготовленні виробу та їх маркування, повинні відповідати вимогам відповідних цим матеріалам стандартів та технічних умов та засвідчуватися сертифікатами чи паспортами заводів-постачальників.

5. При використанні електродів для зварювання чи виправленню дефектів їх необхідно просушити.

Зварювальні матеріали зберігати в складських приміщеннях з оптимальною температурою 20 градусів Цельсія при мінімальній вологості.

Вимоги до захисних інертних газів наступні. Газоподібний аргон повинен мати:

1. Об'ємну частку аргону не менше 99,993 %;

2. Об'ємну частку азоту не більше 0,005 %;
3. Об'ємну частку кисню не більше 0,0007 %;
4. Масову концентрацію водяної пари при 20 ° С і тиску 760 мм. рт. ст. не більше 0,01 г/см<sup>3</sup>.

Зварювальні захисні гази необхідно зберігати в сталевих балонах з підвищеним тиском.

Сталь ХН45МВТЮБР після перевірки необхідної документації та сертифікатів необхідно провести вхідний контроль матеріалу на достовірність з заявленими характеристиками.

Основними показниками якості металу які перевіряються є:

- Хімічний склад;
- Мікроструктура металу;
- Макроструктура металопрокату;
- Розміри та геометрія металопрокату;
- Якість поверхні металу.

### 1.3.2 Вимоги на виготовлення виробу.

Кожух камери згорання працює у досить важких умовах. Він часто включається в силову схему двигуна, і крім того він працює в умовах підвищеної температури, а також на нього впливає значний перепад тиску між навколишнім середовищем та внутрішньою порожниною камери згорання. Наявність кисню при досить високій температурі призводить до пришвидшеного окислення. Тому вимогами до виробу є жароміцність та корозійна стійкість, герметичність, точність конструкції. При складально-зварювальних роботах застосовується спеціальні пристосування.

При виготовленні до конструкції висуваються такі вимоги:  
до матеріалів, що поставляються:

1. розшарування в листах не допускається;



2. при транспортуванні та зберіганні листового прокату виключити його пошкодження та деформацію;

до заготівельних операцій:

до складально-зварювальних операцій:

1. при складанні використовувати ручну працю;
2. при складанні необхідно забезпечити взаємне розташування елементів з дотриманням зазорів згідно з кресленням;
3. для складання використовувати спеціалізовані складальні пристрої
4. зварювальний дріт очистити від жирів та інших забруднень.
5. шви зачистити від напливів та нерівностей;

### 1.3.3 Правила приймання і методи контролю якості

Найважливішим завданням у галузі зварювання є забезпечення високого якості зварювання. Якість зварних з'єднань визначає експлуатаційну надійність економічність та технологічність зварного виробу згідно технічним вимогам.

Контролю якості піддаються роботи, як у окремих операціях, так і виріб в цілому. При складанні виробу контролю підлягає: форма та розміри зварних з'єднань, зазори, чистота поверхонь, що утворюють зварне з'єднання, основні розміри, що визначають працездатність конструкції[4].

При здійсненні контролю якості виробу виконуються наступні операції:

- Огляд зварних швів (візуальний та вимірювальний контроль);
- Вимір лінійних розмірів;
- перевірка співвісності.

На ділянці збирання та зварювання використовуються такі методи контролю якості:

- візуальний та вимірювальний;
- контроль герметичності.

При візуальному та вимірювальному контролі застосовують: лупи, лінійки вимірювачі металеві, кутники перевірочні 90° лекальні, штангенциркулі,

кутоміри з ноніусом, стінкомери та товщиноміри індикаторні, а також спеціальні та універсальні, радіусні, різьбові та ін. Досить зручним є використання універсальних шаблонів(рис 1.3). Вони поєднують в собі декілька функцій вимірювального інструменту та не займають багато місця.

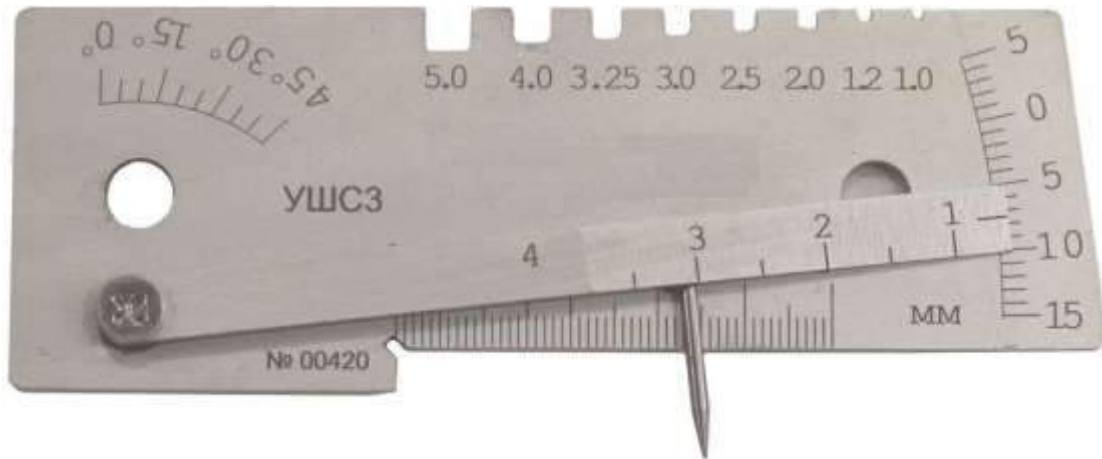


Рисунок 1.3 – Універсальний шаблон зварювальника УШС-3

Вимірювальні прилади та інструменти повинні через певний час роботи, а також після ремонту проходити перевірку у метрологічних службах оскільки інструмент може зноситись, що негативно впливає на контроль якості.

Візуальний та вимірювальний контроль необхідно виконувати на спеціалізованих дільницях, які мають бути обладнанні механізмами кантування для забезпечення зручності роботи контролера.

Місце проведення контролю необхідно розташовувати в найбільш освітлених місцях цеху, де є доступ до природного. Для покращення видимості дефекту необхідно збільшити контраст дефекту з фоном. Для цього необхідно використовувати додаткове мобільне джерело світла. Освітленість має бути достатньою для виявлення дефектів.

Фарбування стін, стель, робочих столів та обладнання для кантування виробу на дільницях візуального та вимірювального контролю необхідно виконувати в світлих тонах для збільшення контрастності та відбивної властивості фарбованих поверхонь.

Візуальний та вимірювальний контроль використовують при будь-яких контрольних операціях, як при виробництві так і при прийманні заготовок, або

здачі виробу. При проведенні візуального та вимірювального контролю готового виробу слід виконувати наступні дії:

Перевірити відсутність, або наявність: пор, різного роду включень, скупчень пор, відшарування, пропалів, непроварів, свищів, напливів, усадкових раковин, бризок розплавленого металу, надмірної лускатості, місце запалу дуги;

Перевірити відсутність, або наявність поверхневих дефектів у місцях виконання зачищення;

Перевірити якість зачищення поверхні зварного з'єднання виробу під наступний контроль неруйнівними методами;

Виміряти розмір поверхневих дефектів виявлених при виконання візуального контролю;

Виміряти висоту та ширину зварного шву, його увігнутість та опуклість зворотного боку шву;

Контроль герметичності - вид неруйнівного контролю виробів, що полягає у вимірюванні або оцінці сумарного потоку робочого, контрольної або пробної речовини, що проникає через нещільності, для порівняння з допустимою за технічними умовами на виготовлення виробу величиною.

Пробна речовина - рідина (або газ), призначена для проникнення через нещільності в виробі під час випробувань з подальшою реєстрацією візуальними, хімічними або інструментальними методами. Якщо індикаторною речовиною є суміш декількох речовин, то при контролі герметичності повинна бути відома концентрація пробної речовини в суміші. Суміш пробної речовини з будь-яким технологічним або економічно доцільним наповнювачем називають контрольною речовиною.

Для пошуку течі доцільно використати метод гасово-крейдового пошуку течі. Метод гасово-крейдового пошуку течі дуже часто використовують для контролю герметичності зварних виробів різного типу, в яких є можливість доступу до обох сторін контрольованих з'єднань. Це обумовлено тим, що даний метод має досить малу вартість та простоту в використанні. Цей метод використовується зазвичай в виробках простої форми, або на ранніх етапах

виробництва коли мається доступ до обох сторін шву. Гас має велику проникну здатність значно більшу, ніж вода, або інші рідини. Він має малу в'язкість, добре розчинює жирові пробки в щілинах і в наскрізних тріщинах та не є полярно-активний, і тому легко проникає всередину найдрібніших дефектів під дією капілярних сил. Гасовий метод контролю має значно більшу чутливість ніж методи, що використовують воду, або інші рідини..

Виконання контролю герметичності за даним методом проводиться в наступному порядку. В першу чергу зі сторони до якої є доступ для більш зручного візуального огляду, на шов наноситься крейдове покриття. Після висушування зворотна сторона шву дуже добре змочується гасом. Поява темних гасових плям на білому фоні показує наявність та приблизне місце знаходження підтікання.

Для підвищення помітності плям на білому крейдовому фоні гас фарбують яскравими кольорами розчиняючи в ньому фарби. Гасовим способом можуть бути виявлені течі діаметром до 0,1 мм у виробках товщиною до 25 мм.

Чутливість і порядок огляду виробів при контролі якості гасово-крейдовим методом наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Чутливість і порядок огляду виробів при випробуванні гасовим способом[5]

Тиск гасу, Па	Чутливість, мм <sup>3</sup> · МПа / с	Порядок огляду по товщині матеріалу виробу, мм	
		до 6	понад 6 до 25
-	$6,6 \cdot 10^{-2}$	1. Відразу після подачі гасу 2. Через 10 ... 30 хв після подачі гасу	1. Через 3 ... 5 хв після подачі гасу 2. Через 30 ... 50 хв після подачі гасу
$2,9 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^{-3}$	1. Через 1 ... 2 хв після подачі тиску 2. Через 15 ... 30 хв після подачі тиску	1. Через 1 ... 2 хв після подачі тиску 2. Через 30 ... 40 хв після подачі тиску

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ І ЗВАРЮВАННЯ ВИРОБУ

Технологічний процес виготовлення кожуха камери згорання включає в себе наступні операції:

- Приймання листів сталі ХН45МВТЮБР;
- Складання на складі;
- Виготовлення з листів заготовок для кожуха камери згорання;
- Виконання обробки заготовок на токарному верстаті;
- Свердління отворів в першій та третій заготовці;
- Складання заготовок в спеціальному пристосуванні;
- Встановлення зібраного кожуха в установку для зварювання;
- Виконання зварювання кожуха камери згорання;
- Виконання контролю якості виконаних швів та їх виправлення за необхідності;

Проте для нас важливими залишаються останні чотири оскільки виробництво заготовок не входить в нашу задачу.

### 2.1 Вибір методу зварювання

Оскільки матеріал виробу має схильність до утворення тріщин та необхідність в збереженні жароміцності зварного з'єднання. Для зварювання жароміцних високо легованих сталей необхідно використати аргонодугове зварювання[6]. Зварювання в аргоні неплавким вольфрамовим електродом дозволяє зменшити вигорання легуючих елементів, підвищити стабільність горіння дуги, що є дуже важливим чинником при зварюванні жароміцних сталей та сплавів. Зварювання можна виконувати безперервно палаючою або імпульсною дугою. Превагою імпульсної дуги перед постійно палаючою є зменшення зони термічного впливу і короблення зварюваних кромок, а також

забезпечення хорошого формування шву при зварюванні матеріалу малої товщини. За рахунок зменшення зони термічного впливу зменшується ймовірність утворення тріщин.

Аргонодугове зварювання вольфрамовим неплавким електродом має ряд переваг перед іншими методами зварювання:

- відсутність необхідності застосування флюсів або обмазок, а, отже, і очищення швів від шлаку та невикористаних залишків флюсу;
- високий ступінь концентрації джерела тепла, що дає змогу значно скоротити зону термічного впливу перетворень та зменшити короблення виробу;
- мінімальна взаємодія металу шва з киснем та азотом повітря;
- Можливість спостереження за відкритою дугою, чим полегшується управління процесом зварювання.

Процес може здійснюють вручну з використанням спеціальних пальників або автоматично на постійному струмі прямої полярності. Виняток становлять, сталі та сплави з підвищеним вмістом алюмінію, коли для руйнування поверхневої плівки оксидів алюмінію, слід використовувати змінний струм.

## 2.2 Вибір допоміжних матеріалів

Зварювання виконують присадним дротом ЕП-533(Св-08Х20Н57М8В8Т3Р).

Високолегований жароміцний присадний дріт на нікелевій основі ЕП-533 може використовуватися для зварювання деталей із жароміцних марок сталі таких як ХН45МВТЮБР в середовищі захисних газів. Дріт знайшов широке застосування для зварювання та наплавлення деталей обладнання хімічного, енергетичного машинобудування та деталей газотурбінних двигунів. Також дріт Св-08Х20Н57М8В8Т3Р забезпечує гарантоване утворення міцного зварного шва при високій температурі роботи, що витримує високі зовнішні навантаження.

Хімічний склад та характеристика міцності зварювального шву приведені в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту ЕП-533

C	S	P	Mn	Cr	Si	Ce	Fe
≤0,1	≤0,01	≤0,015	≤0,5	19-22	≤0,3	≤0,02	≤3
Cu	Al	B	Ti	Mo	W	Ni	
≤0,07	≤0,4	≤0,005	2,3-2,9	7-9	7,8-9	52,5-59,5	

Таблиця 2.2 – Характеристика міцності зварного шву сталі ХН45МВТЮБР(ЕП 718) виконаного присадним дротом ЕП-533[7]

Марка		Стан перед випробуванням	Тимчасовий опір руйнуванню $\sigma_b$ , МПа при температурі випробування °С		Тривала міцність, $\sigma_{100}$ , МПа при температурі випробування, °С		
			700	800	700	800	
Матеріал	Дріт						
ЕП 718 + ЕП 718	ЕП- 533	Постачання + зварювання + +1050 °С -10 хв +780 °С -5 год + 650 °С- 10 год	9905- 10100	7218- 7502	4423	2697	

Для аргонодугового зварювання використовуються електрод фірми Abicor binzel марки WE 3. Електроди даної марки можливо використовувати як при ручному зварюванні так і при автоматичному.

Дані електроди виготовляються з добавками оксидів рідкісноземельних елементів (суміш оксидів). У порівнянні з торійованими електродами, дані електроди набагато менш шкідливі для навколишнього середовища і не радіоактивні.

Електроди марки WE 3 можливо використовувати при постійному струмі і змінному струмі зварювання нелегованих і високолегованих сталей, сплавів алюмінію, титану, нікелю, міді та магнію. Завдяки своїм відмінним властивостям підпалу, вони ідеально підходять для автоматизованих процесів. Завдяки низькій температурі електродів збільшується струмове навантаження і термін служби в порівнянні з торійованими електродами.

Для захисту зони зварювання від навколишнього середовища використовується інертний захисний газ аргон вищого сорту за ДСТУ ГОСТ 10157:2019.

### 2.3 Визначення типу зварного з'єднання

Зварювана деталь складається з тонколистової сталі товщиною 3 мм. Тому необхідності в скосі кромки немає. Вибираємо стандартний тип кромки за ДСТУ EN ISO 9692-1:2014. Для даного виробу підходить тип кромки під номером 1.2.1. Розміри кромки зварюваної деталі показані на рисунку 2.1.

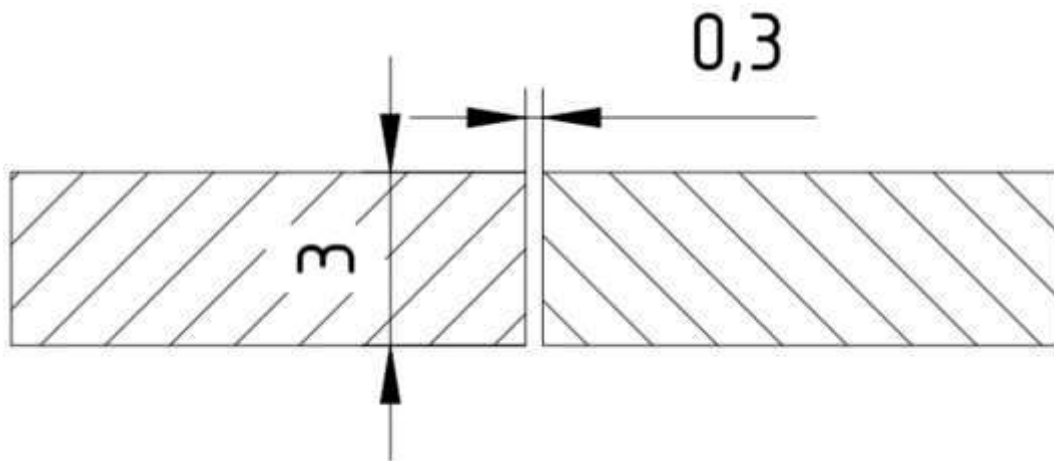


Рисунок 2.1 – Кромки зварюваного виробу



## 2.4 Визначення розмірів шву

Розміри зварювального шву вказані визначені відповідно до ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 та показані на рисунку 2.2.

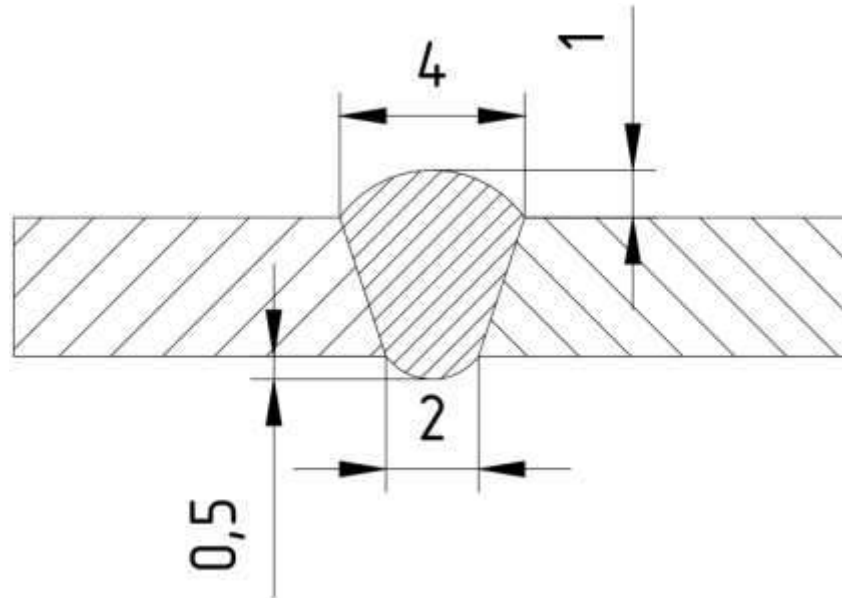


Рисунок 2.2 Розміри зварюваного шву

Використовуючи САД-програму визначили площу поперечного перерізу шву. Площа зварювального шву 12,6 мм<sup>2</sup>.

## 2.5 Розрахунок параметрів режимів зварювання

Розрахунок параметрів режимів зварювання одне з найнеобхідніших розрахунків для розробки технології збирання зварювання. Проте оскільки для розрахунку параметрів режимів аргонодугового зварювання єдиної методики немає всі розрахунки необхідно перевірити та відкалібрувати в процесі виробництва. Дані розрахунки слугують лише як точка відрахунку.

Розрахуємо силу зварювального струму за наступною формулою:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_{пд}}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,6}{4} \cdot 130 \approx 160 \text{ А}$$

де  $j$  – допустима щільність струму, для діаметра присадного дроту. лежить у межах від 65 до 200 А/мм<sup>2</sup>. Прийmemo  $j = 130$  А/мм<sup>2</sup>;

$d_{п.д.}$  – діаметр присадного дроту.

Для прийнятого діаметра присадочного дроту та сили струму визначаємо оптимальну напругу на дузі за наступною формулою:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{п.д.}}} \cdot I_{зв} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 160 = 23,3 \text{ В}$$

Швидкість зварювання розрахуємо за наступною формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \rho \cdot F_{ш}}$$

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт наплавлення, г/А · год;

$\rho = 9,31$  г/см<sup>3</sup> – щільність присадного дроту ЕП-533;

$F_{ш} = 12,6$  мм<sup>2</sup> – площа поперечного перерізу зварювального шву.

Коефіцієнт наплавлення можна розрахувати за наступною формулою:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi)$$

де  $\alpha_p$  – коефіцієнт розплавлення, г/А · год;

$\psi$  – коефіцієнт втрат металу. Для зварювання в захисних газах(аргоні)

$\psi = 0,05 - 0,25$ . Прийmemo  $\psi = 0,1$ .

Розрахуємо значення коефіцієнту розплавлення за наступною формулою:

$$\begin{aligned} \alpha_p &= 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{зв}} \cdot \frac{l}{d_{п.д.}^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{160} \cdot \frac{1,5}{0,16^2} \\ &= 11,4 \text{ г/А} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

де  $l$  – величина вильоту присадного дроту, вибирають у межах від 10 до 30 мм. Приймаємо  $l = 15$  мм.

Отже коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = 11,4 \cdot (1 - 0,1) = 10,26 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{10,26 \cdot 160}{3600 \cdot 9,31 \cdot 0,126} = 0,39 \text{ см/с, або } 14,1 \text{ м/год}$$

Швидкість подачі присадного дроту розрахуємо за наступною формулою:

$$V_{пд} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \rho \cdot F_{пд}} = \frac{11,4 \cdot 160}{3600 \cdot 9,31 \cdot 0,08} = 0,68 \text{ см/с, або } 24,5 \text{ м/год}$$

Розрахуємо погонну енергію за наступною формулою:

$$Q_{п} = \frac{I_{зв} \cdot U_{д} \cdot \eta_{д}}{V_{зв}} = \frac{160 \cdot 23,3 \cdot 0,82}{14,1} = 7838 \text{ Дж/см}$$

де  $\eta_{д}$  – ефективний ККД нагрівання виробу дугою, для зварювання в захисних газах має знаходити від 0,8 до 0,84. Приймаємо  $\eta_{д} = 0,82$ .

Витрату захисного газу приймаймо згідно з рекомендаціями щодо аргонодугового зварювання високолегованих сталей [7]. В таблиці 2.3 занесені розрахункові режими аргонодугового зварювання високолегованої сталі.

Таблиця 2.3 – Розраховані параметри режиму зварювання

Товщина , мм	Кількість проходів	Зазор, мм	Діаметр електрода, мм	Витрата газу, л/хв
3	1	0,3	3	5

Продовження таблиці 2.3

Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість зварювання, м/год	Діаметр присадного дроту, мм	Швидкість подачі присадного дроту, м/год
160	23,3	14,1	1,6	24,5

## 2.6 Визначення витрат зварювальних матеріалів

У процесі аргонодугового зварювання неплавким електродом витрачаються зварювальні матеріали, такі як:

- Захисний газ (аргон);
- Присадний дріт (ЕП-533).

Визначення витрати перерахованих вище зварювальних матеріалів грає велику роль.

Розрахуємо масу наплаченого металу для першого шву за наступною формулою:

$$G_{н.1} = \rho \cdot F_{ш} \cdot l_{ш.1} = 9,31 \cdot 0,126 \cdot 332 = 390 \text{ г}$$

Для другого шву:

$$G_{н.2} = \rho \cdot F_{ш} \cdot l_{ш.2} = 9,31 \cdot 0,126 \cdot 272 = 319 \text{ г}$$

де  $l_{ш.1} = 332$  см – довжина першого кільцевого шву;

$l_{ш.2} = 272$  см – довжина другого кільцевого шву;

Витрата присадного дроту для першого шву можна визначити за формулою:

$$G_{п.1} = \frac{G_{н.1}}{1 - \psi} = \frac{390}{1 - 0,1} = 433,3 \text{ г}$$

Для другого шву:

$$G_{п.2} = \frac{G_{н.2}}{1 - \psi} = \frac{319}{1 - 0,1} = 354,4 \text{ г}$$

Час зварювання швів можна розрахувати за наступними формулами:

$$t_{зв.1} = \frac{l_{ш.1}}{V_{зв}} = \frac{332}{0,39} = 851 \text{ с, або } 14,2 \text{ хв}$$

$$t_{зв.2} = \frac{l_{ш.2}}{V_{зв}} = \frac{272}{0,39} = 697 \text{ с, або } 11,6 \text{ хв}$$

Витрату захисного газу, необхідного для зварювання двох швів можна обчислити за формулами:

$$H_1 = t_{зв.1} \cdot h_{г} = 14,2 \cdot 5 = 71 \text{ л}$$

$$H_2 = t_{зв.2} \cdot h_{г} = 11,6 \cdot 5 = 58 \text{ л}$$

## 2.7 Вибір зварювального обладнання

Вибір апарату для автоматичного аргонодугового зварювання неплавким електродом здійснюється за допомогою розрахованих параметрів. Потрібно підібрати такий зварювальний автомат, щоб усі розраховані параметри входили в діапазон технічних характеристик вибраного зварювального автомата. Вивчивши літературу з цієї теми, можна назвати декілька видів автоматичного аргонодугового зварювання:

- Автоматичне зварювання роботами та коботами;
- Орбітальне автоматичне зварювання;
- Автоматичне зварювання з використанням підйомно-поворотної колони.

Для даної задачі використання підйомно-поворотної колони буде достатньо.

В першу чергу при виборі обладнання необхідно вибрати зварювальну головку, проте в сучасному виробництві для аргонодугового зварювання майже не використовуються комплексні зварювальні голівки як наприклад a1416. Так звану зварювальну головку збирають з окремих частин, що забезпечує гнучкість характеристик майбутнього зварювального автомату.

Першою частиною зварювальної головки є пальник. Існує багато видів зварювальних пальників для автоматичного аргонодугового зварювання більша частина яких розроблена для роботів. Для нашої задачі добре підходить пальник ABITIG MT 300 W(рис 2.3) виробника Abicor Binzel. Технічні характеристики якого наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики ABITIG MT 300 W

Охолодження	Рідинне
Сила струму, А	300 DC / 210 AC
ПВ, %	100
Діаметр електрода, мм	1,6 – 4,8
Геометрія пальника, °	0



Рисунок 2.3 – Пальник ABITIG MT 300 W

Наступною частиною зварювальної головки є механізм подачі. Механізми подачі бувають різними, основною різницею між ними є кількість роликів якими здійснюється просування дроту в кожуху. Для стабільної подачі дроту найкраще використовувати чотирьох роликів механізм подачі. Тому для наших потреб підходить механізм подачі VPR-4WD(рис 2.4) виробника Carpano equipment.



Рисунок 2.4 – Механізм подачі присадного дроту VPR-4WD

VPR-4WD - це чотирьох роликів механізм подачі холодного дроту з двигуном постійного струму та енкодером, який може забезпечити незмінність та точність подачі дроту під час аргонодугового зварювання та плазмових

процесів у режимі холодного дроту або в режимі гарячий дріт. Механізм подачі може використовуватись як самостійно так і з іншим обладнанням:

- Автоматичний з пристроєм подачі дроту, з програмованим контролером, але керований разом з іншим обладнанням;
- Автоматичний з пристроєм подачі дроту без власного програмованого контролера, але безпосередньо керований PLC машини.

Технічні характеристики механізму подачі наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики механізму подачі VPR-4WD

Швидкість подачі дроту, м/хв.	0,1 – 44,3
Діаметр дроту, мм	0,6 – 1,6
Потужність двигуна, Вт	100 з енкодером

Часто для якісного зварювання необхідно, щоб відбувалося коливання пальника. Для досягнення цього ефекта пальник встановлюються на спеціальний механізм, який має назву зварювальний осцилятор. Для нашої задачі підходить осцилятор DTE 80(рис 2.5) виробника Capraro equipment.



Рисунок 2.5 – Механізм коливання DTE 80

Даний механізм представляє з себе двигун постійного струму до якого на спеціальний зажим кріпиться пальник. Двигун керується пультом керування, який кріпиться на підйомно-поворотній колоні. Технічні характеристики механізму коливання наведені в таблиці 2.6.



Таблиця 2.6 – Технічні характеристики механізму коливання DTE 80

Швидкість коливання, мм/хв.	20 – 2800
Ширина коливання, мм	0 – 30
Регулювання по центру, мм	$\pm 25$
Час витримки ліворуч, с	0 – 5
Час витримки по центру, с	0 – 5
Час витримки праворуч, с	0 – 5
Вага, кг	3

Для покращення процесу зварювання та покращенню зручності роботи з зварювальним автоматом необхідно обрати блок управління. До блоку управління підключаються всі вище обрані механізми та джерело живлення.

Блок управління використовується для зручного керування всіма процесами зварювального автомата. Для зручності підключення механізмів між собою виберемо блок управління того ж виробника що і механізми коливання та подачі дроту.

AVCPLC80mini(рис 2.6) це блок управління з можливістю контролю висоти дуги. Визначення висоти дуги виконується через вимірювання напруги дуги. Контроль висоти здійснюється так само як в механізмі коливання використанням двигуна постійного струму. Двигун постійного струму монтується на механізм коливання. Працюючи разом з механізмом коливання вони дають певну свободу руху зварювальному пальнику. Даний блок управління може використовуватись для як для аргонодугового зварювання так і для інших видів зварювання, а також для плазмового різання.

Блок управління має переносний пульт управління з основними кнопками управління та має трьох з половиною дюймовий сенсорний екран. Він приєднується до блока управління кабелем. В даному блоці управління можна зберігати різні шаблони для різних заготовок та швидко їх змінювати, що покращує зручність та швидкість роботи.

Технічні характеристики блока управління наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики блока управління AVCPLC80mini

Потужність двигуна, В	31
Швидкість регулювання, мм/хв.	50 –2300
Корисне навантаження, кг	10
Вага двигуна, кг	4,6
Чутливість, В	0,1
Мінімальна допустима частота імпульсів, Гц	2



Рисунок 2.6 – Блок управління AVCPLC80mini

Все це обладнання необхідно закріпити. Для цього використовується підйомно-поворотна колона. Підйомно-поворотна колона це дуже зручний в умовах виробництва механізм. Завдяки ньому можливо використовувати один зварювальний автомат для декількох заготовок та складальних пристосувань, а також легко виконувати поздовжнє зварювання. Можливість колони обертатись на 360° дозволяє використовувати автомат для різних задач, а якщо встановить колону на візок можна збільшити мобільність та функціонал ще більше. З даною

задачею добре справиться підйомно-поворотна колона AP MN CM 20(рис 2.7) виробника Carpano equipment.



Рисунок 2.7 – Підйомно-поворотна колона AP MN CM 20

Дана колона виготовлена з алюмінієвого сплаву, має точні без щіткові двигуни та має спеціальну площадку для джерела живлення. На колоні та консольній балці можна швидко та просто монтувати різне оснащення використовуючи спеціальну верстатну фурнітуру. Ця колона має систему зниження моментів інерції з регулюванням швидкості робочої машини. Завдяки точному виготовленні має малі зазори та велику жорсткість навіть при максимальному виліту консольної балки. Колона в даній модифікації поставляється з зварювальним візком.

Технічні характеристики підйомно-поворотної колони наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики підйомно-поворотної колони AP MN CM 20

Висота, мм	3490
Довжина горизонтальної балки, мм	3000
Мінімальна висота консольної балки, мм	870
Максимальна висота консольної балки, мм	2870
Ефективна довжина консольної балки, мм	2000
Швидкість горизонтального переміщення, мм/хв.	50 – 1900
Швидкість вертикального переміщення, мм/хв.	50 – 900

Для спостереження за процесом зварювання та покращення процесу контролю якості в сучасному виробництві застосовують камери спостереження. Високоякісні зображення зварювальної ванни необхідні для виявлення відхилень зварювальної ванни та внесення необхідних змін у параметри зварювання або відстеження з'єднання в режимі реального часу, щоб підтримувати якість зварювання. Використання систем камер спостереження має такі переваги[8]:

- Захоплює зображення дуги через вузькі отвори, такі як труби малого діаметру;
- Звільняє зварника від прийняття незручних, шкідливих для здоров'я та іноді небезпечних положень;
- Дозволяє лише одному оператору стежити за кількома процесами зварювання одночасно;
- Можливість відеозапису процесу зварювання на накопичувач може допомогти при виясненні причин можливого браку;

Для проведення спостереження використовується ARCV(рис 2.8) – система візуального спостереження за дугою.



Рисунок 2.8 – Комплект постачання системи спостереження ARCV

Дана система комплектується камерою спостереження та інтерфейсним модулем для підключення до комп'ютера та лінії живлення. Також дана система має власне програмне забезпечення для перегляду та запису зображення з камери. Доступ до програмного забезпечення дозволяється лише при підключенні до комп'ютера USB-ключа, що забезпечує виробничу таємницю.

Камера спостереження кріпиться до пальника, або до підйомно-поворотної колони спеціальним кронштейном, що має декілька ступенів свободи та може регулюватись в декількох напрямках без використання спеціального інструменту. Інтерфейсний модуль можна підключити до будь-якого комп'ютера, або ноутбука який задовольняє мінімальним характеристикам, проте виробником рекомендується використовувати комп'ютер з сенсорним екраном.

Мінімальні технічні характеристики комп'ютера для спостереження за дугою наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Мінімальні технічні характеристики комп'ютера для спостереження за дугою

Операційна система	Windows 10 Bit 64
Процесор	Від i3, або r3 та вище
Об'єм оперативної пам'яті, Гб	Від 4
Об'єм накопичувача, Гб	Від 120

Залишилось підібрати лише блок рідинного охолодження пальника та джерело живлення.

Блок рідинного охолодження пальника використовується для постійного охолодження. Принципово він складається з резервуара з робочою рідиною та насоса, що перекачує рідину через систему охолодження. Охолодження пальника позитивно впливає на зварювання.

Джерелом живлення для нашої задачі буде слугувати TETRIX 351 DC SMART 2.0 PULS(рис 2.9).



Рисунок 2.9 – Джерело живлення TETRIX 351 DC SMART 2.0 PULS

Дане джерело живлення являється інверторного типу. Використовується для аргонодугового зварювання постійним струмом. На передній панелі даного джерела живлення знаходяться зручні органи управління. Завдяки ним можна зберігати декілька шаблонів. Особливістю цього джерела живлення є вмонтована

система охолодження зварювального пальника. Технічні характеристики цього джерела живлення наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики джерела живлення TETRIX 351 DC SMART 2.0 PULS

Зварювальний струм, А	5 – 350
Зварювальна напруга, В	10,2 – 24
Максимальна сила струму при ПВ = 100% та 40 °С, А	350
Напруга холостого ходу, В	79
Мережева напруга, В	3 × 380
Частота, Гц	50
Мережевий запобіжник, А	3 × 16
Максимальна споживна потужність, кВА	10,9
$\cos \varphi$ /ККД	0,99/90%
Клас ізоляції/клас захисту	Н/ІР 23
Температура навколишнього середовища, °С	-25 – +40
Охолодження джерела живлення/пальника	Повітря/повітря, або рідина
Рівень шуму, дБ	< 70
Максимальна продуктивність, л/хв	5
Вихідний тиск рідини, бар	3,5
Об'єм баку охолоджувальної рідини, л	12
Розміри та вага, мм та кг	1085 × 450 × 1003 та 131

Газова апаратура служить для забезпечення захисту зони зварювальної дуги вуглекислим або інертним газом. До неї належать: балон із захисним газом, підігрівач газу, осушувач газу, газовий редуктор з манометрами, витратомір газу, або редуктор-витратомір газу.

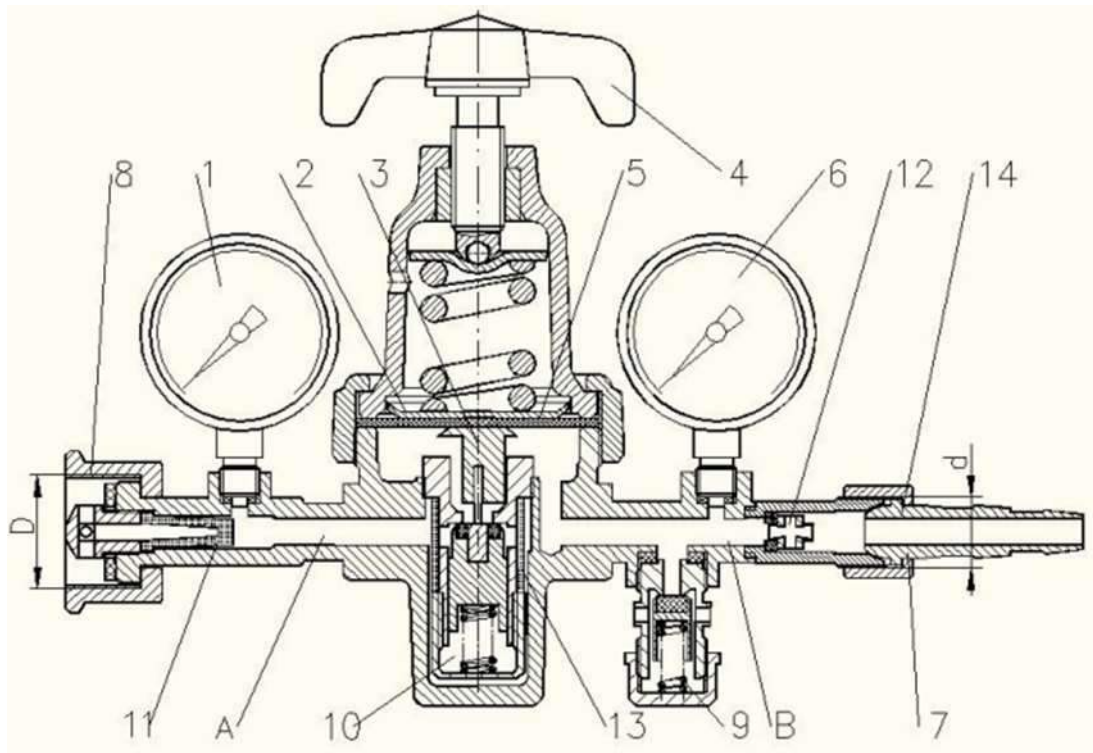
Підігрівач газу необхідний у випадку використання захисного газу з балона. Нагрівальний елемент розрахований на напругу 20 В постійного струму або 36 В змінного.



Осушувач газу призначений для поглинання вологи. В якості осушувача використовують силікагель або мідний купорос. Обсяг осушувача дозволяє за однієї зарядки осушити чотири-шість балонів вуглекислоти. Для видалення вологи вологопоглинальний матеріал необхідно періодично прокалювати при температурі 200–250°C протягом 2–2,5 год.

Газовий редуктор зворотної дії (рис. 2.10) служить для зниження тиску газу, що надходить із балона. Для автоматичної підтримки робочого тиску під час використання вуглекислого газу застосовують спеціальні редуктори – витратоміри типу У–30.

Зниження тиск газу, що надходить в регулятор з балона, відбувається шляхом його розширення при проходженні через зазор між сідлом і клапаном вузла редуруючого в камеру робочого тиску. Необхідна витрата газу встановлюється обертанням гвинта регулюючого «маховичка» та вимірюється витратоміром газу манометричного типу, що працює в комплекті з дюзою.



1- манометр (крім У-30-2); 2- натискний диск; 3- штовхач; 4- гвинт регулюючий (маховичок); 5- мембрана; 6- витратомір; 7- ніпель; 8, 14 - гайки; 9 запобіжний клапан; 10- вузол редукуючий; 11,13-фільтри; 12- дюза

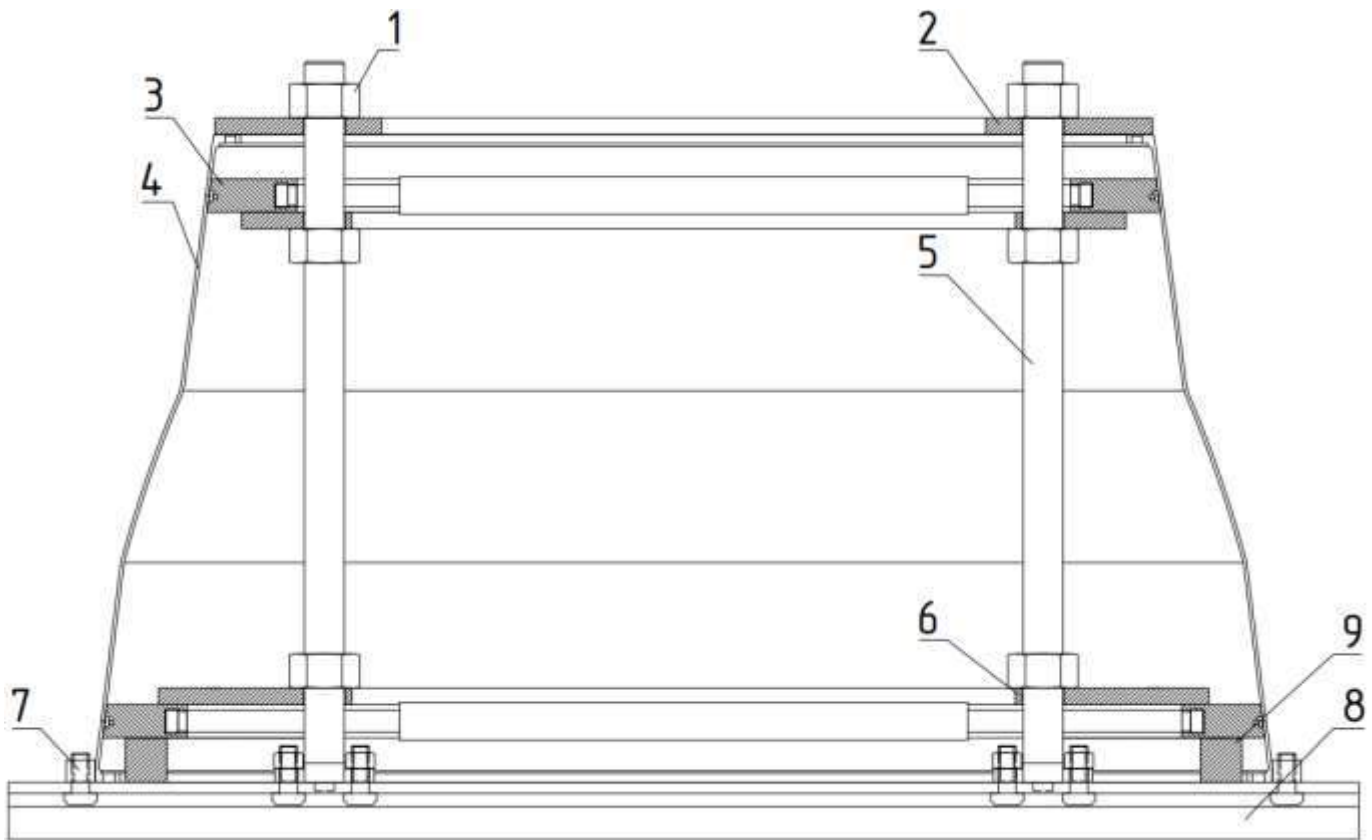
Рис. 2.10. — Регулятори витрати газу з показчиком витрати газу



## 2.8 Складально-зварювальне пристосування

Складально-зварювальне пристосування є важливою і об'ємною частиною виробництва, оскільки зварювальні операції за своєю трудомісткістю складають всього 25-30% загального обсягу складально-зварювальних робіт, решта 70-75% припадають на складання, транспортування та на різні інші допоміжні роботи.

Для виконання зварювання даної деталі рекомендовано використовувати складально-зварювальне пристосування(рис. 2.11).



1 – гайка М36; 2 – притискне кільце; 3 – розпірне кільце; 4 – зварювана деталь;  
5 – опора; 6 – кільце; 7 – обмежувач руху; 8 – основа; 9 – опорне кільце.

Рисунок 2.11 – Складально-зварювальне пристосування

Дане складально-зварювальне пристосування має досить просту конструкцію, завдяки чому має досить малу собівартість та простоту виготовлення. Це пристосування складається з трьох опор 5, які закріплюються на основі за допомогою фланців в їх основі. На даних опорах нарізана різьба М36. Це пристосування має розпірні кільця для підведення до внутрішньої сторони шву захисного газу, також вони слугують опорами для встановлення

частин зварюваної деталі в правильне положення. Нижнє розпірне кільце встановлюється на опорне кільце 9 та притиснене зверху кільцем 6. Верхнє розпірне кільце встановлюється на опірне кільце яке опирається на гайки М36. Притиск зварюваної деталі до пристосування виконується за допомогою притискного кільця та гайок М36.

Для забезпечення обертання пристосування та зміни кута нахилу воно встановлюється на двох осьовий зварювальний позиціонер. А тому необхідно знати вагу складально-зварювального пристосування разом з зварюваною деталлю .

Розрахувати вагу зварюваної деталі можна за наступною формулою:

$$P_d = \rho_d \cdot O_d = 8290 \cdot 0,006443 = 54 \text{ кг}$$

де  $\rho_d = 8290 \text{ кг/м}^3$  – щільність сталі ХН45МВТЮБР;

$O_d = 0,006443 \text{ м}^3$  – об'єм зварюваної деталі.

Розрахувати вагу пристосування можна за наступною формулою:

$$\begin{aligned} P_{\text{п}} &= P_{\text{к.о}} + P_{\text{к.р1}} + P_{\text{к1}} + P_{\text{к2}} + P_{\text{к.р2}} + P_{\text{к.п}} + 2 \cdot P_{\text{оп}} + P_o \\ &= 13,34 + 55,3 + 18,56 + 17,4 + 47,4 + 14,5 + 2 \cdot 5,2 + 481,9 \\ &= 658,8 \text{ кг} \end{aligned}$$

де  $P_{\text{к.о}} = 13,34 \text{ кг}$  – вага опорного кільця;

$P_{\text{к.р1}} = 55,3 \text{ кг}$  – вага нижнього розпірного кільця;

$P_{\text{к1}} = 18,56 \text{ кг}$  – вага нижнього кільця;

$P_{\text{к2}} = 17,4 \text{ кг}$  – вага верхнього кільця;

$P_{\text{к.р2}} = 47,4 \text{ кг}$  – вага верхнього розпірного кільця

$P_{\text{к.п}} = 14,5 \text{ кг}$  – вага прижимного кільця

$P_{\text{оп}} = 5,2 \text{ кг}$  – вага опори;

$P_o = 481,9 \text{ кг}$  – вага основи.

Виходячи з отриманої ваги вибираємо зварювальний позиціонер P030(рис. 2.12) виробника Carpano equipment.



Рисунок 2.12 – Зварювальний позиціонер P030

Завдяки даному позиціонеру значно покращиться зручність та якість зварювання. А можливість швидкого зміння пристосування дозволить використовувати даний позиціонер для інших задач. Технічні характеристики даного позиціонера наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики зварювального позиціонера P030

Вантажопідйомність, т	3
Крутний момент нахилу, т · м	0,9
Момент обертання, т · м	0,36
Діапазон швидкостей, об/хв	0,08 – 1
Вага, т	1,4

## 2.9 Послідовність виконання роботи

Початок роботи починається з перевірки заготовок. Вхідний контроль необхідний для того, щоб виключити можливість браку всієї деталі. Потративши до десяти хвилин для перевірки геометрії заготівок та знайшовши брак можна зменшити збитки. При вхідному контролі перевіряється розміри та геометрія заготівок.

Наступною операцією є складання заготівок в пристосування для зварювання. Оскільки заготівки мають досить малу вагу складання виконується в ручну що дозволяє зменшити втрати часу. Для зручності назовемо заготовки так як вони названі на рис. 1.1. Отже при складанні в першу чергу необхідно третю деталь встановити на основу пристосування при цьому складання виконується в вертикальному положенні пристосування. Після встановлення третьої деталі дуже зручно виконати притиск стику розпірним кільцем. Наступним ставиться друга деталь. Після встановлення цієї деталі необхідно вирівняти торці стику так, щоб нестиковка кромки не перевищувала 0,45. При вирівнюванні кромки використовується ручний ударний інструмент такі як слюсарні молотки та киянки. Після вирівнювання кромки до потрібної граничної висоти виконується притиск стику верхнім розпірним кільцем. Наступним встановлюється перша деталь. Кромки першої деталі вирівнюються з кромками другої деталі таким же чином як ш раніше з використанням ударного інструменту. Останнім встановлюється притискне кільце. Завдяки інструменту та двом гайкам М36 виконується притиск всіх деталей між собою та між пристосуванням. Необхідно щоб зазор між деталями не перевищував 0,3.

Після виконання всіх цих дій використовуючи зварювальний позиціонер на якому встановлено пристосування змінюють кут нахилу пристосування. При зварюванні найбільш зручним положенням являється нижнє. При зварюванні в нижньому положенні спостерігається найкраща якість та формування зварювального шву. Для того щоб встановити зварювальну деталь в нижнє положення для зварювання шву між третьою та другою деталлю необхідно

змінити кут нахилу пристосування на  $83^\circ$  відносно вертикальної осі, а для зварювання шву між другою та першою деталлю необхідно змінити кут нахилу пристосування на  $80^\circ$ . Це необхідно робити оскільки деталь має конічну форму.

Після встановлення зварювального позиціонер з пристосуванням в зварювальне положення необхідно підвести зварювальний пальник до зварювального шву. Для цього використовуючи пульт керування підйомно-поворотної колони необхідно запустити рух горизонтальної балки на якій закріплений пальник. Після встановлення пальника на необхідну висоту та в необхідне для зварювання положення необхідно встановити швидкість подачі дроту. Для цього використовуючи пульт керування механізму подачі ввести необхідну швидкість подачі дроту та зберегти. Після цього необхідно налаштувати систему слідування за дугою та механізму коливання, що виконується також через пульт управління. Наступним кроком є встановлення на джерелі живлення зварювального струму та навантаження та оскільки дане джерело живлення оснащено системою слідування та контролю за витратою захисного газу необхідно також задати цей параметр. Після чого необхідно впевнитись що балон з захисним газом відкритий та з'єднаний з джерелом живлення через редуктор та осушувач та, що все працює правильно. Після виконання всіх вище наведених операцій починається процес зварювання. Зварювальник спостерігає за процесом зварювання через систему відеоспостереження на екрані комп'ютера чи ноутбука.

Після проведення процесу зварювання необхідно провести контроль якості зварного виробу. Для цього виріб переносять на контрольний який добре освітлений. Контролер використовуючи зварювальні шаблони лінійки та лупи перевіряє геометрію швів та наявність поверхневих дефектів. Всі наявні дефекти необхідно вирізати та заварити повторно вручну. Після перевірки зовнішнього виду швів контролер наносить на одну сторону зварного шву крейдову масу, а іншу сторону добре змочує гасом та залишає на 10 хвилин. Якщо за час витримки на крейдовій масі не з'явилось плям значить, що шви герметичні та контроль якості пройдений успішно.

### 3 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ І ВИЗНАЧЕННЯ ТРУДОЄМНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ.

#### 3.1 Збирання заготовок в пристосування

Технічне нормування необхідно розраховувати для встановлення конкретних організаційно-технічних умов витрат часу необхідного для виконання певної роботи.

Технічне нормування має велике значення, оскільки є основою всіх розрахунків при організації та плануванні виробництва.

Перед початком виконання збирання та зварювання необхідно перевірити на брак вхідні заготовки

Кількість основного затраченого на зборку часу розраховується за формулою

$$T_0 = t_1 + t_2 = 3 + 3 = 6 \text{ хв.}$$

де  $t_1 = 3$  хв. – час на встановлення деталі;

$t_2 = 3$  хв. – час для вирівнювання торців деталі.

Кількість допоміжного затраченого часу розраховується за формулою:

$$T_d = t_1 + t_2 + t_3 = 1 + 1 + 0,5 = 2,5 \text{ хв}$$

де  $t_1 = 1$  хв. – час на встановлення розпирного кільця в робочий стан;

$t_2 = 1$  хв. – час на закріплення деталі;

$t_3 = 0.5$  хв. – час для встановлення пристосування в робоче положення.

Загальний час розраховується за наступною формулою:

$$T_3 = (T_0 + T_d) \cdot \tau = (6 + 2,5) \cdot 1,02 = 8,7 \text{ хв.}$$

де  $\tau = 1,02$  – коефіцієнт на організаційне-технічне обслуговування робочого місяця

### 3.2 Зварювання заготовок

Кількість часу витраченого на зварювання шву вже було розраховано та дорівнює  $t_{зв.1} = 851$  с, або 14,2 хв для першого шву  $t_{зв.2} = 697$  с, або 11,6 хв та для другого.

Кількість допоміжного затраченого часу розраховується за формулою:

$$T_d = t_1 + t_2 = 0,5 + 1 = 1,5$$

де  $t_1 = 0,5$  хв. – час на встановлення режимів зварювання;

$t_2 = 1$  хв. – час на встановлення колони в робочий стан.

Загальний час розраховується за наступною формулою:

$$T_з = (T_d + t_{зв.1} + t_{зв.2}) \cdot \tau = (1,5 + 14,2 + 11,6) \cdot 1,02 = 27,9 \text{ хв.}$$

де  $\tau = 1,02$  – коефіцієнт на організаційне-технічне обслуговування робочого місяця.

### 3.3 Контроль якості швів

Час витрачений на контроль якості деталі розраховується за формулою :

$$T_k = t_1 + t_2 = 4 + 10 = 14 \text{ хв.}$$

де  $t_1 = 4$  хв. – час на перевірку швів;

$t_2 = 10$  хв. – час на контроль герметичності ємності.

Допоміжний час розраховується за формулою:

$$T_d = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 5 + 3 + 0,1 + 0,3 + 3 = 11,4 \text{ хв.}$$

де  $t_1 = 5$  хв. – час на встановлення та зняття виробу з контрольного столу;

$t_2 = 3$  хв. – час на нанесення крейдової маси;

$t_3 = 0,1$  хв. – час на взяття та відкладання шаблону;

$t_4 = 0,3$  хв. – час на взяти та відкладання ємності з гасом;

$t_5 = 3$  хв. – час на нанесення гасу вздовж шву.

Загальний час витрачений на контроль якості деталі:

$$T_3 = (T_k + T_d) \cdot \tau = (14 + 11,4) \cdot 1,02 = 25,9 \text{ хв.}$$

де  $\tau = 1,02$  – коефіцієнт на організаційно-технічне обслуговування робочого місця.

### 3.4 Результати розрахунків

Результати розрахунків нормування часу операцій для виготовлення деталі занесені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Нормування часу операцій для виготовлення зварної деталі.

№	Назва операції технічного процесу	Норма часу, хв.
1	Контроль якості вхідних заготовок	10
2	Збирання заготовок в пристосування	8,7
3	Зварювання заготовок	27,9
4	Контроль якості швів	25,9



#### 4 РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ

Робочий такт розраховується з урахуванням переривів на відпочинок:

$$R = \frac{S(T_{\text{зм}} + T_{\text{пер}})(1 - a)(1 - k_{\text{б}})}{N_{\text{в.доб}}} = \frac{(480 + 20)(1 - 0,05)(1 - 0,05)}{2} = 225,2 \text{ хв.}$$

де  $S = 1$  – кількість змін за добу;

$T_{\text{зм}} = 480$  хв. – тривалість зміни;

$T_{\text{пер}} = 20$  хв. – перерив на обід за зміну;

$a = 5\%$  – величина добового браку за зміну;

$k_{\text{б}} = 5\%$  – затрати часу на ремонт та обслуговування обладнання;

$N = 500$  шт/рік – рокова програма випуску продукції;

$N_{\text{в.доб}} = 500/225 = 2$  – добова програма випуска.

Число обладнання з кожної операції визначаємо за формулою:

$$c_{\text{об}} = \frac{t_i}{R}$$

де  $t_i$  – норма часу на операцію.

Розрахунок числа потрібного обладнання занесено до таблиці 4,1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок числа потрібного обладнання

№	Назва операції технічного процесу	Норма часу, хв.	Кількість обладнання,шт
1	Контроль якості вхідних заготовок	10	1
2	Збирання заготовок в пристосування	8,7	1
3	Зварювання заготовок	27,9	1
4	Контроль якості швів	25,9	1

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ РОБОЧИХ МІСЦЬ

Кількість робочих місць (табл. 5,1) визначаємо залежно кількості потрібного обладнання з урахуванням додаткової допомоги з боку підручних.

Таблиця 5,1 – Необхідна кількість робочих місць для виконання зварювання деталі

№	Назва операції технічного процесу	Професія	Кількість обладнання, шт	Чисельність працівників, чол.
1	Контроль якості вихідної заготовки	Контролер	1	1
2	Збирання заготовок в пристосування	Підручний	1	1
3	Зварювання заготовок	Зварник	1	1
4	Контроль якості швів	Контролер	1	1

Загальна кількість робітників дорівнює 3 чоловікам. Кількість інженерно-технологічних робітників приймаємо 2, з них 1 майстер та 1 технолог

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі необхідно проаналізувати можливі небезпечні впливи на робітників та визначити можливості їх передбачення.

### 6.1 Аналіз потенційних небезпек

Основні небезпеки, які можуть бути на виробництві наступні:

1. небезпеки які пов'язані з підготовкою зварювальних матеріалів в наслідок порушення правил з техніки безпеки;
2. можливість ураження електричним струмом, в наслідок порушень правил з електробезпеки, несправного стану енерго-споживаючого обладнання ;
3. небезпеки, що можуть бути в процесі зварювання, зокрема негативним впливом випромінювання дуги;
4. наявність шкідливих та небезпечних речовин в повітряному середовищі дільниці;
5. недостатній рівень освітлення в приміщеннях внаслідок виходу з ладу джерел освітлення ;
6. можливість загорянь в наслідок порушення правил з пожежної безпеки;
7. небезпеки пов'язані з умовами праці в надзвичайних умовах.

### 6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

1. Для попередження механічних травм при підготовці зварюваних матеріалів передбачено:
  - до виконання роботи допускаються лише повнолітні особи які пройшли медичне обстеження, і не мають проблем зі здоров'ям та отримали допуск до виконання робіт;

- обов'язковим є проведення навчання, проведення інструктажів з техніки безпеки[5];
- При роботі з матеріалами необхідно використовувати засоби індивідуального захисту такі, як рукавиці, захисний одяг, захисні окуляри, захисний шолом;
- Підчас роботи з балонами захисних газів їх необхідно закріплювати згідно з рекомендаціями виробника;
- При завантаженні, розвантаженні, транспортуванні вихідних матеріалів, готової продукції працівники повинні дотримуватися наступних нормативних документів ОСТ 6-28-012-86 «Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности» та НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання».

2. для виключення можливих випадків ураження електричним струмом передбачено:

- Проводи та кабелі живлення електричних приладів та устаткування машин повинні мати захист від механічного впливу та зовнішню ізоляцію;
- Необхідно використовувати гнучкі ізольовані кабелі живлення розраховані на роботу при максимальному циклу зварювання;
- Мінімальна відстань проводів та кабелів від гарячих трубопроводів і кисневих балонів повинна становити не менше пів метра, а до горючих балонів не менше метра;
- В пультах керування повинні бути встановленні сигналізація, аварійні кнопки вимкнення установки, а також повинно мати систему блокування для більш ніж одного пульта;
- Частина обладнання та зварювані вироби, що перебувають під напругою мають бути заземлені та експлуатовані згідно з ДСТУ EN 61140:2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання»

3. Для попередження небезпеки в процесі зварювання передбачено:

– Під час виконання аргонодугового зварювання виробу необхідно дотримуватися вимоги НПАОП 28.52-1.31-13. «Правила охорони праці під час зварювання металів»

– Гнучкий шланг для направлення присадного дроту повинен бути покритий електроізоляційним покриттям;

### 6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

1. для забезпечення оптимальних умов повітряного середовища в приміщенні з робочими місцями передбачено устрій загально обмінної механічної вентиляції:

– Норми метеорологічних умов на виробництві регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»:  $T = 20 - 22^{\circ}\text{C}$ , вологість 60 – 75 %, швидкість руху повітря  $V = 0,1 - 0,3 \text{ м/с}$ .

– Для створення необхідних умов праці необхідно здійснювати вентиляцію повітряного середовища в цеху згідно з ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ДСТУ 3191-95 «Оборудование для кондиционирования воздуха и вентиляции. Общие требования безопасности»; ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Мінімальний повітрообмін на один електрозварювальний пост повинен становити  $2000 \text{ м}^3/\text{год}$ .

2. для організації достатнього освітлення використовуються:

– В залежності від роботи яку виконують працівники необхідно встановити штучне освітлення, яскравість та контрастність фону відносно деталі, тип і конструктивне виконання штучного освітлення згідно ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Норми освітленості для зварювальних відділень знаходяться в межах від 200 до 300 люксів. Рекомендується використовувати системи комбінованого освітлення;

– Встановлювати електричні лампи необхідно згідно з ГОСТ 12.2.007.13-2000 ССБТ «Лампы электрические. Требования безопасности».

#### 6.4 Заходи з пожежної безпеки

Із аналізу речовин та матеріалів, які застосовуються на виробництві у відповідності до СНиП 2.09.02 – 85 «Производственные здания» визначаємо категорію виробництва – В.

У залежності від категорії виробництва визначаємо ступінь вогнестійкості основних будівельних конструкцій – II.

В приміщенні цеху згідно з ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» встановлено клас можливої пожежі – "D".

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 категорія приміщення "Г" . Перелік первинних засобів пожежогасіння згідно до « Правил пожежної безпеки в Україні »:

- вогнегасник порошковий місткістю 5літрів – 2шт;
- вогнегасник порошковий місткістю 10 літрів – 1шт.;
- ящик з піском – 1шт.;
- пожежне покривало розміром 2х2 – 1 шт.;
- гак – 2 шт.;
- лопата – 2 шт.;
- лом – 2 шт.;
- сокира – 2 шт;
- відро місткістю 8 літрів – 1шт. на 300м<sup>2</sup> ;
- бочка з водою 0,2 м<sup>3</sup> – 1шт. на 300м<sup>2</sup>.

## 6.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Для захисту персоналу в умовах надзвичайних ситуацій застосовують захисні споруди. До захисних споруд відносять: укриття, протирадіаційні укриття, швидко монтовані захисні споруди цивільної оборони.

Укриття – це надземна, а частіше підземна споруда, яка використовується для захисту робітників на протязі 2–3 діб. В укриттях створюються умови для виключення впливу негативних факторів на робітників, які можуть виникнути внаслідок воєнних дій, терористичних актів чи надзвичайних ситуацій.

Протирадіаційне укриття – це укриття, яке спеціально побудоване для протидії іонізуючому випромінюванню при радіоактивному забрудненні місцевості.

Швидко монтована захисна споруда цивільного захисту – це укриття, що будується зі спеціальних матеріалів за короткий час – 1–2 доби, при можливості нападу, і повинна використовуватися для захисту персоналу від засобів ураження.

Для захисту людей від можливих небезпек, що можуть з’явитися в мирний час використовуються споруди подвійного призначення, або найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення – це наземна, а частіше підземна споруда, яку окрім прямого її призначення можливо використовувати для захисту персоналу в час небезпеки.

Найпростіше укриття – це найчастіше, цокольне чи підвальне приміщення споруди, що зменшує ураження персоналу від небезпечних наслідків в надзвичайних ситуаціях, а також від впливу засобів ураження в особливий період.

Персонал, що підлягає укриттю:

– Робітники категоризованих об’єктів, які розміщуються у зоні можливих руйнувань населених пунктів і які повинні продовжувати свою роботу в особливий період;

- Персонал об'єктів, які при виході з роботи несуть небезпеку радіаційної катастрофи;
- робітники об'єктів, які віднесені до категорій особливої важливості цивільного захисту і розташовуються за межами зон можливих сильних руйнувань населених пунктів;
- хворі, медичний і обслуговуючий персонал установ охорони здоров'я, які не підлягають евакуації чи не можуть бути евакуйовані у небезпечне місце;
- робітники чергового персоналу об'єктів, які забезпечують життєдіяльність міст.



## ВИСНОВОКИ

В результаті виконання дипломної роботи було розроблено технологію аргонодугового зварювання кожуха камери згорання газотурбінного двигуна.

При розроблені технології були розраховані режимів зварювання, та за результатами розрахунків було вибране обладнання для зварювання. При виборі обладнання був наданий короткий опис та наведені основні характеристики.

Також були визначенні основні витрати зварювальних матеріалів та зведені до таблиці.

Однією з основних частин роботи було проектування складально-зварювального пристосування для забезпечення зручного та швидкого складання. Використання пристосування такого типу дозволяє прибрати необхідність в прихопленнях, що позитивно впливає на якість зварювального шву.

При розроблені технології були розраховані норми часу для операцій складання та попередній підготовці до зварювання та розраховано необхідну кількість обладнання та персоналу.

Наведено основні заходи з охорони праці при виробництві та в умовах надзвичайного стану.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Обробка дерева і металу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://obrobka.pp.ua/262-ponyattya-pokazniki-zvaryuvanost.html> (дата звернення: 23.05.2023)
2. **Багрянський К. В.** Теория сварочных процессов: підручник / З. А. Добротина, К. К. Хренов. — Київ : Вища школа, 1976. — 423 с.
3. **ДСТУ EN ISO 636:2019** Зварювальні матеріали. Прутки, дріт та наплавлений метал для зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей вольфрамовим електродом в інертних газах. — [Чинний від 01.11.2019]. — Київ : УкрНДНЦ, 2019. — 13 с.
4. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2018. — 241 с.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №3 «Контроль герметичності зварних з'єднань методом гідравлічних випробувань і газової проби» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян, М.І. Андрущенко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 14 с.
6. **Биковський О. Г.** Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник / О. Г. Биковський. – К.: Основа, 2021. – 400 с.: іл., фот
7. Дуговая сварка в среде защитных газов конструкционных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов ПИ 1.4.75-2000: Производственная инструкция. – М.: ОАО НИАТ, 2000. – 115 с.
8. Vision system for monitoring and control of arc welding [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job->

[knowledge/vision-system-for-monitoring-and-control-of-arc-welding-138](https://knowledge/vision-system-for-monitoring-and-control-of-arc-welding-138)

(дата

звернення: 27.05.2023)

9. **НПАОП 28.52-1.31-13** Правила охорони праці під час зварювання металів.  
— [Чинний від 08.02.2013]. — Київ : УкрНДНЦ, 2013. — 32 с.

ДОДАТОК А

ГОСТ 3.1118-82.

Дубл.			
Замі.			
Підп.			

Розроб.	Залозецький		
Перев.	Бриков		
Н. контр			
		Листів 3	Лист 1

	131.2023.19-319.03.000 ПЗ		
		ДП	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

МАРШРУТНА КАРТА

На технологічний процес збирання та зварювання  
кожуха камери згорання

ЗАТВЕРДЖУЮ

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Нормоконтроль, Попов. С.М.

Дата \_\_\_\_\_

Впроваджено у виробництво

Акт № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

<sup>4/13/2023</sup>  
Зав. Карезро <sup>4/13/2023</sup> Немченко В.В.

Дата \_\_\_\_\_

Комплект документів відповідає

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										Листів 3	Лист 2			
Розроб.		С	Залозецький							131.2023.1P-319.03.000 ПЗ				
Перевір.			Бриков											
Н. контр.														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тіз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. Одиниці або матеріалу				Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
A01	01	01		005	Вхідний контроль									
02	Три заготовки зі сталі ХН45МВТЮБР				Контролер									
03	Виконати вхідний контроль якості													
04	УШС-3, лупа, рулетка													
05														
06	01	01		010	Збирання									
07	Складальне пристосування 131.2023.1P-319.03.004				Підручний									
08	Три заготовки зі сталі ХН45МВТЮБР													
09	Встановити заготовки в пристосування 131.2023.1P-319.03.004													
10	Перевірити випирання та зазор кромки													
11	Зачистити місце для зварювання 15 мм від торців													
12	Обезжирити місце зачищення													
13	Зафіксувати заготовки в пристосуванні													
14	Металева щітка, бензин Б-70, серветка													
15														
16	01	01		015	Зварювання									
17	Установка для зварювання 131.2023.1P-319.03.002				Зварювальник									
18	Зібрана заготовка в пристосування 131.2023.1P-319.03.003													
19	Зварювальний дріт ЕП-533, діаметр 1.6 мм													
20	Аргон вищої якості													
21	Вольфрамовий електрод Abicor binzel WE 3													

Дубл.										ГОСТ 3.1118-82 Форма 16.				
Взам.														
Подл.														
										Листів 3				
										Лист 3				
Розроб.		Залозецький												
Перевір.		Бриков							131.2023.19-319.03.000 ПЗ					
Н. контр.														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Китг	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. Одиниці або матеріалу				Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
22	Виконати зварювання двох кільцевих швів													
23	Зварювання виконувати силою струму 160 А, при швидкості зварювання 14,1 м/год.													
24	Швидкість подачі присадного дроту 24,5 м/год., витрата газу 5 л./хв.													
25	Після зварювання виконати очистку від бризок металу													
26	Звільнити зварену деталь та зняти з пристосування													
27	Металева щітка													
28														
29	01	01		020	Контроль якості									
30	Контрольний стіл				Контролер									
31	Зварена деталь													
32	Виконати візуальний контроль та контроль герметичності													
33	УПС-3, рулетка, лінійка, гас, крейдова маса													
34														
35														
36														





Формат	Зона	Поз	Обозначення	Найменування	Кіл.	Примечание																																			
				Документація																																					
			131.2023.1Ф-319.03.002	Установка для зварювання																																					
				Деталі																																					
0/к		1		Колона	1																																				
0/к		2		Гнучкий кабель канал	2																																				
0/к		3		Блок управління	1																																				
0/к		4		Механізм подачі дроту	1																																				
0/к		5		Механізм коливання	1																																				
0/к		6		Пальник	1																																				
0/к		7		Механізм слідкування	1																																				
0/к		8		Осушувач газу	1																																				
0/к		9		Редуктор	1																																				
0/к		10		Балон з газом	1																																				
0/к		11		Джерело живлення	1																																				
0/к		12		Захист механізму підйому	2																																				
0/к		13		Механізму підйому	1																																				
0/к		14		Механізм обертання	1																																				
0/к		15		Зварювальний візок	1																																				
<p style="text-align: center;">131.2023.1Ф-319.03.002</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Зм</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 20%;">№ Докум.</td> <td style="width: 10%;">Підп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> <td rowspan="4" style="width: 30%; text-align: center; vertical-align: middle;"> <b>Установка для зварювання</b> </td> <td style="width: 10%;">Лім.</td> <td style="width: 10%;">Маса</td> <td style="width: 10%;">Маштаб</td> </tr> <tr> <td>Розраб.</td> <td></td> <td>Залозецький В</td> <td></td> <td>09.06</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1:10</td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td></td> <td>Бриков М.М.</td> <td></td> <td>09.06.23</td> <td colspan="3" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <b>Група 1Ф-319</b> </td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Жопов С.М.</td> <td></td> <td>12.06</td> </tr> <tr> <td>Чтв.</td> <td></td> <td>Метребжов</td> <td></td> <td>12.06</td> </tr> </table>							Зм	Лист	№ Докум.	Підп.	Дата	<b>Установка для зварювання</b>	Лім.	Маса	Маштаб	Розраб.		Залозецький В		09.06	2	2	1:10	Перев.		Бриков М.М.		09.06.23	<b>Група 1Ф-319</b>			Н.контр.		Жопов С.М.		12.06	Чтв.		Метребжов		12.06
Зм	Лист	№ Докум.	Підп.	Дата	<b>Установка для зварювання</b>	Лім.	Маса	Маштаб																																	
Розраб.		Залозецький В		09.06		2	2	1:10																																	
Перев.		Бриков М.М.		09.06.23		<b>Група 1Ф-319</b>																																			
Н.контр.		Жопов С.М.		12.06																																					
Чтв.		Метребжов		12.06																																					

Інв. № подл. | Ліст. ч. дана | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Ліст. ч. дана | Сторінка №