

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на

тему:

**«Обґрунтування технології виготовлення**

**ресивера компресора »**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗм-61

спеціальності (напряму ідготовки) \_\_\_\_\_

**131 Прикладна механіка**

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

**Сокальський А.Р.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

**Мариненко С.Ю.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

**Дячун А.Є.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

**Тесля В.О.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Інжинірингу машинобудівних технологій

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки

(шифр і назва)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

« \_\_\_\_ »

2023 \_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Сокальському Андрію Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Обґрунтування технології виготовлення ресивера компресора

Керівник кваліфікаційної роботи

Мариненко Сергій Юрійович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року № \_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *креслення виробу; технічні умови на виготовлення; річна програма випуску; базовий технологічний процес виготовлення виробу*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Аналітична частина. Дослідницька частина. Технологічна частина. Конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

Перелік посилань. Додатки.

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

*Графотехнологія-А1. Установка для складання і автоматичного зварювання обичайки компресора 3хА1, Установка для складання та автоматичного зварювання обичайки компресора із півсферичними днищами 2хА1. Правильний механізм-А1.*

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Ткаченко І.Г., к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з / п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітична частина		
3	Дослідницька частина		
4	Технологічна частина		
5	Конструкторська частина		
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
7	Висновки		
8	Графічна частина		
9			

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Сокальський А.Р. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Мариненко С.Ю. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: «Обґрунтування технології виготовлення ресивера компресора» складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 10 аркушів формату А1. Пояснювальна записка складається із наступних частин: аналітичної; дослідницької; технологічної; конструкторської; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Для висвітлення питань, що розглядаються в даній роботі, пояснювальна записка містить рисунків, таблиць та додатки. При написанні пояснювальної записки використано літературних джерел.

В дипломній роботі обґрунтовано оптимізацію та вдосконалення технологічного процесу виготовлення ресивера компресора, вибрано раціональне зварювальне устаткування, обладнання та пристосування, проведено дослідження впливу від використання різних типів газових сумішей для захисту з'єднань, запропоновано заходи з охорони праці.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗВАРЮВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

## ЗМІСТ

	с.
<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	8
1.1 Виріб, його призначення .....	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.....	10
1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.....	12
1.4 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення виробу. Недоліки існуючого технологічного процесу.....	16
<b>2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА</b> .....	17
2.1 Вибір типу суміші захисних газів та їх характеристика.....	17
2.2 Вплив захисного середовища на фізичні параметри розплавленого металу.....	26
2.3 Основні переваги при зварюванні в середовищі аргонів сумішей із додаванням кисню.....	35
<b>3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	41
3.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання.....	41
3.2 Вибір зварювальних матеріалів.....	43
3.3 Вибір параметрів режиму зварювання.....	45
3.4 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування.....	47
3.5 Вибір методу контролю якості виробу.....	49
3.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного виробу .....	49
3.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу і витрат матеріалів та електроенергії.....	54
<b>4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	57
4.1 Вибір типу пристосувань .....	57
4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні зварного виробу.....	58
4.3 Вибір типу упорів.....	61
4.4 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок.....	62

4.5 Розрахунок необхідних зусиль притискання елементів зварного виробу (конструкції).....	68
4.6 Опис конструктивних схем пристосувань.....	69
4.7 Опис системи змішування газів.....	71
<b>5.3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> .....	73
5.1 Мікроклімат виробничих приміщень .....	73
5.2 Розрахунок виробничого освітлення в цеху .....	76
5.3. Пожежна безпека.....	79
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	81
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....	82
<b>ДОДАТКИ</b> .....	84

## ВСТУП

Зварювання належить до числа найважливіших винаходів. Воно докорінно змінило зміст багатьох технологічних процесів виробництва машин та механізмів, будівництва суден і споруд та відіграє важливу роль в освоєнні космосу.

Даний технологічний процес також відіграє важливу роль на усіх етапах розвитку виробництва та індустріалізації у світі.

Отримані зварні конструкції працюють в умовах високих та низьких температур, під різними тисками, що

Сучасні досягнення в галузі зварювання дозволяють з'єднувати не лише метали, а й пластмаси, скло та кераміку. При цьому елементи, що зварюються, можуть мати розміри від декількох мікрон у радіоелектроніці до десятків метрів у машинобудуванні і будівництві.

Висока продуктивність зварювального процесу, відмінна якість зварних з'єднань та економне використання металу сприяє тому, що зварювання стало ведучим технологічним процесом при виготовленні металевих конструкцій всіх видів. Зварюванню металів і неметалів, живих тканин, кісток, безсумнівно, належить яскраве майбутнє.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Виріб, його призначення

Виробом є ресивер компресора, що застосовується для стискання повітря чи іншого газу до надлишкового тиску не нижче 0,2 МПа, компресії і переміщення газів під тиском.

В основному конструкція баку ресивера складається з обичайки та двох півсферичних днищ (рис. 1.1), загальні габаритні розміри якого становлять 1400×500мм.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд виробу

Основними функціями компресорів є зберігання та подача під тиском повітря чи інших газів.

Загальні технічні вимоги до компресорів ставляться за ГОСТ 16770-86.



Режими зварювання, які встановлюються для кожного типу зварювання в залежності від товщини зварювальних деталей, марки сталі, що застосовується, та зварювальних матеріалів повинні забезпечувати якість зварних з'єднань у відповідності до вимог ГОСТ 232429-80.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд компресора

Операції ґрунтування та фарбування виробу повинні проводитися лише після позитивного заключення контролю якості на герметичність.

#### Технічні вимоги до зварного виробу

Конструкція компресора повинна забезпечувати всі вимоги відповідно до ГОСТ 17411-91 і ГОСТ 19099-86. Основною вимогою є забезпечення необхідної якості та герметичності зварного виробу. Після виготовлення компресора внутрішня частина повинна бути очищена від бруду. Вимоги до техніки безпеки регламентуються ГОСТ 12.2.040-79 і ГОСТ 12.2.086-83.

Весь процес виготовлення можна поділити на три етапи:

- підготовчий;

- зварювальний;
- контрольний.

Зварювання всіх стикових швів повітряної камери ресивера проводиться в середовищі захисного газу автоматом типу А-1416. Перед проведенням зварювальних робіт проводяться підготовчі роботи, які займають значно більше часу, ніж сам процес зварювання.

Контроль якості зварних з'єднань даного виробу проводиться у відповідності до заданих вимог:

- попередній;
- операційних ь;
- кінцевий.

Об'єкти попереднього контролю:

- кваліфікація зварювальника;
- стан зварювального обладнання, апаратури та складально-зварювальних пристосувань;
- комплектність технічної документації;
- матеріал заготовок;
- вимірювальні пристрої та інструменти.

Об'єкти операційного контролю:

- підготовлення деталей до зварювання;
- складання;
- зварювання.

Методи кінцевого контролю якості – це методи контролю якості швів зварних з'єднань, які в залежності від характеристики дефектів і технічних вимог, що висуваються до даних з'єднань.

Якість шва спочатку перевіряється зовнішнім оглядом, а потім методом газової проби виявляють герметичність шва.

## 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

При виборі матеріалу для виготовлення зварних конструкцій керуються насамперед, механічними властивостями основного металу та зварних з'єднань.

Конструкції в основному виготовляються із вуглецевих і низьколегованих сталей, а також із алюмінієвих і титанових сплавів.

Компресор виготовляється із сталі 16ГС, це конструкційна маловуглецева низьколегована сталь. Дана сталь є спокійною, тобто кристалізується без кипіння, що обумовлено введенням в її склад елементів – розкислювачів. Важливою особливістю спокійної сталі є її однорідність будови. Шкідливі домішки – сірка, фосфор розподіляються в ній більш рівномірно, ніж в киплячій сталі.

Хімічний склад сталі 16ГС приведений в таблиці 1.1, а механічні властивості – в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 16ГС у % згідно ГОСТ 19281 - 89 [1]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,12 – 0,18	0,4 – 0,7	0,9 – 1,2	0,3	0,04	0,035	0,3	0,008	0,3	0,08

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 16ГС згідно ГОСТ 19281 - 89 [1]:

Сортамент	Розмір	Напр.	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\tau_5$	$\psi$	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
Лист, ГОСТ 5520-79			450-490	275-325	21		590	

Для забезпечення працездатності деталей необхідно, щоб конструкційна сталь володіла високою конструктивною міцністю. Під конструктивною міцністю розуміють таку міцність, яку сталь має в реальних умовах її використання.

Зварюваність - це властивість металу і поєднання металів створювати при встановленій технології зварювання з'єднання, яке відповідає вимогам,

обумовленим експлуатацією виробу і його пристроєм. Складність поняття про зварюваність матеріалів говорить про те, що при оцінці зварюваності слід враховувати взаємозв'язок зварювальної технології з конструкцією виробу, зварювальних металів та матеріалів. Матеріали поділяються на добре, задовільно, погано і обмежено зварювані.

Зварюваність сталі 16ГС, що застосовується для виготовлення конструкції, визначаємо за еквівалентним вмістом вуглецю за формулою [5]:

$$C_{екв} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo+V+Cr}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}, \quad (1.1)$$

де С, Мn, Ni, Cr, Cu, Мо, Р, V, Si – максимальний вміст відповідних елементів в сталі, %;

S – товщина деталі, мм.

$$C_{екв} = 0,12 + \frac{0,4}{24} + \frac{0,9}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3+0,3}{15} = 0,39\% .$$

Еквівалентний вміст вуглецю для сталі 16ГС становить 0,39%, що є меншим допустимого значення  $C_{екв} = 0,45\%$ . Тому дана сталь має добру зварюваність та не схильна до утворення холодних тріщин в процесі зварювання та не потребує додаткових технологічних заходів.

### 1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

Основні вимоги до виготовлення виробу:

- вимоги до матеріалів та напівфабрикатів, які використовуються для виготовлення зварного виробу;
- вимоги до складання;
- вимоги до зварних з'єднань в;
- вимоги до контролю якості з'єднання;

Зварюваність сталі в основному забезпечується технологією її виготовлення та хімічним складом. При виготовленні даного зварного виробу враховують різні

властивості, які повинен мати матеріал виробу для того, щоб забезпечити міцність, надійність, технологічність конструкції.

Технологічною називається конструкція, що може забезпечити просте, швидке та економне виготовлення, при дотриманні необхідних кінцевих значень експлуатаційних властивостей. Досягнення високої технологічності є основною метою технологічного процесу конструкцій, яке проводиться в період підготовки виробництва.

На практиці існують два методи відпрацювання конструкції на технологічність. Перший полягає в аналізі технічної документації після закінчення проектування і розроблення робочого проекту виробу. При цьому проводиться аналіз наявної документації згідно вимог технологічності, після чого в документацію вносяться лише деякі зміни, що не впливають на конструктивні рішення. Розроблення конструкції до цього часу практично завершено, ефективність такого методу невисока.

За другим методом відпрацювання технологічності конструкції є неперервним процесом, що починається з ідеї створення виробу і продовжується на всіх стадіях його проектування та виготовлення. Така система дозволяє навіть під час підготовки виробництва покращити якість конструкції.

Основний метал слід ретельно зачищати перед зварюванням від іржі, масла, шару окалини та інших можливих забруднень. Особлива увага до зачищення торців зварюваних кромки. Зачищення виконують механічним способом. Просвіт між кромками 0-1 мм.

Вимоги до якості зварного з'єднання не допускають ніяких зварних дефектів.

Вимоги до вихідних матеріалів

Виріб та його вузли повинні виготовлятися у відповідності до креслень, державних та галузевих стандартів, нормативно-технічних документів.

Оскільки виріб працюватиме під дією тиску, то для виготовлення ресивера компресора ми вибираємо матеріали, які мають відповідати комплексу високих механічних властивостей, які в стані забезпечити надійну і тривалу роботу в умовах підвищеного тиску.

Напівфабрикати та деталі необхідно зберігати в закритих приміщеннях на дерев'яних стелажах, дотримуючись умов зберігання.

Всі матеріали та напівфабрикати повинні мати сертифікати від постачальника або супроводжувальні паспорти, при відсутності яких вони не можуть використовуватись на виробництві без попередніх випробувань з метою встановлення відповідності стандартам на постачання.

#### Вимоги до геометричної форми та розмірів

Основною вимогою є дотримання розмірів деталей відповідно кресленням в межах допусків.

Під точністю виготовлення розуміють ступінь відповідності величин, розмірів, форми, розміщення і шорсткості певної поверхні виробу до тих самих параметрів, які задані на кресленні деталі. Основною вимогою є дотримання розмірів деталей у відповідності з кресленням в межах допусків.

#### Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварним з'єднанням називають ділянку конструкції, в якій окремі її елементи з'єднані за допомогою процесів зварювання. Від якості зварного з'єднання залежить працездатність та довговічність зварного виробу, а відповідно і безпеки її експлуатації для навколишнього середовища та людей протягом повного терміну служби.

Основні зварні з'єднання при виготовленні обичайки компресора є стиковими та можуть зазнавати статичного навантаження від внутрішнього тиску. Стикові з'єднання нижньої частини компресору є більш навантажені, оскільки зазнають додаткового навантаження, обумовленого масою виробу. В цілому всі з'єднання даного виробу слід віднести до особливо відповідальних. За конфігурацією шви являються кільцевими з великим радіусом кривизни.

До зварних з'єднань ставлять наступні вимоги:

- дотримання форми та розмірів з'єднання;
- метал зварного шва має бути однаково міцним з основним металом;
- розміщення з'єднань має бути технологічно доцільним;
- відсутність дефектів;

- забезпечення експлуатаційних міцності та надійності з'єднань.

#### Вимоги до складання

Складанням називається процес послідовного стикування і закріплення деталей між собою в порядку вказаному в технологічних картах.

При механізованому складанні виробу особливу увагу приділяють ділянкам підвищеної жорсткості, в яких ймовірні похибки складання конструкції.

При складанні виробу потрібно:

- не допустити згинання та перекосів;
- не допускається утворення великих зазорів при складанні;
- забезпечити точне встановлення деталей у відповідності до складальних креслень.

Складання виконують за допомогою спеціальних пристосувань.

На зварюваних поверхнях і в зазорах між деталями, складених під зварювання, не допускається наявність мастил, бруду, вологи, іржі.

#### Вимоги до якості зварювання

Якість продукції це здатність її властивостей задовольняти визначені експлуатаційні вимоги.

При контролі якості зварних з'єднань і придатності їх до експлуатації необхідно визначити вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на міцнісні характеристики виробу. Технологічний процес повинен забезпечити необхідну якість зварних з'єднань, тобто отримання зварного шва відповідних розмірів, без дефектів, а також малу чутливість до відхилення від заданих параметрів режиму зварювання.

Висока якість з'єднання залежить в першу чергу від технології та також від дотримання технологічної дисципліни.

#### 1.4 Аналіз технологічного процесу виготовлення виробу.

Для виготовлення компресора використовуються заготовки з листового прокату, який потребує правлення, якщо металургійний завод постачає його в

неправленому вигляді, а також, якщо деформації виникають в процесі транспортування.

Правлення здійснюється шляхом пластичної деформації в холодному стані на листоправильних машинах. Правлення досягається шляхом багаторазового пропускання листів між верхнім і нижнім рядами вальців, розміщених в шаховому порядку.

Заготовки перед зварюванням зачищають від бруду, іржі, мастила до металевого блиску.

Після виконання зварювальних робіт проводиться контроль якості зварних з'єднань в три етапи:

- попередній контроль;
- операційний контроль;
- кінцевий контроль.

Встановлюються наступні об'єкти попереднього контролю:

- кваліфікація зварника;
- стан зварювального обладнання, апаратури і складально-зварювального устаткування;
- комплектування технічної документації;
- вихідні матеріали.

Встановлюються наступні об'єкти операційного контролю:

- підготовки деталей під зварювання;
- складання під зварювання.

Контроль якості деталей проводять періодично у відповідності з вимогами діючого стандарту, або за характером дефектів, або згідно технічних вимог.

В базовому технологічному процесі було кілька недоліків: нераціонально підібрані зварювальне обладнання та пристосування, використання ручних механічних затискачів, зварювання в захисному газі CO<sub>2</sub>, який має недоліки: великі втрати електродного металу на розбризкування, наявність бризок на поверхні зварних виробів, низька якість поверхні.



## 2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика типу суміші захисних газів

Механізоване дугове зварювання плавким електродом у захисних однокомпонентних газах становить ефективний метод, об'єднуючи в собі високу продуктивність, мінімальну зону термічного впливу та обмежені деформації. Однак, наріжними пунктами його ефективності залишаються розбризкування електродного металу, підвищена чутливість до коливань напруги та швидкості подачі дроту, а також складність реалізації струменевого перенесення металу.

У світовій практиці, зокрема, від 90-х років великого поширення набуло зварювання у захисних газових сумішах, таких як вуглекислий газ, аргон та кисень ( $\text{Ar}+\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{O}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$ ). Важливим кроком в стандартизації цього процесу було прийняття стандарту EN439 у 1994 році, який у 1997 році був замінений на міжнародний стандарт ISO 14175 "Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання". Ці стандарти встановлюють вимоги до захисних газів, забезпечуючи найвищий рівень якості та безпеки у процесі дугового зварювання.

Захисні гази, використовувані при дуговому зварюванні, охоплюють широкий спектр, що включає різноманітні інертні та активні гази та їх суміші. Основні категорії таких газів включають інертні гази, такі як аргон ( $\text{Ar}$ ) і гелій ( $\text{He}$ ), а також їх комбінації, такі як суміш аргону з гелієм ( $\text{Ar} + \text{He}$ ). Активні гази, такі як вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), азот ( $\text{N}_2$ ), і водень ( $\text{H}_2$ ), також є популярними варіантами для створення захисного середовища під час зварювання. Крім того, поширені застосування мають суміші інертних і активних газів, таких як аргон з киснем ( $\text{Ar} + \text{O}_2$ ), аргон з вуглекислим газом ( $\text{Ar} + \text{CO}_2$ ), або комбінація аргону, кисню і вуглекислого газу ( $\text{Ar} + \text{O}_2 + \text{CO}_2$ ). Зокрема, газові суміші, що містять активні компоненти, можуть впливати на хімічний склад та властивості дуги, важливі для формування якісних зварних швів.

При виборі захисного газу враховують різні аспекти, такі як метод зварювання, характеристики матеріалу, який підлягає зварюванню, і технічні вимоги до зварених з'єднань. Технологічні властивості дуги значно визначаються

фізичними і хімічними характеристиками захисних газів, а також складом електродного та зварюваного металів. Комбінування вірно підібраних газів і оптимальних параметрів зварювання визначає якість та ефективність процесу.

Таблиця 2.1 - Позначення газових сумішей та їх хімічний склад

Назва суміші/ Класифікація BS EN 439	Хімічний склад, %					
	Ar	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	He
Argoshield 5/ M14		5	2	-	-	-
Argoshield TC/ M24		12	2	-	-	-
Argoshield 20/ M24		20	2	-	-	-
Pureshield Argon/ I1	100	-	-	-	-	-
Pureshield P1/R1	98,5	-	-	1,5	-	-
Pureshield P2/R2	65	-	-	35	-	-
Pureshield P3/M21	80	20	-	-	-	-
Pureshield P4/ R1	95	-	-	5	-	-
Pureshield P5/ SI	97,5	-	-	-	2,5	-
Helishield H1/ M12(3)	13,5	1,5	-	-	-	85
Helishield H2/ I3	25	-	-	-	-	75
Helishield H3/ I3	70	-	-	-	-	30
Helishield H4/ R1(1)	85	-	-	4	-	11
Helishield H5/ I3	50	-	-	-	-	50
Helishield H7/ M12(2)	43	2	-	-	-	55
Helishield H101/ M12(2)	60	2	-	-	-	38
Carbon dioxide/ C1	-	100	-	-	-	-

Розглядаючи склад сумішей для дугового зварювання, важливо враховувати наявність та можливості виробництва окремих газів на заводі. Наприклад, можна використовувати як чистий аргон, так і суміші, такі як аргоно-киснева (Ar+O<sub>2</sub>) або аргоно-вуглекислотна (Ar+CO<sub>2</sub>), залежно від наявності газів, які виробляються на металургійних і хімічних підприємствах України. Завдяки введенню в дію потужних повітророзподільних установок на

цих підприємствах, отримання великої кількості аргону або аргону-кисневих сумішей стало можливим. Ці гази використовуються у газоподібному і зрідженому вигляді і можуть бути використані в зварювальному виробництві для створення захисного середовища навколо дуги. Цей підхід дозволяє ефективно використовувати побічні продукти виробництва газів для оптимізації процесів дугового зварювання і забезпечення необхідних властивостей зварюваного металу.

Газова суміш K-2, також відома як Pureshield P3, представляє собою найбільш універсальний варіант серед газових сумішей для вуглецево-конструкційних сталей. Склад цієї суміші включає 82% аргону та 18% двоокису вуглецю. Відзначається тим, що ця газова суміш є оптимальною для застосування при роботі з різними типами матеріалів. Вона ідеально підходить для зварювання вуглецевих конструкційних сталей, забезпечуючи необхідні умови для стабільної та ефективної роботи під час дугового зварювання.

Газова суміш K-3.1, відома також як Argoshield 5, є спеціально розробленою сумішею для листових і вузьких профільних (сортових) сталей. Її склад включає 92% аргону, 6% двоокису вуглецю та 2% кисню. Ця суміш забезпечує стійку дугу з низьким рівнем розбризкування, невеликим посиленням і формує плоский гладкий профіль зварного шва. Її особливості роблять її ідеальним вибором для глибокого провару і ефективного зварювання листового металу.

Газова суміш K-3.2, також відома як Argoshield TC, представляє собою збалансовану композицію і складається з 86% аргону, 12% двоокису вуглецю та 2% кисню. Ця суміш гарантує стійку дугу з широкою зоною нагріву і високоякісний провар профілю. Вона ідеально підходить для глибокого провару, зварювання коротких швів і для наплавлення. Завдяки своїм універсальним характеристикам, суміш може використовуватися для зварювання у всіх положеннях. Argoshield TC є відмінним вибором для ручного, автоматичного та зварювання із застосуванням робота-автомата.

Газова суміш K-3.3, або Argoshield 20, є високоефективною композицією, яка складається з 78% аргону, 20% двоокису вуглецю та 2% кисню. Ця суміш

спеціально розроблена для глибокого провару широкого асортименту профілів і виявляє ідеальну сумісність з наплавленням. Через це вона стає оптимальним вибором для зварювання товстих прокатних (сортових) сталей. При збільшенні вмісту розчиненого кисню в залізі від 0,02% до 0,07%, поверхневий натяг  $\sigma_n$  зменшується з 1541 до 1151 МН/м. Для активних металів, таких як Al та Ti, зменшення  $\sigma_n$  сягає до 50%.

При використанні у захисних газових сумішах, таких як Ar + (до 18%) CO<sub>2</sub>, Ar + (до 18%) CO<sub>2</sub> + (до 3 - 5%) O<sub>2</sub>, не спостерігається викиду крапель із зони зварювання. Важливо відзначити, що зварювання у суміші Ar+O<sub>2</sub> при струменевому процесі не тільки зменшує розбрикування до 2-3%, але також знижує величину критичного струму для переходу від крапельного до струменевого перенесення металу. Зварювання у готових захисних газових сумішах Ar+CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> також покращує стабільність дуги та формування шва, забезпечуючи гладку та дрібнолусочну поверхню зварного шва.

Ефективність запропонованого технологічного процесу зварювання в захисних газових сумішах на основі аргону порівняно з аналогічним процесом із застосуванням двоокису вуглецю може бути оцінена за наступними параметрами:

А. Кількість наплавленого металу за одиницю часу (Q):

У захисних газових сумішах на основі аргону вона може виявити певне відмінність порівняно зі схожим процесом із застосуванням двоокису вуглецю. Цей параметр визначається режимами зварювання, характеристиками електрода та фізичними властивостями газів.

Б. Коефіцієнт втрат електродного металу на розбрикування (Y):

Розбрикування електродного металу може відрізнятися в залежності від газового середовища. Захисні газові суміші на основі аргону можуть забезпечити менші втрати електродного металу на розбрикування порівняно з газами, що містять двоокис вуглецю.

В. Коефіцієнт набризкування ( $a_{нб}$ ):

Вплив на коефіцієнт набризкування також може залежати від характеристик газових сумішей та їх взаємодії з дуговим процесом. Захисні гази на основі аргону можуть сприяти зниженню набризкування порівняно з іншими газами.

Важливо враховувати, що фізичні властивості газів та металу електрода можуть впливати на характеристики дуги, зокрема, тип "гарячого" або "холодного" катода. Це, в свою чергу, може впливати на розбризкування та ефективність зварювання.

Таблиця 2.2 – Фізичні властивості деяких газів

Газ	Маса		Щільність при 0°C та 0,1 МПа, г/см <sup>3</sup>	Температура кипіння, °C	Потенціал іонізації, eV
	атомна	молекулярна			
Аргон	39,9480	-	1,78330	-185,9	15,76
Гелій	4,0026	-	0,17847	-268,9	24,58
Азот	14,0080	28,016	1,2510	-195,8	14,54
Кисень	16,0	32,0	1,4290	-182,9	13,62
Водень	1,0080	2,016	0,08988	-259,0	13,59
Вуглекислий газ	-	44,011	1,9760	-78,5 (перетворюється в "суху кригу")	-
Повітря	-	29	1,2930	-190,0	-

Інертні гази є газами, які не здатні до хімічних реакцій та практично нерозчинні у металах. Це робить їх ефективними для застосування при зварюванні хімічно активних металів і сплавів, таких як алюміній, алюмінієві і магнієві сплави, а також леговані сталі різних марок. При процесах зварювання ТИГ і МИГ/МАГ широко використовуються інертні гази, такі як аргон (Ar), гелій (He), або їх комбінації.

Активні захисні гази, навпаки, здатні захищати зону зварювання від доступу повітря та одночасно хімічно реагувати зі зварюваним металом або фізично розчинятися в ньому. При дуговому зварюванні сталей активні гази, такі як вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), використовуються як захисне середовище. Проте варто

вказати, що вуглекислий газ використовується головним чином при зварюванні методом MIG/MAГ через його хімічну активність по відношенню до вольфраму.

До активних газів, які застосовуються при MIG/MAГ, також входять газові суміші, що містять аргон (Ar), кисень (O<sub>2</sub>), азот (N<sub>2</sub>), водень (H<sub>2</sub>). Готові газові суміші можуть постачатися в балонах або бути отримані шляхом змішування окремих газів.

Гази, які використовуються для зварювання, зберігають, транспортують та використовують у сталевих балонах, які утримуються під тиском 15 МПа. Балони представляють собою сталеві циліндричні посудини з днищем і горловиною, в якій розташовано конусний отвір з різьбою для встановлення вентиля. Вентиль зазвичай захищається металевим ковпаком, що закривається на різьбі, щоб уникнути пошкоджень під час транспортування. Балони зазвичай мають об'єм 0,04 м<sup>3</sup>, і при тиску газу 15 МПа вони можуть вмістити приблизно 6 м<sup>3</sup> газу.

Зазначено, що гази, такі як вуглекислий газ, ацетилен і пропан-бутан, можуть бути зрідженими або розчиненими. Наприклад, вуглекислий газ транспортується в балонах у рідкому стані під тиском 5-6 МПа. У випадку вуглекислого газу, призначеного для балонів об'ємом 0,04 м<sup>3</sup>, у літній період заправляють 0,025 м<sup>3</sup> рідкої вуглекислоти, а взимку - 0,03 м<sup>3</sup>. Під час випаровування цієї кількості рідкого CO<sub>2</sub> в результаті роботи отримується відповідно 12,6 м<sup>3</sup> та 15,12 м<sup>3</sup> газу.

Важливою частиною зварювального обладнання є підігрівач, який встановлюється між балоном і редуктором для запобігання утворенню заторів при газифікації вуглекислоти. Балони для різних газів мають різні кольори та написи відповідно до вимог ГОСТу, щоб спростити ідентифікацію та запобігти корозії. Кисневі балони фарбують в голубий колір, ацетиленові - в білий, для вуглекислого газу, азоту і повітря використовується чорний колір і жовта напис, для аргону - сірий колір і зелений напис, для гелію - коричневий колір і білий напис, для водню - темно-зелений колір і червоний напис.

Для роздільного і поверхневого різання застосовують різні гази в залежності від методу різання:

1. Для кисневого різання:

Кисень

Ацетилен

Пропан-бутан або пари гасу

2. Для повітряно-дугового різання:

Повітря

3. Для плазмового різання:

Аргон

Азот

Кисень

Повітря

Під час експлуатації балонів із стисненими або зрідженими газами, важливо дотримуватися встановлених правил безпеки. Деякі з них включають:

Транспортування: Газові балони можна транспортувати тільки у спеціально обладнаних машинах. Не допускається сумісне перевезення на одній машині балонів з киснем і з горючими газами та рідинами.

Зберігання: Балони повинні бути збережені окремо.

Обережність при руханні: При перевезенні і переміщенні по будівельному майданчику не допускаються удари по балонам, оскільки це може викликати вибух.

Тиск газу в балоні: При відборі газу важливо залишати в балоні тиск газу не менше 0,05 МПа.

Запобігання забрудненню: Заборонено забруднювати маслом або іншими жиромісними речовинами кисневі балони, їх вентилі та іншу кисневу апаратуру. Кисень, реагуючи з масляними речовинами, може викликати загоряння та вибух.

Основним промисловим способом отримання аргону є метод низькотемпературної ректифікації повітря. Температура кипіння аргону становить  $-185,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що трошки нижче, ніж температура кисню ( $-182,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і вище, ніж температура азоту ( $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). В розділюючих колонах відбувається вибіркоче випаровування окремих газів. Подальшим глибоким охолодженням і фракційною перегонкою цієї суміші підвищують концентрацію аргону до необхідної величини.

Для очищення від залишкового кисню аргон піддається процесу безполум'яного спалювання водню в "сирому" аргоні за участю каталізатора.

Також використовується метод очищення в реакторах, які заряджаються гранулами активного окису міді. У чистому аргоні можуть залишатися невеликі кількості кисню, азоту та вологи.

Оскільки для різних видів зварювання потрібен аргон різної чистоти, промисловість випускає його у трьох різних сортах, які відрізняються ступенем очищення від домішок (рис. 2.1).

Аргон виробляють за допомогою потужних повітряно-розділюючих установок, таких як КААр-30, які комплектуються кисневими станціями на заводах чорної металургії. Також аргон виробляють на спеціалізованих заводах, де використовують повітряно-розділюючі установки різних типів, таких як Кж-1 Ар, КжАжААр-1,6 і АжКжКаАрж-2. Ці установки дозволяють високоефективно розділити повітря на його складові, забезпечуючи високу концентрацію аргону в кінцевому продукті.



Рисунок 2.1 – Склад газоподібного аргону (ДСТУ ГОСТ 10157:2019 Аргон газоподібний та рідкий. Технічні умови)



## 2.2 Вплив захисного середовища на фізичні параметри розплавленого металу

Переваги зварювання у захисних газових сумішах, зокрема значно зменшене розбризкування металу, достатня глибина проплавлення, підвищена швидкість та ефективність зварювання, роблять цей метод привабливим. Проте, питання введення кисню в такі суміші залишається суперечливим.

Аргументи "проти" включають значне окислення металу шва, відсутність помітних переваг щодо підвищення якості зварного шва та збільшені вимоги до техніки безпеки під час виконання зварювальних робіт. Також важливим аспектом є труднощі реалізації струменевого перенесення металу у середовищі вуглекислого газу  $\text{CO}_2$ , яке є широко поширеним у практиці.

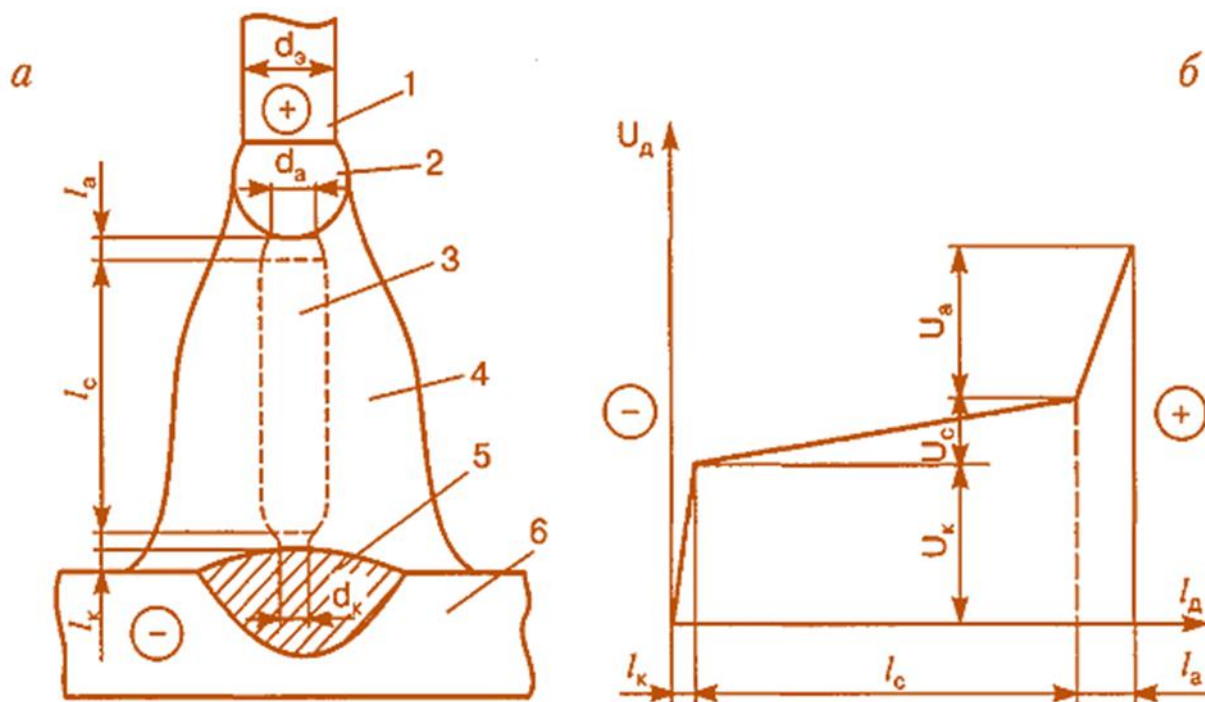
Однак важливо враховувати, що рішення щодо використання кисню в захисних газових сумішах повинне базуватися на конкретних умовах і вимогах конкретного застосування. Навіть при наявності деяких викликів, використання кисню може бути ефективним у певних випадках, наприклад, для підвищення продуктивності і швидкості зварювання. У будь-якому випадку, вирішення цього питання вимагає комплексного аналізу і виважених рішень.

Важливим аспектом в процесі дугового зварювання є перенесення електродного металу до зварювальної ванни. Однак сила поверхневого натягу виступає як основна перешкода для цього процесу. Розмір крапель електродного металу значно впливає на результат, і він залежить від ряду факторів, таких як вид захисного газу, використовуваний матеріал та діаметр електроду, параметри дуги, такі як напруга та сила струму, а також полярність системи.

У контексті оптимізації процесу зварювання одним із ефективних методів є створення додаткового окислювального середовища. Це може бути досягнуто за допомогою хімічної реакції розплавленого металу з киснем. Такий підхід дозволяє компенсувати втрати поверхневими атомами зв'язків у процесі зварювання та ефективно зменшує силу поверхневого натягу крапель електродного металу. Це сприяє поліпшенню умов для перенесення металу до зони зварювання, забезпечуючи оптимальні характеристики зварного шва.

Збільшення вмісту розчиненого кисню в залізі від 0,02% до 0,07% має важливий вплив на поверхневий натяг ( $\sigma_{\text{п}}$ ). У межах цього діапазону вмісту кисню, поверхневий натяг  $\sigma_{\text{п}}$  зменшується з 1541 до 1151 МН/м для заліза. Це зменшення поверхневого натягу може бути визначене взаємодією кисню з поверхневим шаром металу, що призводить до його окислення.

Зокрема, для активних металів, таких як алюміній (Al) та титан (Ti), зменшення поверхневого натягу  $\sigma_{\text{п}}$  може бути навіть більш істотним і сягати до 50%. Це пов'язано з тим, що активні метали, особливо алюміній та титан, мають високу афінитет до кисню, і його присутність на поверхні металу може призводити до утворення оксидних шарів.



1 – плавкий електрод; 2 – капля рідкого металу; 3 – стовп дуги; 4 – ореол; 5 – рідка ванна; 6 – зварювана деталь;  $l_c$  – довжина стовпа дуги;  $d_k$ ,  $d_a$  – діаметри катодної та анодної плями;  $l_k$ ,  $l_a$  – довжина катодної та анодної областей.

Рисунок 2.2 – Схема дуги при зварюванні плавким електродом в захисних газах (а) і схема розподілу потенціалу по довжині дуги (б)

Цей процес може відбуватися в зварювальній зоні, що в свою чергу може впливати на якість та міцність зварювального з'єднання. Тому контроль за вмістом

розчиненого кисню є важливим аспектом при проведенні зварювальних робіт і обробці металів.

Використання різноманітних газових сумішей у зварюванні дозволяє досягти ряду технологічних переваг для конкретних умов і матеріалів. Ось кілька прикладів:

1. Суміш He і Ar для зварювання алюмінію:

Збільшує продуктивність зварювання.

Покращує формування шва.

Дозволяє наплавлювати більший шар металу.

2. Суміш CO<sub>2</sub> з киснем для зварювання:

Сприяє дрібнокрапельному перенесенню металу.

Покращує формування шва.

Зменшує розбризування на 30-40%.

3. Аргоно-азотна суміш для плазмового різання:

Покращує плазмове різання.

4. Аргоно-киснева суміш для зварювання сплавів в сильноокиснювальній атмосфері:

Сприяє кращому зварюванню плавким електродом сплавів у сильноокиснювальній атмосфері.

5. Домішки вуглекислоти або кисню до аргону для утворення струминного перенесення металу:

Зменшують розбризування.

Покращують якість шва.

6. Суміш аргону і водню для зварювання тонкого металу:

Збільшує швидкість зварювання.

Зменшує зону термічного впливу.

Зменшує залишкові деформації.

Всі ці аспекти свідчать про важливість вибору правильної газової суміші в залежності від конкретних вимог і умов проведення зварювальних робіт.

Здавалося б, впровадження сумішей інертних і активних газів у зварювальних процесах виявляється досить ефективним. Нова газова суміш марки

АГАМИКС, що включає аргон, вуглекислий газ та кисень, демонструє кілька технологічних переваг:

Зменшення розбризкування:

Розбризкування електродного металу зменшується на 5-10%.

Покращує якість формування металу шва.

Менша чутливість до коливань параметрів:

Робить процес зварювання менше чутливим до коливань напруги та швидкості подачі дроту.

Загальна ефективність:

Завдяки комбінації інертного (аргон) та активного (вуглекислий газ, кисень) складників суміші, досягається оптимальне поєднання властивостей для покращення різних аспектів зварювання.

Ці технологічні переваги можуть бути важливими для підвищення якості та продуктивності зварювання, а також для оптимізації умов роботи (що відображено на рис. 2.3-2.4).

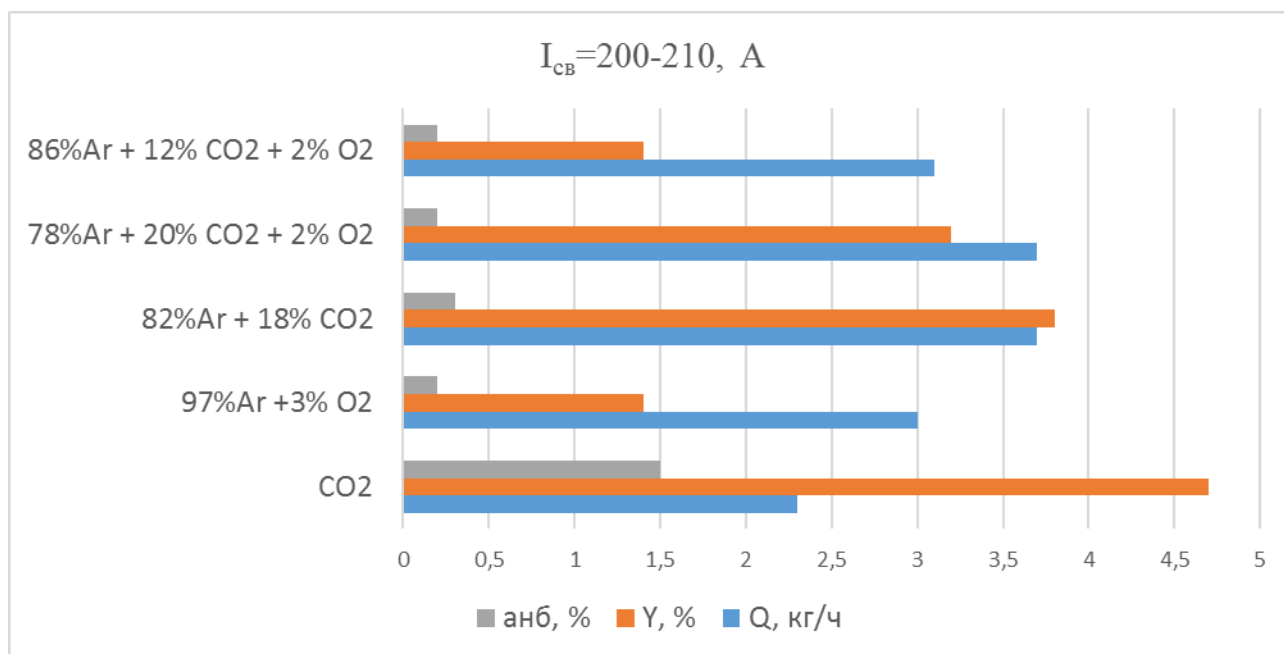


Рисунок 2.3 - Характеристики процесу зварювання при  $I_{cv}=200-210A$

Під час дугового зварювання, процеси нагрівання та розплавлювання електрода відбуваються завдяки енергії, що виділяється у дузі активної плями, що розташована на торці електрода. Відбувається це внаслідок теплоти, що виникає

під час проходження струму по електроду відповідно до закону Джоуля-Ленца. Термін "виліт" електрода вказує на ділянку електрода, яка нагрівається та розплавляється в процесі зварювання, починаючи від місця контакту зі струмопровідним пристроєм і закінчуючи його кінцем. Наприклад, при ручному зварюванні на початку процесу виліт електрода може складати 200-400 мм, а в кінці зварювання ця ділянка зменшується і становить 30-40 мм. Цей процес є ключовим у дуговому зварюванні, де використовується тепло, щоб розплавити електрод та робити ним наплавлення на робочій поверхні. В автоматичному і механізованому зварюванні під флюсом та в захисних газах виліт електродного дроту може варіюватися в межах від 12 до 70 мм, залежно від діаметра дроту і його теплофізичних властивостей. Кількість теплоти, що виділяється в електроді протягом одиниці часу, залежить від щільності струму, питомого опору та виліту електрода. Зазвичай, чим більше ці параметри, тим більше тепла виділяється в електроді.

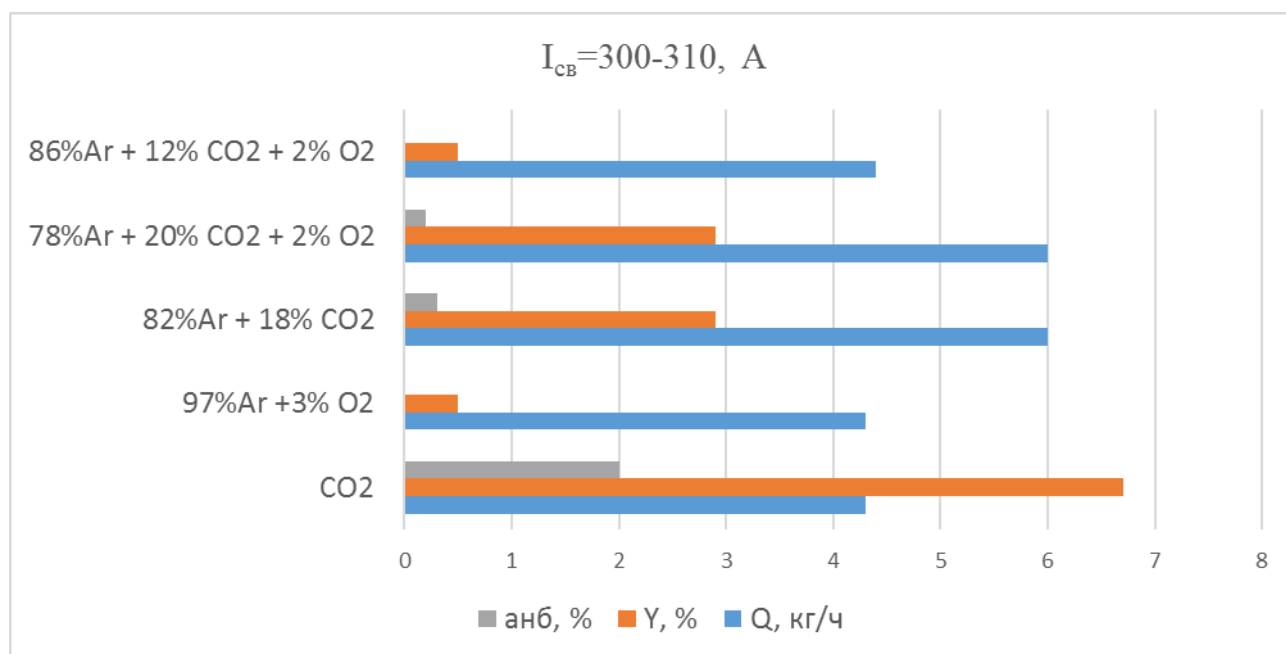


Рисунок 2.4 - Характеристики процесу зварювання при  $I_{св}=300-310A$

У ручному зварюванні це може призводити до значного підвищення температури електрода, що обмежує максимальний струм, який можна використовувати при цьому методі зварювання. Якість шва гарантується лише в

тому випадку, якщо температура електрода в момент розплавлення його торця не перевищує певного рівня, наприклад, 600-700 °С при зварюванні сталевими електродами. Підвищення температури електрода до вищих значень може призводити до відшарування покриття, погіршення формування шва та збільшення втрат через розбризкування.

Механізовані методи зварювання, завдяки невеликому вильоту електрода, дозволяють застосовувати велику щільність струму, що робить їх більш продуктивними. Лінійна швидкість розплавлення електрода, основна характеристика плавлення, залежить від різних факторів, таких як склад електрода, покриття, режим зварювання, щільність і полярність струму.

У загальному випадку можна сказати, що швидкість плавлення електрода зростає зі збільшенням сили струму приблизно по лінійній залежності. Ця швидкість визначається умовами виділення тепла і передачі його в анодній та катодній областях і також залежить від полярності струму, яка визначає напрямок руху електронів і, отже, розташування активної зони розплавлення на електроді.

Під час плавлення на торці електрода утворюється крапля рідкого металу. Велика питома поверхня і високі температури крапель сприяють інтенсивному взаємодії металу з навколишнім середовищем. Тому характер переносу електродного металу значно впливає на кінетику фізико-хімічних процесів (див. рис. 2.5.).

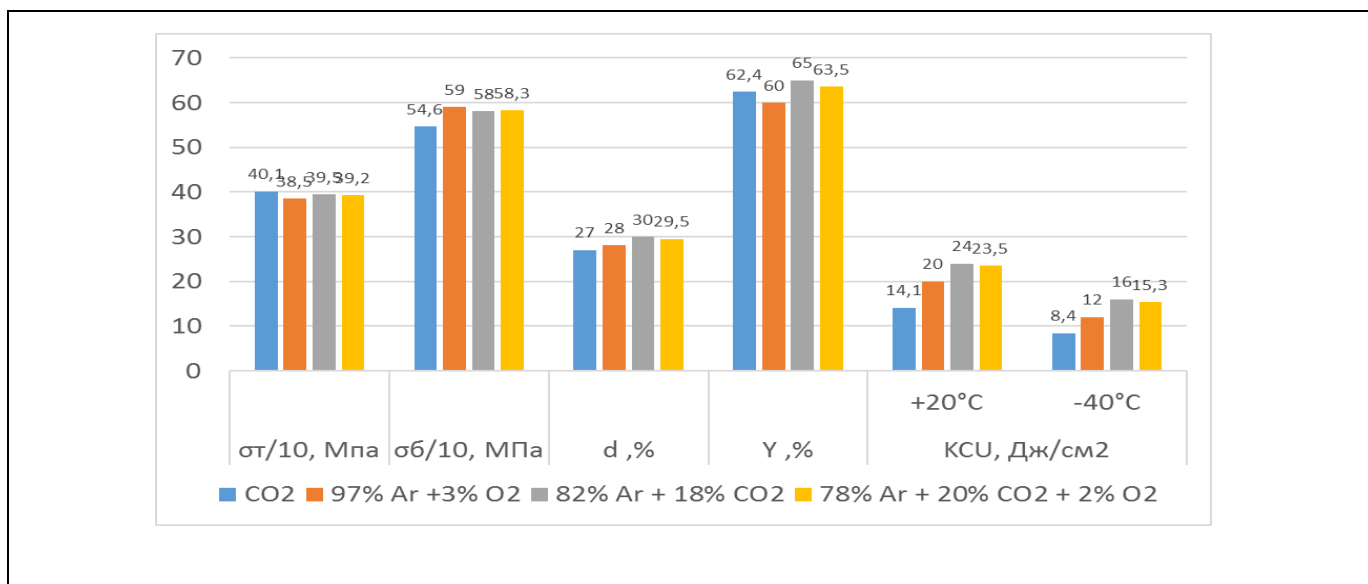


Рисунок 2.5- Механічні властивості наплавленого металу

Характер перенесення електродного металу залежить від співвідношення сил, що діють на краплю металу на торці електрода. Основні сили, що впливають на цей процес, включають силу тяжіння, силу поверхневого натягу, електромагнітну силу, силу реактивного тиску парів, аеродинамічну силу і інші. Значення окремих сил і напрям їх рівнодіючої залежать від режиму зварювання, полярності струму, складу електродного металу, газового середовища, стану поверхні і діаметра електрода.

Сила тяжіння впливає істотно лише при зварюванні на малих струмах, де важкість краплі металу приводить до її руху вниз. У нижньому положенні, коли зварювальний процес відбувається в напрямку вниз, сила тяжіння грає позитивну роль у перенесенні краплі в зварювальну ванну. Проте при зварюванні у вертикальному і, особливо, в стельовому положенні сила тяжіння ускладнює процес перенесення електродного металу.

Сила поверхневого натягу виявляється у тенденції рідини, впливаної молекулярними силами, набувати форму сфери, яка має найменшу поверхню при визначеному об'ємі. Крапля розплавленого металу утримує сферичну форму до моменту зіткнення з поверхнею розплавленого резервуара. Узагальнено, зростання поверхневого натягу сприяє збільшенню розмірів крапель, які утворюються на торці електрода через дуговий проміжок. Це явище може спричинити збільшення розмірів крапель металу, що падають у розплавлену ванну, вздовж електроду під час зварювання.

Електромагнітна сила виникає через взаємодію провідника, який переносить струм, і створеного ним магнітного поля. Ця сила спрямована на деформацію провідника в радіальному напрямку, що може призвести до руйнування зв'язку між краплею та електродом. Її величина пропорційна квадрату сили струму. Сила реактивного тиску парів є важливою впливаючою силою на процес переносу металу. Випаровування металу з поверхні краплі та хімічна взаємодія рідкого металу з шлаком або газовою фазою призводять до утворення реактивних сил. Величина цих сил залежить від розмірів активних плям, щільності струму в них і теплофізичних властивостей матеріалу електрода.

Оскільки щільність струму в області катодної плями значно вища, ніж в анодній, вплив реактивного тиску більш помітний при прямій полярності. Стиснення дуги призводить до збільшення щільності струму в плямах, що викликає зростання реактивного тиску парів. Зазначено, що в металах з високим тиском парів, таких як магній чи цинк, відтаюють, тобто краплі піддаються реактивними силами. Це спостерігається при зварюванні на обох полярностях. З іншого боку, у металах з низьким тиском парів цей ефект спостерігається переважно при зварюванні на прямій полярності.

Аеродинамічна сила проявляється у випадках, коли виникають потужні плазмові (газові) потоки. Вона визначається аеродинамічним гальмуванням краплі в газовому потоці і магніто-кінетичними силами, що виникають через незбалансованість гідростатичного тиску всередині краплі та на поверхні розділу рідина-газ.

Сила аеродинамічного гальмування пропорційна щільності газу, його швидкості і ефективній площі перетину краплі, спроектованої на напрям газового потоку. Залежно від співвідношення сил, що діють на краплю, характер переносу електродного металу може істотно змінюватися. При зварюванні покритими електродами спостерігається в основному крупнокрапельне і дрібнокрапельне перенесення.

Баланс основних сил, які діють на краплю металу під час дугового зварювання, включає різноманітні фактори, які визначають характер переносу електродного металу (рис. 1). Зокрема, на розплавлений метал на електроді діють такі сили:

Сила поверхневого натягу ( $F_{\sigma}$ ): Виникає внаслідок прагнення рідини приймати форму сфери для мінімізації поверхні при даному об'ємі. Крапля розплавленого металу зберігає форму сфери до зіткнення з поверхнею розплавленої ванни.

Сила тяжіння ( $F_T$ ): Визначається масою краплі та прискоренням вільного падіння. Важлива при зварюванні на малих струмах та в нижніх положеннях.



Електродинамічна сила (Пінч-ефект) ( $F_{ED}$ ): Обумовлена взаємодією провідника зі струмом та магнітного поля, що виникає через цей струм. Тягне розплавлений метал в радіальному напрямку.

Реактивні сили випарів металу ( $F_{рв}$ ): Виникають в результаті випаровування металу з поверхні краплі та хімічної взаємодії рідкого металу з шлаком або газовою фазою.

Тиск нейтралізованих іонів ( $F_{рі}$ ): Зумовлений незбалансованістю гідростатичного тиску всередині краплі та на поверхні розділу рідина-газ.

Аеродинамічна сила: Виникає в потужних газових потоках і визначається аеродинамічним гальмуванням краплі та магніто-кінетичними силами.

Враховуючи взаємодію цих сил, можна розуміти, як вони впливають на рух та перенос електродного металу під час дугового зварювання.

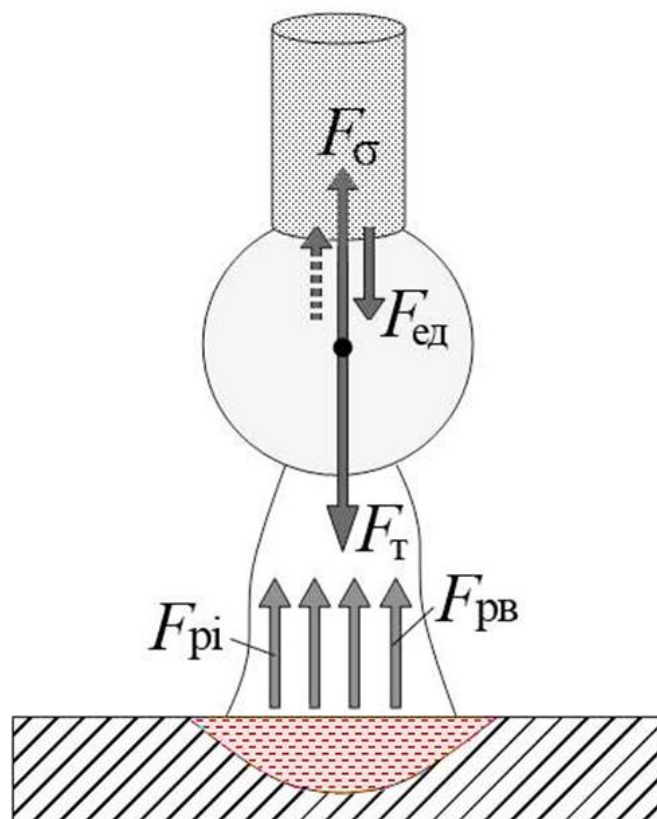


Рисунок 2.6 - Баланс основних сил, що діють на краплі металу

## 2.3 Основні переваги при зварюванні в середовищі аргонових сумішей із додаванням кисню

Зварювання в аргонових сумішах, порівняно із зварюванням у вуглекислому газі, має кілька значущих переваг і деякі недоліки:

Переваги:

Зменшення втрат електродного металу: В порівнянні з вуглекисловим газом, в аргонових сумішах втрати електродного металу на розбризування зменшуються в 3-4 рази. Це сприяє більш ефективному використанню матеріалу та економії ресурсів.

Зниження трудоемкості при зачищенні: Зварювання в аргонових сумішах дозволяє зменшити труднощі при зачищенні основного металу від бризок у 8-10 разів, спрощуючи післязварювальні роботи.

Підвищення продуктивності праці: Зварювання в аргонових сумішах може підвищити продуктивність праці зварників на 10-20%, що робить процес більш ефективним.

Використання імпульсно-дугового процесу: За допомогою аргонових сумішей можна використовувати імпульсно-дуговий процес та інші технологічні прийоми, що сприяють підвищенню продуктивності зварювальних робіт.

Підвищення механічних властивостей металу шва: Зварювання в аргонових сумішах може покращити показники механічних властивостей металу шва, включаючи ударну в'язкість при мінусових температурах.

Санітарно-гігієнічні та екологічні характеристики: Зварювання в аргонових сумішах може поліпшити санітарно-гігієнічні та екологічні характеристики процесу зварювання.

Недоліки:

Підвищене світлове й теплове випромінювання: Зварювання в аргонових сумішах може супроводжуватися підвищеним світловим і тепловим випромінюванням зварювальної дуги, що може створювати додаткові умови для використання засобів індивідуального захисту.

Висока вартість сумішей: Використання аргонових сумішей може бути витратним процесом через високу вартість цих газів порівняно із звичайними газами, такими як вуглекислий газ.

Загалом, не зважаючи на недоліки, зварювання в аргонових сумішах вважається технологічно ефективним і може бути перевагою у випадках, коли важливі якість зварювання і продуктивність процесу.

Зварюванням практично всіх поширених марок конструкційних низьковуглецевих і низьколегованих сталей можна здійснювати за допомогою сумішей газів  $Ar+CO_2$  і  $Ar+CO_2+O_2$ , використовуючи стандартний зварювальний дріт Св-08Г2С і Св-08ГС відповідно до ГОСТ або їх закордонних аналогів, які застосовуються для зварювання в  $CO_2$ . З'єднання конструкційних сталей, які зварені у захисних газових сумішах на основі аргону стандартним зварювальним дротом, відрізняються високими показниками механічних властивостей, як показано на рисунках 2.7-2.9. Особливу увагу слід звернути на високі значення ударної в'язкості металу шва при мінусових температурах.

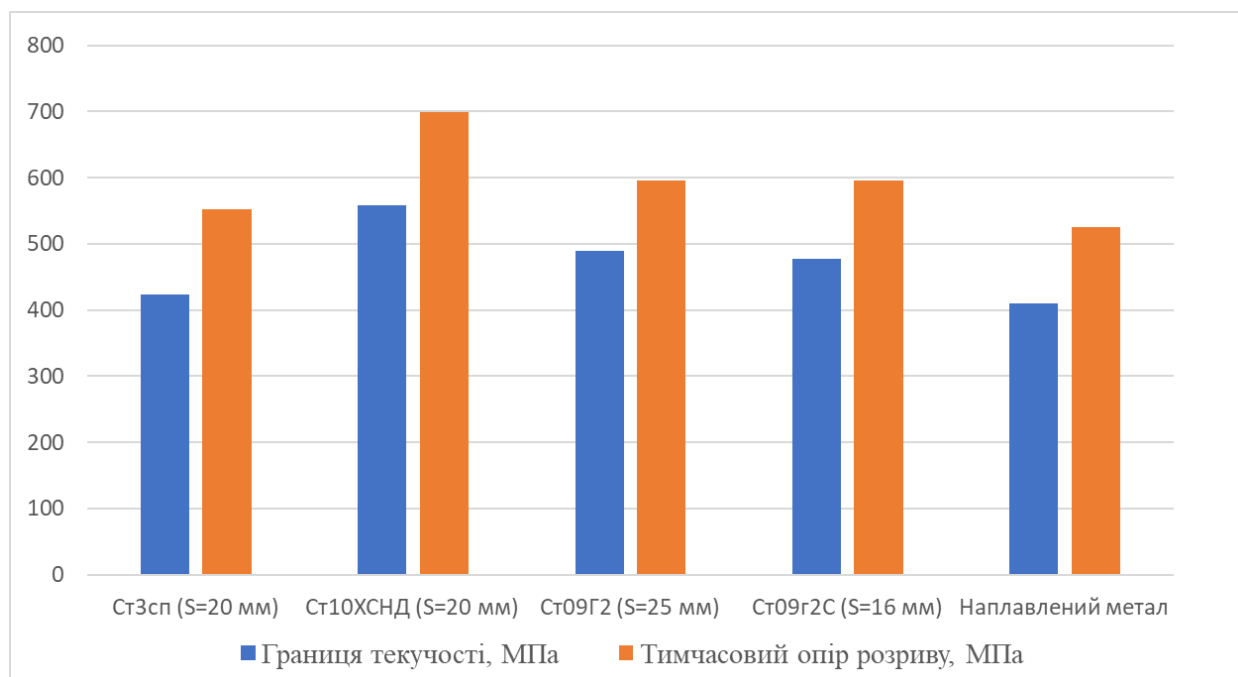


Рисунок 2.7 - Механічні властивості металу шва і наплавленого металу при зварюванні дротом Св-08Г2С у суміші  $Ar+20\% CO_2+O_2$

Зварювання в аргонових сумішах  $Ar+CO_2$  і  $Ar+CO_2+O_2$  демонструє високі показники стійкості металу швів проти утворення кристалізаційних тріщин.

Застосування цих газових сумішей сприяє досягненню значних значень холодостійкості і стійкості до утворення тріщин в металі шва.

Процес зварювання в сумішах  $Ar+CO_2$  і  $Ar+CO_2+O_2$  можна виконувати у всіх просторових положеннях за допомогою зварювального обладнання, апаратури та джерел живлення, що використовуються для зварювання у вуглекислому газі. При цьому напруга дуги повинна бути на 2-3 В нижче, ніж при зварюванні в чистому  $CO_2$  при тому ж зварювальному струмі, і не повинна перевищувати значень, рекомендованих для зварювання у вуглекислому газі.

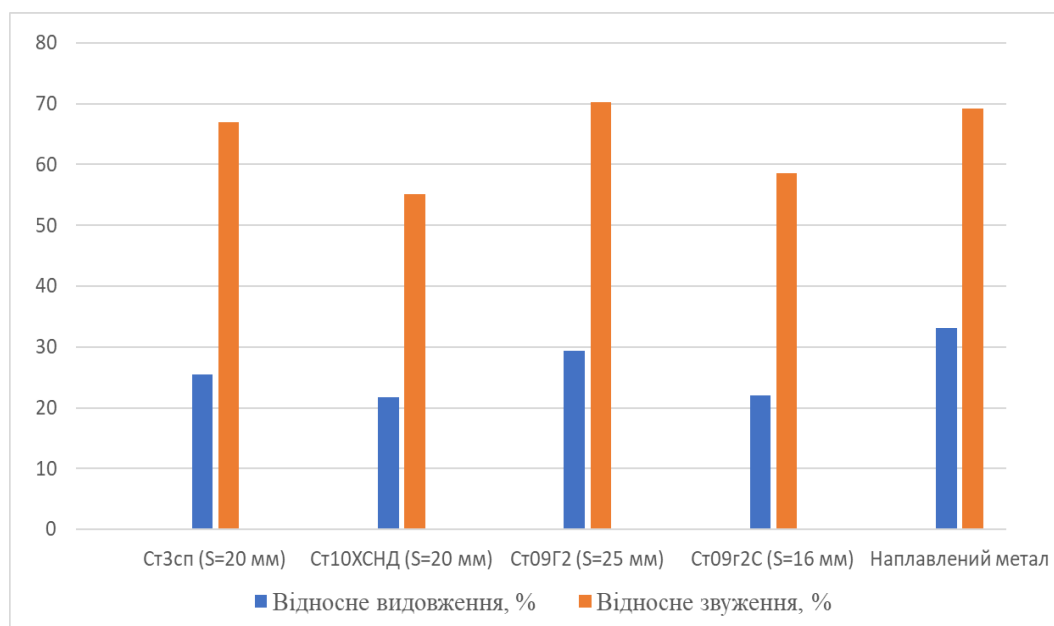


Рисунок 2.8 - Механічні властивості металу шва і наплавленого металу при зварюванні дротом Св-08Г2С у суміші  $Ar+20\% CO_2+O_2$

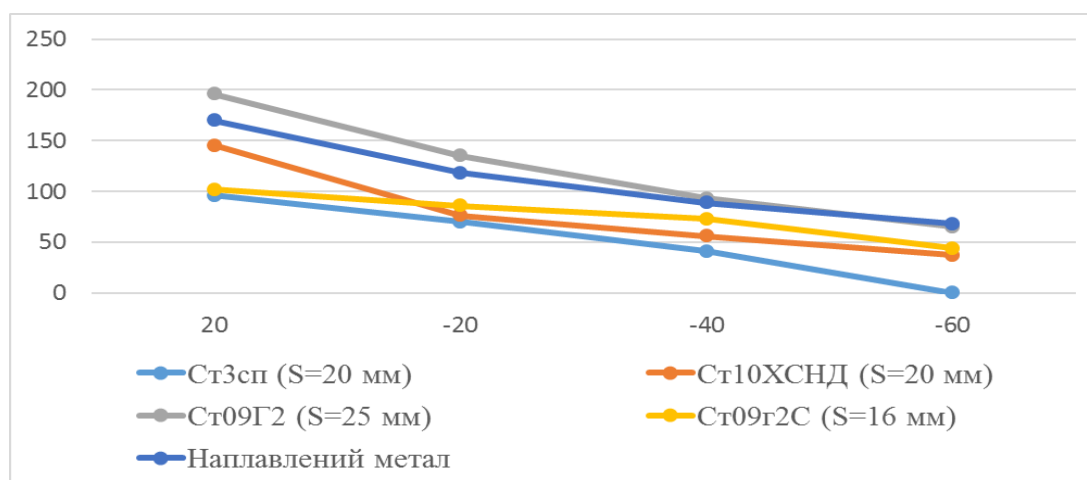


Рисунок 2.9 – Залежність ударної в'язкості (Шарпі) Дж/см<sup>2</sup> від температури °С для металу шва і наплавленого металу при зварюванні дротом Св-08Г2С у суміші  
Ar+20% CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>

Технологічні переваги захисних сумішей, що містять аргон, виявляються особливо ефективними при використанні зварювальних струмів, які сприяють струменевому перенесенню електродного металу. У таблиці 2.6 подані значення критичного зварювального струму, при якому розпочинається струминне перенесення, для різних діаметрів зварного дроту та полярності струму за використання імпульсно-дугового процесу зварювання (ІДЗ) у суміші Ar+20% CO<sub>2</sub>. Використання аргонових сумішей дозволяє здійснювати зварювання на постійному струмі прямої полярності та отримувати при цьому належне формування шва з мінімальною участю основного металу.

Зварювання в сумішах на основі аргону сприяє поліпшенню формування швів. Висота випуклості шва менша порівняно з зварюванням у вуглекислому газі, а валик шва відрізняється плавним переходом до основного металу. Формується дрібнолусочна поверхня шва, що за зовнішнім виглядом аналогічна поверхні швів, зварених під флюсом.

Використання аргонових сумішей при зварюванні сприяє створенню сприятливої форми шва, характеризується низькою випуклістю та значним зменшенням витрат електродного металу розбризуванням. Це призводить до помітного зниження витрат електродного дроту на одиницю довжини шва. В зварюванні в аргонових сумішах, на відміну від процесу у вуглекислому газі, можливе використання імпульсно-дугового процесу. Цей процес характеризується дрібнокрапельним перенесенням металу з частотою відриву крапель, яка відповідає частоті накладання імпульсів струму.

У процесі дрібнокрапельного перенесення спостерігається низьке середнє значення зварювального струму порівняно з умовами струминного перенесення електродного металу без нанесення імпульсів.

Використання імпульсно-дугового процесу дозволяє здійснювати зварювання за різноманітними технологічними варіантами, використовуючи дріт одного й того ж діаметра. У відміну від зварювання без імпульсів, де вибір дроту залежить від

різних факторів, таких як товщина металу, просторове положення шва, теплофізичні характеристики металу тощо.

На сьогоднішній день цей процес активно розвивається у промислово розвинених країнах, які володіють передовими технологіями в області імпульсних джерел живлення дуги. Вони використовують новітні імпульсні джерела, які дозволяють генерувати імпульси струму з різноманітною формою та амплітудою, а також забезпечують плавне регулювання частоти та довжини імпульсів. Такий підхід відкриває широкі можливості для точного контролю параметрів дугового процесу.

При досягненні певних критичних значень густини струму у випадку зварювання в аргоні та гелії, спостерігається перехід до струменевого перенесення металу. В цьому контексті зміна характеру переносу металу пояснюється зміною відношення діаметрів стовпа дуги і електрода, що впливає на напрямок електромагнітної сили. Також зазначається, що вплив зварювального струму на розміри крапель пов'язаний із силою поверхневого натягу. При зростанні струму температура крапель збільшується, поверхневий натяг зменшується, що призводить до зменшення розмірів крапель.

Розмір крапель металу значно залежить від діаметра електрода. При зменшенні діаметра електрода зменшується площа контакту між краплею та електродом, що призводить до зменшення сили поверхневого натягу. Цей процес сприяє дрібнокраплинному переносу металу. Крім того, значення критичного струму, при якому електромагнітна сила починає сприяти відокремленню крапель, також знижується.

Характер переносу металу та розміри його крапель значно впливають на склад захисної атмосфери під час зварювання. При використанні гелію в якості захисного газу краплі електродного металу мають більший розмір у порівнянні з аргоном, особливо це помітно при прямій полярності. Додавання азоту до аргону і гелію сприяє збільшенню розмірів крапель та підвищенню критичного струму. У свою чергу, додавання кисню призводить до зменшення критичного струму та розмірів крапель. Це пов'язано з відмінним впливом цих газів на температуру крапель, поверхневий натяг і характеристики стовпа дуги.

Під час зварювання в атмосфері вуглекислого газу критичний струм, відзначений В. І. Дятловим, спостерігається при високій щільності струму і розташовується за межами режимів зварювання, які практично використовуються.

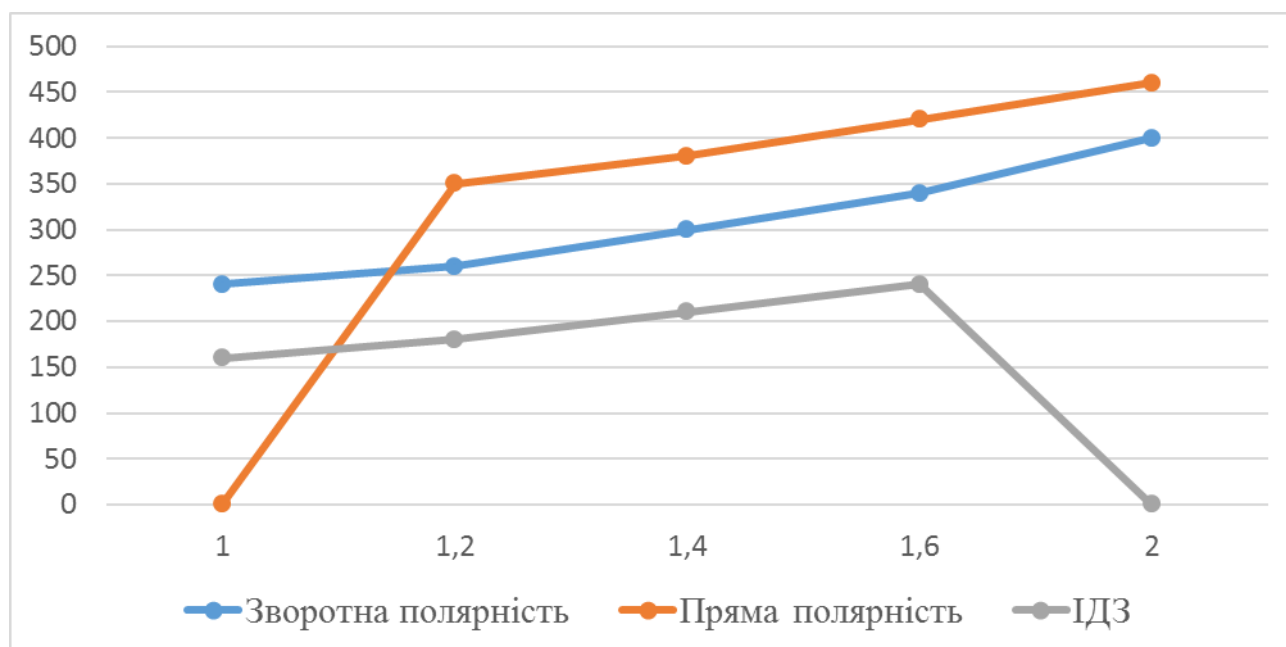


Рисунок 2.10 - Значення критичного струму переходу до струминного перенесення електродного металу при зварюванні в суміші Ar + 20% CO<sub>2</sub>+ O<sub>2</sub> дротом Св-08Г2С в залежності від діаметру дроту

Створене в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона джерело імпульсного струму 1-169, за його технічними характеристиками, не лише відповідає західним аналогам, але за певними параметрами навіть перевершує їх.

Окрім технологічних та економічних переваг, зварювання в газових сумішах на основі аргону відзначається поліпшеними гігієнічними та екологічними показниками порівняно з зварюванням у вуглекислому газі. Наприклад, в зоні дихання зварників та в повітрі приміщень викидається менше пилу та токсичних газів. Зниження рівня шкідливих викидів при зварюванні, крім соціальної вигоди у зменшенні захворювань серед робітників, відкриває можливість зниження інтенсивності загальнообмінної та місцевої вентиляції. Це, в свою чергу,

призводить до зменшення потужностей вентиляційних установок і витрат на електроенергію та їх обслуговування.

Найбільш значущий техніко-економічний вигаш досягається при використанні зварювання в газових сумішах в наступних ситуаціях:

- Конструкції, які, згідно з технічними вимогами, не повинні мати приварених бризок металу.
- Конструкції, призначені для роботи в умовах низьких температур та динамічних навантажень.
- Багатопрохідні шви товстолистого металу.
- Вузли та з'єднання, виготовлені на автоматизованих установках і лініях.

Використання зварювання в аргонових сумішах сприяє високій якості зварних з'єднань, що дозволяє сертифікувати виробництво з мінімальними витратами відповідно до стандартів міжнародних сертифікаційних організацій.



### **3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Технічне обґрунтування способу зварювання**

Вибір того чи іншого способу зварювання залежить від товщини і марки основного металу, конструктивних особливостей вузлів, масштабу і характеру виробництва, якості зварних з'єднань та продуктивності процесу, можливостей автоматизації процесу, безпеки, вартості обладнання та вихідних матеріалів.

Найбільш поширеними в промисловості є дугові способи зварювання плавким електродом, до яких відносять зварювання покритим електродом, напівавтоматичне чи автоматичне зварювання в захисному газовому середовищі, під флюсом, порошковим дротом. Найбільш широко застосовується дугове зварювання суцільним дротом під флюсом або в середовищі захисних газів чи їх сумішей.

Автоматичні способи зварювання плавким електродом більш продуктивні, ніж зварювання покритим електродом і напівавтоматичні способи зварювання суцільним дротом. Забезпечення необхідної якості зварних з'єднань при автоматичному зварюванні досягається за рахунок автоматичного виконання плавлення та формування зварного з'єднання. До недоліків даного способу можна віднести недостатню універсальність цих способів і технологічність створюваних конструкцій; неможливість виконання швів у важкодоступних місцях, складності зварювання криволінійних швів, які розташовані в різних просторових положеннях; необхідність створення спеціалізованих робочих місць для проведення автоматичних способів зварювання й оснащення їх відповідним допоміжним обладнанням; відносно високі додаткові матеріальні витрати на спеціалізоване обладнання.

Зварювання порошковим дротом теж має кілька недоліків - мала жорсткість трубчатої конструкції порошкового дроту вимагає застосування подаючих механізмів з обмеженим зусиллям стискання. Випуск дроту діаметром 2.6 мм і більше потребує використання для стійкого горіння дуги підвищених зварювальних струмів, дозволяє використовувати їх для зварювання лише в нижньому та рідше у вертикальному положенні.

При виготовленні компресорів перевагу віддають напівавтоматичному та автоматичному зварюванню в захисних газах.

При зварюванні сумішшю вуглекислого газу та кисню в зону зварювання подається до 20-40% чистого кисню. Це підвищує окислювальний потенціал захисного середовища, підвищує температуру зварювальної ванни та забезпечує зниження розбрикування електродного металу та покращення якості шва. При напіваавтоматичному зварюванні можна виконувати безперервні шви, виконання яких при звичайному зварюванні покритим електродом неможливе через необхідність заміни електродів. Така техніка зварювання скорочує кількість зупинок, при цьому відпадає необхідність додаткового заварювання кратерів, що дозволяє отримувати з'єднання з більш високою продуктивністю і меншими витратами електродного дроту. Процес зварювання виконується з високою ступеню концентрації енергії дуги, що збільшує глибину проплавлення зварюваних деталей, а з врахуванням підвищених швидкостей зварювання створює відносно невелику зону структурних перетворень і викликає менші деформації конструкцій.

Виходячи із технологічних міркувань для виготовлення даної зварної конструкції використовується автоматичний спосіб зварювання в середовищі сумішей аргону, вуглекислого газу та кисню.

### 3.2 Вибір зварювальних матеріалів

Основними зварювальними матеріалами для виготовлення компресора є – зварювальний дріт та захисні гази (аргон, вуглекислий газ та кисень).

Найбільш часто при зварюванні в якості присадного металу використовують зварювальний дріт, отриманий гарячим прокатуванням, або волочінням після гарячого прокатування.

Зварювальний дріт повинен мати чисту, вільну від іржі, масла і інших забруднень поверхню. Наявність іржі та забруднень на поверхні дроту призводить до руйнування контакту між струмопровідним мундштуком та дротом, до розігріву кінця дроту, який знаходиться під струмом, і до зниження стійкості металу шва проти пор.

Вибір зварювального дроту насамперед тісно залежить від марки металу який зварюють (16ГС). Таким чином, зварювальний дріт за хімічним складом повинен бути оптимально наближеним до основного металу.

Вуглецеві сталі схильні до пористості і основною причиною їх появи є реакція взаємодії вуглецю з киснем, яка призводить до утворення чадного газу. Для компенсації реакції окислення вуглецю в період кристалізаційного формування металу шва в зварювальній ванні необхідна достатня кількість розкислювачів (Mn і Si). Для попередження пористості при зварюванні у вуглекислому газі потрібно використовувати дріт з підвищеним вмістом Mn і Si.

Для покращення якості дроту застосовують очищення, обміднення, електролітно-плазмову обробку та інші технології виготовлення дроту.

Нанесення мідного покриття є основним напрямком підвищення поверхневих властивостей електродного дроту. Встановлено, що в порівнянні з не обмідненим дротом час від моменту першого торкання обмідненої дроту до встановлення стабільного процесу зварювання скорочується в 2-3 рази.

При виконанні зварювання обмідненим дротом рівень втрати металу на розбризкування менший на 20-40% порівняно зі звичайним дротом.

Виходячи з вищесказаного, для зварювання сталі 16ГС, вибираємо суцільний зварювальний дріт марки Св-08Г2С, що випускається за ГОСТ 2246-70. Хімічний склад та механічні властивості дроту марки Св-08Г2С приведені відповідно в таблиці 2.1 та 2.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С у % згідно ГОСТ 2246-70 [3]

Марка дроту	C	Mn	Si	S	P
Св-08Г2С	0.06	1.80	0.88	0.012	0.010

Таблиця 3.2 – Механічні властивості зварювального дроту Св-08Г2С згідно ГОСТ 2246-70 [3]

Сортамент	Розмір	Напр.	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\tau$
-	мм	-	МПа	МПа	%
Св-08Г2С			540	440	30

В якості захисного газу при виготовленні даної конструкції використовуємо суміші аргону, вуглекислого газу та кисню. При зварюванні застосовують вуглекислий газ високої густини вищого та І сорту.

При зварюванні сумішшю 78% аргону + 20% вуглекислого газу + 2% кисню, розбризування практично відсутнє. Виявлено, що при зварюванні у суміші  $Ar+O_2$  при струменевому процесі зменшується не тільки розбризування до 2-3 %, але і величина критичного струму для переходу від крапельного до струменевого перенесення металу. При зварюванні у готових захисних газових сумішах  $Ar+CO_2+O_2$  покращується також стабільність дуги та забезпечується краще формування шва, утворення гладкої та дрібнолусочної поверхні зварного шва. Змішування газів здійснюється на зварювальному пості.

Склад суміші, що подається в пальник, регулюється зміною витрат її газів. Витрати газу регулюються окремим редуктором і вимірюються ротаметром типу РС-3.

### 3.3 Вибір параметрів режиму зварювання

Режимами зварювання називають сукупність характеристик зварювального процесу, які забезпечують отримання зварних з'єднань заданих розмірів, форми та якості.

Основні параметри режиму механізованого зварювання в захисних газах, які впливають на розміри та форму шва – сила, густина, вид та полярність струму, напруга дуги, швидкість зварювання.

При зменшенні діаметра електродного дроту при інших рівних умовах підвищується стійкість горіння дуги, збільшується глибина провару, зменшується розбризування електродного металу, збільшується коефіцієнт наплавлення, що призводить до підвищення продуктивності зварювання. Діаметр електродного дроту вибирають залежно від товщини металу в межах від 0,5 до 4 мм.

При збільшенні сили зварювального струму, збільшується глибина провару, що призводить до збільшення частки основного металу в шві. Силу зварювального струму встановлюють залежно від вибраного діаметра електрода.

Рід і полярність струму. Зварювання плавким електродом виконують на зворотній полярності. При прямій полярності швидкість розплавлення в 1,4-1,6 рази вища, ніж при зворотній, проте дуга горить менш стабільно з інтенсивним розбризкуванням. Крім того, одержують не якісний, незадовільно сформований зварювальний шов.

Швидкість подачі дроту встановлюють з таким розрахунком, щоб при зварюванні не виникало коротких замикань та обривання зварювальної дуги, а процес плавлення електрода проходив стабільно.

Зі збільшенням швидкості зварювання зменшуються всі геометричні розміри шва, її встановлюють залежно від товщини металу та умов нормального формування шва. Мала швидкість зварювання збільшує зварну ванну та підвищує схильність до утворення пор у металі.

Діапазон швидкості зварювання становить 15-80 м/год.

Зі збільшенням вильоту електрода погіршується стійкість горіння дуги і формування шва, а також збільшується розбризкування металу зварювальної ванни. При зварюванні з малим вильотом погіршується можливість контролю за процесом зварювання тому часто підгорає газове сопло чи струмо-підвідний контактний наконечник.

При виготовленні ресивера компресора виконують стикове зварювання без розроблення кромки.

Таблиця 3.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання сталевих листів у захисному газі стиковим швом без розроблення кромки

Товщина металу, мм	Ширина зазору, мм	Кількість шарів	Діаметр дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга дуги, В	Швидкість зварювання, м/год.	Витрати газу, л/хв.
5,0	1	1	1,6	200	30	32	15-20

#### 3.4 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для зварювання в середовищі захисного газу може бути універсальним та спеціалізованим.

Джерело живлення зварювальної дуги повинне забезпечувати необхідні силу струму та напругу дуги;

Потужність джерела живлення має визначатися необхідною силою зварювального струму.

Для зварювання ресивера компресора використовується самохідний автомат підвісного типу А-1417 (рис. 3.1), що призначений для дугового зварювання в середовищі захисного газу. Автомат А-1417 розрахований на тривалу роботу та може використовуватись самостійно, або в комплексі зварювальної автоматичної лінії. Технічна характеристика автомату А-1417 представлена в таблиці 3.4.

В конструкцію автомата входять: супорт, механізми подачі та переміщення, самохідний візок, газова апаратура, бухта з електродним дротом, пульт керування.

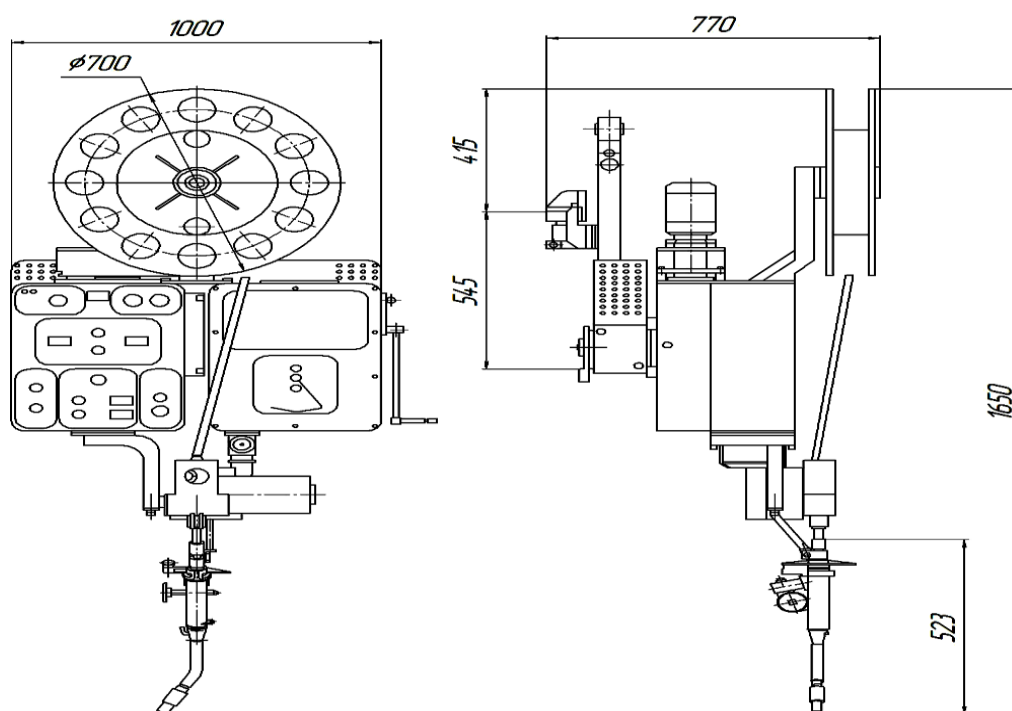


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення та габаритні розміри автомату А-1417

Таблиця 3.4 - Характеристика автомату А-1417

Найменування параметру		Значення
Номінальна напруга сітки живлення, В		380
Захист зони зварювання		(Ar+CO <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> )
Номінальна частота, Гц		50
Електродний дріт	Діаметр, мм	1,0-1,6
	Швидкість подачі, м/г	75-960
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60%, і		315

продовжаності циклу 10 хв, А	
Границі регулювання зварювального струму, А	50-315
Джерело живлення	ВДГ-303
Витрати захисного газу л/год	500-960

Для живлення даного автомата використовується випрямляч типу ВДГ-303 (рис.3.2).

Технічна характеристика випрямляча представлена в таблиці 3.5.

Випрямляч призначений для роботи в закритих приміщеннях з дотриманням: температури навколишнього середовища (від -10С до +40С), відносної вологості (не більше 80% при 20 °С).

Випрямляч зварювальний ВДГ – 303 це установка, що перетворює енергію трифазної мережі змінного струму в енергію постійного струму, створює необхідні зовнішні характеристики з можливістю регулювання зварювальної напруги дуги у встановлених технологічними вимогами межах.

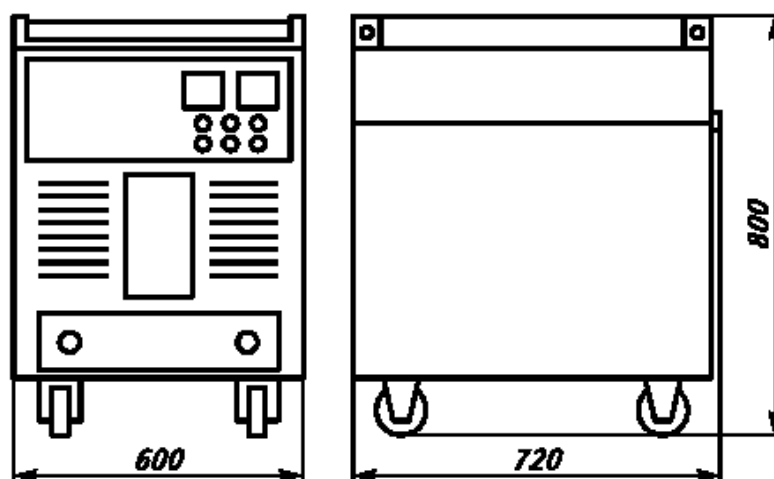


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення випрямляча ВДГ-303

Таблиця 3.5 - Характеристика випрямляча ВДГ-303

Найменування параметру	Значення
Номінальна напруга, В	380
Номінальна частота, Гц	50

Номінальний зварювальний струм, А	315
Границі регулювання струму, А	50-325
Границі регулювання робочої напруги, В	16-40
Первинна потужність, кВт, не більше	21
Напруга ХХ, В, не більше	60

### 3.5 Вибір методу контролю якості

Якість продукції залежить від того, чи відповідає конструкція експлуатаційним вимогам. Завданням контролю є встановлення якості, міцності, відповідності матеріалу нормативам та заданим розмірам, відсутності дефектів.

Найпростішим приймальним методом контролю є зовнішній огляд зварних з'єднань на наявність дефектів. Зовнішній огляд дає змогу перевірити якість підготовки та складання заготовок під зварювання, якість виконання власне швів в процесі зварювання та кінцева якість накладених зварних з'єднань. Зовнішньому огляду підлягають всі зварні з'єднання.

Для контролю зварних швів ресивера компресора використовують метод газової проби. У процесі випробування газом компресора на щільність, один бік шва забілюють крейдою, а другий змочують газом. Якщо на забіленій крейдою поверхні шва появляються темні газові плями, то у шві є наскрізні дефекти, а отже, шов нещільний.

### 3.6 Опис вибраного технологічного процесу для виготовлення виробу

Технологічний процес виготовлення ресивера компресора складається із заготівельних, складальних, зварювальних, опоряджувальних, допоміжних та контрольних операцій.

#### *Заготівельні операції*

Насамперед технологічний процес виготовлення будь якого виробу включає наступні операції:

- *Правлення* листового прокату проводять в холодному стані на листопривильних машинах типу Roundo (рис. 3.3) шляхом створення місцевої



пластичної деформації, яка виникає в результаті згинання, при багаторазовому пропусканні листів між верхнім і нижнім рядами валків, розміщених в шаховому порядку. Верхні привідні валки розміщують в нерухомій станині, а нижні привідні валки – в рухомій частині станини. В залежності від товщини листів, які виправляються, рухома частину станини піднімають чи опускають за допомогою приводу натискання.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд листопрямуючої машини Roundo

- *Розмічування* є досить трудомісткою операцією. В зварювальному виробництві використовується ручне розмічування, що полягає у нанесенні на поверхні металевих напівфабрикатів контурів деталей, осей їх симетрії та центрів отворів згідно з конструкторськими документами (кресленнями деталей). Із врахуванням розмірів та розташування припусків та технології подальшого оброблення цих деталей, також іноді застосовується фотопроекційне розмічування. Розмічування можна не застосовувати для вирізання заготовок на різальних машинах, що працюють на методі керування мікропроцесорною технікою, що керуються комп'ютерними програмами, на основі оптимізованого електронного макету розкрою, із врахуванням необхідних параметрів режиму різання, що значно зменшує трудомісткість операції розмічування.

- *Різання* листових деталей з прямолінійними кромками проводиться за допомогою гільйотинних ножиць;

- *Згинання* заготовок здійснюють на листозгинальних пресах і верстатах в холодному стані;

- *Зачищення* під зварювання прокату, деталей чи зварних вузлів виконують механічними або хімічним методами. Видалення забруднень, іржі та калини можна здійснювати за допомогою струменевих апаратів та зачисних верстатів. Зачищення ручним та механізованим інструментом малопродуктивне тому використовується в основному для зачищення зварних швів чи для опоряджувальних робіт.

Заготовки, з яких зварюють ресивер компресора, виготовляють з листового прокату.

Тому вони повинні забезпечувати:

- а) можливість їх зварювання у складально-зварювальних пристосуваннях;
- б) доступ до місця зварювання;
- в) можливість зварювання в нижньому положенні;
- г) розміщення зварних швів на ділянках, що не зазнають відчутних пластичних деформацій при попередніх технологічних операціях;
- д) можливість одержання заданих кресленням розмірів та забезпечення їх контролю.

#### Складальні операції

Складальні операції мають на меті забезпечити правильне взаємне розміщення та закріплення деталей зварного виробу, який готують до зварювання. Для виконання складальних операцій використовують складальне або складально-зварювальне пристосування. В першому випадку складання закінчується прихопленнями, а в другому – складений виріб зразу можна зварювати.

Складений вузол повинен володіти жорсткістю та міцністю, що необхідні і для відокремлення його зі складального пристосування і та транспортування до місця зварювання, і для зменшення деформацій при виконанні зварювання. Фіксацію складених деталей здійснюють методом прихоплення. Розміри та розташування прихоплень проектують не лише з умов міцності та жорсткості, але і з позиції зниження їх шкідливого впливу на якість виконання зварних з'єднань та кінцеву працездатність та довговічність конструкції. Тому прихоплення повинні мати невеликий поперечний переріз та довжину, і мають розташовуватись в

місцях, що забезпечать їх повне проварювання при накладенні основних швів. Якщо ж прихоплення виконують там, де шви проектуванням не передбачені, то після виконання зварювання виробу такі прихоплення потрібно видалити, а поверхні дуже ретельно зачистити.

Перед складанням потрібно доставити всі складові вузла на робоче місце. Складальні операції потрібно проводити в чіткій послідовності:

- встановити листовий прокат на листоправильних вальцях, забезпечити необхідне його згтнання;
- встановити обичайку ресивера компресора на установці для автоматичного зварювання;
- послідовно закріпити виріб під зварювання за допомогою пневматичних циліндрів;
- сполучити ресивер компресора з двома півсферичними днищами та закріпити їх.

#### Зварювальні операції

Для якісного та високопродуктивного виконання зварювальних операцій потрібно забезпечити:

- складання деталей та вузлів з оптимальним мінімальним зазором;
- доступність зони з'єднання для допоміжного та зачисного інструменту;
- раціональне чергування складальних, прихоплювальних та зварювальних операцій а також відповідну послідовність накладання швів;
- позиціонування зварюваних кромок у просторі та відносне переміщення інструменту та виробу, що відповідають оптимальним умовам зварювання.

Послідовне чергування складальних та зварювальних операцій при виготовленні нашої конструкції шляхом нарощування окремих елементів полегшує доступність з'єднань, але часто викликає збільшення залишкових деформацій після зварювання. Перед загальним складанням конструкції можливе складання і зварювання відносно простих вузлів, які володіють просторовою жорсткістю, подальше з'єднання яких між собою - легкодоступне для виконання зварювання.

Позиціонування виробу для виконання кожного з'єднання в найбільш вигідних для зварювання положеннях потребує зміни просторового

положення виробу. При дуговому зварюванні стикові з'єднання доцільно виконувати в нижньому положенні.

Після складання та прихоплення під зварювання, операції з виготовлення виробу проводять в наступній послідовності:

- закріплюють обичайку ресивера на стенді для автоматичного зварювання;
- проводять власне зварювання;
- переміщують та закріплюють корпус ресивера на стенді для автоматичного зварювання з півсферичними днищами;
- проводять зварювання ресивера з півсферичними днищами компресора;
- проводять перевірку якості складання та зварювання методом зовнішнього огляду.

#### Опоряджувальні операції

Після виконання процесу зварювання проводять зачищення всіх поверхонь швів.

При необхідності проводять базове правлення виробу.

Після правлення, проводять фарбування декоративних частин поверхонь виробу.

#### Допоміжні операції

До допоміжних відносять, транспортно-підймальні та перевантажувальні операції, налагоджувальні роботи із зварювальним та іншим обладнанням, комплектування деталей та розподіл робіт.

#### Контрольні операції

Контрольні операції містять комплекс робіт на кожному етапі виготовлення зварної конструкції. Сюди входить:

- контроль вхідних зварюваних матеріалів;
- контроль допоміжних зварювальних матеріалів;
- контроль якості на всіх етапах підготовки, складання та зварювання виробу;
- контроль зварних з'єднань та готової продукції.

Зовнішнім оглядом перевіряють форму та взаєморозміщення швів, наявність зовнішніх дефектів та деформації вузлів, внутрішні дефекти в швах та герметичність контролюють методом газової проби.

Нормування витрат зварювальних матеріалів

Технічна норма витрат матеріалів – це мінімальна кількість матеріалів, необхідна для виготовлення даного виробу у відповідності з технічними умовами.

Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів проводиться на основі креслення деталей чи вузлів виробу, специфікацій деталей та вузлів, технологічних процесів зварювання.

В залежності від маси наплавленого металу, визначаємо витрати електродного дроту за формулою [8]:

$$Q = a \cdot F \cdot L \cdot \gamma, \quad (2.1)$$

де  $a$  – коефіцієнт витрат електродного дроту на розбризкування,  $a = 1,15$ ;

$F$ - площа поперечного перерізу шва,  $\text{м}^2$ ;

$L$ - довжина шва,  $\text{м}$ .

Довжина всіх швів становить  $7,78 \text{ м}$ .

Тоді

$$Q = (1,15 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 22,77 \cdot 7800) = 1,634 \text{ кг}.$$

Нормування витрат захисного газу на виготовлення виробу визначаємо за формулою [8]:

$$H = Q_{\Gamma} \cdot L + Q_{\text{доп}}, \quad (2.2)$$

де  $Q_{\Gamma}$  – питома норма витрат газу на  $1 \text{ м}$  шва,  $\text{л}$ ;

$L$  – довжина шва,  $\text{м}$ ;

$Q_{\text{доп}}$  – додаткові витрати газу на підготовчі та фінішні операції: продування газових транспортуючих комунікацій перед початком процесу зварювання, захист зварювальної ванни після закінчення зварювання,  $Q_{\text{доп}} = 0,8 \text{ л}$ .

Питому норму витрат газу обчислюємо за формулою [12]:

$$Q_{\Gamma} = q_2 \cdot t_0, \quad (2.3)$$

де  $q_2$  – витрати захисного газу,  $\text{л/хв}$ ;

$t_0$  – основний час зварювання  $1 \text{ м}$  шва,  $\text{хв/м}$ .

Основний час зварювання визначаємо за формулою [12]:

$$t_0 = \frac{60}{V_{зв}}, \quad (2.4)$$

де  $V_{зв}$  – швидкість зварювання, м/год;

Основний час зварювання шва:

$$t_0 = \frac{60}{32} = 1,87 \text{ год.}$$

Отже отримаємо питому норму витрат газу на 1 м шва:

$$Q_r = (16 \cdot 0,24) = 3,84 \text{ л/м.}$$

Отже, норма витрат захисного газу рівна:

$$H_r = (3,84 \cdot 7,78 + 0,8) = 30,68 \text{ л.}$$

Витрати електроенергії на виконання погонної довжини шва розміром 1 м при механізованому зварюванні визначаємо за формулою [10]:

$$A = \frac{0,001 \cdot U_d \cdot I_{зв}}{\eta \cdot V_{зв}}, \quad (2.5)$$

де  $U_d$  – напруга на дузі, В;

$I_{зв}$  – сила зварювального струму, А;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії установки;

$V_{зв}$  – швидкість зварювання, м/год.

Звідси виходить що при виконанні швів загальні питомі витрати електроенергії становлять:

$$A = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 200}{0,75 \cdot 32} \approx 0,25 \text{ (кВт·год)/м.}$$

Загальні витрати електроенергії для виготовлення ресивера компресора визначаємо як добуток питомих витрат електроенергії на довжину шва:

$$Q = 0,25 \cdot 7,78 = 1,95 \text{ (кВт год).}$$

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Вибір типу пристосувань

Вибір та розроблення складально зварювальних пристосувань - один з головних етапів технологічного процесу виготовлення виробів. Конструювання нового пристосування або модернізація існуючого проводяться на основі:

- вивчення робочих креслень та технічних умов на задану зварну конструкцію;
- виготовлення заготовок і їх вихідний поверхневий стан;
- розроблення та оптимізація технологічного процесу виготовлення виробу.

При чіткому технічному обґрунтуванні слід порівнювати та свідомо аналізувати прогресивну придатність пристосування, тривалість виробничого циклу, габарити та масу а також площі та об'єм виробничих приміщень. Також необхідно враховувати кількість робітників, продуктивність, повноту завантаження обладнання, вид та кількість відходів, витрати електроенергії та матеріалів.

При економічному обґрунтуванні доцільності застосування певного виду пристосувань необхідно порівняти всі капітальні витрати на виготовлення виробів та їх собівартості, визначити економічний ефект та термін окупності капітало вкладень.

Для виготовлення заданих металевих конструкцій високої якості необхідно забезпечити правильне складання деталей зварюваного виробу, тобто їх чітке взаємо встановлення та закріплення.

Процес складання даного виробу складається із послідовних операцій. Вимагається подати деталі, із яких складається виріб чи конструктивний вузол, до місця складання. Далі необхідно встановити та закріпити ці деталі в складальному пристосуванні в регламентованому положенні. Подавання деталей

до місця складання та встановлення їх в необхідному положенні здійснюється універсальними або спеціальними транспортними обладнаннями.

Деталі закріплюють спеціальними затискними елементами складальних пристосувань.

Таким чином, основним призначенням складального обладнання в зварювальному виробництві є фіксація та закріплення зварювальних деталей в заданому просторовому положенні.

Для складання і зварювання технологічних складальних одиниць використовують так звані складальні кондуктори, а складальну одиницю складають та зварюють у стапелі.

Складальний ТЕХНІЧНИЙ кондуктор - пристрій, що складається із площинної або просторової рами чи плити, на котрій закріплені установчі та затискаючі елементи. В них проводиться складання, позиціонування та зварювання виробу, тому базова основа кондуктора має бути жорсткою для компенсування зусиль, що виникають у виробі при зварюванні.

Враховуючи всі вимоги та особливості даного технологічного процесу, для виготовлення ресивера компресора використовуємо складально-зварювальне обладнання, а саме - установка для складання і автоматичного зварювання обичайки ресивера компресора; установка для складання та автоматичного зварювання обичайки ресивера компресора з півсферичними днищами.

Слід мати на увазі, що якість зварювання буде вищою завдяки тому, що зварювання проводиться безпосередньо після операції складання, тому зварювальна конструкція не зазнає зміщень в процесі проміжного транспортування чи переміщення.

#### 4.2 Обґрунтування вибору баз

Установчою базою вважається кожна поверхня деталі, якою вона контактує із установчими поверхнями технічного пристосування. Завдяки таким контактам деталь має зайняти чітко визначене та регламентоване розташування відносно пристосування чи зварювального обладнання.



Розташування складаних деталей в пристосуванні здійснюється згідно з правилами базування. Положення будь-якого твердого тіла в просторі визначається максимально шістьма степенями вільності-переміщенням вздовж трьох взаємно перпендикулярних осей і можливим обертанням навколо них. Щоб будь яке тверде тіло закріпити нерухомо, необхідно обмежити всі степені вільності.

Поверхні заготовки, котрими вона встановлена в пристосуванні, називаються базовими. Такими базою можуть слугувати не лише поверхні заготовки а й лінії (наприклад коли циліндрична заготовка встановлена у призму) а також точки заготовок (якщо, наприклад куля встановлена на пласкій поверхні).

Отже, базами можна назвати поверхні, лінії або точки заготовок, котрі використовують для базування.

Класифікація баз проводиться в залежності від обмежених степеней вільності заготовки тією чи іншою базою:

- установчі;
- направляючі;
- опорні;
- подвійні направляючі;
- подвійні опорні.

За призначенням бази поділяються на:

- технологічні;
- конструкторські;
- вимірювальні.

Характерною особливістю всіх складальних одиниць, що входять до складу ресивера компресора, є потреба у складанні кількох деталей в заданій послідовності технологічного процесу.

При складанні даних робочих вузлів всі раніше встановлені деталі, що контактують з установчими поверхнями пристосувань, стають базами при монтажі наступних частин ресивера компресора, тому вимоги до необхідності чіткого закріплення перших підвищуються.

Процес складання та зварювання тонкостінних ємностей, які повинні працювати під тиском здійснюється, в основному, на підкладних кільцях.

Складання під зварювання проводиться із застосуванням допоміжних затискних пристроїв. Використання затискних пристроїв, які мають на меті забезпечити рівномірне та щільне притиснення країв обичайок ресивера до підкладки, дозволяє виконувати в такому пристрої однобічне зварювання без попереднього виконання прихоплення.

Поширеними затискними технологічними пристроями є без клавішні жорсткі пристрої. Також крім без клавішних пристроїв для можливості виконання поздовжніх зварних швів в обичайках ресивера чи будь яких тонкостінних ємностей широко використовують затискні пристрої клавішного типу, якими зазвичай забезпечується базове зусилля притискання, що рівне 300-700 Н на кожен см довжини зварного шва.

У масовому виробництві технічних тонкостінних ємностей складання кільцевих стикових з'єднань в ідеалі може виконуватись навіть без використання спеціальних підкладних кілець.

Для виготовлення таких зварних конструкцій, найчастіше, використовують спеціальне устаткування чи обладнання (переважно це бувають складально-зварювальні автомати).

Специфіка базового складання під зварювання полягає в необхідності чіткого та послідовного орієнтування всіх деталей виробу, їх співміщення у відповідності до заданих розмірів згідно складальних креслень та тимчасового закріплення перед зварюванням за допомогою затискних пристосувань та виконання прихоплень за необхідності.

Для кожної конкретної деталі заданого виробу, форма її поверхні визначає форму поверхні та тип встановлених деталей у пристосування. Таким чином, конструкція встановлених елементів виробу чи пристосування буде залежати від правильності вибору базових точок, ліній або поверхонь на деталях, що входять до складу тієї чи іншої складальної одиниці.

Для фіксування вихідних заготовок, що мають зовнішню циліндричну базову поверхню найчастіше використовують призми.

Призми можуть бути жорсткими або регульованими, з гвинтовими притискачами чи без них.

Жорсткі призми з гвинтовими притискачами використовують при складанні та зварюванні виробів з трубчастих заготовок невеликого діаметру. У переналагоджувальних пристроях доцільніше використовувати регульовані призми.

Для встановлення довгих циліндричних заготовок застосовуються призми з короткими контактними поверхнями. Точність встановлення призми в пристрої забезпечується так званими контрольними штифтами. Які до корпусу пристрою призми прикріплюються за допомогою технічних гвинтів.

Беручи до уваги циліндричну форму ресивера компресора, доцільно використовувати саме призматичне базування.

#### 4.3 Вибір типу упорів

Встановлюючи елементи чи фіксатори працівники забезпечують правильне встановлення деталей вузла в складальних пристосуваннях.

Ознакою класифікації фіксаторів є методи фіксування заготовок в пристрої, за яким фіксатори поділяють на упори, опори, установчі пальці, призми чи знімні шаблони.

Упори мають на меті реалізувати схеми базування заготовок за бічними плоскими поверхнями. Упори бувають різноманітними: постійними, знімними, відкидними, відвідними та навіть поворотними. Постійним є ті що служать для фіксації однієї чи двох деталей в горизонтальній площині, або для закріплення таких деталей при складанні в горизонтальній чи вертикальній площинах. Упори приварюють до основи пристрою або можуть пригвинчувати з фіксуванням штифтами. В процесі роботи їх опорні поверхні швидко спрацьовуються, тому погіршується точність складання. У зв'язку з цим упори мають змінні базові пластинки, які виготовляють із гартованих сталей.

Розміри упорів також приймають виходячи з різноманітності технологічних та конструктивних факторів.

За технологічним призначенням упори можуть бути силовими та напрямними. Силові упори сприймають вплив від маси виробу, зварювальних залишкових деформацій та від розтягуючих чи стягуючих сил, що виникають при виконанні зварних швів.

Довжина силових упорів по лінії дотику з виробами має бути не меншою ніж подвійна товщина фіксованої деталі.

До всіх типів фіксаторів ставляться такі базові вимоги:

- забезпечення необхідної заданої точності при встановленні складальних деталей зварного вузла чи конструкції в цілому;
- зручне встановлення вихідних деталей в складальне пристосування;
- повний доступ до зварного шва;
- необхідна міцність і жорсткість закріплення, для запобігання виникнення деформації виробу під час виконання зварювання;
- можливість легкого вивільнення виробу з пристосування.

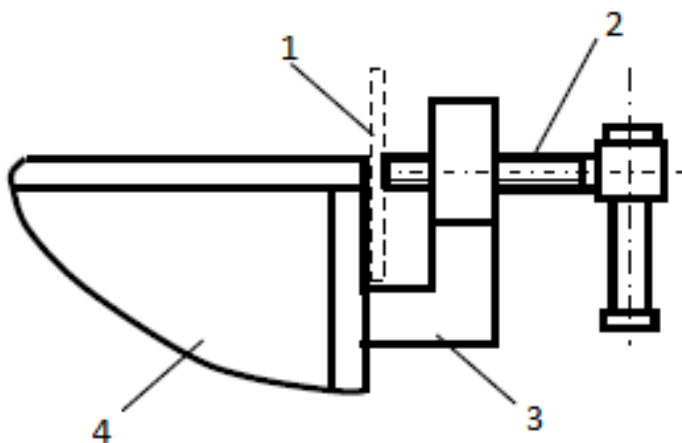
#### 4.4 Вибір типу затискних елементів і їх розрахунок

Затискні елементи чи механізми, до яких також відносяться притискачі та затискачі, призначені для полегшення базування та закріплення деталей зварного виробу в процесі складання та зварювання його в даному пристосуванні.

Притискачі і затискачі повинні забезпечувати:

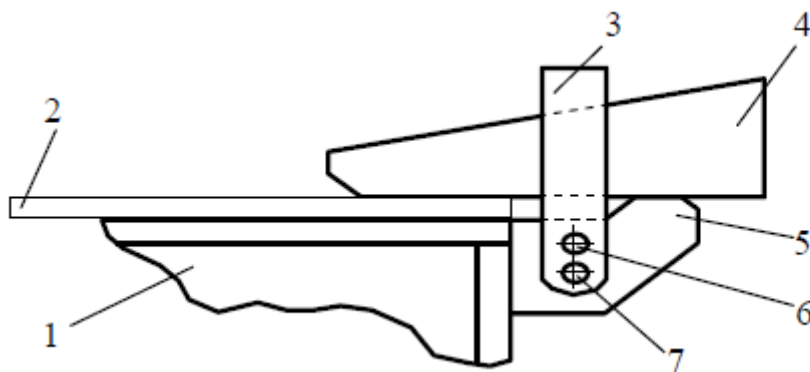
- правильне прикладання сил та напрямом притискного зусилля для закріплення деталей без зсувів відносно встановлених баз;
- надійне фіксування деталей протягом всього процесу складання та зварювання;
- швидкодію;
- можливість зручного встановлення та фіксації деталей в пристосування, зручність при зварюванні всього вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після виконання зварювання;

Притискачі можуть бути ручними або механізованими. Ручні притискачі поділяють на клинові (рис.4.1), гвинтові (рис.4.2), ексцентрикові, важільні (рис.4.3). За видом приводу механізовані притискачі діляться на пневматичні, гідравлічні, пневмо- гідравлічні, електромагнітні, або з постійним магнітом. В деяких випадках притискачі об'єднують з упорами або фіксаторами для виконання у вигляді комплексного вузла.



1-заготовка; 2-гвинт; 3-кронштейн; 4-рама стенда.

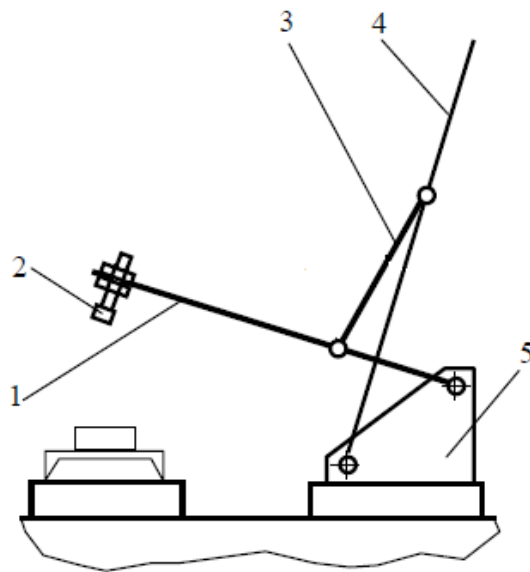
Рисунок 4.1- Загальний вигляд гвинтового притискача



1-стенд; 2-заготовка; 3-скоба; 4-клин; 5-опорна планка; 6-штир; 7-вісь.

Рисунок 4.2 – Загальний вигляд клинового притискача з відкидною скобою

Рисунок 4.3 – Схема шарнірного притискачі з приводом, більшу вартість і



ручного важільно-притискача механізованим незважаючи на їх складність, мають

ряд переваг: створюють більші притискні зусилля; мають велику швидкодію; покращують умови праці та підвищують культуру виробництва, дають можливість виконання з допомогою дистанційного керування; можливість розташування таких притискачів у будь яких важкодоступних місцях; можливість одночасного вмикання кількох притискачів.

Гвинтові притискачі це універсальні пристрої, надійні в процесі експлуатації, мають просту невибагливу конструкцію та забезпечують значно менші зусилля, що прикладаються до виробу. Поряд з притискачами можуть використовуватись також важільні затискачі з пневмоприводом.

Застосування пневматичних притискачів суттєво скорочує час при виготовленні зварних конструкцій завдяки швидкодії та керуванню пристроєм з єдиного робочого місця. Пневматичні притискачі забезпечують достатнє складальне зусилля та швидке закріплення чи вивільнення вузлів та виробів, які підлягають складанню.

Розрізняють три базові різновиди пневматичних притискачів:

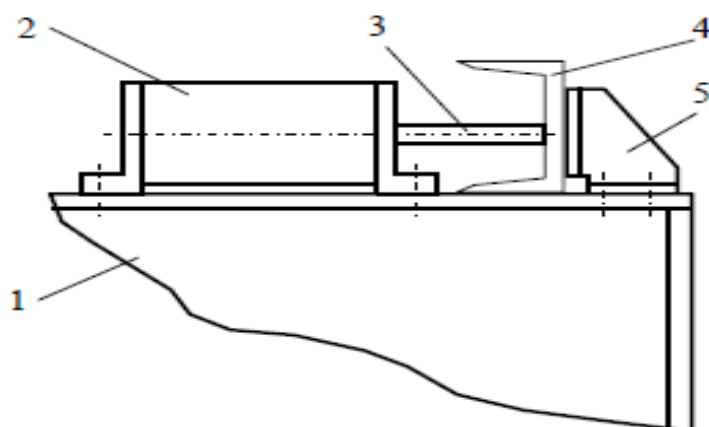
- пневматичні циліндри односторонньої та двосторонньої дії;
- пневматичні камери;
- пневматичні шланги.

У складально-зварювальних пристроях використовуються пневматичні притискачі прямої дії та пневмо-важільні системи. Найбільше розповсюдження

пнемо-важільних систем пов'язане з їх можливістю дозувати складальні зусилля та величину переміщення робочих частин. Переваги пневматичних притискачів - доступність, завдяки наявності на виробництвах мережі стисненого повітря; порівняно проста конструкція; відповідна швидкодія; надійність в роботі та зручність у керуванні.

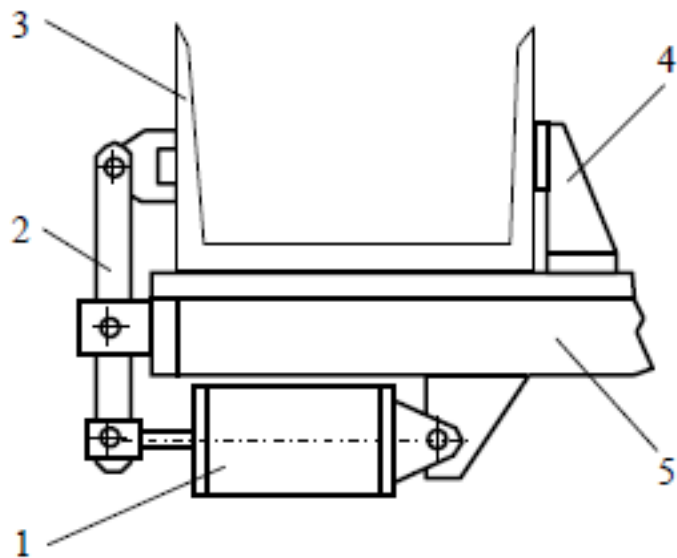
До недоліків можна віднести труднощі регулювання швидкості ходу; необхідність в очищенні повітря від вологи; обмеженість величини сили на штокові (максимально 20-30 кН); висока шумність роботи.

Приклади застосування у складально-зварювальних пристроях різних пневматичних притискачів з пневматичними циліндрами, пневматичними камерами та пневматичними шлангами наведені на рисунках 4.5-4.7.



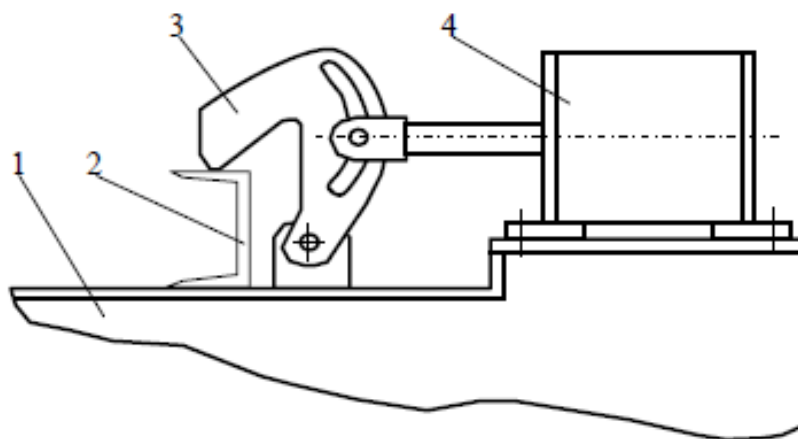
1-рама стенда; 2-пнемоциліндр; 3-шток; 4-заготовка; 5-упор.

Рисунок 4.5 – Загальний вигляд пневматичного притискача прямої дії



1-пневмоциліндр; 2-важіль; 3-заготовка; 4-упор; 5-рама станда.

Рисунок 4.6 – Загальний вигляд пневмо-важільного притискача



1-рама станда; 2-заготовка; 3-важіль; 4-пневмоциліндр.

Рисунок 4.7 – Загальний вигляд пневмо-важільного притискача

Притискачі відрізняються від затискачів тим, що їхнє зусилля спрямоване лише з одного боку, тобто вони притискають деталі або до упорів, або до інших деталей. Затискачі ж затискають деталь з обох протилежних боків. Затискач має дві робочі поверхні, розміщені одна навпроти одної.



Виходячи з технологічних міркувань, для встановлення, фіксування та закріплення в пристосування частин ресивера компресора використовуємо постійні упори, і притискачі та затискачі з пневматичним приводом.

Вмикання пневматичних силових приводів здійснюється за допомогою кранів. Пневматичні циліндри односторонньої дії обладнані триходовими кранами, пневматичні циліндри двосторонньої дії - чотириходовими.

Пневматичний провід для живлення пневматичних циліндрів повинен бути достатнього діаметру. Падіння тиску у ньому допустиме не більше ніж на 10%.

Пневматичні приводи живляться стисненим повітрям, ретельно очищеним від пилу та вологи, що підвищує їхню надійність.

Якщо пристосування має декілька пневматичних циліндрів, то їх спрацювання проходить або в одночасній, або у заданій послідовності. В таких випадках потрібно мати один кран. Для боротьби із надлишковим шумом, спрацьоване повітря випускають в спеціальні глушники.

Закріплення базових складових одиниць здійснюється при допомозі пневматичних затискачів.

З метою забезпечення необхідного зусилля притискання для більш якісного закріплення зварювальних одиниць, проводяться розрахунки пневматичних циліндрів.

Основними параметрами пневматичних циліндрів є внутрішній діаметр  $D$  і хід поршня  $L$ . Діаметр  $D$  визначається в залежності від необхідного зусилля. Для пневматичного циліндра двосторонньої дії зусилля на штоку  $P$  і діаметр  $D$  знаходяться в наступній залежності

$$P = \frac{p \cdot F}{\eta}, \quad (4.1)$$

де  $p$  – тиск повітря в пневмоциліндрі, МПа ( $p = 0,4$  МПа [15]);

$F$  - площа поршня (з боку, протилежному штоку), мм ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії ( $\eta=0,08$ , [15]).

Для визначення необхідного зусилля на штоці  $P$ , складаємо рівняння моментів сил:

$$P \cdot 160 + P_1 \cdot 112 = 0, \quad (4.2)$$

де  $P_1$  - необхідне зусилля притискання деталі, МПа,

З даного рівняння визначаємо необхідне зусилля на штоці поршня:

$$P = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 112}{160} = 1400 \text{ Н} \quad (4.3)$$

З формули (4.1) знаходимо необхідний діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (4.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1400}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8}} \approx 64,76$$

Заокруглюючи знайдений результат до найближчого стандартного значення приймаємо  $D = 65$  мм.

#### 4.5 Розрахунок необхідних зусиль притискання елементів конструкції

Розрахунок зусиль затискання процес трудомісткий. Зусилля затискання необхідно розраховувати для обмеження переміщень, котрі виникають внаслідок деформування рами в процесі зварювання та наступного охолодження, а також для затискання деталей при базовому складанні та для забезпечення відсутності зазорів між деталями виробу.

Для складання обичайки ресивера компресора необхідно спроектувати всі притискні елементи пристосувань для затискання складальних частин.

Такі зусилля необхідні для правлення та надання листовому металу форми обичайки ресивера, а також для затискання деталей при складанні та забезпеченні необхідних зазорів між деталями виробу для зварювання.

Враховуючи весь виробничий досвід більшості заводів та проектних організацій для закріплення деталей, зусилля кожного окремого затискача вибирають в межах 2 - 6 кН [14].

Враховуючи масу пристосування та виробу, вибираємо зусилля притискання деталей величиною 2 кН.

#### 4.6 Опис конструктивних схем пристосувань

Складально-зварювальна установка (рис. 4.8) складається із зварювального автомату типу А-1417. Пересування такого апарату здійснюється по направляючій рейці за допомогою самохідного візка. Установка для складання та автоматичного зварювання обичайки ресивера компресора забезпечує надійне закріплення виробу під зварювання пневматичними циліндрами, що закріплені на стійках, стійками ролико-опорними та рухомим важелем, що приводиться в дію пневматичним циліндром. Обертання обичайки ресивера компресора під час зварювання здійснюється роликами на ролико-опорах.

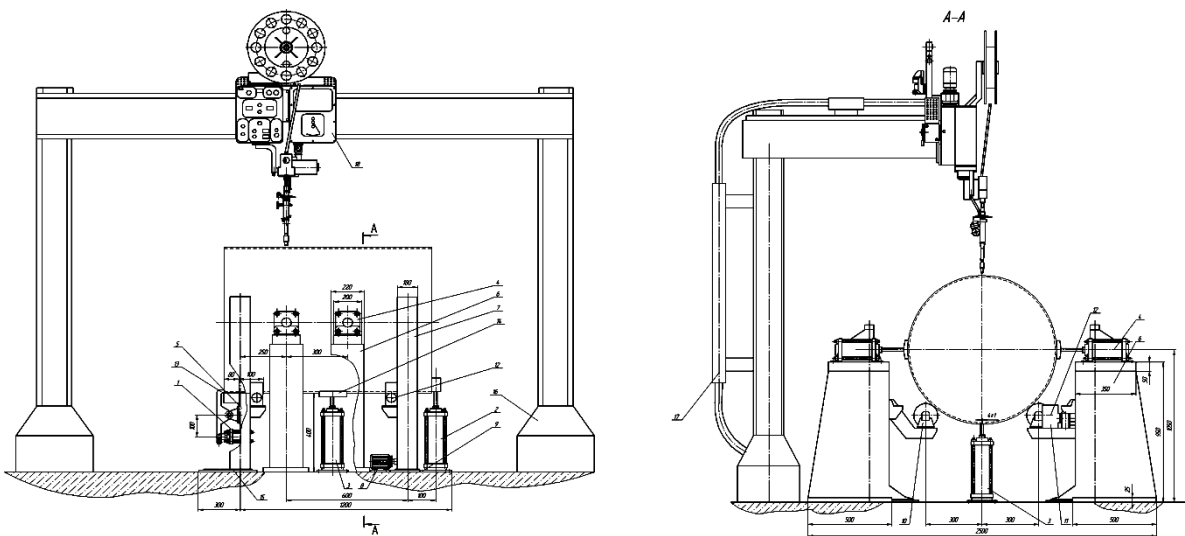


Рисунок 4.8 - Установка для складання і автоматичного зварювання обичайки

Установка для складання та автоматичного зварювання обичайки із півсферичними днищами

Складально-зварювальна установка (рис. 4.9 та 4.10) складається із зварювального автомату типу А-1417. Пересування такого апарату здійснюється по направляючій рейці за допомогою самохідного візка. Півсферичні заготовки фіксуються для зварювання із обичайкою ресивера компресора за допомогою

пневматичного циліндра та рухомої бабки на валу. Після проведення зварювання ресивера компресора, пневматичними циліндрами забезпечується вивільнення готової конструкції та переміщення по нахиленому столу.

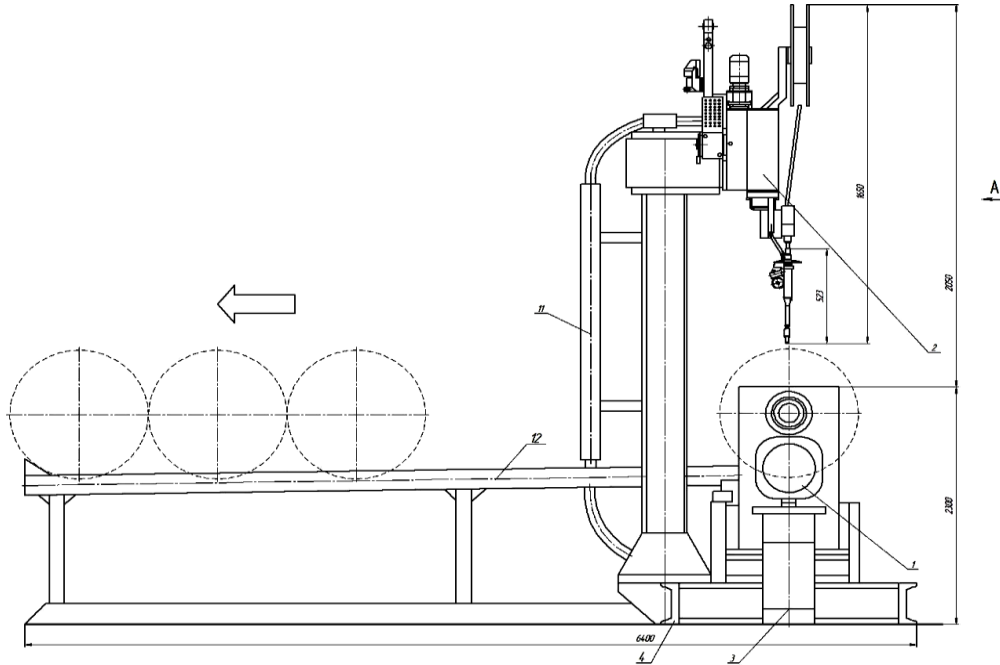


Рисунок 4.9 – Загальний вигляд установки для складання і автоматичного зварювання обичайки ресивера із півсферичними днищами

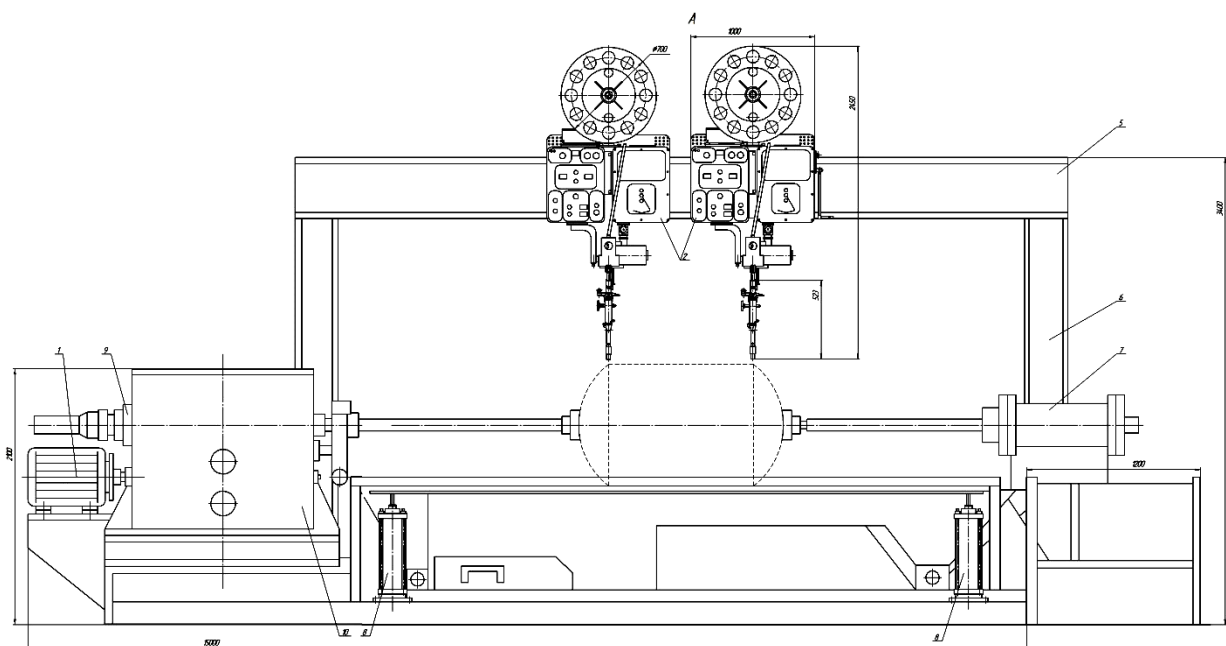


Рисунок 4.10 – (Вигляд з боку) установки для складання і автоматичного зварювання обичайки ресивера із півсферичними днищами

#### 4.7 Опис системи змішування газів

Через те, що існує велика кількість різних захисних сумішей газів, призначених для зварювання різноманітних сталей та сплавів, слід не забувати, що у деяких сумішей невеликий строк придатності, вони можуть навіть розшаруватися, тому іноді необхідно використовувати газові змішувачі (принципова схема на рис. 4). Газові змішувачі слугують для отримання захисної газової суміші із заданим відсотковим співвідношенням використовуваних газів.

Газові змішувачі бувають різноманітних типів: призначені для одного зварювального робочого місця; призначені для великої кількості робочих місць; які змішують тільки два гази; змішують три гази та ін.

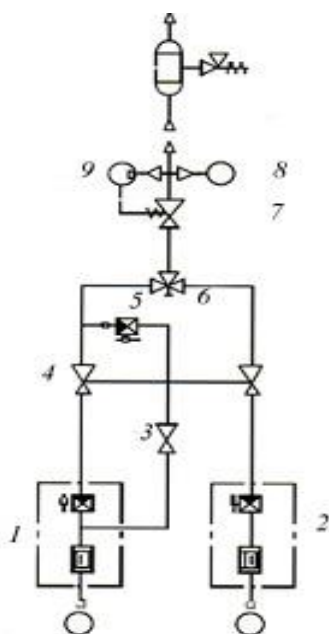


Рисунок 4.11 Принципова схема двокомпонентного газового змішувача

В газових змішувачах використовуються принципи підмішування одного компонента газової суміші до іншого (або інших) за умови вирівнювання тиску всіх компонентів.

Найчастіше застосовуються два, три і чотирикомпонентні змішувачі. Розглянемо принцип роботи змішувачів на прикладі двокомпонентного змішувача як найбільш простого. Змішувані гази (суміш аргону, вуглекислого газу та кисню, як найширше використовувані в захисних сумішах) подаються у входні камери (1) і (2), які мають попередні регулятори входного тиску та

вбудовані фільтри. Із вхідних камер компоненти поступають в двокамерний редуктор (4), де й відбувається остаточне вирівнювання тиску компонентів суміші з максимально високою точністю. Після повного вирівнювання тиску компоненти далі поступають в спеціальний блок змішування (6); при цьому регулятор пропорції змішуваних газів (5) має постійно контролювати відсоткове співвідношення компонентів у суміші (у відсотках від об'єму) за допомогою регулятора пілотного газу (3) (пілотний газ це один з газових компонентів суміші, використовуваних в процесі змішення, який виступає в якості наповнювача в двокамерних редукторах вирівнювання тиску). Надходження компонентів суміші в спеціальний блок змішування здійснюється через отвори, які калібруються, та розмір яких має точно відповідати типу компоненту (для цього виробники газових змішувачів вимагають вказувати, для яких газів планується застосовуватизмішувач).

Далі через електромагнітний клапан (7) суміш надходить в регулятор (9), що згладжує нерівномірність тиску та подається в буферну ємність для подальшого впуску в магістральну мережу. Манометр (8) відображає значення тиску та витрати готової суміші на виході змішувача.

Система сигналізацій змішувача, який працює спільно з реле тиску, контролює рівень тиску газів на вході в змішувач. Сигналізація спрацьовує, якщо раптом рівень тиску бодай одного зі змішуваних газів падає нижче встановленого мінімуму. При цьому спрацьовує вимикач і змішувач вимикається.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат у виробничих приміщеннях виявляє значний вплив на стан організму працівника та його працездатність. Термін "мікроклімат" визначає внутрішній клімат приміщень, що складається з комплексу параметрів, таких як температура, вологість, швидкість руху повітря та теплове випромінювання нагрітих поверхонь.

Сукупність цих факторів має прямий вплив на фізичне і емоційне самопочуття людини, а також на її працездатність. Наприклад, недостатній рівень вологості може спричинити висушування слизових оболонок та дихальних шляхів, що може викликати дискомфорт та зниження працездатності.

Температура повітря є одним із ключових параметрів мікроклімату, оскільки вона має безпосередній вплив на середню продуктивність праці. Графічне представлення впливу температури на продуктивність праці може ілюструвати залежність між цими двома факторами.

Враховуючи важливість забезпечення комфортного мікроклімату в робочих приміщеннях, важливо розглядати оптимальні параметри для підтримання здоров'я та ефективності працівників, які надано графічно на рисунку 5.1 [22]:

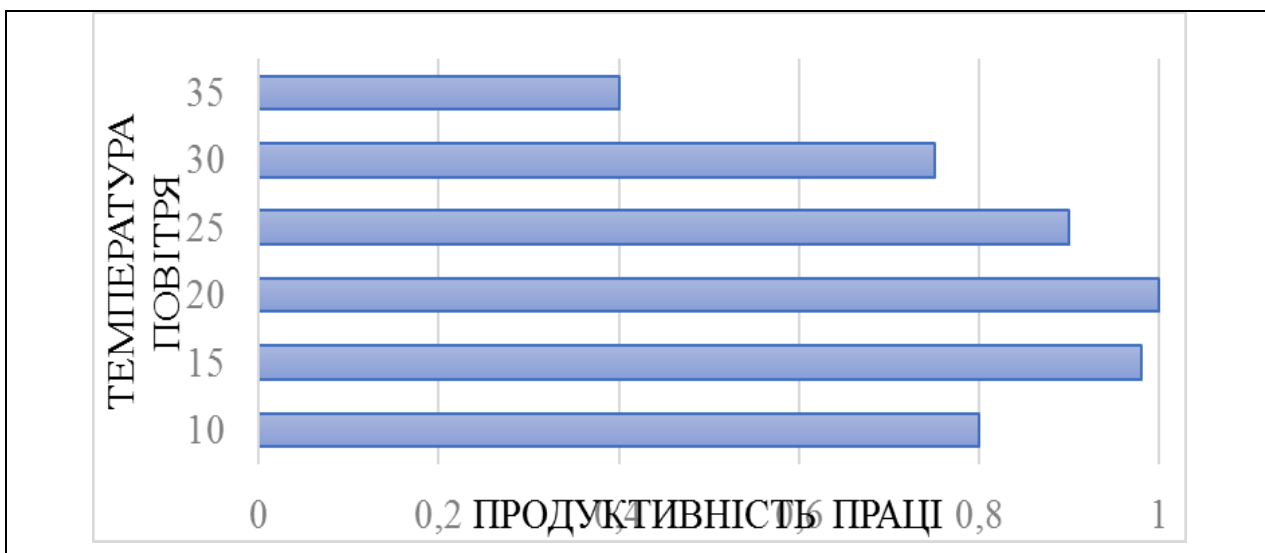


Рисунок 5.1 – Вплив температури повітря на продуктивність праці

Діючим нормативним документом, яким керуються для визначення параметрів мікроклімату є ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 “Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту

від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва”.

Для забезпечення оптимальних метеорологічних умов на робочій ділянці можна вживати ряд заходів та використовувати різноманітні засоби. Серед них:

- Удосконалення технологічних процесів та устаткування: вдосконалення технологічних процесів та застосування сучасного устаткування сприяють підвищенню ефективності та можуть впливати на метеорологічні умови на робочій ділянці.

- Раціональне розміщення технологічного устаткування: оптимальне розташування технологічного обладнання допомагає уникнути створення неконтрольованих зон тепловиділення та покращує загальний мікроклімат на робочому місці.

- Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря: здійснення ефективної вентиляції та регулювання опалення та кондиціонування повітря дозволяють створити комфортні умови для працівників.

- Раціоналізація режимів праці та відпочинку: оптимізація робочих графіків та періодів відпочинку сприяє підтриманню стабільних умов праці та може позитивно впливати на фізичний та психологічний стан працівників.

- Застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів: використання теплоізоляції для обладнання та захисних екранів допомагає утримувати необхідні температурні режими та зменшує вплив зовнішніх факторів на робоче середовище.

- Використання засобів індивідуального захисту: застосування засобів індивідуального захисту, таких як спеціальний одяг чи захисні екрани, може допомогти пристосувати умови роботи до індивідуальних потреб працівників.

Зокрема, слід відзначити, що раціональна вентиляція, яка розумно організована та синхронізована з іншими заходами, є ефективним методом для створення нормальних мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях.

Визначенням вентиляції є комплекс заходів та засобів, спрямованих на підтримання постійних метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища на робочих місцях та в зонах обслуговування виробничих приміщень, які



відповідають встановленим гігієнічним та технічним стандартам. Основна мета вентиляції полягає в ефективному вилученні забрудненого чи перегрітого повітря та постачанні свіжого повітря. Класифікація вентиляції включає такі характеристики:

- За способом переміщення повітря:

Природна

Штучна (механічна)

Суміщена (природна та механічна одночасно)

- За напрямком потоку повітря:

Припливна

Витяжна

Припливно-витяжна

- За місцем дії:

Загально-обмінна

Місцева

Комбінована

Процес електронно-променевого зварювання супроводжується викидами пилу та газів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників. Відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування", рівень запиленості та загазованості повітря в робочій зоні повинен відповідати встановленим нормам.

Приміщення, де проводиться електронно-променеве зварювання, повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією з трьохкратним обміном повітря, що дозволяє забезпечити ефективне вентилування та підтримку безпечних умов праці.

## 5.2 Розрахунок виробничого освітлення в цеху

При розрахунку освітлення приміщень використовують два основних методи: метод коефіцієнту використання світлового потоку та точковий метод. Для даного випадку вибрано метод коефіцієнту світлового потоку, який є менш трудомістким та найбільш відповідним для даного приміщення. Цей метод

застосовується в ситуаціях, коли можливо приблизно визначити різницю між середньою та мінімальною освітленістю.

Основна ідея цього методу полягає в тому, щоб визначити необхідну кількість світильників ( $N$ ), які слід встановити у приміщенні. Формула для розрахунку кількості світильників у цьому методі враховує параметри освітленості та інші фактори, що впливають на вибір кількості світильників.

Таким чином, вибір методу коефіцієнту світлового потоку обґрунтовується його ефективністю та відповідністю характеристикам конкретного приміщення, де можна приблизно визначити відмінності між середньою та мінімальною освітленістю [21]:

$$N = (S \cdot E_{\min} \cdot K_3 \cdot Z) / (n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot h), \text{ шт.} \quad (5.1)$$

де  $S$  – освітлена площа,  $\text{м}^2$ ,  $S = 270 \text{ м}^2$ ;

$E_{\min}$  – рівень мінімального освітлення, лк,  $E = 200 \text{ лк}$ ;

$K_3$  – коефіцієнт запасу,  $K_3 = 2,0$ ;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $Z = 1,1$ ;

$n \cdot \Phi_{\text{л}}$  – сумарний світловий потік ламп встановлених в одному світильнику,  
 $n \cdot \Phi_{\text{л}} = 17280 \text{ лк}$ ;

$h$  – коефіцієнт використання приладу.

В розрахунках освітленості для даного приміщення з використанням люмінесцентних ламп встановлено, що мінімальний рівень освітленості повинен складати не менше 200 лк для площі 270  $\text{м}^2$ . Коефіцієнт запасу вибрано на рівні 2,0 відповідно до рекомендацій.

Спочатку визначаємо сумарний світловий потік ламп ( $\Phi_{\text{л}}$ ), який дорівнює 4320 лм. Кількість ламп визначається як 4, а добуток кількості ламп на світловий потік кожної лампи складає 17280 лм.

Коефіцієнт використання освітлювального пристрою ( $h$ ) залежить від типу світильника та коефіцієнта відображення поверхні ( $\rho$ ). Використовуються коефіцієнти відображення від поверхні, стіни та підлоги, які приймаються відповідно.

Зазначені параметри є ключовими для правильного розрахунку та вибору світильників, щоб забезпечити необхідний рівень освітленості в приміщенні.

$$P_{сл} = 70\%; \quad P_{сн} = 50\%; \quad P_{пл} = 30\%;$$

Індекс приміщення розраховуємо за формулою[21]:

$$i = l \cdot B / h_p(1 + B), \quad (5.2)$$

де  $l$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$h$  – висота світлового центру світильника над розрахованою площею, м.

$$l = 15 \text{ м}; \quad B = 18 \text{ м}; \quad h = 7,5 \text{ м}$$

Згідно з даними приймаємо коефіцієнт відображення  $h=0,2$ .

Розраховуємо кількість світильників:

$$N = 270 \cdot 200 \cdot 2,0 \cdot 1,1 / 17280 \cdot 0,2 = 34 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість світильників – 34 шт.

Визначаємо сумарну потужність вибраних світильників за формулою [21]:

$$P = P_{л} \cdot N \cdot n, \text{ Вт} \quad (5.3)$$

де  $P_{л}$  – потужність ламп,  $P_{л} = 80 \text{ Вт}$ ;

$N$  – кількість світильників, шт.;

$n$  – кількість ламп у світильнику.

$$P = 80 \cdot 34 \cdot 4 = 10880 \text{ Вт } 10,9 \text{ кВт}$$

Відстань від джерела світла до робочої поверхні  $h$  визначаємо виходячи з висоти приміщення  $H$ , висоти робочої поверхні  $h_p$  та відстані від джерела світла до точки підвісу  $h_c$  визначаємо за формулою [21]:

$$h = H - h_p - h_c, \text{ м} \quad (5.4)$$

тоді індекс приміщення  $i$  дорівнює:

$$i = 15 \cdot 18 / 6 \cdot (15+18) = 1,40$$

Відстань між світильниками розраховуємо за формулою[21]:

$$L / h = \lambda \quad (5.5)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт, який залежить від типу світильника,  $\lambda = 1,1$ ;

$L$  – відстань між світильниками.

$$L = h \cdot \lambda, \text{ м};$$

$$L = 1,1 \cdot 6,0 = 6,6 \text{ м.}$$

Відстань від крайнього ряду світильників вибирається за умови, що  $L$  дорівнює третина відстані між світильниками [21]:

$$l = L / 3 = 6,6 / 3 = 2,20 \text{ м} \quad (5.6)$$

За такими умовами вибираємо систему робочої площі з рівномірним розміщенням світильників на ділянці складання та зварювання компресору.

### 5.3 Пожежна безпека

Розробка та впровадження ефективних заходів з пожежної безпеки має визначену правову базу в Україні. Ця база включає в себе ряд законодавчих актів, які встановлюють стандарти та вимоги для забезпечення безпеки в умовах різноманітних об'єктів і діяльності. Серед них основоположні документи, такі як Конституція України та Закон України "Про пожежну безпеку", становлять фундаментальну основу для впровадження ефективних заходів у сфері пожежної безпеки.

Законодавча система включає в себе також постанови Верховної Ради України, укази та розпорядження Президента України, декрети, постанови та

розпорядження Кабінету Міністрів України, а також рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування. Ці нормативні акти визначають відповідальність, обов'язки та стандарти для різних суб'єктів діяльності, забезпечуючи тим самим системний та комплексний підхід до забезпечення пожежної безпеки.

Зокрема, Закон України "Про пожежну безпеку" прийнятий у 1993 році визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки. Цей закон встановлює правила та стандарти для різних галузей господарювання та діяльності, які підлягають обов'язковому виконанню з метою запобігання пожежам та забезпечення безпеки населення.

Важливо зазначити, що для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємствах важливо розуміти основні причини пожеж. Статистичні дані свідчать, що серед них важливі такі фактори як необережне поводження з вогнем, незадовільний стан електротехнічних пристроїв, порушення технологічних процесів, несправність опалювальних приладів та невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки. Тому важливо вживати заходів для усунення цих причин та дотримуватись встановлених норм і стандартів для забезпечення безпеки праці та захисту від пожежі.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі запропоновано технологію та зварювальне устаткування для складання та зварювання ресивера компресора, проведено дослідження та обґрунтовано вибір типу суміші захисних газів та проведено характеристику їх впливу фізичні параметри розплавленого металу.

Для забезпечення раціонального виготовлення конструкції ресивера компресора з необхідними властивостями запропоновано:

- використовувати пневмозатискачі замість механічних притискних пристосувань, що дозволяє збільшити швидкість та якість складання, а відповідно і виготовлення виробу;
- зварювання запропоновано проводити в середовищі суміші захисних газів  $Ar+CO_2+O_2$ ;

Внаслідок впровадження у виробництво запропонованого удосконалення технології і зварювального устаткування для складання і зварювання ресивера досягнуто:

- зростання продуктивності праці на 4,75%;
- зростання рівня механізації і автоматизації на 41,1%;
- значно підвищилась якість продукції за рахунок застосування більш точних складально-зварювальних пристосувань.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей і сплавів: Довідник. Вид. 3-є, доповнене / Шишков М.М. – Донецьк, 2000. – 456 с.
2. Березін Л.Я, Хоменко М.М. Теорія зварювальних процесів: Навчальний посібник для студентів спеціальності 6.092300 – „Технологія та устаткування зварювання”. –Чернігів: ЧДТУ, 2002. –268 с.
3. Обладнання та технологія зварювальних робіт. Навчальний посібник під пед. І.В. Гуменюк, Київ: Грамота, 2014-120с.
4. Александров О.Г. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання [Текст]: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк. – Львів: Новий світ – 2000, 2011. – 312 с.
5. Биковський О.Г. Довідник зварника [Текст] / О.Г.Биковський, І.В. Пінковський. – К.: Техніка, 2002. – 336 с.
6. Чертов А. І. Технологічне супроводження виготовлення зварних металоконструкцій: навч. посіб. / А. І. Чертов, І. М. Чертов. - К. : НТУУ "КПІ", 2015. - 340 с.
7. Короткий посібник із контролю якості зварних з'єднань / Троїцький В.О. — Київ, Фенікс. - 2006. - 320 с.
8. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. [Текст]. – Введений з 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995. - 36 с.
9. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896с.
- 10.
- 11.
12. Щокін В.А. Технологічні основи зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / В.А. Щокін.- Ростов н / Д.: Фенікс, 2009. - 345 с.
13. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.

14. Налобіна О. О., Бундза О. З., Серілко Д. Л., Голотюк М.В. Конструювання вузлів та агрегатів : навч. посібник. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2020. – 331 с.
15. Шпак Р.І. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів [Текст]/ Р.І. Шпак. – Тернопіль, 2016- 39 с.
16. Paterson D.A., Glynn A.C. Steel Construction Manual. Department of Transportation, Office of Structures, New York State, 2008. – 315 p.
17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] / В. Ц. Жидецький. - Львів: Афіша, 2002. - 320 с.
18. Голінько В.І. Основи охорони праці. – Д.: НГУ, 2010. 271 с.
19. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 438 с.
20. Юрченко Л. І. Екологія. Навчальний посібник. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», Центр навчальної літератури, 2009. – 304 с.



## ДОДАТКИ