

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення  
сепаратора для очищення технічного газу

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи МПс

Спеціальності “Прикладна механіка” 131

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Олексій В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Підгурський М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Шанайда В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач

кафедрою МТ

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Гернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТ  
доц., к.т.н. Окіпний І.Б.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

студенту Олексій Володимир Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розроблення технологічного процесу виготовлення сепаратора для очищення технічного газу

Керівник проекту (роботи) Підгурський Микола Іванович, д.т.н., професор

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

Затверджені наказом по університету від «23» січня 2023 року № 4/7-41

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 20 червня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) технічні умови на виготовлення;

річна програма випуску – 1000 шт.; базовий технологічний процес виготовлення виробу

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

Вступ. Аналітична частина. Технологічна частина. Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

Стенд для зварювання кільцевого шва. Роликовий обертач.

Складальне оснащення. Притискач гідравлічний.

Технологія зварювання сепаратора для очищення технічного газу

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорона праці	Сенчишин В.С., доцент		

7. Дата видачі завдання «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023\_\_р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	При мітка
1	Аналітична частина	14.02.2023	
2	Технологічна частина	21.03.2023	
3	Конструкторська частина	25.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	30.05.2023	
5	Графічна частина	14.06.2023	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)Олексій В.Б. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)Підгурський М.І. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення сепаратора для очищення технічного газу» включає чотири розділи пояснювальної записки з об'ємом 63 аркуші із форматом А4 та графічної частини з об'ємом 6 аркушів із форматом А1. Пояснювальна записка включає такі розділи як аналітичний, технологічний, конструкторський та розділ заходів безпеки життєдіяльності та охорони праці. Мета кваліфікаційної роботи полягає в удосконаленні технологічного процесу виготовлення корпусу сепаратора, підвищення продуктивності праці, якості виготовлення зварного виробу, розробленні заходів з безпечних умов на виробництві.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи включає 16 рисунків, 17 таблиць, 22 першоджерела.

З метою модернізації технологічного процесу запропоновано: технологію автоматичного зварювання під шаром флюсу; розраховано параметри режиму зварювання; запропоновано раціональне обладнання і пристосування; запропоновано заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: ЗВАРЮВАННЯ, СЕПАРАТОР, РЕЖИМ ЗВАРЮВАННЯ, ФЛЮС, ОХОРОНА ПРАЦІ.

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Опис конструкцій зварного виробу.....	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу.....	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.....	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.....	13
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів, які використовую- тяться для виготовлення зварного виробу чи конструкції.....	13
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів.....	14
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу чи конструкції.....	14
1.3.4 Вимоги до складання.....	15
1.3.5 Вимоги до якості зварного виробу чи конструкції.....	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу та постановка задач на проектування.....	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Вибір матеріалу зварювального виробу та його характеристика.....	18
2.2 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання.....	18
2.3 Вибір зварювальних матеріалів.....	21
2.4 Вибір і підбір параметрів режиму зварювання.....	23
2.5 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування.....	28
2.6 Вибір методу контролю якості виробу.....	30
2.7 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного виробу (конструкції).....	32
2.7.1 Заготівельні операції.....	32
2.7.2 Складальні операції.....	33
2.7.3 Складально-зварювальні операції.....	33
2.7.4 Опоряджувальні операції.....	34
2.7.5 Допоміжні операції.....	35

2.7.6 Контрольні операції якості зварного виробу.....	35
2.8 Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу і витрат матеріалів та електроенергії.....	35
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	38
3.1 Вибір типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні виробу.....	38
3.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні зварного виробу.....	39
3.3 Вибір типу упорів.....	44
3.4 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок.....	46
3.5 Розрахунок зварних з'єднань на міцність.....	50
3.6 3.6 Розрахунок перетину стійки порталу.....	51
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	54
4.1 Забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці.....	54
4.2 Характеристика і аналіз потенційних небезпек і шкідливостей в спроектованому цеху.....	56
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62
ДОДАТКИ.....	64

## ВСТУП

Впровадження інновацій у зварювальному виробництві є ключовим фактором для досягнення високої продуктивності, якості та ефективності.

Однією з найбільш значущих інновацій у зварювальному виробництві є використання автоматизованих систем. Автоматичне зварювання під флюсом дозволяє значно збільшити продуктивність процесу зварювання.

Флюс, який наноситься на зварювальний шов, сприяє видаленню оксидів та домішок, що забезпечує чистий та міцний зварювальний шов. Однією з головних переваг автоматичного зварювання під флюсом є її здатність забезпечувати ефективний захист від окислення. Флюс формує захисну плівку навколо зварювального шва, запобігаючи окисленню металу та утворенню пор. Це особливо важливо при зварюванні циліндричних корпусів посудин, що працюють під тиском у нафтогазовій промисловості, де якість зварювального з'єднання відіграє вирішальну роль у міцності та довговічності конструкції. Даний спосіб покращує механічні властивості з'єднання та забезпечує високу надійність.

Впровадження автоматичного зварювання під флюсом також має значні економічні переваги. Підвищена продуктивність та якість зварних з'єднань знижують витрати на переробку дефектних ділянок. Впровадження автоматичного зварювання під флюсом дозволяє автоматизувати процес зварювання та зменшити залученість менш кваліфікованого оператора.

Завдяки впровадженню систем візуального контролю, неруйнівних методів інспекції та автоматизованих систем виявлення дефектів, можна забезпечити високу якість зварювальних з'єднань і вчасно виявляти можливі дефекти. Використання цифрових систем управління, систем моніторингу та аналізу даних дозволяє покращити контроль над процесами зварювання, забезпечити більш точне настроювання параметрів та забезпечити ефективне управління виробництвом.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції зварного виробу

Нафтогазовий сепаратор для очищення технічного газу призначений для відділення рідкого метанолу сирцю від синтез - газу в агрегаті виробництва метанолу. Робочий тиск 12 МПа, температура робочого середовища 40 градусів, робоче середовище токсичне, вибухонебезпечне та корозійне. Виріб являє собою обичайку сепаратора габаритні розміри якої становлять 5200x1480мм, загальний вигляд виробу показаний на рисунку 1.1.

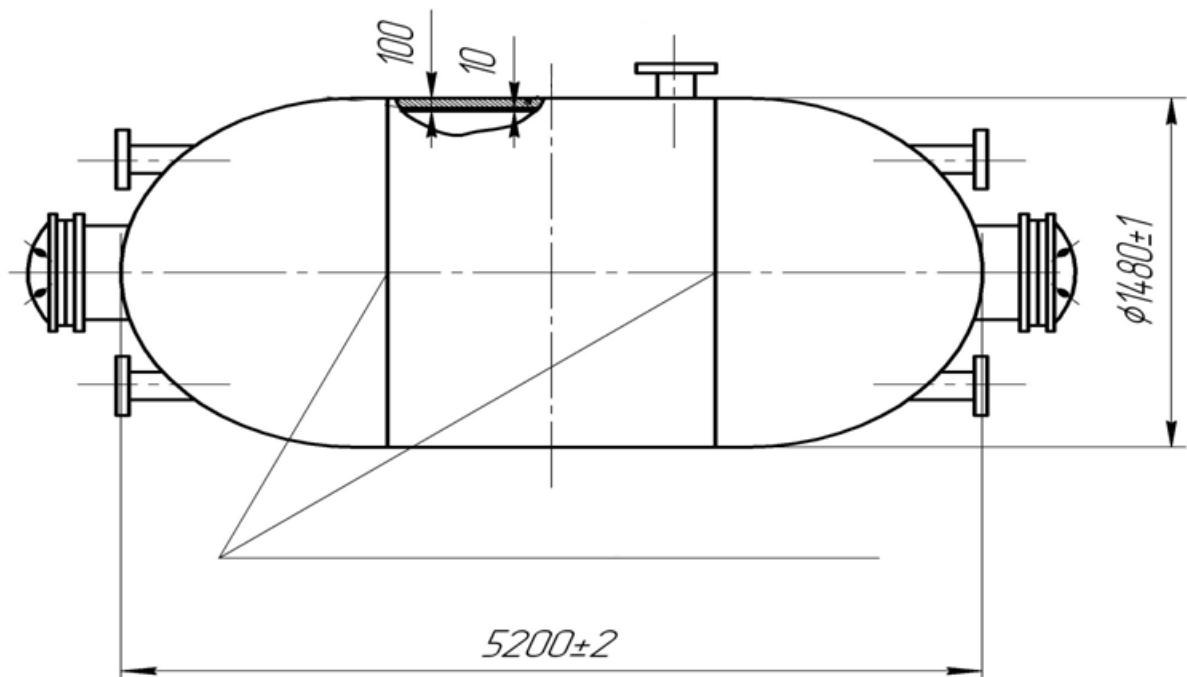


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд сепаратора для очищення технічного газу

До виготовлення посудин високого тиску висувають високі вимоги. Технологічні процеси, методи випробувань і неруйнівного контролю повинні забезпечувати високу якість виготовлення і безпечну експлуатацію посудин.



### 1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основними технічними вимогами при виготовленні виробу є:

- дотримання всіх геометричних розмірів в межах допусків вказаних на кресленні;
- дотримання правильності форми конструкції згідно креслень;
- дотримання всіх розрахованих і підібраних режимів зварювання.

### 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Матеріалами для виготовлення сепаратора є сталь марки 09Г2С та 08Х18Н10Т. Конструкційна сталь – найбільш широко застосовується. Кількість спожитої в промисловості конструкційної легированої сталі у багато разів перевищує загальну кількість інструментальної сталі і сталі з особливими фізико-хімічними властивостями.

Сталь 09Г2С відноситься до групи низьколегованих конструкційних сталей для зварних конструкцій.

Таку сталь застосовують для виготовлення великих інженерних споруд і конструкцій мостових ферм, каркасів будівель, кранів, посудин і т.п. Сталь має гарну зварюваність, підвищену міцність при високій в'язкості і підвищеним опором корозії.

З усіх марок аустенітної нержавіючої хромонікелевої сталі найширше застосування в промисловості має саме сталь 08Х18Н10Т. Вона має більший опір корозії і дуже хорошими технологічними властивостями: високою пластичністю великою в'язкістю гарну зварюваність і т.д. Ця сталь має високу корозійну стійкість в азотній фосфорній і в багатьох інших кислотах, а так само в розчинах солей лугів вологому повітрі і т.д.

Хімічний склад сталей які використовують в біметалі приведений в таблиці 1.1 та 1.2, а механічні властивості – в таблиці 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.1 – Характеристика сталі 09Г2С, у % згідно ГОСТ 19281 - 89 [1, с. 102]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
≤ 0,12	0,5–0,8	1,3–1,7	≤ 0,3	≤ 0,04	≤ 0,04	≤ 0,3	0,008	≤ 0,3	0,08

Таблиця 1.2 – Характеристика сталі 08Х18Н10Т, у % згідно ГОСТ 19281 - 89 [1, с. 458]

C	Cr	Mn	P	S	Si	Ni
0,06-0,12	17,0-19,0	0,68-0,74	0,025	0,025	0,16-0,26	8-10

Таблиця 1.3 Властивості сталі 09Г2С згідно ГОСТ 19281 - 89 [1, с. 102]

Сортамент	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	KCU
-	МПа	МПа	%	кДж / м <sup>2</sup>
Лист, ГОСТ 19281 - 89	540	420	19	56

Таблиця 1.4 –Властивості сталі 08Х18Н10Т згідно ГОСТ 19281 - 89 [1, с. 458]

Сортамент	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	KCU
Лист, ГОСТ 19281 - 89	МПа	МПа	%	кДж / м <sup>2</sup>
	570	315	15	59

Біметал застосовують для підвищення міцності і жаростійкості конструкції, зниження їх маси з метою економії дорогих і дефіцитних металів і як матеріал із спеціальними властивостями.

Зварюваність сталі 09Г2С, що застосовується для виготовлення конструкції, визначаємо за еквівалентним вмістом вуглецю за формулою [2]

$$C_e = C + \frac{Mn}{12} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B, \quad (1.1)$$

де:  $C, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B$  – вміст відповідного елемента в сталі, у %.

Отже:

$$C_e = 0.12 + \frac{1.8}{12} + \frac{0.30}{10} + \frac{0.30}{5} + \frac{0.30}{15} = 0.38 \quad \%.$$

Еквівалентний вміст вуглецю для сталі 09Г2С менше значення  $C_{екв} = 0,45\%$ . Тому дана сталь не схильна до утворення холодних тріщин при зварюванні і не потребує додаткових технологічних заходів.

Для сталі 08Х18Н10Т визначаємо фазовий склад за еквівалентним вмістом хрому і нікелю, по діаграмі Шеффлера [2, с. 319]:

$$Cr_{екв} = Cr + Mo + 2 \cdot Ti + 2 \cdot Al + Nb + W + 0,5 \cdot Ta + 1,5 \cdot Si; \quad (1.2)$$

$$Ni_{екв} = Ni + 30 \cdot C + 30 \cdot N + Co + 0,5 \cdot Mn; \quad (1.3)$$

$$Cr_{екв} = 14 + 1,5 \cdot 0,8 = 15,2\%.$$

$$Ni_{екв} = 0,6 + 30 \cdot 0,08 + 0,5 \cdot 0,8 = 3,4\%.$$

Підставляємо отримані значення в діаграму Шеффлера, щоб визначити який фазовий склад має сталь 08Х18Н10Т.

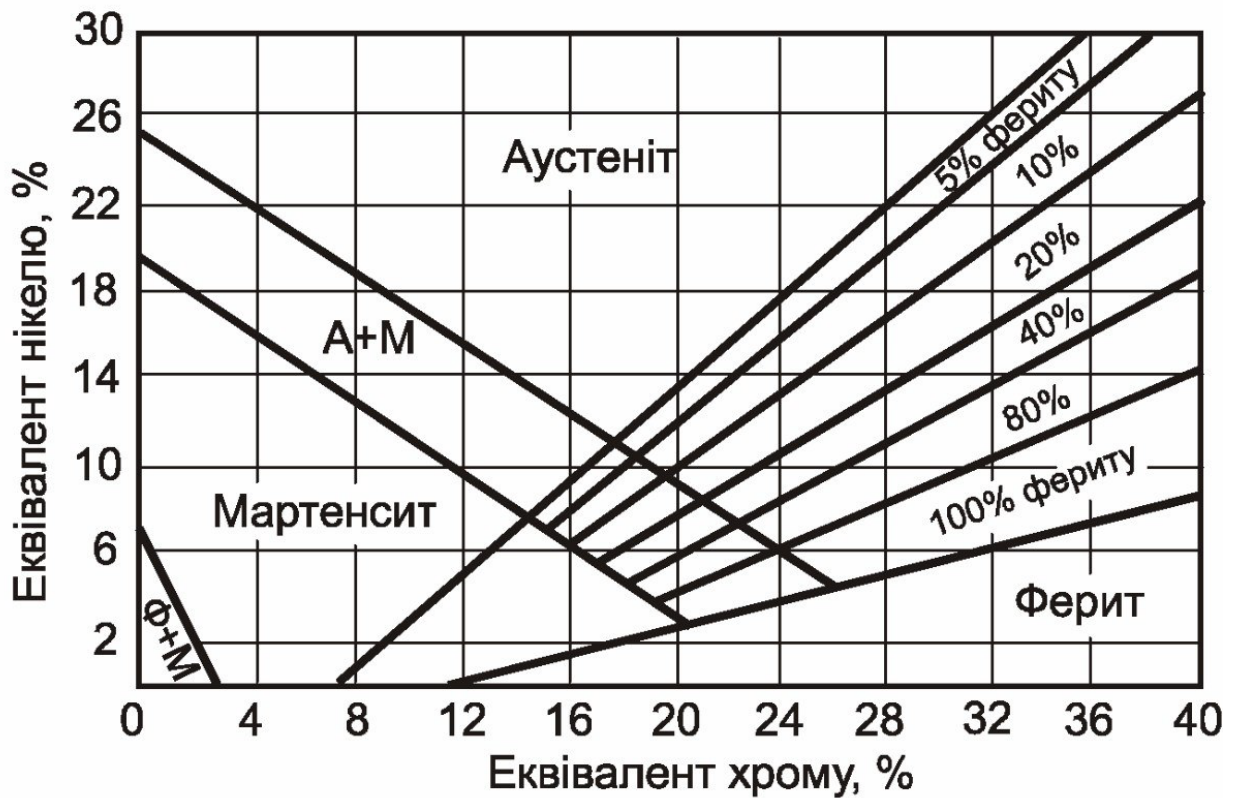


Рисунок 1.2 – Структурна діаграма Шеффлера для корозійностійких сталей (нормалізований стан)

Сталь 08X18Н10Т відноситься до мартенситно-феритної групи сталей. Вони схильні до підгартування в зоні виконання ТП зварювання, внаслідок чого можливе утворення холодних тріщин. Уникнути утворення холодних тріщин можна шляхом попереднього підігріву до 150...250°C і подальшого відпуску при 680...700°C для сталей з вмістом С  $\approx$  0,10 %; підігріву до температури Т = 300°C і відпуску при 700 ... 720°C для сталей з вмістом С > 0,10 %. При цьому час від моменту термообробки для сталей першої групи не обмежується, а для сталей другої групи не повинно перевищувати дві години.

### 1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу

Для виготовлення сепаратора, використовують автоматичне зварювання у вуглекислому газі, а також зварювання трактором під флюсом.

Режими зварюванні, які встановлюються для кожного типу зварювання в залежності від товщини зварювальних деталей, марки сталі, що застосовується, та зварювальних матеріалів повинні забезпечувати якість зварювання деталей у відповідності до вимог ГОСТ 14771-76. Місця проварення очищаються від шлакових домішок. Лицеві та декоративні поверхні, які підлягають фарбуванню у відповідності з ГОСТ 9025-77, зачищаються від зварних бризок. Такі поверхні необхідно вказувати в конструкторській документації. Допускається не очищувати від бризгів поверхні робочих органів виробу, які дотикаються в процесі експлуатації із ґрунтом.

Виріб, який ми зварюємо повинен виготовлятися у відповідності з кресленнями, державними та галузевими стандартами, нормативно-технічними документами.

#### 1.3.1 Основні принципи вибору матеріалів і напівфабрикатів, які використовуються для виготовлення зварного виробу чи конструкції

Матеріали, які використовуємо в ТП повинні мати сертифікати заводу постачальника або супроводжувальні паспорти, при відсутності яких вони не можуть бути допущені у виробництво без попередніх випробувань з метою встановити відповідності вимогам стандартів.

Додаткові вимоги до матеріалу, які не передбачені стандартами або технічними умовами, повинні бути обов'язково вказані в технічній документації.

### 1.3.2 Вимоги до шорсткості та геометричних параметрів виробу

При виготовленні відповідальних зварювальних конструкцій слід дотримуватись наступних вимог: точність виготовлення - це ступінь відповідності величини, розміру, геометричної форми, взаємного розміщення, шорсткості поверхонь готового виробу до показників, які вказуються у технічному завданні. Основною вимогою є дотримання розмірів деталей, під час виконання зварювання, відповідно до зазначених меж допусків.

Допуск на розміри деталей повинні забезпечити наступні операції:

- а) складання деталей без підганяння їх по місцю призначення;
- б) дотримання зазорів в стиках з'єднаних елементів;
- в) дотримання складальних розмірів та виконання технічних умов на зварний шов чи конструкцію з врахуванням деформацій, які виникають при зварюванні та встановлюються розрахунком.

### 1.3.3 Вимоги конструкції

Зварним з'єднанням називають ділянку конструкції, в якій окремі її елементи з'єднані зварюванням. Від якості виконання з'єднання залежить працездатність зварного виробу і конструкції в цілому, а відповідно і її безпечності в процесі експлуатації на протязі терміну служби для навколишнього середовища і людей.

Всі з'єднання при виготовленні сепаратора є стиковими та зазнають статичного навантаження від внутрішнього тиску. Стикові з'єднання нижньої частини сепаратора є більш навантажені, так як зазнають додаткового навантаження, обумовленого масою виробу та дією гідростатичних сил. В цілому всі з'єднання необхідно віднести до особливо відповідальних. За конфігурацією шви являються кільцевими з великим радіусом кривизни. Доступ до швів необмежений, але зварювання бажане із зовнішньої сторони, так як

зварнику зручніше зварювати та краща вентиляція. Всі з'єднання є довгими (більше 1м).

Основні типи і конструктивні елементи зварних швів у робочих з'єднаннях, що виконуються автоматичним зварюванням у вуглекислому газі та тракторним зварюванням під шаром флюсу, мають відповідати умовам стандарту. Конструктивні елементи нестандартних швів встановлюється розробниками конструкторської документації та вказуються на кресленні.

Всі з'єднання, які ми зварюємо не повинні мати різного роду дефектів, що не лімітуються встановленим стандартом.

До досліджуваних з'єднань ставлять наступні вимоги:

- дотримання форми і розмірів з'єднання у відповідності з технічними умовами, що вказані на кресленнях;
- метал, який вибираємо для зварного з'єднання має бути по міцності однаковим основному металу;
- технологічність розміщення зварних з'єднань;
- відсутність тріщин, пор, свищів, раковин;
- забезпечення міцності і надійності з'єднань в процесі тривалої експлуатації.

#### 1.3.4 Вимоги до складання

Складанням називається процес послідовного з'єднання деталей між собою в порядку вказаному в технологічних картах і зварених між собою.

Складання має забезпечувати точне встановлення зварюваних деталей в відповідності з кресленнями, а також найкращі умови для зварювання.

При складанні виробу потрібно виконати наступні вимоги:

- не допустити перекосів і згинання елементів;
- грубе складання деталей з утворенням великих зазорів не допускається;
- небажане попадання забруднень в зону складання і зварювання виробу;
- забезпечити точне встановлення зварюваних деталей, із врахуванням вихідних умов.

Складання виконують за допомогою з'ємних болтів, фіксаторів та спеціальних пристосувань.

На зварюваних поверхнях і в зазорах між деталями, складених під зварювання, не допускається наявність мастил, бруду, вологи, а також продуктів корозії.

### 1.3.5 Вимоги до якості зварного виробу чи конструкції

Якість продукції це здатність її властивостей задовольняти визначені експлуатаційні вимоги. Під час контролю якості треба дослідити, яким чином впливають зовнішні і внутрішні факторів на міцнісні характеристики виробу. Це залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів.

Технологічний процес має забезпечити необхідну якість досліджувальних з'єднань, тобто отримання ядра відповідних розмірів, без недопустимих дефектів, а також стійкість процесу, тобто малу чутливість до самовільного відхилення параметрів ТП[3, с. 158].

Для ТП зварювання показником якості є міцність, наявність підсилення шва, мінімалізація дефектів, показники надійності, степінь працездатності, структура та інше.

Від якості з'єднання залежить працездатність зварного виробу і конструкції, а відповідно і їх безпечність в процесі експлуатації для навколишнього середовища і людей. Задана якість зварювання забезпечується нормами встановленими в ОСТ 26-291-71.

Управління якістю включає досягнення показників якості починаючи від методів контролю та закінчуючи технологією і шляхом активного на неї впливу на всіх етапах виробництва. Якість оброблювальної поверхні залежить від технології виготовлення та зварювання, а також від дотримання всіх етапів технологічного процесу. В іншому випадку, необхідно відбракувати продукцію або ж коректувати технологію.



Виправлення дефектів не допускається проводити більше двох разів в одному і тому ж місці. Всі види швів та його конструктивні елементи повинні відповідати стандарту.

При проектуванні зварних конструкцій необхідно проводити дослідження виробу на технологічність розробниками конструкторської документації разом з технологічною службою.

#### 1.4 Аналіз базового ТП виготовлення зварного виробу та постановка задач на дипломне проектування

Базовий технологічний процес виготовлення сепаратора має наступні недоліки:

- зварювання листів обичайки, виконувалось напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів. Даний спосіб був замінений на більш продуктивне спосіб зварювання – автоматичне зварювання під шаром флюсу. Це дало змогу більш якісно проводити зварювання поздовжніх швів з незначною участю робочого в процесі зварювання, що в свою чергу підвищило якість зварних швів;

- при зварюванні чорної сталі 09Г2С в  $\text{CO}_2$ , відбувались великі втрати електродного металу на розбризування. Наявність бризок на поверхні зварних виробів – низька якість поверхні шва (нерівності й груба лускатість), не завжди добрі механічні властивості металу шва, особливо ударної в'язкості при мінусових температурах. Усунути даний недолік можна шляхом додавання до вуглекислого газу кисню. При зварюванні в середовищі суміші  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  в зону зварювання подається до 20-40% чистого кисню. Це підвищує окислювальний потенціал захисного середовища, підвищує температуру зварювальної ванни.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір матеріалу зварюваного виробу та його характеристика

Зварювальні матеріали вибираються виходячи з умов роботи конструкції. З огляду на те, що сепаратор повинен працювати під дією різного роду навантажень, високих температур, під тиском та в агресивному середовищі, то матеріал зварювальний матеріал повинен володіти високими механічними властивостями. Врахувавши вище згадані фактори, а також те, що сепаратор повинен відповідати умовам економічності, то для забезпечення надійної і тривалої роботи виробу був вибраний біметал. Біметал складі якого є вуглецева низьколегована сталь 09Г2С та високолегована хромиста сталь 08Х18Н10Т.

Вибраний матеріал виробу забезпечує всі вимоги до матеріалу, а саме механічні властивості і здатність не втрачати ці властивості під впливом різного роду навантажень і температур. Хімічний склад, а також механічні властивості сталей 09Г2С і 08Х18Н10Т наведені в частині 1 пункт 1.3.

### 2.2 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність застосування того чи іншого способу зварювання при виготовленні сепаратора визначається на основі аналізу таких факторів: марки матеріалу, його товщини (50мм); якості виконання з'єднання; технічних і економічних вимог до таких з'єднань; конструктивних можливостей виконання (зварювання здійснюється в нижньому положенні); заданої продуктивності; можливості механізації та автоматизації процесу; безпечності і нешкідливості роботи; вартості обладнання і матеріалів.

Найбільш поширені способи дугового зварювання з використанням плавкого електроду, які мають високу універсальність і простоту виконання, насамперед, це зварювання покритим електродом, способи напівавтоматичного та автоматичного зварювання дротом суцільного перерізу в середовищі

вуглекислого газу або його сумішах, під шаром флюсу, порошковим дротом. Найбільш широко застосовується дугове зварювання суцільним дротом під флюсом та захисних газах.

Автоматичні способи зварювання з використанням плавкого електроду більш продуктивні, ніж зварювання покритим електродом і способи напівавтоматичного зварювання суцільним дротом. Висока продуктивність способів автоматичного зварювання досягається можливістю їх виконання на більш підвищених параметрах режиму зварювання, в першу чергу зварювального струму. При їх використанні зварні з'єднання мають високу якість. Забезпечення стабільності якості з'єднань при автоматичному зварюванні досягається за рахунок автоматичного виконання плавлення та формування нашого з'єднання [3, 4].

При виготовленні зварних конструкцій типу обичайка перевагу віддають автоматичному зварюванню в під шаром флюсу, а також автоматичному зварюванню в з застосуванням захисних газів. Це обумовлено тим, що зварювання відбувається в нижньому положення протяжних швів.

Зварювання відбувається із застосуванням вуглекислого газу, а також в аргоні (висококолегована сталь) з метою покращення формування зовнішнього вигляду шва, деякого підвищення продуктивності і для зменшення розбризкування. При зварюванні в середовищі суміші вуглекислого газу і кисню в зону зварювання подається до 20-40% чистого кисню. Це підвищує окислювальний потенціал захисного середовища, підвищує температуру зварювальної ванни, а це у свою чергу забезпечує зниження розбризкування електродного металу і покращення якості шва. При автоматичному зварюванні можна виконувати безперервні шви, виконання яких при напівавтоматичному зварюванні неможливе, по скільки велику довжина зварювальних швів є великою становить 16,5 м. Така техніка зварювання скорочує кількість зупинок, при цьому відпадає необхідність додаткового заварювання кратерів, що з меншими витратами дозволяє отримувати з'єднання з більш високою продуктивністю і меншими витратами електродного дроту, [6]. Процес

зварювання з використанням флюсу 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 [5, 7, 8].

Для зварювання кільцевого шва сепаратора було обрано механізоване дугове зварювання автоматом під флюсом. До якості виробу ставляться високі вимоги, тому для його виготовлення повинні бути застосовані механізовані способи зварювання. При ТП в із використанням захисних газів порівняно великі швидкості охолодження, що призводить до утворення холодних тріщин. Для зниження швидкості охолодження, попередження утворення холодних тріщин, і захисту використовуваної зварювальної ванни застосовується зварювання з флюсом. Також цей спосіб характеризується високою продуктивністю в поєднанні з великими можливостями механізації і автоматизації, що визначає широке застосування його в промисловості

Широко використовується в промисловості і електрошлакове зварювання. Однак електрошлаковий процес принципово відрізняється від дугового. А саме флюси для електрошлакового зварювання обумовлені з одного боку необхідністю забезпечення стійкості процесу з іншого наявністю пристроїв для утримання шлакової і металеві ванн. Механізований ТП зварювання із використанням флюсу в даному випадку найбільш прийнятна виходячи з умови простоти надійності і перевіреності.

Для даного випадку вибрано багатопрохідне зварювання так як сепаратор виготовляють з біметалу. Зварювання основного і плакуючого шарів необхідно вести окремо різними зварювальними матеріалами, щоб уникнути перемішування.

Зварювання виконують в такій послідовності (рис. 3.1):

- попереднє підварювання кореня шва основного шару РДЗ із зовнішнього боку (шов А);

- зачищення шліфмашинкою підварюваного шва А, і РДЗ основного шару з внутрішньої сторони (шов В);

цей шов зварюють РДЗ щоб уникнути змішування металу основного і плакуючого шарів тип електрода згідно ГОСТ 9467-84 Е50А марка згідно ГОСТ 9466 78 УОНИ - 13/55;

- РДЗ перехідного шару (шов Г);

- тип електрода Е-10Х25Н13Г2 згідно ГОСТ 10052 марка електрода ОЗЛ-6 згідно ГОСТ 9466;

- РДЗ плакуючого шару (шов Д) тип електрода Е-08Х19Н10Г2Б згідно ГОСТ 10052 марка електрода ЦЛ-15 згідно ГОСТ 9466;

- автоматичне зварювання під флюсом основного шару з зовнішньої сторони (шов Б) зварювальний дріт Св 08А флюс АН-60.

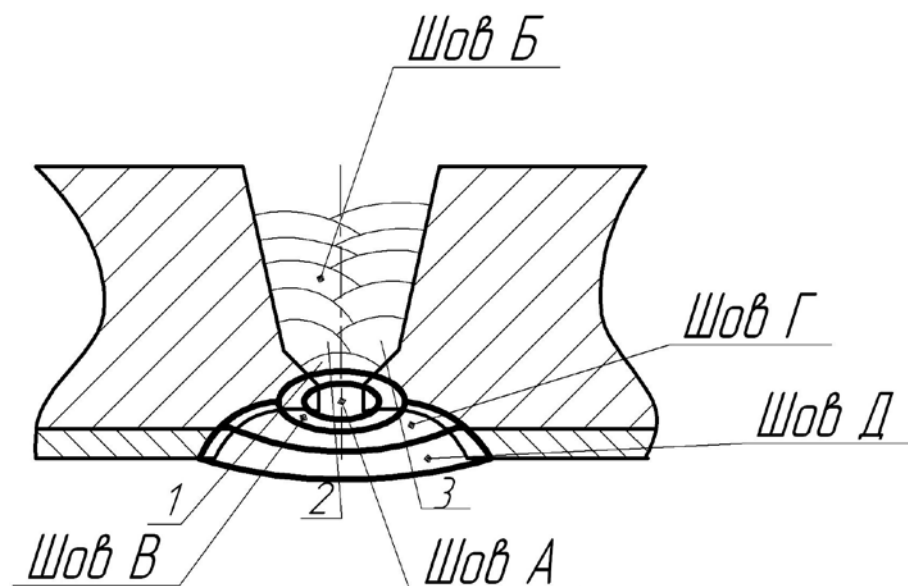


Рисунок 2.1 – Геометричні розміри зварного шва

### 2.3 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір і призначення зварювальних матеріалів обумовлений забезпеченням стійкості металу шва до утворення гарячих і холодних тріщин і вимогами до механічних та експлуатаційних властивостей металу зварного шва. Зварювання

виконують механізованим способом під флюсом як найбільш якісним і поширеним типом зварювання і відповідним до даних зварюються матеріалами.

Для зварювання сепаратора використовуємо зварювальний дріт Св-08А та флюс АН-60, [9].

Хімічний склад дроту Св-08А приведений в таблиці 2.1, а механічні властивості – в таблиці 2.3. Хімічний склад флюсу АН-60 приведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.1 –Склад дроту Св-08А у % згідно ГОСТ 2246-70 [10, с.76]

Марка	C	Cr	Si	S	P
Св-08А	0.05- 0,11	0.20	0.03	0.025	0.025

Таблиця 2.2 – Властивості дроту Св-08А згідно ГОСТ 2246-70[11, с. 11]

Сортамент	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	КCU□ %
Лист, ГОСТ 5520-79	540	440	30

Таблиця 2.3 - Склад флюсу АН-60,[9, 11]

Хімічні елементи	SiO <sub>2</sub>	Mg O	CaF <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	P	S
Вміст, %	42- 46	6,5- 10,5	5-9	9-13	0,9	36- 41	13- 18	1-2	0,0 5	0,0 5

Дріт для зварювання Св-08А використовується в промисловості для зварювання вуглецевих сталей на зварювальних напівавтоматах і автоматах. Св-08А забезпечує надійне зварне з'єднання високої якості. Шов при зварюванні виходить рівним і чистим. Зварювальний дріт використовується для заповнення

зазору між краями металу, який підлягає зварюванню, а також, для формування валика на зварному шві.

Св-08А за рахунок оптимальних пропорцій співвідношення марганцю і кремнію забезпечує високу міцність зварного шва. Це підтверджується багаторічною практикою застосування Св-08А на суднобудівних і машинобудівних підприємствах.

## 2.4 Вибір і розрахунок параметрів ТП

Параметрами режиму зварювання називають комплекс дій ТП, при виконанні яких одержуємо виріб заданих розмірів, вказаних форми та високої якості. До зазначених параметрів режиму автоматичного зварювання з використанням вуглекислого газу та під флюсом належать: діаметр дроту, сила струму, напруга на дузі, подача дроту, швидкість зварювання, виліт електрода, витрати вуглекислого газу (витрати флюсу), нахил електрода вздовж осі шва, вид струму і полярність струму

Під час проведення розрахунку параметрів режиму виконання ТП зварювання багатопрохідних швів треба врахувати:

- а) проплавлення притуплення;
- б) заповнення кромки та одержання валика шва зазначеної форми.

Вказана глибина проплавлення забезпечується під час першого шару шва.

Використовуючи великі струми отримуємо форму провару, що не приводить до кристалізації металу шва. Дана форма провару сприяє утворенню гарячих тріщин. Густину струму в дроті треба вибирати із з врахуванням нижньої межі допустимих густин струму, які використовуємо для вибраного діаметру електродного дроту.

Знаючи товщину зварювальних заготовок, матеріалу плакуючого і основного шару високих вимог до якості кореня шва, умов щодо недопущення прожога, непровару основного і плакуючого шарів металу, особливостей

конструкції виробу був обраний наступний тип з'єднання - стикове двостороннє з х - подібною обробленням кромки тип С14 (рис. 2.2).

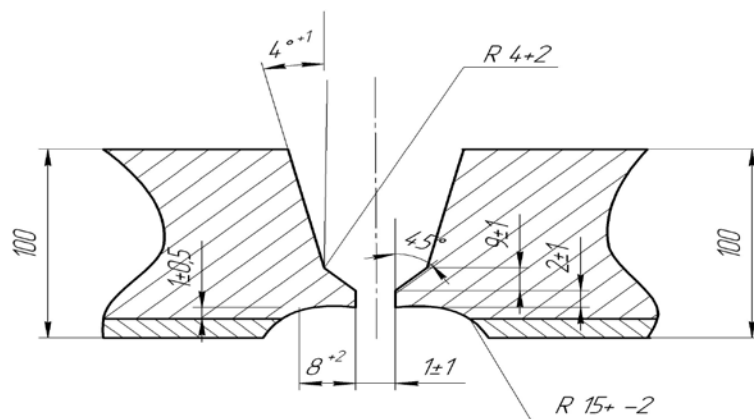


Рисунок 2.2 – Схематичний вигляд зварного шва

Зварене з'єднання С14 застосовується для зварювання кільцевих стиків обичайок і днищ діаметром 1000мм і більше, зварювання корпусного фланця з обичайкою і днищем, товщиною 60-220мм з вимогами і без вимог до стійкості проти МКК. Було обрано це оброблення кромки ще й тому, що воно зводить до мінімуму перемішування металів, яке може статися в процесі зварювання, що призведе до істотного зменшення пластичності вказаного з'єднання підвищенню його твердості і навіть утворення тріщин.

Враховуючи товщини зварюваного металу по відповідній методиці вибирають діаметр дроту (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Залежність діаметру дроту ( $d_{ел}$ ) від величини товщини металу (S) [13, с. 4]

Товщина металу (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-42,0
Діаметр дроту ( $d_{ел}$ ), мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0



В нашому випадку вибираємо дріт діаметром 2мм.

Розрахунок параметрів ТП виконано для одного проходу. Для інших 18 він аналогічний.

Задаємо глибину провару

$$h_1 = \frac{\delta}{2} \pm (1 \div 3) \text{ мм.} \quad (2.1)$$

h=8,3 мм.

Потім визначають зварювальний струм, маючи на увазі, що в середньому кожні 80-100 А дають глибину провару 1 мм, тобто:

$$I_{ce} = (80 \div 100)h, \quad (2.2)$$

$$I_{ce} = (80 \div 100) \cdot 8.3 = 600 \div 650 \text{ А;}$$

Приймаємо зварювальний струм 650 А (hp = 8,4мм).

Діаметр дроту може бути визначений за встановленою величиною струму і допустимої щільності струму в електроді  $j$ , яка при автоматичному зварюванні змінюється досить в широких межах:

$$d_{эл} = 2\sqrt{\frac{I_{ce}}{\pi j}} \text{ мм;} \quad (2.3)$$

$$d_{эл} = 2\sqrt{650/14 * 57.86} = 4 \text{ мм.}$$

Густина струму визначається за формулою:

$$j = \frac{4 \cdot I_{ce}}{\pi d_э^2}, \text{ А/мм}^2 \quad (2.4)$$

$$j=59,14 \text{ А/мм}^2.$$

Розрахунок значення напруги на дузі проводимо за формулою:

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{ce}}{\sqrt{d_э}}, \text{ В} \quad (2.5)$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 650}{\sqrt{4}} = 35 \text{ В.}$$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$v_{ce} = \frac{A}{I_{ce}}, \text{ м/ч} \quad (2.6)$$

де А – коефіцієнт, який залежить від діаметра дроту.

$$v_{ce} = \frac{14 \cdot 10^3}{650} = 0,6 \text{ см/с} = 23 \text{ м/ч.}$$

Виліт електрода при ТП під флюсом розраховуємо за формулою:

$$l_s = 10 \cdot d_s, \text{ мм} \quad (2.7)$$

$$l_s = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм}$$

Розрахунок величини погонної енергії зварювання:

$$q_n = 36 \cdot I_{ce} U_d \eta_s / v_{ce}, \text{ Дж/см} \quad (2.8)$$

де  $v_{ce}$  - швидкість, м/год;

$\eta_s$  - ефективний ККД нагрівання виробу дугою.

$$q_n = 650 \cdot 32 \cdot 0,8 / 0,60 = 27733 \text{ Дж/см.}$$

Розраховуємо коефіцієнт форми проплавлення:

$$\varphi_{np} = k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{ce}) \frac{d_s U_d}{I_{ce}}, \quad (2.9)$$

де  $k = 1$  при зварюванні перемінним струмом у всіх діапазонах густини струму.

$$\varphi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 650) \frac{4 \cdot 32}{650} = 2,26.$$

Визначаємо глибину проплавлення при вибраних вище параметрах режиму зварювання:

$$h_p = 0,076 \sqrt{q_n / \varphi_{np}}, \text{ мм} \quad (2.10)$$

де  $q_n$  - погонна енергія зварювання, Дж/см.

$$h_p = 0,076 \sqrt{\frac{27733,3}{2,26}} = 8,36 = 8,36 \text{ мм.}$$

Розраховуємо ширину шва:

$$e = h_p \cdot \varphi_{np}, \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$e = 8,36 \cdot 2,26 = 18 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі вибраної марки дроту.

$$V_{nn} = \frac{U_d \cdot U + I^2 \cdot R_{ввл}}{F_{эл} \cdot \rho \cdot \Delta H}; \text{ м/ч.}, \quad (2.12)$$

$$V_{nm} = \frac{650 \cdot 8,9 + 650^2 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3}}{0,07 \cdot 7,85 \cdot 2100} = 4,15 \text{ см/ч} = 103 \text{ м/ч.},$$

Визначаємо площу перерізу металу:

$$F_n = \frac{V_{nm} \cdot F_{эл}}{V_{св}}, \text{ мм}^2 \quad (2.13)$$

$$F_n = \frac{103 \cdot 16,09}{23} = 75,2 \text{ мм}^2. \text{ (Відхилення 2\%)}$$

Визначаємо висоту валика

$$g'' = \frac{F_n - A}{0,735 \cdot e'}, \text{ мм} \quad (2.14)$$

$$g'' = \frac{75,2}{0,735 \cdot 18} = 4 \text{ мм.}$$

Визначаємо остаточну глибину проплавлення

$$h_{np} = H - g'' , \text{ мм} \quad (2.15)$$

где  $H = h_p + g''$ .

$$h_{np} = (8,4 + 4) - 4 = 8,4 \text{ мм. (Відхилення 2\%)}$$

Інші проходи зварюються зовні вибраного способу зварювання і розраховуються аналогічно вони збігаються з орієнтовними режимами представленими в ОСТ 26.260.480-2003 Для основного шару:  $V_{п} = 103 \text{ м/год}$ ;  $V_{зв} = 23 \text{ м/ч}$ ;  $U_{д} = 32 \text{ В}$ ;  $I_{зв} = 650 \text{ А}$ ; полярність пряма (табл.. 2.5).

Таблиця 2.5 – Параметри режиму зварювання

Параметри	Тип з'єднання
	С14
Сила зварювального струму, А	650
Напруга на дузі, В	32
Швидкість зварювання, м/год	23
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	103
Діаметр електродного дроту, мм	4
Витрати флюсу, кг/год	24,3

## 2.5 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Установка для зварювання кільцевого шва сепаратора дозволяє механізувати процес виконання **кільцевого** зварного шва.

Установка складається з:

1. Зварювальний апарату А-1416;
3. Джерело живлення ВДУ-1202;
3. Роликовий стенд з електроприводом і регульованою швидкістю обертання
4. Пересувний портал;
5. Притискач - центратор гідравлічний;
6. Притискні лапи.

Підвісний А1416 автомат призначений для дугового зварювання мало- і середньо вуглецевих сталей плавким електродом під флюсом на постійному струмі з незалежною швидкістю подачі електродного дроту і швидкістю зварювання (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального автомата А1416

Таблиця 2.6 – Характеристика автомату А-1416 [6, 9]

Найменування параметру		Значення
Номінальна сила зварювального струму, А		500-1000
Захист зони зварювання		Флюс
Виконання		Самохідний
Електродний дріт	Діаметр, мм	2,0-5,0
	Швидкість подачі, м/г	47-509
Спосіб регулювання швидкості подачі / зварювання		Плавне / Плавне
Швидкість зварювання, м/г		12-120
Габаритні розміри автомата, мм		960x860x1850
Маса, кг		295

Таблиця 2.7 – Характеристика випрямляча ВДУ-1202 [14]

Найменування параметру		Значення
Первинна напруга, В		380
Номінальна потужність, кВ·А		90
Номінальний зварювальний струм, А		1250
Номінальний режим роботи ПВ, %		100
Номінальна робоча напруга, В		66
Напруга холостого ходу, В, не більше		90
Межа регулювання напруги, В		26-56
Межа регулювання		200-1250
<u>ККД</u> , %		79
Маса, кг		550

Автомат виготовляється у виконанні УЗ – для роботи в районах помірного клімату при температурі навколишнього середовища від мінус 40°С до плюс 40°С і відносній вологості повітря не більше 80%. Навколишнє середовище має бути вибухобезпечне, не містити агресивні гази і пари в концентраціях, що руйнують метал і ізоляцію, не повинна бути насиченою струмопровідним пилом і водяними парами.

Опишемо вимоги, які ставляться до джерела живлення зварювальної дуги:

- Забезпечення силу струму та напруги дуги;
- виконання умови стабільного горіння дуги;
- забезпечення нормального збудження дуги і мінімальних коефіцієнт розбризкування.

Як джерело живлення вибираємо випрямляча ВДУ – 1202 (рис.2.7).



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд випрямляча ВДУ – 1202

В якості допоміжного зварювального обладнання використовували технологічну оснастку, а саме: пересувна площадка, портал, роликовий стенд.

## 2.6 Вибір методу контролю якості виробу

Завданням контролю якості є встановлення таких показників, які визначають якість, міцність, відповідність матеріалу нормативам і заданим розмірам, обробленню а також – відсутності дефектів.

До контрольних відносять такі операції:

- а) попередній контроль, в процесі якого виконують перевірку якості вихідних матеріалів, підготовки деталей під зварювання та складання вузлів;
- б) поточний контроль, що передбачає дотримання технології зварювання;
- в) кінцевий контроль, при якому готові зварні конструкції піддають неруйнівним методам контролю з метою визначення дефектів у зварному шві.

Контроль якості даної продукції здійснюється: візуально-оптичним, ультразвуковим методом контролю якості.

Принцип дії і основний результат візуально-оптичного методу – огляд за допомогою оптичних засобів поверхонь об'єкта контролю на наявність дефектів та аномалій; здійснюється незалежно і в поєднанні з іншими методами контролю.

Ультразвукова дефектоскопія – метод, запропонований С.Я. Соколовим в 1928 році [15] і заснований на дослідженні поширення явища ультразвукових коливань з частотою 0,5 – 25 МГц. Для цього методу використовуємо обладнання – ультразвуковий дефектоскоп. Це є один із методів неруйнівного контролю.

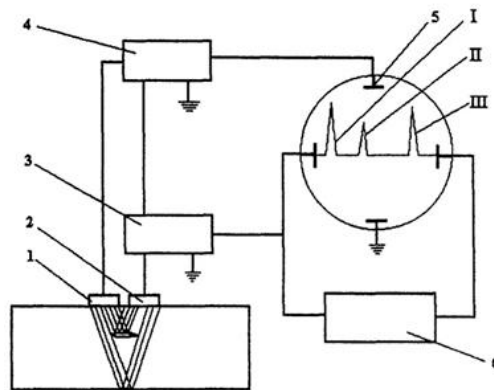


Рисунок 2.8 – Схема ультразвукового контролю зварного шва

1 – передаюча пошукова головка; 2 – приймальний пошукова головка; 3 – генератор радіоімпульсів; 4 – підсилювач; 5 – електронно-променева трубка осцилографа; 6 – генератор горизонтальної розгортки; I – початковий (зондувальний) імпульс; II – діодний сигнал; III – сигнал від дефекту.

Для УЗ дефектоскопії був вибраний ультразвуковий дефектоскоп УД2301, який призначений для проведення неруйнівного дослідження якості металів, пластиків, скла, композиційних матеріалів, контролю швів і вимірювання товщини різних виробів і конструкцій. Схематичне зображення процесу ультразвукового контролю якості приведені на рисунку 2.8.

## 2.7 Опис вибраного ТП виготовлення зварного виробу (конструкції)

Технологічний процес виготовлення сепаратора включає операції: заготівельні, складальні, зварювальні, опоряджувальні, допоміжні, контрольні.

### 2.7.1 Заготівельні операції

До заготівельних операцій відносяться такі етапи підготовки металу:

а) правлення. Листовий прокат правлять в холодному стані на багатовалкових листопривильних машинах шляхом створення місцевої пластичної деформації, яка виникає в результаті згинання, при багаторазовому пропусканні листів між верхнім і нижнім рядами валків, розміщених в шахматному порядку;

б) розмічування. Для намічування деталей використовують спеціальні намічувальні шаблони. Розмічування є досить трудомісткою операцією;

в) згинання. Згинання заготовок здійснюють на листозгинальних пресах і верстатах в холодному стані;

г) зачищення під зварювання. Зачищення прокату, деталей виконують механічним методом. Видалення забруднень, іржі і окалини здійснюють за допомогою зачистних верстатів. Зачищення ручним і механізованим інструментом малопродуктивне і використовується в основному для зачищення швів і для опоряджувальних робіт.

г) розроблення кромки. Вирізання кисневим різакон за допомогою автоматичних газорізальних машин.



### 2.7.2 Складальні операції

Складальні операції призначені для правильного взаємного розміщення та закріплення деталей виробу. Для виконання складальних операцій використовують складальне або складально-зварювальне пристосування.

Складений вузол має мати жорсткість і міцність. Вони потрібні для вивільнення з складального пристосування та транспортування до місця зварювання. А також з метою зменшення деформацій при зварюванні. Фіксацію складених деталей здійснюють гвинтовими стяжками, а співвісність забезпечується ручними центраторами.

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

- а) встановлюємо вже підготовлені (вигнуті) листи на роликівий стенд;
- б) приварити з зовнішньої сторони, до чорнової сталі, допоміжні елементи(гвинтові стяжки та ручні центратори);
- в) виставити необхідний нам зазор між деталями за допомогою гвинтових стяжок;
- г) за допомогою ручних центраторів забезпечити співвісність по відношенню один до одного.

### 2.7.3 Складально–зварювальні операції

Перед початком зварювання проводимо налагодження обладнання, регулюємо витрати флюсу, виліт дроту, встановлюємо параметри необхідного режиму зварювання.

Якщо зварювання виконувати після повного завершення складання, то зварювальні деформації зменшуються. Проте доступ до деяких поверхонь може бути обмежений. А тому чергують складальні та зварювальні операції. Використовуючи нарощування окремих елементів, що полегшує доступність до всіх з'єднань. Та цей метод сприяє зростанню кількості деформацій від

зварювання. Перед загальним складанням зварної конструкції можливе складання і зварювання вузлів Вони повинні мати просторову жорсткість, та бути легко доступними для зварювання з'єднань.

Заготовки подаються в складальне пристосування за допомогою мостового крана, тельфера. На роликовий стенд спочатку встановлюється обичайка потім за допомогою тельфера ставляться днища і спочатку закріплюються гвинтовими затискачами потім центруються гідравлічними і зварюються обидва кільцевих шва зсередини РДЗ потім обичайка вже зі звареними днищами надходить на роликовий стенд там притискається і одночасно центрується гідравлічними притисками. РДЗ перед основною складанням проводиться з метою уникнення перемішування металу основного і плакуючого шарів, а внаслідок цього попередження утворення гарячих і холодних тріщин. Після затиснення притисками центраторами обичайка із звареними днищами може спокійно обертатися, так як в лапах притиску стоять роликотіщинники. У цих притискаючи центратор можуть зварюватись так само і інші обичайки оскільки вони універсальні і мають можливість налаштовуватися як по ширині, так і по висоті обичайки. Наступним кроком було виконано повне встановлення положення зварювальної головки щодо стику. Далі виконується зварювання першого проходу оброблення по стику.

Після зварювання обичайки проводять зварювання корпусу сепаратора, за допомогою роликового стенду, що обертає виріб навколо своєї осі, який формує кінцевий виріб довжиною 5,2м.

#### 2.7.4 Опоряджувальні операції

До опоряджувальних операцій відносяться наступні операції:

а) механічне оброблення готового виробу. Ця операція полягає у зрізанні допоміжних елементів, таких як ручні центратори, гвинтові стяжки та вихідні планки;

б) після виконання зварювання проводять зачищення всіх швів, з поверхні деталей виробу видаляють металеві бризки.

в) перед зварювання високолегованого шару металу проводять зрізання підсилення шва вуглецевої низьколегованої сталі, щоб запобігти перемішуванню легованих елементів в шві.

#### 2.7.5 Допоміжні операції

До допоміжних робіт відносять, транспортно–підіймальні та перевантажувальні операції, налагоджувальні роботи із зварювальним та іншим обладнанням, комплектування деталей та розподіл робіт. Транспортування відбувається за допомогою внутрішньо цехового крану.

#### 2.7.6 Контролі операції якості зварювання виробу (конструкції)

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

- а) вхідних використовуваних матеріалів;
- б) зварювальних матеріалів;
- в) якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операції зварювання;
- г) контроль з'єднань і готової продукції.

#### 2.8 Нормування технологічного процесу

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 і вузлів машин, специфікацій деталей і вузлів, технологічних процесів зварювання, різання.

Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів пов'язаний з відомими труднощами з точки зору точності отримання результатів.

В залежності від маси наплавленого металу, визначаємо витрати електродного дроту за формулою [12]:

$$Q = a \cdot F \cdot L \cdot \gamma, \quad (2.15)$$

де  $a$  – коефіцієнт витрат електродного дроту на угар, розбризкування,  $a = 1,15$ ;  $F$  – площа шва,  $m^2$ ;  $L$  – довжина шва,  $m$ .

Довжина всіх швів становить 349,5м.

- для сталі 09Г2С:

$$Q = (1,15 \cdot (3 \cdot 0,00015225) \cdot 349,5 \cdot 7800) = 1431,9 \text{ кг},$$

- для сталі 08Х18Н10Т:

$$Q = (1,15 \cdot 3,352 \cdot 10^{-5} \cdot 349,5 \cdot 7800) = 105 \text{ кг}.$$

Визначимо витрату флюсу для зварювання зовнішніх швів за формулою [12]:

$$Q_{\phi} = H_{\text{вит}} \cdot K_{\phi}, \quad (2.16)$$

де  $H_{\text{вит}}$  – втрати дроту на зварювання шва,  $кг$ ;

$K_{\phi}$  – коефіцієнт,  $K_{\phi} = 1,7$ :

- для сталі 09Г2С:

$$Q_{\phi} = 143,1 \cdot 1,7 = 243,43 \text{ кг}$$

- для сталі 08Х18Н10Т:

$$Q_{\phi} = 105 \cdot 1,7 = 178,5 \text{ кг}.$$

Витрати електроенергії на погонну довжину шва 1м при механізованому зварюванні визначаємо за формулою [12]:

$$A = \frac{0,001 \cdot U_{\partial} \cdot I_{3\phi}}{\eta \cdot V_{3\phi}}, \quad (2.20)$$

де  $U_{\partial}$  – напруга на дузі, В;  $I_{3\phi}$  – сила струму, А;  $\eta$  - ККД установки;  $V_{3\phi}$  – швидкість ТП зварювання, м/год.

При виконанні швів типу С5 питомі витрати електроенергії становлять:

$$A = \frac{0,001 \cdot 32 \cdot 516}{0,82 \cdot 10,42} \approx 1,9 (\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{м},$$

при виконанні швів типу С14:

$$A = \frac{0,001 \cdot 36 \cdot 630}{0,83 \cdot 6,63} \approx 4,1 (\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{м}.$$

Загальні витрати електроенергії для виготовлення обичайки сепаратора визначаємо як добуток питомих витрат електроенергії на довжину шва:

$$Q = A_1 \cdot L_1 + A_2 \cdot L_2, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2.21)$$

$$Q = 1,9 \cdot 349,5 + 3 \cdot (4,1 \cdot 349,5) = 4962,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Вибір типу пристосувань, які використовуються при виготовленні виробу

Складально-зварювальні пристрої дозволяють розширити технологічні можливості зварювального обладнання, підвищити продуктивність за рахунок механізації та автоматизації процесу, знизити рівень необхідної кваліфікації персоналу, покращити умови та безпеку праці, а також знизити собівартість конструкцій. Зварювальні пристрої можуть використовуватися окремими пристроями для збирання, зварювання, контролю, підйому, транспортування, а також як невід'ємна частина зварювального агрегату, верстату, механізованої лінії, [16]

Відповідно до вихідних даних Вихідними даними для вибору або розробки складально-зварювальних пристроїв є: креслення деталей та зварної конструкції в цілому; технологічний процес виготовлення зварної конструкції; технічні умови на виготовлення та приймання конструкції; виробнича програма, призначення та умови експлуатації пристосування.

Спочатку розробляють принципову схему пристосування на основі загальних принципів базування та затискання деталей у пристосуванні з розрахунком міцності або жорсткості його елементів, а потім розробляють загальний вигляд пристосування з урахуванням силового приводу та точності виконавчих розмірів.

Для правильного складання деталей зварювального виробу в зварювальному виробництві використовується складальне обладнання, яке в залежності від функціонального призначення поділяється на складальне та складально-зварювальне. На складальному обладнанні операція складання закінчується прихвачуванням деталей. На складально-зварювальному обладнанні крім складання проводиться повне або часткове зварювання виробу, а іноді й витримка після зварювання з метою зменшення зварювальних

деформацій. При цьому операцію зварювання можна виконувати як після попереднього прихвачування так і без нього. Призначення і конструкція обладнання визначаються технологічним процесом, який залежить, перш за все, від виробу його: форми, розмірів, необхідної точності, типу виробництва, програми, наявності виробничих площ, завантаження робочих місць, способу зварювання та інших факторів.

Враховуючи вищенаведені вимоги та особливості технологічного процесу, для виготовлення обичайки використовуємо складально-зварювальне обладнання. При цьому якість зварювання буде вищою, тому що зварювання проводиться безпосередньо після складання та зварна конструкція не зазнає переустановлень і проміжного транспортування.

При виготовленні обичайки камери коксування використовуємо ручний центратор, стапель, роликовий обертач. Основне призначення фіксуючого пристрою є фіксація і закріплення зварюваних деталей. Положення деталей під час складання визначається установчими елементами пристроїв.

### 3.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні зварного виробу

Характерною особливістю складальних одиниць, які входять в склад обичайки коксової камери, являється необхідність складання декількох листів біметалу в послідовності технологічного процесу. При складанні даних листів раніше встановлені деталі, які дотикаються до установлювальних поверхонь пристосування, стають базами для монтажу наступних деталей, тому вимоги необхідності закріплення перших підвищуються.

Із всієї різноманітності зварювальної оснастки, які складають зварну конструкцію, найбільш розповсюдженні ручні центратори (рис. 3.1), які безпосереднього приварюються на один із двох листів біметалу та за допомогою притискних гвинтів (рис. 3.2) цетруються, а також гвинтові стяжки (рис. 3.3). При накладанні на таку заготовку чотирьох ручних центраторів, та трьох

гвинтовий стяжок, то буде забезпечуватись висока точність складання і зварювання листів обичайки, [16] (рис. 3.4).

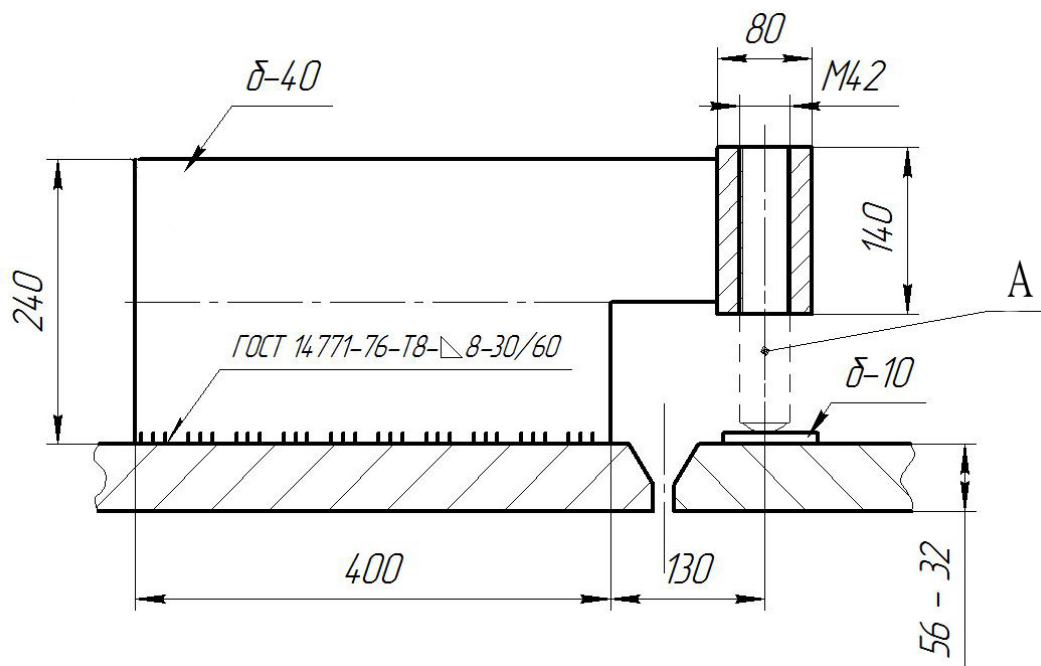


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд ручного центратора

Деталь А

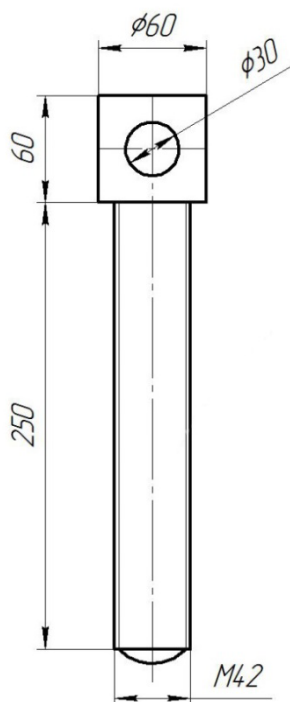


Рисунок 3.2 – Притискний гвинт



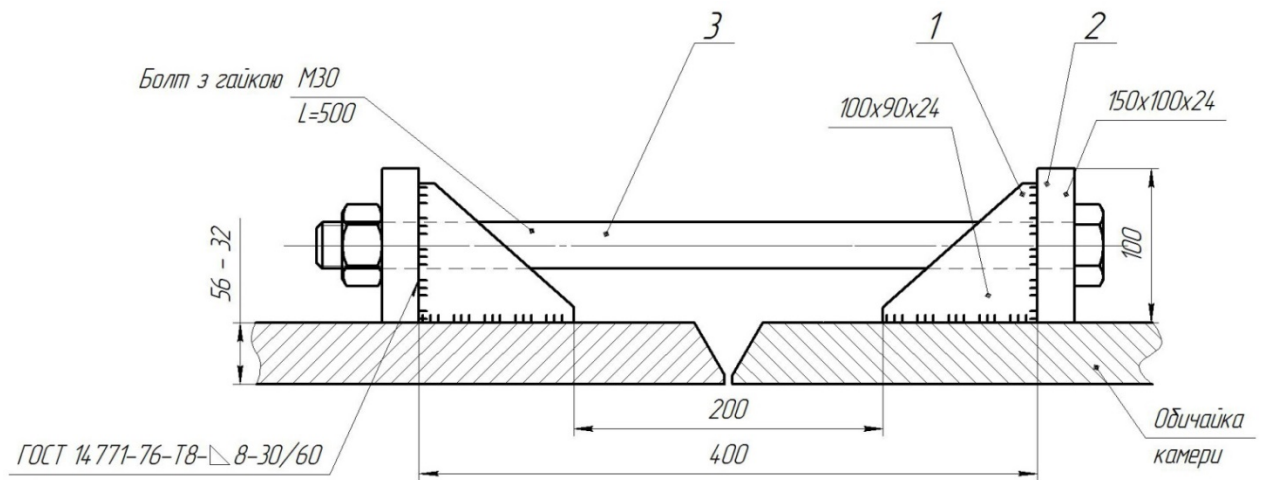


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд гвинтових стяжок

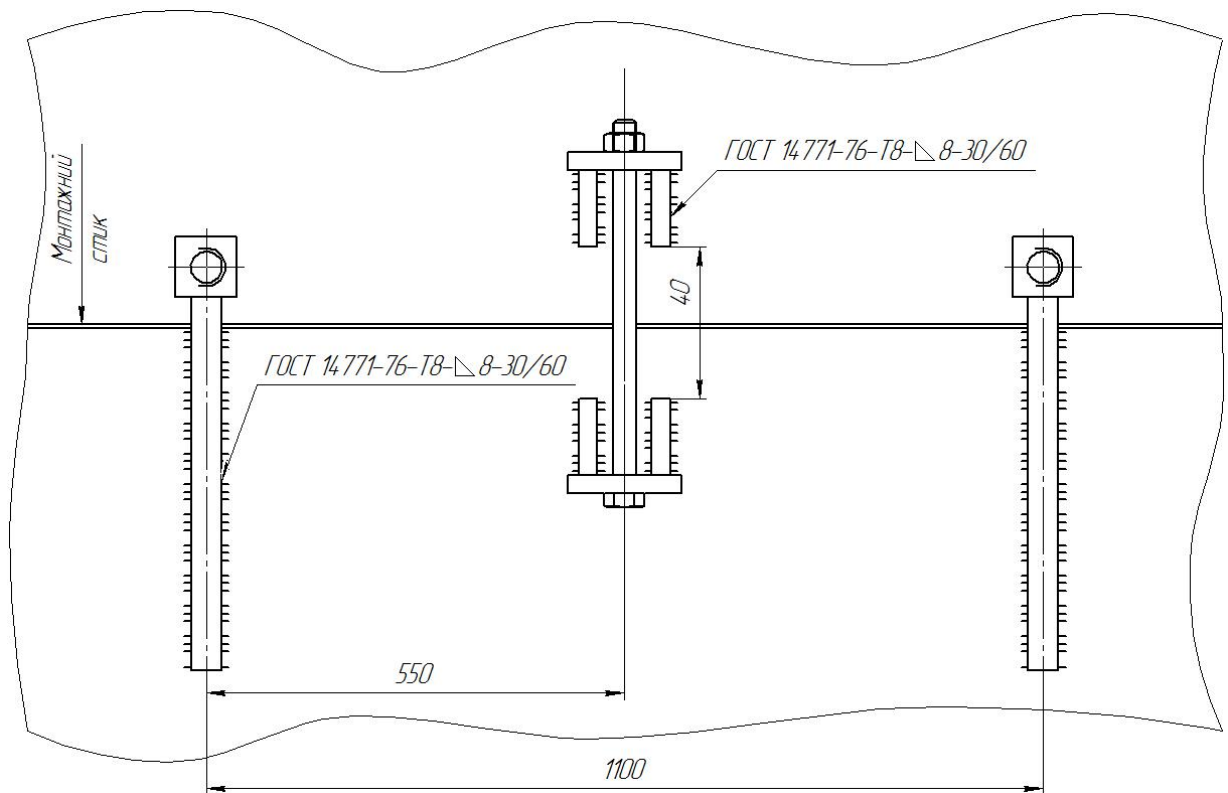


Рисунок 3.4- Розміщення оснастки на листах обичайки

В якості головної базуючої поверхні необхідно вибирати поверхню, яка має найбільші габаритні розміри, а в якості направляючої – поверхню з найбільшою довжиною [16, 6].

Базування деталей ґрунтується на обліку специфіки складання декількох деталей - першої, другої і так далі (в послідовності їх встановлення за технологічним процесом), а також величини зусилля їх затискання після базування.

Специфіка складання під зварювання полягає в необхідності послідовного орієнтування всіх деталей виробу, який складається, їх суміщення у відповідності з розмірами складального креслення і тимчасового закріплення перед зварюванням за допомогою затискних пристосувань або прихвачувань.

Для кожної конкретної деталі виробу, що складається, форма її поверхні визначає форму поверхні і тип деталей пристосування. Таким чином, конструкція встановлювальних елементів, пристосування буде залежати від правильності вибору базових точок, ліній та поверхонь на деталях, які входять в склад тої чи іншої складальної одиниці [3, 5].

Встановлюючи елементи або фіксатори забезпечують правильне встановлення деталей вузла в складальному пристосуванні. До фіксаторів ставляться наступні вимоги:

- забезпечення необхідної точності при встановленні деталей зварного вузла чи конструкції з цілому;
- можливість зручного встановлення деталей в складальне пристосування;
- можливість зручного зварювання вузла;
- необхідна міцність і жорсткість, що запобігають деформації виробу під час зварювання;
- можливість вільного знімання виготовленого виробу з пристосування [14, с.89].

Для встановлення деталей зварюваного вузла за іншими, раніше встановленими деталями цього ж вузла, використовують шаблони.

В якості фіксаторів застосовують також опорні гнізда, які використовують для грубого встановлення виробу по трьох поверхнях. Ширина гнізда повинна бути на декілька міліметрів більшою максимальної

можливої ширини виробу для можливості його вільного встановлення та знімання [16].

Ручні притискачі поділяють на клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні, байонетні. За видом приводу механізовані притискачі діляться на пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні електромагнітні, з постійним магнітом.

У складально-зварювальних пристосуваннях найчастіше застосовуються притискачі з механічним, пневматичним, гідравлічним, магнітним або електромеханічним приводом. В одному пристосуванні бажано застосовувати не більше двох типів притисків. За ступенем механізації затискачі ділять на: ручні-працюють від мускульної сили робітника (їх рекомендується застосовувати в одиничному і дрібносерійного виробництва); механізовані - працюючі від силового приводу, керованого вручну; автоматизовані - здійснюють затиск і розкріплення деталей і вузлів без участі робітника. Останні два типи затискачів рекомендується застосовувати в серійному і масовому виробництві. Різні конструкції затискачів мають різний час спрацьовування і закріплення (звільнення) деталей. Розрахунок затискних пристроїв проводиться зазвичай у дві стадії: спочатку визначають необхідні зусилля затиснення деталей та виробів, потім розраховують конструкції затискного пристрою та інших елементів пристосування на міцність і жорсткість під дією притискаючих зусиль. Закріплені деталі повинні знаходитися в рівновазі під дією притискних сил, а також сил, що виникають в процесі зварювання, реакцій опор, причому повинен забезпечуватися повний контакт базових поверхонь деталей зі усіма установочними елементами пристосування і виключена можливість зсуву деталей.

З технологічних міркувань для встановлення, фіксування та закріплення в пристосування листів обичайки коксової камери використовуємо постійні упори, відвідні фіксатори і притискачі та гвинтові затискачі.

Затискні механізми призначаються для закріплення встановлених у пристосування деталей, заготовок, складальних одиниць і повинні відповідати ряду вимог:

а) затискне зусилля повинне додаватися в обраній точці і мати напрямок, вказаний в схемі закріплення. Як правило, затискачі розташовуються над опорами або поблизу них. Вони не повинні створювати перекидного моменту;

б) затискні механізми повинні розвивати задане розрахункове зусилля для надійного закріплення деталей;

в) розрахунок елементів затискачів (діаметрів пневмоцилиндрів, гвинтів, перетину важелів і т.п.) повинен проводитися заздалегідь обраному або розрахованому зусиллю, розвинутому затискачем, а не навпаки;

г) затискачі не повинні порушувати задане положення деталей, псувати їх поверхні і викликати деформування;

г) притиски повинні бути швидкодіючими;

д) затискні механізми повинні бути зручними і безпечними в роботі.

Гвинтові притискачі - універсальні, надійні в експлуатації, мають просту конструкцію і значно зменшені зусилля, що прикладаються по відношенню до закріплювального виробу [16].

Притискачі відрізняються від затискачів тим, що їх зусилля напрямлене з одного боку, тобто вони притискають деталі або до упорів, або до інших деталей. Затискачі ж затискають деталь із двох протилежних боків. Затискач має дві робочі поверхні, розміщені одна навпроти одної [16].

### 3.3 Вибір типу упорів

Установчі деталі: опори, упори, пальці, шаблони, які утворюють базові поверхні пристосувань, забезпечують правильну орієнтацію деталей в них у відповідності з правилом шести точок.

Встановлюючи елементи або фіксатори забезпечують правильне встановлення деталей вузла в складальному пристосуванні. До фіксаторів ставляться наступні вимоги:

- забезпечення необхідної точності при встановленні деталей зварного вузла чи конструкції в цілому;

- можливість зручного встановлення деталей в складальне пристосування;
- можливість зручного зварювання вузла;
- необхідна міцність і жорсткість, що запобігає деформації виробу під час зварювання;
- можливість вільного знімання готового виробу з пристосування [3, с. 89].

Опори пристосувань поділяють на основні і допоміжні. Основні опори визначають розташування деталі в просторі, обмежуючи всі чи декілька степеней вільності. Допоміжні опори призначенні для надання деталі додаткової жорсткості і стійкості в тих випадках, коли деталь може деформуватись через малу жорсткість. Допоміжні опори індивідуально підводять до встановленої деталі і закріплюють, внаслідок чого вони перетворюються в додаткові жорсткі опори.

Упори встановлюються для фіксування деталей по бокових поверхнях. Упори можуть бути постійними, поворотними, відкидними, відвідними і з'ємними, з рифленою, сферичною чи плоскою базовою поверхнею. Відкидні і відвідні упори використовуються в тих випадках, коли форма деталей при конструкції виробу не дозволяє вільно зняти його після прихоплювання з пристосування.

Постійні упори найбільш розповсюдженні. Вони представляють собою оброблені стійки, кутники, пластини. Упори приварюють до основи пристосування або пригвинчують із фіксуванням штифтами. Для фіксування деталей одночасно по двох поверхнях використовують постійні кутові опори. Установчі пальці можуть бути постійними і змінними. Використовуються в складально-зварювальних пристосуваннях для встановлення на них деталей з одним чи двома отворами.

Постійні пальці жорстко закріплені на пристосуванні за допомогою зварювання, запресування або кріпильної різьби. Знімні і відкидні пальці використовують, якщо застосування постійного пальця утруднює встановлення або знімання деталей.

Шаблони є проміжною базою між деталями, використовуються для встановлення деталей в заданому положенні по інших, раніше встановлених елементах вузла.

В якості фіксаторів застосовують також опорні гнізда, які використовують для встановлення виробу по трьох поверхнях. Ширина гнізда повинна бути на декілька міліметрів більшою максимальної можливої ширини виробу для можливості його вільного встановлення та знімання [3, с. 91].

### 3.4 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок

Для виготовлення зварних конструкцій високої якості потрібне правильне складання деталей зварюваного виробу, тобто їх правильне взаємне встановлення та закріплення.

Процес складання зварювального виробу складається із ряду послідовних операцій. Насамперед вимагається подати деталі, із яких складається виріб або зварний вузол, до місця складання. Потім необхідно встановити ці деталі в складальному пристосуванні в певному положенні. В цьому положенні деталі повинні бути закріплені, після чого їх зварюють. Подача деталей до місця складання і встановлення їх в необхідному положенні здійснюється універсальним або спеціальним транспортним обладнанням. Положення деталей під час складання визначається установчими елементами пристосування або іншими, суміжними деталями. Деталі закріплюють затискними елементами складальних пристосувань.

Таким чином, основним призначенням складального обладнання в зварювальному виробництві є фіксація та закріплення зварювальних деталей [14, с. 50].

Для остаточного складання і зварювання обичайки коксової камери використовують роликовий стенд.

Роликові стенди призначені для обертання циліндричних і конічних виробів зі швидкістю зварювання при автоматичному зварюванні кільцевих

швів, а також для обертання виробів з маршовою швидкістю та встановлення їх в зручне положення для зварювання, складання, обробки і контролю. За допомогою роликівих стендів забезпечується також зварювання поздовжніх швів обичайок з використанням зварювальних тракторів чи самохідних візків з підвісними зварювальними головками. У залежності від вантажопідйомності роликіві стенди поділяються на: легкі до 5т, середні до 10т та важкі до 50т. Різноманітні за призначенням роликіві стенди монтують на фундаментній рамі з типових уніфікованих роликівих опор та приводів, що виготовляються серійно в централізованому порядку. Розрізняють приводні та холості роликоопори. Приводні роликоопори виготовляються редукторними та безредукторними. Ті та інші мають вали з хвостовиками для з'єднання з головним приводним валом та з сусідніми роликооперами. Холості роликоопори, приймаючи до уваги уніфікацію, розташовують на осях, що обертаються. В залежності від призначення холості роликоопори виготовляються: нормальними, переставними, перекидними, пересувними та балансирними. Для збільшення сили зчеплення та забезпечення плавності обертання зварюваного виробу усі ролики облаштовані гумовими вантажними шинами. Для складальних робіт застосовують стенди з довгими трубчастими металевими роликооперами. Такі стенди забезпечують співвісність обичайок при складанні кільцевих стиків для зварювання. Кількість роликоопор та відстань між ними вибирають в залежності від розмірів та маси зварюваного виробу. Роликіві стенди комплектуються уніфікованими електроприводами, які забезпечують перемикання з маршової на зварювальну швидкість обертання виробу. Швидкість зварювання відповідає коловій швидкості приводного ролика, не залежить від діаметра виробу та плавно регулюється зміною обертів електродвигуна постійного струму.

Для вибору типових елементів роликівих стендів необхідно розрахувати радіальне навантаження на одну опору  $Q$  і потужність електродвигуна  $N_{дв}$ .


Дійсна радіальне навантаження на одну опору  $Q$  (рисунок 3.6) розраховується за формулою:

$$Q = G / (2 \cdot \cos a/2), \text{ Н}, \quad (3.1)$$

$$Q = 24542,4 / (2 \cdot \cos 50/2) = 13559,33 \text{ Н}.$$

Потужність електродвигуна приводу визначається за наведеним моменту:

$$M_{np} = \left( \frac{G}{\cos a} \right) \cdot f_1 \cdot \left( \frac{R}{r} + 1 \right), \quad (3.2)$$

де  $G$  — маса виробу;  $f_1$  — коефіцієнт тертя кочення;  $R, r$  і  дивись рисунок 3.6

$$M_{np} = \left( \frac{24542,4}{\cos 50} \right) \cdot 0,04 \cdot \left( \frac{2,75}{0,3} + 1 \right) = 16634,3 \text{ Вт}.$$

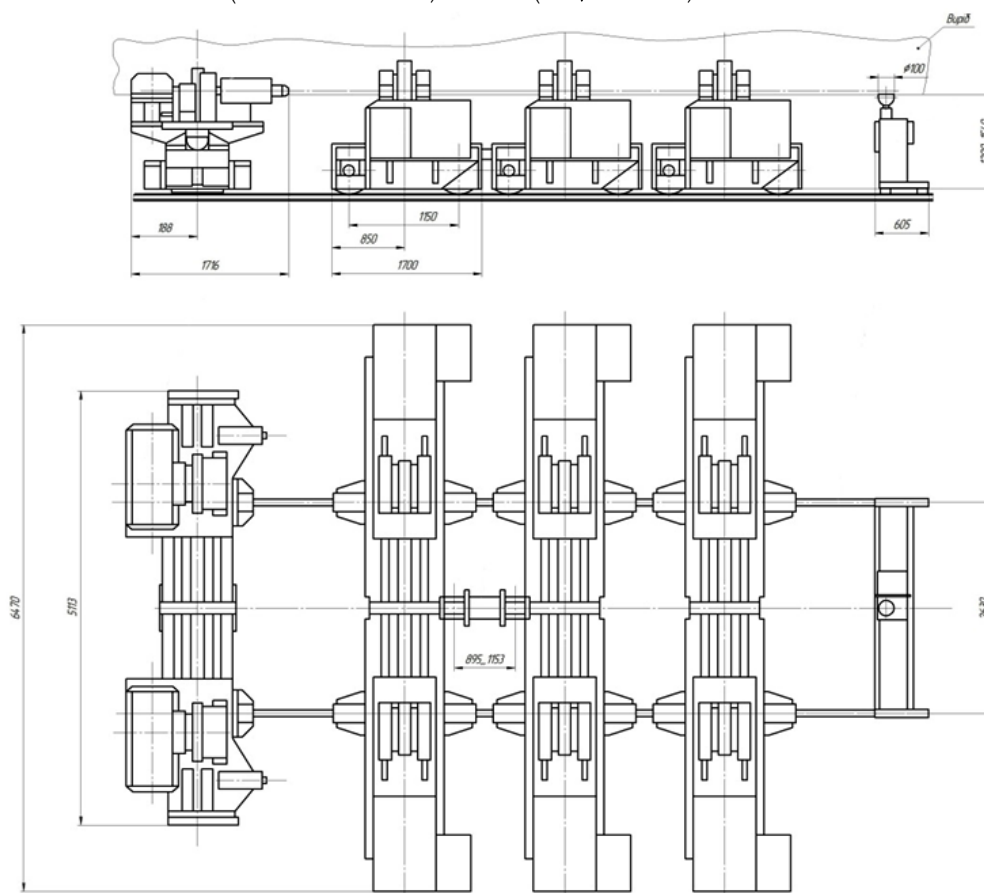


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд роликового стенду



Потужність електродвигуна  $N_{\text{дв}}$  знаходиться за формулою:

$$N_{\text{дв}} = 0,7355 \cdot M_{\text{нр}} \cdot \frac{n}{(71620 \cdot \eta)}, \quad (3.3)$$

де  $n$  — частота обертання виробу;  $\eta$  — ККД всіх передаточних ланок від електродвигуна до виробу;  $M_{\text{нр}}$  — найбільший крутний момент:  $M_{\text{нр}} = M1 + M2$ ,  $M1$  — момент тертя ковзання в цапфах:

$$M1 = Q \cdot f \cdot r; \quad (3.4)$$

де  $f$  — коефіцієнт тертя ковзання;  $r$  — радіус цапфи;

$$M1 = 13559,33 \cdot 0,3 \cdot 0,15 = 610 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$M2$  — момент для подолання статичної нерівноваги:

$$M2 = Q \cdot p; \quad (3.5)$$

де  $p$  — ексцентриситет.

$$M2 = 13559,33 \cdot 0,1 = 1356 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M_{\text{нр}} = 610,17 + 1356 = 1966 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$N_{\text{дв}} = 0,7355 \cdot 1966 \cdot \frac{6}{(71620 \cdot 0,9)} = 0,134 \text{ кВт}.$$

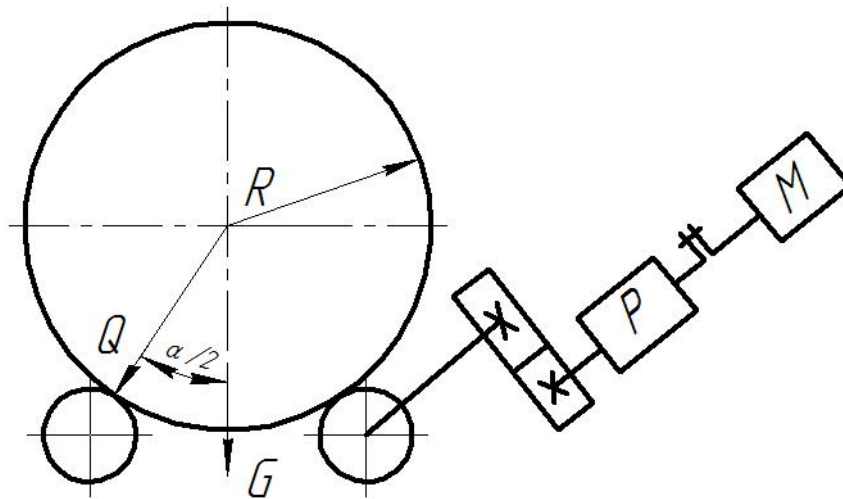


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема опор роликового стенда

### 3.5 Розрахунок зварних з'єднань на міцність

При виготовленні виробу для підйому робочого до автомата використовують драбину. Драбина приварюються кутовими швами до порталу та вона працює на розтяг.

Зусилля навантаження драбини  $P=400$  кг. Товщина сегмента драбини 5мм, ширина 60мм, катет 5мм. Матеріал ВСт3сп.  $\sigma_B=370-480$  МПа,  $\sigma_{02}=245$  МПа,  $[\sigma'_p]=160$  МПа.

Розрахунок на міцність зварних з'єднань будемо проводити на зріз за формулою [22, с.16]:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau']; \quad (3.5)$$

де  $P$  – зусилля на розтяг, Н;

$F$ - площа поперечного перерізу шва, м<sup>2</sup>.

Визначимо дотичне напруження в з'єднанні при умові що:

$$[\tau'] = 0.6 \cdot [\sigma'], \quad (3.6)$$

$$[\tau'] = (0.6 \div 0.65) \cdot [\sigma'_p] = 0.6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа},$$

$$\tau' = \frac{0,004}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,06} = 95,23 \text{ МПа}.$$

Умова  $\tau' \leq [\tau]$  виконується. Визначимо максимальне несуче навантаження шва [22, с.16]:

$$P = 2[\tau'] \cdot \beta \cdot K \cdot l, \quad (3.7)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який залежить від способу зварювання;

$l$  – довжина шва;

$K$  – катет шва.

$$P = 2 \cdot 95,23 \cdot 0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,06 = 0,04 \text{ МН}.$$

Отже, умова міцності виконується, сегмент драбини витримає несуче навантаження.

### 3.6 Розрахунок перетину стійки порталу

Розрахунок перетину стійки проводиться виходячи з умови недопущення перевищення робочої напруги в конструкції допускаються напруженням.

На стійку діє момент від ваги поперечної балки порталу  $q = 500 \text{ Н / м}$  і момент від ваги зварювального апарату  $P = 1500 \text{ Н}$  (рис. 3.7)

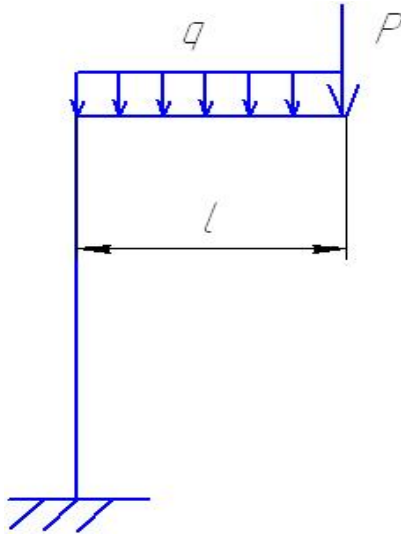


Рисунок 3.7 – Схема навантаження стійки портала

Момент від дії цих сил буде рівний, [17]:

$$M = P \cdot l + q \cdot l \cdot l/2 \text{ Н/м}; \quad (3.8)$$

,де  $l$ - половина довжини поперечної балки портала і рівна 4м.

$$M = 1700 \cdot 4 + 500 \cdot 4 \cdot 4/2 = 10 \text{ кН/м}$$

Потрібний момент опору розраховуємо за формулою:

$$W_{mp} = \frac{M}{[\sigma_p]} \quad (3.6)$$

, де  $[\sigma_p]$ - допустимі нормальні напруження, приймаємо рівними 180 МПа

$$W_{mp} = 10 \cdot 10^3 / 180 \cdot 10^6 = 0.055 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

Момент інерції перерізу відносно осі  $x$  розраховуємо за формулою:

$$J_x = 2 \cdot (h_e \cdot \delta_e / 12 + h_z \cdot \delta_z / 12 + A \cdot a) \quad (3.7)$$

де А - площа перерізу верхнього листа

$$J_y = 2 \cdot (0.3 \cdot 10 \cdot 10 / 12 + 0.15 \cdot 10 \cdot 10 / 12 + 0.15 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0.145) = 1.07 \cdot 10 \text{ м.}$$

Момент інерції перерізу відносно осі x більше потрібного моменту інерції відповідно вибранні геометричні розміри перерізу відповідають вимогам стійкості.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці

Для забезпечення нормальних умов праці необхідний розрахунок потреби санітарно-побутових приміщень. Всі виробничі приміщення повинні використовуватися тільки за призначенням і мати проектно-технічну документацію.

В проходах між цехами і в приміщення для відпочинку розміщені установки з газованою водою, [18].

Метеорологічні умови виробничого середовища суттєво впливають на здоров'я людини, зокрема температура повітря, вологість відносна, швидкість руху повітря. Оптимальні значення метеорологічних умов в робочих зонах виробничих приміщень вказані у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Оптимальні значення метеорологічних умов в робочих зонах виробничих приміщень

Характеристика приміщень	Категорія важкості фізичних робіт	Період року	Температура, °С	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Розвантажувальна ділянка	Середньої важкості II-а	холодний	24	60	0,2-0,3
		теплий	21	60	0,2-0,4
Заготівельна дільниця	Середньої важкості	холодний	24	60	0,2-0,3
		теплий	21	60	0,2-0,4
Складально-зварювальна дільниця	Середньої важкості II-б	холодний	20	60	0,2-0,4
		теплий	22	60	0,2-0,5

Оскільки, при виготовленні сепаратора в повітря робочої зони потрапляють токсичні гази, пари, пил, тому в цеху використовується вентиляція. Вентиляція є головним засобом створення нормальних метеорологічних умов у робочій зоні. Система вентиляції забезпечує видалення з робочої зони

шкідливих речовин у ході технологічного процесу. Характеристика штучної вентиляції наведена в таблиці 4.2 відповідно ДБН В.2.5-64:2012 «Опалення, вентиляція і провітрювання».

Таблиця 4.2- Характеристика штучної вентиляції

Приміщення	Тип вентиляції	Вентиляційне обладнання	Кратність повітрообміну
Складально-зварювальна дільниця	Припливно-витяжна	ВЦ 14-46 №4 N=1,1кВт W=1000хв <sup>-1</sup> Q=2250-3800м <sup>3</sup> /год	1-2

Для створення нормальних умов роботи у механічному цеху встановлюється значення мінімальної освітленості згідно санітарних норм і правил ДБН В.2.5-28:2006 «Природне і штучне освітлення».

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення покращує умови зорової роботи, запобігає втомлюваності, сприяє підвищенню продуктивності праці і якості робіт, виявляє позитивну технологічну дію на працюючого, підвищує безпеку праці і знижує травматизм на виробництві . Дані по освітленості складально-зварювальної дільниці наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Характеристика штучної освітленості робочих місць

Назва приміщення	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк				Тип світильника
		загальне освітлення	комбіноване	аварійне	евакуаційне	
Складально-зварювально дільниця	IV-й	300	500	12	0,5	ВЗГ-100

У ході виконання технологічного процесу присутній ряд шкідливих факторів як шум, вібрація, виділення шкідливих речовин, теплове і світлове випромінювання.

Дія шуму та вібрації зменшуються з використанням звуко-, вібропонижаючої оббивки, а також за допомогою індивідуального захисту.

Боротьба з тепловим випромінюванням здійснюється за допомогою теплоізоляції нагрітих поверхонь та екранування їх, використання захисного одягу, захисних окулярів, щитків та інших.

Для шкідливих речовин які виділяються у процесі зварювання використовується вентиляція та засоби індивідуального захисту.

При виготовленні корпусу сепаратора потрібно користуватися засобами індивідуального захисту.

#### 4.2 Аналіз та характеристика потенційних небезпек та шкідливостей на дільниці цеху

Процес виготовлення сепаратора містить ряд технологічних операцій, які мають потенційну небезпеку та шкідливі фактори і які можуть загрожувати здоров'ю працівника.

Технологічний процес виготовлення сепаратора включає нарізку листів на гільйотинних ножницях Nilalsan AGM, які транспортуються за допомогою мостового крана КМ16; зварювання обичайок та днищ автоматичним зварюванням під флюсом.

Так, під час виготовлення сепаратора, на робочому місці виникають забрудненість та загазованість повітря, підвищений рівень шуму, опромінення ультрафіолетовими променями, можливі опіки, удари, притискачі. Тому, потрібно дотримуватись правил техніки безпеки та експлуатації обладнання [18, 19]. Аналіз та характеристика потенційно небезпечних виробничих факторів та їх допустимі значення показано в табл.4.4.

При зварюванні корпусу теплообмінника використовуються різні види зварювання, при яких виділяються шкідливі речовини, які негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє середовище. Тому при зварюванні необхідно користуватися санітарно-гігієнічними вимогами до повітря робочої зони (ГОСТ 12.1.005-88. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони). Інтенсивність виділення шкідливих газів залежить від способу зварювання, марки зварювальних матеріалів і зварюваного металу. При виготовленні корпусу



теплообмінника використовується сталь 09Г2С, та зварювальні матеріали: зварювальний дріт Св-08А, зварювальний флюс АН-60.

Таблиця 4.4-Аналіз потенційних небезпек виробничих факторів

Джерела небезпек	Характеристика потенційних небезпечних виробничих факторів та їх допустимі значення
Мостовий кран двохбалочний КМ16 (Q=16т). Тип двигуна МТН512-6, N=55кВт	Знаходження працівника у зоні можливого падіння вантажу, удари від подавальних пристроїв
Різка на гільйотинних ножницях Нілсан АГМ N=30кВт	Рівень звукової потужності при f=125Гц Lp=100дБ, фактичний Lp=115-120дБ [21], незахищені струмоведучі частини
Автоматичне зварювання під флюсом. Автомат А-14163, Випрямляч ВДУ – 1202, N=90кВт	Виділення окислу марганцю 0,11-0,7мг/м3, допустимий 2,5-мг/м3. Високий струм до 1000А. Висока напруга 380В. Рівень звукової потужності Lp=108дБ при f=125Гц

Для забезпечення безпеки монтажу та експлуатації основного зварювального та допоміжного механічного обладнання, на складально-зварювальній ділянці з виготовлення корпусів теплообмінника передбачено ряд заходів:

- встановлення та монтаж установок виконують згідно з робочими кресленнями та монтажними планами;
- від ураження електричним струмом використовується захисні заземлення, захисні кожухи струмопідвідних частин обладнання;
- для захисту від світлового випромінювання ділянка зварювання обладнується огорожею, працюючим видається захисний одяг, маски, взуття та рукавиці;
- при експлуатації зварювального обладнання і електроустановок необхідно дотримуватися «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок промислових підприємств», [20].

Для забезпечення безаварійної, продуктивної і безпечної роботи автомату А-14163 необхідно дотримувати правила його введення в експлуатацію і технічне обслуговування при його роботі. Заходи, що проводяться з

устаткуванням мають бути зафіксовані в паспорті - атестаті на цей тип устаткування. Введення автомату А-14163 в експлуатацію проводиться відповідно до рекомендацій підприємства-виробника, які додаються до технічного паспорта.

У таблиці 4.5 наведені міри захисту від виявлених потенційних небезпек виробничих факторів. Також при виготовленні корпусу сепаратору на складально-зварювальній дільниці механічного цеху необхідно дотримуватися наступних вимог техніки безпеки :

- забороняється заземлювати окремі частини обладнання паралельно;

Таблиця 4.5- Технічні заходи захисту від виявлених потенційних небезпек виробничих факторів

<b>Небезпечний фактор виробничого середовища</b>	<b>Проектний або вибраний захисний засіб</b>	<b>Технічна характеристика пристрою або захисту</b>	<b>Місце розміщення на плані або на обладнанні, час використання</b>
Електротравматизм від струмопідвідних частин обладнання	Заземлення, подвійна ізоляція	Недоступність струмопідвідних частин. Відсутність небезпеки заземлення на корпус.	Постійне використання. При пошкодженій ізоляції дії заземлення
Пошкодження шкіри рук та очей стружкою металу	Захисне огороження, захисні окуляри тип 0,6;06-72 ГОСТ 4.013-79; спецодяг МН ГОСТ 4.010-75, спец.рукавиці МН ГОСТ 4.010-75	Огороження повинно забезпечувати максимальний захист працюючих. Окуляри захисні з вентиляцією	По всій довжині виробу. Постійне використання
Травми органів зору через випромінювання	Захисне огороження, використання засобів індивідуального захисту, світлофільтри	Огороження повинно забезпечувати максимальний захист працюючих	Навколо місця зварювання. Постійне використання
Отруєння шкідливими речовинами	Вентиляційні установки	Зниження рівня концентрації шкідливих речовин у робочій зоні до гранично допустимого	Біля джерела виділення шкідливих речовин . Використання під час проведення технологічних операцій

- кожний пристрій, який відноситься до заземлення повинен безпосередньо бути заземлений;
- робота на зварювальному обладнанні дозволяється при наявності надійного заземлення зварювального джерела, шафи живлення та самого автомата;
- місце зварювання необхідно обгороджувати щитами;
- забороняється наявність біля місця зварювання легкозаймистих речовин;
- зварювальники можуть бути допущені до роботи після детального інструктажу з техніки безпеки;
- зварювальники повинні мати рукавиці, спецодяг та взуття;
- підключення, відключення та ремонт зварювального обладнання повинен проводити лише наладчик;
- відповідальність за техніку безпеки на ділянці несе начальник ділянки або майстер [20].

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В даній роботі удосконалено технологічний процес зварювання сепаратора для очищення технічного газу. У порівнянні із базовим у проектному варіанті з метою підвищення продуктивності запропоновано замінити напівавтоматичний спосіб дугового зварювання основного шару біметалу із сталі 09Г2С на більш раціональний спосіб за витратами матеріалів та електроенергії на автоматичне дугове зварювання під шаром флюсу.

Для реалізації модернізованого технологічного процесу зварювання обичайки та днищ запропоновано на операції зварювання основного шару біметалу застосовано багатопрохідне автоматичне дугове зварювання підшаром флюсу автоматом А-1416 із джерелом живлення ВДУ1202. В якості технологічного оснащення запропоновано використати роликовий стенд, пересувний портал, гідравлічний притискач-центратор, притискні лапи. Для неруйнівного контролю якості зварних швів обрано ультразвукову дефектоскопію на установці УД2301.

Застосування флюсу АН-60 як захисту розплавленого металу дозволило стабілізувати дугу на круговому багатопрохідному зварному шві великої протяжності, розкислити зварний шов, додатково легувати зварний шов кремнієм та марганцем, забезпечуючи високі механічні властивості зварного шва. Одночасно зменшилися витрати електродного дроту, оскільки виключаються вигорання та розбризкування, та покращилася якість зварного шва, оскільки шов отриманий при зварюванні під флюсом є більш однорідним та малопористим. Також покращилися умови праці робітників, оскільки зменшилось виділення шкідливих газів через щільну кірку розплаву та практично стало відсутнє випромінювання дуги, яка горить під шлаковим розплавом.

Для обраного способу зварювання підібрано обладнання, проведено обрахунки режимів, розроблено стенд для обертання заготовки сепаратора, проведено міцнісні розрахунки деталей складально-зварювального оснащення.

Для ділянці зварювання визначено основні потенційні небезпечні фактори зварювального виробництва: можливі падіння вантажів, значний рівень шуму та підвищене виділення оксиду марганцю та надано рекомендації, щодо зменшення небезпек.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 2 Теория сварочных процессов [Текст]/ Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
- 3 Кривов Г.О Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
- 4 Никифоров Г.Д. Технология и оборудование сварки плавлением / Г.Д. Никифоров, Г.В. Бобров, В.М. Никитин и др.; - М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
- 5 Щокін В.А. Технологічні основи зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / В.А. Щокін.- Ростов н / Д.: Фенікс, 2009. - 345 с.
- 6 Александров А.Г. Эксплуатация сварочного оборудования. Александров А.Г., Заруба И.И., Пиньковский Н.В. – К.: Будивэльник, 1990. – 224 с.
- 7 Куркин С.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве. / Куркин С.А., Николаев Г.А. - М.: Высшая школа, 1991. – 398 с.
- 8 Лукьянов В.Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях [Текст]/ В.Ф. Лукьянов, В.Я. Харченко, Ю.Г. Людомирский. – Ростов н/ Д.: Феникс, 2009. – 315 с.
- 9 Справочник. Сварка и свариваемые материалы. В 3-х т. [Текст] / Под ред. Э.Л Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.
- 10 Колчака Л.А. Зварювальне виробництво / Л.А. Колчака. - Ростов н / Д.: Фенікс, 2002. - 512 с.
- 11 Костін О.М. Зварювальні матеріали [Текст]: навчальний посібник. / О.М. Костін О.М. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.
12. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением [Текст]: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроение, 1987. – 640 с.

- 13 Биковский О.Г. Довідник зварника [Текст]: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
14. Александров О.Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення [Текст]: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк, Капустян О.Є. – Львів: Новий світ – 2000, 2013. – 224 с.
15. Волченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций [Текст]: учебн. / В.Н.Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.
16. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві .-К.: Арістей, 2005. – 268с.
17. Николаев Г.А. Сварные конструкции расчет и проектирование [Текст]: ученик / Г.А. Николаев, В.А. Винокуров. – М.: Высшая школа, 1990 – 446 с.
18. Жидецький В.Ц., Джигірей В.С. Основи охорони праці. – Львів:”Афіша”, 2000.-350 с.
19. Бедрій Я. І. Безпека життєдіяльності. – К.: Київ, Кондор, 2009. 286 с.
20. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, <  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#n22> >
21. ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.
22. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.

## **ДОДАТКИ**