

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

факультет інженерії машин, споруд та технологій  
 (повна назва факультету)  
 кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
 (повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення посудини ізотермічної ємності»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МЗс-41  
 спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

|                   |          |                        |
|-------------------|----------|------------------------|
|                   | _____    | Магеровський Д.Б.      |
|                   | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Керівник          | _____    | Барановський В.М.      |
|                   | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Нормоконтроль     | _____    | Ткаченко І.Г.          |
|                   | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Завідувач кафедри | _____    | Окіпний І.Б.           |
|                   | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Рецензент         | _____    | Ляшук О.Л.             |
|                   | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

Тернопіль  
2021

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
 (повна назва факультету)  
 Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
 (повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри  
 \_\_\_\_\_ доц. Окіпний І.Б.  
 (підпис) (прізвище та  
 ініціали)  
 «    » 2021 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
 (назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»  
 (шифр і назва спеціальності)

студенту Магеровському Дмитру Богдановичу  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення посудини ізотермічної ємності»

Керівник роботи Барановський Віктор Миколайович, д.т.н., професор  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» 01 2021\_року № 4/7-36.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15.06.2021

3. Вихідні дані до роботи 1. Базовий технологічний процес виготовлення зварного виробу.

2. Креслення посудини ізотермічної ємності. 3. Креслення колони зварювання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Загально-технічна частина. 2. Технологічна частина. 3. Конструкторська частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Креслення посудини ізотермічної ємності, технологічний процес виготовлення посудини, креслення колони зварювання, деталювання.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | <i>к.т.н, доц. Окіпний І.Б.</i>           |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання 25.01.2021.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів роботи                           | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1     | Загально-технічна частина.                    | Лютий                          |          |
| 2     | Технологічна частина                          | Березень                       |          |
| 3     | Конструкторська частина.                      | Квітень                        |          |
| 4     | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | Травень                        |          |
| 5     | Графічна частина                              | Червень                        |          |
| 6     |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Магеровський Д.Б.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Барановський В.М.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення посудини ізотермічної ємності» на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка».

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів пояснювальної записки, основний зміст якої виконано на 58 сторінках, списку використаних джерел з 34 джерел і 2 додатків. Робота має 12 рисунків, 14 таблиць та 5 аркушів графічного матеріалу.

Мета роботи: підвищення якості зварювання посудини ізотермічної ємності за рахунок напівавтоматичного дугового зварювання в середовищі захисного газу.

У загально-технічній частині наведено опис зварного виробу.

У технологічній частині роботи описано базову та удосконалену технологію зварювання посудини ізотермічної ємності, наведено загальну характеристику процесу та матеріалу для зварювання посудини.

У конструкторській частині роботи описано вибір пристосувань для зварювання посудини ізотермічної ємності, наведено розрахунок основних параметрів зварювання та технологічних параметрів виготовлення зварного виробу.

У розділі «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці» наведено заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП .....   | 5  |
| 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА .....  | 6  |
| 1.1. Призначення та опис конструкції зварного виробу .....  | 6  |
| 1.2. Технічні вимоги до зварного виробу .....   | 7  |
| 1.3. Висновки та постановка задач для виробництва посудини<br>ізотермічної ємності .....                          | 9  |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....   | 11 |
| 2.1. Характеристика основного металу для виробництва зварної<br>конструкції .....                                 | 11 |
| 2.2. Опис способу зварювання посудини ізотермічної ємності .....  | 13 |
| 2.3. Опис підготовчих операцій для виготовлення посудини<br>ізотермічної ємності .....                            | 17 |
| 2.4. Вибір обладнання, оснащення і пристосування для проведення<br>зварювання посудини ізотермічної ємності ..... | 21 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....  | 36 |
| 3.1. Розрахунок і вибір режиму зварювання посудини ізотермічної<br>ємності .....                                  | 36 |
| 3.2. Розрахунок технологічних параметрів виробництва посудини<br>ізотермічної ємності .....                       | 38 |
| 3.3. Контроль якості зварного виробу .....  | 45 |
| 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ .....   | 48 |
| 4.1. Характеристика та аналіз потенційних небезпек в цеху .....   | 48 |
| 4.2. Заходи пожежної безпеки при експлуатації обладнання .....  | 52 |
| 4.3. Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях .....   | 53 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....   | 58 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....  | 59 |
| ДОДАТКИ .....   | 62 |

## ВСТУП

Зварювальна техніка та технологія займає одне з провідних місць в сучасному виробництві. Розвиток техніки і технології пред'являє все нові вимоги до способів виробництва і, зокрема до технології зварювання.

Сьогодні зварюються матеріали, які ще відносно недавно вважалися екзотичними. Зварюються деталі електроніки товщиною в кілька мікрон і деталі важкого устаткування товщиною в кілька метрів.

Постійно ускладнюються умови, в яких виконуються зварювальні роботи:

- зварювати доводиться під водою;
- при високих температурах;
- в глибокому вакуумі;
- при підвищеній радіації;
- в невагомості.

Недарма зварювання стала другим після складання технологічним процесом, вперше в світі випробуваним нашими космонавтами в космосі.

Зварювання в багатьох випадках замінила такі трудомісткі процеси виготовлення конструкцій, як клепка та лиття, з'єднання на різьбі та кування.

У наступні роки стали застосовувати прогресивні способи зварювання: зварювання виробів ультразвуком, електронно-променеве зварювання виробів, плазмове, дифузійне, холодне зварювання виробів, зварювання виробів тертям тощо [2].

Необхідність підвищення продуктивності праці веде до збільшення рівня механізації і автоматизації зварювального виробництва, до його оснащення новими складними машинами і агрегатами, без яких сьогодні неможливо серійне виробництво багатьох видів продукції.

В останні роки патентні відомства щомісяця реєструють більше 200 винаходів в області зварювальної техніки і технології – такі темпи розвитку зварювального виробництва.

## 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Призначення та опис конструкції зварного виробу

Посудина ізотермічної ємності призначена для зберігання рідкого двоокису вуглецю.

Характеристика виробу представлена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика посудини ізотермічної ємності

| Показники характеристики                               |              | Найменування робочого простору |             |
|--|--------------|--------------------------------|-------------|
|  |              | Корпус                         | Підігрівач  |
| Робочі або умовний тиск,<br>мПа (кгс/см <sup>2</sup> ) |              | До 0,007 (0,7)                 | 1,0 (10,0)  |
| Робочі або умовний тиск,<br>мПа (кгс/см <sup>2</sup> ) |              | 0,07 (0,7)                     | 1,0 (10,0)  |
| Пробний тиск,<br>мПа (кгс/см <sup>2</sup> )            | гідравлічний | 0,2 (2,0)                      | 1,27 (12,7) |
|  | пневматичний | -                              | -           |
| Робоча температура середовища, °С                      |              | 50-80                          | 180         |
| Розрахункова температура стінки, °С                    |              | 150                            | 180         |
| Мінімально допустима негативна температура стінки, °С  |              | -60                            |             |
| Маса порожньої посудини, кг                            |              | 10333                          | -           |
| Середовище випробування                                |              | Вода                           | Вода        |
| Температура випробувальної середовища, °С              |              | 15                             | 15          |
| Внутрішній діаметр, мм                                 |              | 3000                           | Ф32х3       |
| Довжина (висота), мм                                   |              | 5570                           | 52000       |
| Найменування робочого середовища                       |              | Сира нафта,<br>вода            | Пара водяна |
| Внутрішній об'єм, м <sup>3</sup>                       |              | 32                             | -           |

Посудина являє собою циліндр, зварений з декількох обичайок, які виготовлені з листової сталі. До циліндричним крайках корпуса приварюються днища, які також складаються з декількох листів сталі.

До зовнішньої поверхні посудини приварюються трубопроводи обв'язки, фланець кришки. Усередині ємності знаходиться випарник для підтримки парової фази вуглекислоти [11].

Схему посудини ізотермічної ємності наведено на рис. 1.1.

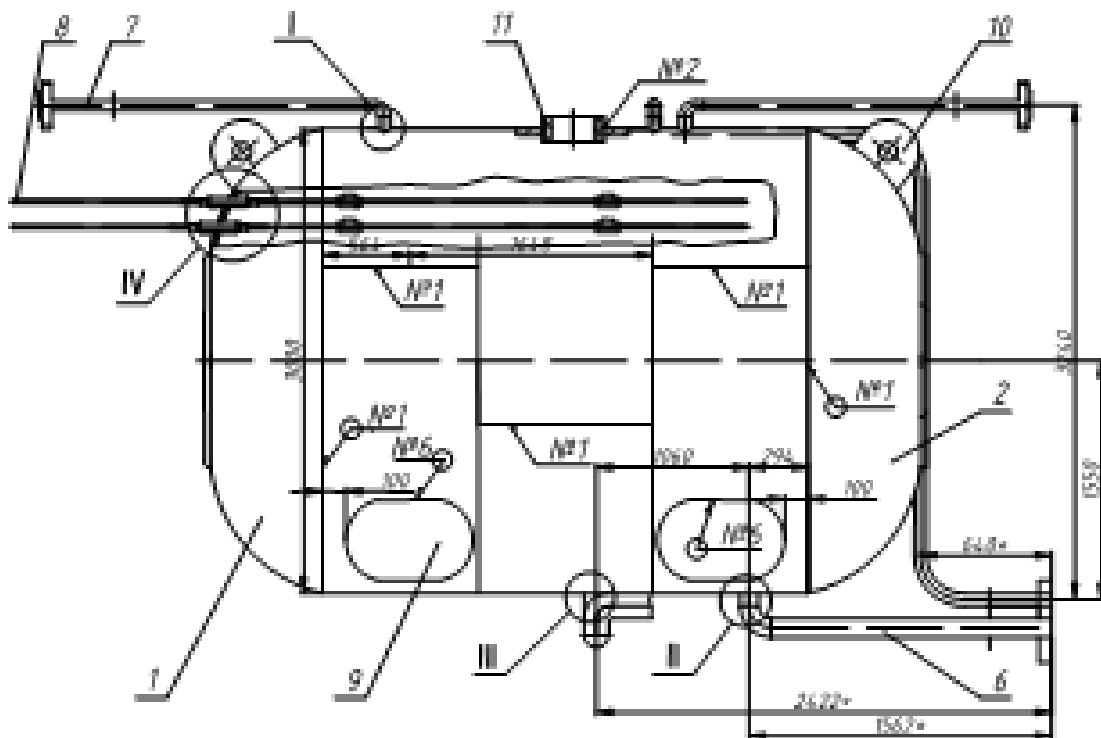


Рисунок 1.1 – Посудина ізотермічної ємності: 1, 2 – днище;  
3 - 7 – трубопроводи; 8 – підігрівач; 9 – накладка; 10 – вушко; 11 – фланець

Посудина ізотермічної ємності складається із днищ 1 та 2, трубопроводів 3 -7 для транспортування продукту (двоокису вуглецю), підігрівача 8, накладки 9, вушка 10 та фланців 11.

## 1.2. Технічні вимоги до зварного виробу

Посудинами, що працюють під тиском, називаються герметично закриті ємності, призначені для здійснення в них хімічних і теплових процесів, а також



для зберігання та перевезення стиснених, зріджених і розчинених газів та рідин.

Посудини, що працюють під тиском, належать до об'єктів з підвищеною небезпекою, тому при їх виготовленні та експлуатації необхідно дотримуватись вимог ДНАОП 0.00-1.07-94 "Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском". Дія цих Правил поширюється на:

- посудини, які працюють під тиском води з температурою вище 115 °С або іншої рідини з температурою, що перевищує температуру кипіння при тиску 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>3</sup>), без врахування гідростатичного тиску;
- посудини, що працюють під тиском пари або газу, вищим 0,07 МПа;
- балони, призначені для транспортування і зберігання зріджених, стиснених і розчинених газів під тиском, вищим 0,07 МПа;
- цистерни та бочки для транспортування і зберігання зріджених газів, тиск пари яких при температурі до 50 °С перевищує тиск понад 0,07 МПа;
- цистерни і посудини для транспортування і зберігання зріджених, стиснених газів, рідин і сипких тіл, в яких тиск вище 0,07 МПа утворюється періодично для їх випорожнення;
- барокамери.

Посудини, що працюють під тиском, до пуску в роботу мають бути зареєстровані в експертно-технічних центрах (ЕТЦ). Реєстрації в БТЦ підлягають:

а) посудини 1-ї групи, що працюють при температурі не вище 200 °С, з добутком тиску в МПа (кгс/см<sup>3</sup>) на місткість у м<sup>3</sup> (літрах) не більше 0,05 (500), а також посудини 2, 3 і 4-ї груп, що працюють при зазначеній вище температурі, в яких добуток тиску в МПа (кгс/см<sup>3</sup>) на місткість м<sup>3</sup> (літрах) не перевищує 1 (10 000). Група посудин визначається за табл. 6.1;

б) бочки для перевезення зріджених газів, балони місткістю до 100 л включно, які встановлені стаціонарно, а також, які призначені для транспортування і (або) зберігання стиснених, зріджених і розчинених газів;

в) посудини для зберігання або транспортування зріджених газів, рідких і сипких тіл, що перебувають під тиском періодично при їх випорожнюванні;

г) посудини зі стисненими і зрідженими газами, призначені для забезпечення паливом двигунів транспортних засобів, на яких вони встановлені.

Посудини, що працюють під тиском, підлягають технічному огляду до пуску в роботу та періодично у процесі експлуатації, а в необхідних випадках — позачерговому огляду; технічний огляд проводиться у визначені ДНАОП 0.00-1.07-94 терміни експертами ЕТЦ, а посудини, що не реєструються в органах Держгірпромнагляду — особою, відповідальною за їх справний стан і безпечну експлуатацію. Окрім того, технічний огляд посудин, цистерн, балонів і бочок може проводитись на спеціальних ремонтно-випробувальних пунктах, на підприємствах-виго-товлювачах, наповнювальних станціях, які мають відповідний дозвіл органів Держгірпромнагляду.

Технічний огляд складається із зовнішнього, внутрішнього оглядів і гідравлічного випробовування.

### **1.3. Висновки та постановка задач для виробництва посудини ізотермічної ємності**

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розробка технології складання і зварювання внутрішніх швів посудини ізотермічної ємності.

Виходячи з мети, в випускній кваліфікаційній роботі розглянуті наступні завдання:

- 1) охарактеризувати зварюваність і металургійні процеси вибраної марки матеріалу для виготовлення посудини ізотермічної ємності;
- 2) провести підбір зварювального обладнання і зварювальних матеріалів;
- 3) вибрати метод підготовки крайок перед зварюванням і обробка швів після зварювання;
- 4) вибрати контроль якості даного зварного з'єднання;
- 5) підібрати обладнання для складання і зварювання внутрішніх швів посудини ізотермічної ємності;

- 6) розрахувати пристосування;
- 7) розрахувати зварений шов на міцність;
- 8) розрахувати витрати зварних матеріалів на виготовлення даного виробу;
- 9) розрахувати норми часу.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика основного металу для виробництва зварної конструкції

При розробці технології зварювання конкретної конструкції необхідно враховувати:

- властивості матеріалу;
- зміни, які можуть спостерігатися при зварюванні в матеріалі зварного з'єднання.

У свою чергу ці зміни визначаються:

- технологічними параметрами обраного способу зварювання:

- концентрація джерела нагріву;
- швидкість зварювання і т.д.;

- складом і температурою навколишнього середовища;

- складом використовуваних додаткових матеріалів:

- флюсів;
- присадного дроту;
- захисних та інертних газів;

- характером підготовки деталей під зварювання:

- обробленням крайок;
- підготовкою поверхні і т.д.;

- просторовим становищем здійснюваного процесу зварювання.

Залежно від кліматичної зони, в якій буде експлуатуватися виріб, міцності технічних вимог, вибирають ту чи іншу сталь.

Для виготовлення посудини ізотермічної ємності та за даним проектом застосовується сталь 09Г2С, яка відноситься до низьколегованих конструкційних сталей [10].

Хімічний склад марки сталі 09Г2С наведено в табл. 2.1.

Механічно властивості сталі 09Г2С наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад марки сталі 09Г2С в %

| <i>C</i> | <i>Si</i> | <i>Mn</i> | <i>Cr</i> | <i>Ni</i> | <i>Cu</i> | <i>S</i> | <i>P</i><br>не<br>більше |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| ≤ 0,12   | 0,5 - 0,8 | 1,3 - 1,7 | ≤ 0,30    | ≤ 0,30    | ≤ 0,30    | 0,040    | 0,035                    |

Таблиця 2.2 – Механічні властивості марки сталі 09Г2С

| Межа міцності<br>(кг/мм <sup>2</sup> ) | Межа<br>плинності<br>(кг/мм <sup>2</sup> ) | Відносне<br>подовження (%) | Ударна в'язкість<br>(кгс м/см <sup>2</sup> ) |
|--|--|----------------------------|--|
| 85                                     | 65   | 15                         | 6  |
| Межа міцності<br>(кг/мм <sup>2</sup> ) | Межа<br>плинності<br>(кг/мм <sup>2</sup> ) | Відносне<br>подовження (%) | Ударна в'язкість<br>(кгс м/см <sup>2</sup> ) |
| 85                                     | 65   | 15                         | 6  |

*Особливості зварюваності основного металу.* Зварюваність – це властивість металу або поєднання властивостей металів утворювати при встановленій технології зварювання з'єднання, що відповідають вимогам, зумовленими конструкцією і експлуатацією виробу.

Низьколегована сталь 09Г2С, відносяться до числа добре зварювальних металів. Для цієї сталі технологію зварювання вибирають з умов забезпечення комплексу вимог, головні з яких досягнення рівномірності зварного з'єднання з основним металом і відсутність дефектів у зварному з'єднанні [31].

Властивості сталі в певних межах регулюють за рахунок зміни вмісту вуглецю і легуючих елементів. Підвищення ймовірності утворення гарячих тріщин при збільшенні вмісту вуглецю обумовлено схильністю вуглецю до ліквіації, а холодних тріщин – тим, що вуглець знижує температуру мартенситного перетворення і сприяє формуванню мало пластичного мартенситу. Об'ємні зміни (збільшення обсягу) при перетворенні аустеніту в мартенсит з підвищенням вмісту вуглецю зростають. Це призводить до збільшення внутрішніх напружень.

У зв'язку із зазначеним, в зварних конструкціях застосуємо сталь 09Г2С, що відносяться до низьколегованої сталі підвищеної міцності перлітного класу, що містять 0,09 % вуглецю. Вона має достатню міцність і щодо гарну зварюваність.

Сталь 09Г2С поставляється в основному в гарячекатаному стані, або після нормалізації по ГОСТ19282 -73 і спеціальними технічними умовами.

Утворенню гарячих тріщин запобігають також за рахунок раціонального вибору матеріалів:

- флюсів;
- електродів;
- електродних дротів.

Їх вибирають таким чином, щоб при здійсненні будь-якого зазначеного металургійного варіанту забезпечувалося зниження шкідливих домішок в металі шва.

Утворення пір при зварюванні сталі пов'язане з виділенням окису вуглецю, водню та азоту. Ймовірність утворення пір через виділення окису вуглецю невелика, оскільки в зварювальній ванні, як правило, забезпечується достатня концентрація сильних розкислювачів (наприклад, кремнію).

Ймовірність утворення пір через водень при зварюванні низьколегованих сталей вище, ніж при зварюванні вуглецевих сталей через підвищеного ступеня розкислення. Тому при зварюванні сталі 09Г2С необхідно передбачати заходи для зниження ймовірності попадання водню і азоту в зону зварювання.

Сталь 09Г2С зварюється практично всіма видами і способами зварювання плавленням [10].

## **2.2. Опис способу зварювання посудини ізотермічної ємності**

Для зварювання внутрішніх і зовнішніх поздовжніх швів обичайки з низьковуглецевої сталі 09Г2С рекомендується використовувати автоматичне зварювання під шаром флюсу.

При зварюванні під флюсом зварювальна дуга між кінцем електрода і виробом горить під шаром сипучої речовини, званого флюсом [7].

На рис. 2.1 зображено поздовжній розріз зони зварювання виробу під флюсом.



Рисунок 2.1 – Поздовжній розріз зони зварювання під флюсом:

1 – електрод; 2 – газовий міхур; 3 – сипучий флюс; 4 – ванна рідкого металу

Флюс насипається шаром товщиною 50...60 мм. При цьому дуга втоплена в масі флюсу і горить в рідкому середовищі розплавленого флюсу, в газовому міхурі, утвореному газами і парами, які безперервно створюються дугою.

При середній насипній вазі флюсу близько  $1,5 \text{ г/см}^2$  статичний тиск шару флюсу на рідкий метал становить  $7...9 \text{ г/см}^2$ .

Цього незначного тиску, як показує досвід, досить, щоб усунути небажані механічні дії дуги на ванну рідкого металу, розбрикування рідкого металу та порушення формування зварного шва навіть при дуже великих зварювальних струмах.

У той час як при відкритій дузі механічний вплив дуги на ванну рідкого металу робить практично неможливою зварювання при силі струму вище 500...600 А.

Внаслідок розбрикування металу і порушення правильного формування шва, занурення дуги у флюс дало можливість збільшити застосовані струми в середньому до 1000...2000 А і максимально до 3000...4000 А.

Зварювання під флюсом дає можливість підвищити зварювальний струм в 6-8 разів в порівнянні з відкритою дугою зі збереженням високої якості зварювання і відмінного формування шва [1].

Продуктивність зварювання при цьому зростає значно швидше збільшення струму, змінюється самий характер утворення шва. Малопотужна відкрита дуга лише незначно розплавляє кромки шва, який утворюється головним чином за рахунок розплавленого електродного металу, що заповнює оброблення крайок.

Потужна закрита дуга під флюсом глибоко розплавляє основний метал, дозволяє зменшити оброблення крайок під зварювання, а часто і зовсім обійтися без розбирання. Знижується частка участі електродного металу в утворенні шва.

Таким чином, продуктивність зварювання під флюсом зростає, як за рахунок збільшення зварювального струму, так і за рахунок кращого його використання. Можливість різкого збільшення сили зварювального струму становить головну, неоцінену перевагу зварювання під флюсом.

Знаходження дуги в газовому міхурі зі стінками з рідкого флюсу практично зводить до нуля втрати металу на чад і розбризкування, сумарна величина яких не перевищує 5 % загальної ваги розплавленого електродного металу.

Зварні шви виходять рівномірною і дуже високої якості. Відсутність втрат на чад і розбризкування і зменшення частки електродного металу в утворенні зварного шва дозволяють досить значно економити витрати електродного дроту.

Краще використання струму помітно економить витрати електроенергії. Так як дуга горить невидимо під товстим шаром флюсу, не потрібно захисту очей працюючих.

До недоліків зварювання під флюсом можна віднести:

- невидимість місця зварювання, яке закрите товстим шаром флюсу;
- досить значні витрати електроенергії і вартість флюсу.



Невидимість місця зварювання підвищує вимоги до точності підготовки та складання виробу під зварювання, ускладнює зварювання швів складної конфігурації. Витрата флюсу по вазі в середньому дорівнює вазі витраченого дроту, і вартість його істотно впливає на загальну вартість зварювання.

Застосування для зварювання під флюсом дугових автоматів особливих ускладнень не викликає, дуга під флюсом зазвичай стійкіше відкритої дуги. Перехід на зварювання під флюсом зажадав лише збільшення зварювальних струмів і відповідного збільшення розмірів і посилення конструкції автоматів. Зварювання під флюсом в більшості випадків ведеться на струмі високої щільності, тому широко застосовуються автомати з постійною швидкістю подачі електродного дроту [20].

*Металургійні процеси при зварюванні.* При автоматичному зварюванні під шаром флюсу зварювальний дуга горить під флюсогазовим міхуром, який заповнений розпеченими газами стовпа дуги та парами флюсу.

Умови протікання металургійних процесів відрізняються рядом особливостей:

- більш ефективний захист зварювальної ванни від кисню та азоту повітря (в швах, виконаних під флюсом, вміст азоту не перевищує 0,008 %);
- обсяг зварювальної ванни більше, ніж при ручному дуговому зварювання, більше і час перебування її в розплавленому стані, що сприяє більш повному протіканню хімічних реакцій між рідким металом і шлаком;
- більш стійка залежність між режимом зварювання і хімічним складом розплавляється металу, що дозволяє з достатньою точністю і стабільністю отримувати заданий склад металу швів.

Однією з важливих особливостей металургійних процесів при зварюванні під флюсом є легування шва марганцем і кремнієм за рахунок відновлення їх з оксидів  $MnO$  і  $SiO_2$ , які перебувають у флюсі. У зоні зварювання з високою температурою протікають відновні реакції:

Утворений оксид  $FeO$  частково спливає в шлак, частково розчиняється в рідкому металі. Марганець і кремній повністю розчиняються в металі.

У хвостовій частині зварювальної ванни в зоні знижених температур протікають реакції розкислення за рахунок *Mn* і *Si*, які мають більшу спорідненість до кисню в цих умовах, ніж залізо:



Отримувані при цьому оксиди з'єднуються між собою в комплексні легкоплавкі силікати марганцю і заліза, легко спливаючі в шлак [29].

### **2.3. Опис підготовчих операцій для виготовлення посудини ізотермічної ємності**

*Методи підготовки крайок перед зварюванням. Обробка швів після зварювання.* Метал, що йде на виготовлення зварних конструкцій, попередньо очищають. Очищення повинно здійснюватися до складання вузла. Метал в місці зварювання ретельно очищають від іржі, пор і інших дефектів. Особливо слід звернути увагу на зачистку металу в зазорі між крайками.

Якщо в зазор вже зібраного вузла потрапили забруднення, його слід ретельно продути стисненим повітрям або пропалити полум'ям пальника. Для очищення знадобиться:

- електрична шліфувальна машина BOSCH, загальний вигляд якої представлено на рис. 2.2;

- шліфувальний круг 80-10-20 25A CM26K56;

- маска з органічного стекла С-40 ТУ6 4-1-456-700-для захисту очей робітника від шкідливого впливу.

Необхідно зачистити місця зварювання не менше 20 мм до чистого металу.

Технічна характеристика електричної шліфувальної машини BOSCH представлена в табл. 2.3



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд електричної шліфувальної машини BOSCH

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика електричної шліфувальної машини BOSCH

| Найменування показника      | Значення показника       |
|-----------------------------|--------------------------|
| Живлення від мережі         | 220 В                    |
| Потужність                  | 250 Вт                   |
| Діаметр шліфувального круга | 125 мм                   |
| Число оборотів              | 7,500 - 12000 об/хв.     |
| Частота коливань            | 15000-24000 коливань/хв. |
| Амплітуда коливань          | 1,25 мм                  |
| Діапазон коливань           | 2,5 мм                   |
| Маса                        | 1,3 кг                   |

Після зачистки знежирити в нефрозі, для цього знадобиться бавовняна серветка ГОСТ11680-76 і рукавички ГОСТ1108-59, а потім продути на повітрі [14].

*Обробка швів після зварювання.* Після зварювання виробляють зачистку зварного шва від шлакової кірки і подальший контроль зовнішнім оглядом.

Зварні шви зачищають врівень, при цьому застосовуються:

- електрична шліфувальна машина BOSCH;
- шліфувальний круг 80-10-20 25А СМ26К56;
- маска з органічного скла С-40 ТУ6 4-1-456-700 [22].

*Зварювальні матеріали. Присадний матеріал.* Для зварювання під шаром флюсу знадобитися дріт марки стали Св-08Г2С (неомідна), яка виготовлена,

відповідно, до ГОСТ 2246-70. Зварювальний дріт надходить на ділянку в герметичних упаковках з поліетиленових плівок з бирками, на яких вказана марка дроту, діаметр і дата хімічної обробки, номер плавки та клеймо контролю.

Зварювальний дріт перед запуском повинен бути перевірений на наявність забруднень на поверхні (іржі, окалини, слідів мастила та ін.)

За необхідності провести її очищення будь-яким механічним або хімічним способом.

Хімічний склад марки дроту наведено в таблиці 2.4.

Механічні властивості наведені в таблиці 2.5, де  $u_v$  - межа короточасної міцності,  $U_t$  - межа пропорційності (межа плинності для залишкової деформації),  $d_5$  - відносне подовження при розриві [21].

Таблиця 2.4 – Хімічний склад марки дроту Св-08Г2С в %

| <i>C</i>    | <i>Si</i> | <i>Mn</i> | <i>Ni</i> | <i>S</i> | <i>P</i> | <i>Cr</i> | <i>Cu</i> |
|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 0,05...0,15 | 0,7...1   | 1,5...2,3 | до 0,3    | до 0,025 | до 0,3   | до 0,3    | до 0,3    |

Таблиця 2.5 – Механічні властивості марки дроту Св-08Г2С при  $T = 20^\circ\text{C}$

| $y_b$ , МПа | $y_m$ , МПа | $d_5$ , % |
|-------------|-------------|-----------|
| 980         | 785         | 8         |

Захисний газ. Для збирання на прихвати зварювальним напівавтоматом ПДГО - 510 У3 по даному проекту, потрібно вуглекислий газ, виготовлений по ГОСТ 8050-76.

Вуглекислота застосовується І і ІІ сортів, які відрізняються лише вмістом пари води (відповідно, 0,178 і 0,515  $H_2O$  в 1 м<sup>3</sup>  $CO_2$ ).

Вуглекислоту транспортують і зберігають у сталевих балонах, або цистернах великої місткості в рідкому стані з подальшою газифікацією на заводі, з централізованим постачанням зварювальних постів через рампи. У балоні ємністю 40 л міститься 25 кг  $CO_2$ , що дає при випаровуванні 12,5 м<sup>3</sup> газу при тиску 760 мм рт. ст. [15].

При зварюванні сталей по вузькому зазору з метою стабілізації процесу зварювання і зменшення витрати дорогого і дефіцитного аргону цілком доцільно застосування подвійних сумішей 75 %  $CO_2$  + 25 %  $Ar$ , яка і буде застосовуватися для складання посудини ізотермічної ємності на прихвати.

Газові захисні суміші мають вельми значні перспективи, але широке їх застосування вимагає організації централізованого постачання зварювального виробництва сумішами потрібного складу. Тільки в цьому випадку застосування сумішей може дати значний економічний ефект.

Суміш аргону з діоксидом вуглецю (вуглекислим газом) головним чином застосовується при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей, такої як марка сталі 09Г2С.

Додавання аргону до вуглекислого газу зменшує розбризування розплавленого металу. Невелика добавка вуглекислого газу до аргону дає ту ж характеристику дуги, що і невелика добавка кисню. Різниця в тому, що в останньому випадку перехід на струменевий режим перенесення відбувається при великих значеннях струму. При змісті в суміші більше 20 % вуглекислого газу режим струменевого перенесення стає нестійким [19].

Хімічний склад захисного газу наведено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Хімічний склад захисного газу

| $Ar$      | $CO_2$    | $O_2$         | $N_2$        | $CO_2$        | Водяні пари             |                 |
|-----------|-----------|---------------|--------------|---------------|-------------------------|-----------------|
|           |           |               |              |               | Вміст, г/м <sup>3</sup> | $T^0$ насичення |
| $\leq 25$ | $\leq 75$ | $\leq 0,0007$ | $\leq 0,006$ | $\leq 0,0005$ | 0,007                   | -77             |

*Флюс.* Для зварювання зовнішнього і внутрішнього шва обичайки зварювальним трактором ESABA- 6 використовується флюс АН-348А.

Флюс АН-348А призначається для автоматичного дугового зварювання широкої номенклатури виробів з низьковуглецевих сталей.

Зварювально-технологічні властивості:

- стійкість дуги хороша;
- розривна довжина дуги до 13 мм;

- формування шва цілком задовільний;
- схильність до утворення пір і тріщин низька.

Модифікація флюсу АН-348А вимагає більш ретельного сушіння, відділення шлакової кірки цілком задовільна, утруднена при зварюванні корневих валиків .

Металургійні властивості:

- високо кремнієвий та високомарганцевий оксидний флюс з хімічною активністю  $A_f = 0,7 \dots 0,75$ ;
- колір зерено-коричневий з відтінками;
- розмір зерен  $0,35 \dots 0,5$  мм;
- будова зерен склоподібна;
- об'ємна маса  $1,3 \dots 1,8$  кг/дм<sup>3</sup>.

При зварюванні під шаром флюсу інтенсивно протікають кремневі та марганцеві відновлювальні процеси [30].

Хімічний склад флюсу АН-348А наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад флюсу АН-348А, в %

| $SiO_2$ | $MnO$   | $MgO$   | $CaF_2$ | $CaO$ | $Fe_2O_3$ | $S$    | $P$    |
|---------|---------|---------|---------|-------|-----------|--------|--------|
| 41...44 | 34...38 | 5...7,5 | 4...5,5 | < 6,5 | < 4,5     | < 0,15 | < 0,12 |

#### **2.4. Вибір обладнання, оснащення і пристосування для проведення зварювання посудини ізотермічної ємності**

*Зварювальне обладнання. Зварювальні верстати і установки.* Для зварювання зовнішнього і внутрішнього шва обичайки рекомендується використовувати зварювальний трактор ESABA 6.

Зварювальний трактор ESABA 6 – це трактор для автоматичного зварювання з двома зварювальними головками. Трактор переміщається безпосередньо на виробі уздовж стику за допомогою направляючого пристрою, що монтується на пальник.

Швидкість переміщення плавно регулюється в межах  $0,15 \dots 2,0$  м/хв.

*Основні компоненти зварювального трактора ESABA 6.* Блок управління PEN зварювальним процесом А6 застосовується для автоматичного зварювання під флюсом або MIG/MAG – зварювання головками і тракторами А2/А6.

Блок управління пристосований для роботи спільно із зварювальними джерелами LAF TAF.

Тісний зв'язок блоку управління зі зварювальними джерелами забезпечує дуже високу стабільність зварювальних процесів. Дисплей блоку управління демонструє встановлені зварювальні параметри і видає повідомлення про помилки, якщо ці параметри виходять за рамки допустимих значень.

Робота блоку може вестися в ручному і автоматичному режимі. В ручному режимі швидкість подачі дроту, швидкість переміщення, а так само інші параметри встановлюються та регулюються вручну.

В автоматичному режимі необхідно вибрати групу параметрів і в процесі зварювання ведеться лише їх точна настройка.

Основне меню служить для установки:

- тепло вкладення;
- струму зварювання;
- швидкості подачі;
- напруги дуги;
- швидкості переміщення;
- відтворення заданих параметрів зварювання.

Стартове меню служить для установки:

- способу збудження дуги;
- виду закінчення зварювання;
- напрямки зварювання;
- способи регулювання;
- типу дроту;
- матеріалу дроту;
- діаметра дроту.

Можуть бути встановлені значення функцій заварки кратера і часу закінчення зварювання.

Мотор подачі дроту і переміщення трактора А6-VEC.-VEC – це мотор з можливістю перемикання швидкостей. А6-VEC в комбінації з пристроєм випрямлення дроту дозволяє отримувати на виході абсолютно прямий дріт. Згодом, застосовуючи для кожного діаметра дроту відповідні подавальні ролики, биття і вібрації в контактних частинах головки зводяться до мінімуму, тим самим термін служби кантатних частин значно подовжується.

Рухома база трактора – це інший модуль, є двохопоруною чотирьохколісною порталною системою з приводом на кожен опору. Вона приводиться в рух двигуном А6-VEC. Трактор може рухатися по колу, нехтуючи, якщо необхідно, нерівностями поверхні.

Бункер для флюсу виготовлений з силуміну, місткість флюсу 10 літрів. З бункера через рукав подається флюс в воронку, яка прикріплена до контактної частини зварювальної головки і регулюється по висоті так, що б флюс завжди закривав дугу і зварювальну ванну.

Система рециркуляції флюсу така: кожна зварювальний головка оснащується системою рециркуляції флюсу назад в бункер, який залишився після кристалізації шлаку. При цьому відбувається фільтрація флюсу [1].

Технічна характеристика зварювального трактора ESABA 6 представлена в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика зварювального трактора ESABA 6

| Параметри  | Значення   |
|--|------------|
| Номінальна напруга живлення, змінний струм, В/Гц   | 42/50-60   |
| Номінальне навантаження макс., ВА  | 900        |
| Підключення до електродвигунів зварювальних систем.<br>Струм двигуна тривалий / максимальний, А 5/10 | 5/10       |
| Регулювання швидкості подачі дроту, імпульс / оберт  | 6          |
| Діапазон регулювання швидкості зварювання м/хв.  | 0,1-2      |
| Діапазон регулювання швидкості подачі зварювального дроту, м/хв.                                     | 0,3-25     |
| Температура навколишнього середовища, С <sup>0</sup>   | + 45 /- 15 |



| Параметри  | Значення        |
|--|-----------------|
| Відносна вологість, %                                | 98              |
| Габарити, (довжина x ширина x висота), мм / маса, кг | 355x210x164/5,5 |
| Максимальний струм при ПВ 100%, А                    | 1500            |
| Діаметр дроту, мм                                    | 3-6             |
| Швидкість подачі дроту, м/хв.                        | 0,2 - 4,0       |
| Висота порталу (робоча), мм                          | 800             |
| Ширина порталу (робоча), мм                          | 400             |
| Габарити, мм   | 870x400x830     |
| Маса, кг   | 150             |

*Джерело живлення.* Для зварювального трактора ESABA 6 знадобиться джерело живлення LAF - 800 DC. Серія джерел живлення LAF компанії ESAB представлена на рис. 2.3.

Зварювальне джерело живлення LAF має відмінні зварювальні характеристики у всьому діапазоні струмів і напруг. LAF використовують тиристорні випрямні мости для перетворення синусоїдального вторинного напруги прямокутної форми.

Особливо гарні характеристики первинного та повторного запалювання дуги. Джерело забезпечує стабільну дугу, як на високих, так і на малих величинах напруги. Плавне регулювання напруги дуги дозволяє чітко управляти зварювальними параметрами.

Безперервний контроль напруги дозволяє використовувати дуже точні настройки зварювальних параметрів. Зварювальні джерела LAF підтримують стійку дугу на дуже низьких токах і напружених [13].

Зварювальне джерело живлення LAF LAF ідеальне для зварювання під флюсом.

Технічна характеристика зварювального джерела живлення LAF представлена в табл. 2.9. Вольт амперна характеристика зварювального джерела живлення LAF зображена на рис. 2.4.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика зварювального джерела живлення LAF

| Параметри                               | Значення       |
|---|----------------|
| Напруга мережі, В/Гц                    | 400/50-60      |
| Макс. зварювальний струм при ПВ 60 %, А | 1000/44        |
| Макс. зварювальний струм при ПВ 100%, А | 800/44         |
| Діапазон регулювання, А/В               | 40/22 - 800/44 |
| Напруга холостого ходу, В               | 51             |
| ККД при максимальному струмі            | 0,87           |
| Клас захисту                            | IP 23          |
| Габарити ДхШхВ, мм                      | 670x490x930    |
| Діапазон, А/В, SAW                      | 30/21-800/44   |
| Діапазон, А/В, MIG/MAG                  | 50/17-630/44   |
| Маса, кг                                | 260            |



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд джерел живлення LAF компанії ESAB

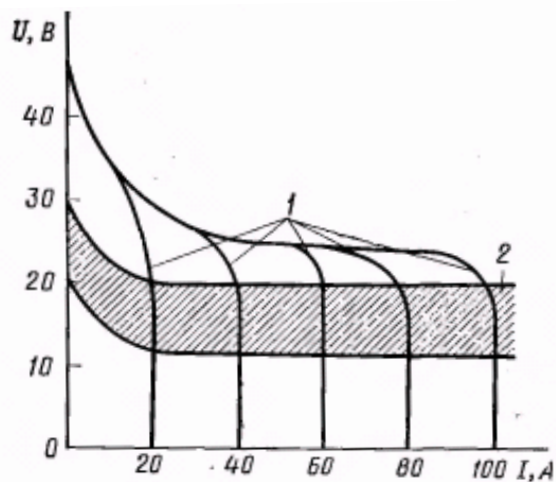


Рисунок 2.4 – Вольт-амперна характеристика джерела живлення LAF 800 DC (1); вольт-амперна характеристика зварювальної дуги (2)

*Розрахунок режиму роботи джерела живлення.* При виборі обладнання необхідно провести перевірку на можливість його експлуатації при зварюванні конкретного шва без перегріву за умовою

$$I_{зв} \leq I_{доп}, \quad (2.3)$$

де  $I_{зв}$  – зварювальний струм, А;

$I_{доп}$  – допустимий струм при необхідному режимі роботи, А.

При цьому

$$I_{доп} = I_{ном} \sqrt{\frac{P_{ном}}{P_{тр}}}. \quad (2.4)$$

Тоді

$$I_{зв} \leq I_{ном} \sqrt{\frac{P_{ном}}{P_{тр}}}, \quad (2.5)$$

Після проведення розрахунків, отримали

$$I_{зв} \leq 800 \text{ А.}$$

Даний апарат придатний для зварювання внутрішнього судини ізотермічної ємності.

Зварювальний апарат. Для збирання виробу на прихвати зовнішнього та внутрішнього шва обичайки знадобитися зварювальний напівавтомат ПДГО-510, загальний вигляд якого представлено на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд зварювального напівавтомата ПДГО-510

Напівавтомат ПДГО-510 призначений для зварювання маловуглецевих, низько і середньолегованих, корозійностійких сталей зварювальним дротом на постійному струмі для зварювання як суцільну, так і порошковим дротом діаметром від 1,6 до 3,2 мм.

Механізм подачі напівзакритого типу являє собою зручну в експлуатації конструкцію, всередині якого встановлені привод редукторний і газовий тракт. Органи управління зварювальним режимом розташовані на лицьовій панелі. Зовні на окремому кронштейні розташовані касета і гальмовий пристрій, відповідають європейському стандарту.

Механізм подачі може бути також використаний при роботі безпосередньо з повною бухтою електродного дроту, покладеної на розмотувальний пристрій. Стикувальний вузол з пальником може бути двох виконань: з євророз'ємом або стичним з'єднанням, що дозволяє вільно працювати з будь-яким типом сучасних пальників.

Блок управління забезпечує:

- плавне регулювання швидкості подачі зварювального дроту;
- управління газовим клапаном і зварювальним джерелом від кнопки на пальнику;
- вимірювання параметрів зварювального режиму в процесі зварювання;
- встановлення тимчасових інтервалів зварювального циклу;
- дистанційне включення джерела зварювального струму;
- можливість роботи, як в режимі «довгі шви», так і в режимі «короткі шви».

Газова апаратура напівавтомата ПДГО-510 складається з редуктора-витратоміра, забезпеченого підігрівачем газу і газового клапана. Редуктор-витратомір закріплюється на балоні з захисним газом і служить для зниження тиску газу і регулювання його витрати.

Підігрівач газу призначений для підігріву вуглекислого газу, що надходить в редуктор з метою попередження замерзання клапанів при перепаді тиску.

Живлення підігрівача ПДГО-510 здійснюється через роз'єм "~ 36 В", який встановлений на панелі випрямляча.

При зміні діаметра зварювального дроту необхідно встановити в пальнику відповідний наконечник і спіральний канал.

Одночасно на механізмі подачі необхідно встановити відповідні ролики. Напіваавтомат забезпечує подачу струмопровідного електродного дроту та захисного газу в зону зварювання, підтримання стабільного горіння дуги та послідовне виконання операцій зварювального циклу.

Процес включення джерела живлення, подачі електродного дроту та захисного газу в напіваавтоматі є автоматичним.

Електродний дріт, за допомогою електрорухомого приводу подаючого пристрою, надходить з касети в зону зварювання по кабелю струмогазопідведення пальника, також в зону зварювання подається газ. Переміщення пальника вздовж шва вибирається зварником вручну.

Управління напіваавтомата здійснюється з лицьової панелі. При натисканні кнопки на пальнику відбувається включення газового клапана, включається джерело живлення та привод подачі електродного дроту. При замиканні дроту на виробі запалюється дуга і починається зварювання.

Подальше протікання зварювального циклу залежить від положення перемикача режимів, розташованого на механізмі подачі. У режимі зварювання довгими швами, після розмикання кнопки на пальнику, двигун приводу подачі не зупиняється, зварювання триває. Після повторного натискання кнопки зупиняється двигун, а після витримки часу "Газ після зварювання" зупиняється також газовий клапан. При розмиканні кнопки, на пальнику схема приходить в початковий стан, що забезпечує можливість нового запуску.

У режимі зварювання короткими швами після розмикання кнопки на пальнику двигун зупиняється, після витримки часу "Розтяжка дуги" відключається джерело живлення, потім, після витримки часу "Газ після зварювання" – газовий клапан. Пристрій припиняє подачу захисного газу, схема приходить в початковий стан, що забезпечує можливість нового запуску.

Напівавтомат ПДГО-510 універсальний, пересувний.

Має кілька варіантів конструктивного виконання: з живленням у нашому випадку від випрямляча ВДУ-506. Випрямляч ВДУ-506 має тиристорне управління і відрізняється від випрямлячів попередніх серій наступним:

- зміною кутів нахилів вольт-амперних характеристик при ручному дуговому та напівавтоматичному зварюванні, що забезпечує більш якісне зварювання;

- введенням блоку зниження напруги холостого ходу.

Крім того, у відповідність до вимог НАКС:

- установкою термореле і сигнальна апаратура (лампа перегріву) на лицьовій панелі у відповідність до вимог НАКС;

- регулюванням індуктивності дроселя в ланцюзі управління перенесенням краплі електродного металу (два положення) при напівавтоматичному зварюванні [5];

- використанням функції струму короткого замикання при напівавтоматичному зварюванні, що дозволяє проводити зварювання «м'якою» або «жорсткою» дугою;

- попереднім встановленням зварювальної напруги при напівавтоматичному зварюванні;

- використанням окремого спеціального трансформатора живлення ланцюгів управління, синхронізованого з ланцюгом електроживлення, що дозволяє забезпечувати підвищену стабільність параметрів управління процесом при коливаннях живильної мережі;

- змінною намотуванням силового трансформатора і дроселя (з зазором між витками для видалення пилу);

- розташуванням болтів з'єднання шин силового трансформатора та випрямного блоку в зручному для обслуговування місці (уздовж бічних кришок);

- нової плато управління з додатковим захистом, збільшеною жорсткістю корпусу і рами кріплення силового трансформатора;

- лицьовою панеллю, захищеною від механічних пошкоджень, є можливість кріплення коліс для переміщення випрямляча.

У порівнянні з аналогічними напівавтоматами, що випускаються в даний час ПДГО-510 має такі переваги:

- стабілізацію швидкості подачі зварювального дроту і зворотний зв'язок по напрузі на двигуні подачі зварювального дроту, що дозволяє виробляти якісне зварювання на відстані до 50 метрів від зварювального джерела;
- стабільна швидкість подачі зварювального дроту при довжині шлейфу пальника 3...5 м і вигинах шлейфу;
- автоматичне керування газовим трактом, зварювальним джерелом і механізмом, що подає за допомогою кнопки на пальнику;
- регулювання тривалості розтяжки дуги та продування газу до і після зварювання;
- застосування 4-х роликового механізму подачі, забезпечує підвищене тягове зусилля та можливість роботи з пальниками довжиною до 5м;
- універсальний гальмівний пристрій, відповідає європейському стандарту;
- зубчасте зачеплення подаючого та притискного роликів;
- тарування зусилля притискного пристрою;
- комплектується німецьким пальником фірми «Binzel»;
- підключення пальника через євро роз'єм;
- забезпечує установку касети (діаметром 300 мм) з дротом вагою 15 кг;
- подача зварювального дроту може здійснюватися безпосередньо з касети або з бухти, покладеної на розмотувальний пристрій;
- підключається до будь-якого типу зварювальних джерел для МІГ / МАГ зварювання виробництва «Фірни СЕЛМА»;
- підключається до будь-якого типу зварювальних джерел інших виробників через блок живлення БП-02 [1].

Технічна характеристика напівавтомата ПДГО-510 для зварювання виробу представлена в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика напівавтомата ПДГО-510

| Параметри                                  | Значення                |
|--|-------------------------|
| Напруга живильної мережі, В                | 27                      |
| Номінальний зварювальний струм, А          | 500                     |
| Кількість роликів                          | 4                       |
| Діаметр електродного дроту, мм             |                         |
| стальна                                    | 1,2-2,0                 |
| порошкова                                  | 1,6-3,2                 |
| Швидкість подачі електродного дроту, м/год | 70-1100                 |
| Тип роз'єму зварювального пальника         | євророз'єм              |
| Місткість зварювальної касети, кг          | 15                      |
| Маса, кг                                   | 18                      |
| Габарити, мм,                              | не більше 640x240x420мм |

*Механічне обладнання. Устаткування для установки і повороту виробу, що зварюється. Для установки та повороту зварного виробу в процесі зварювання кільцевих і поздовжніх швів посудини ізотермічної ємності використовували маніпулятор МС - 5, загальний вигляд якого наведено на рис. 2.6.*



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд маніпулятора МС - 5

Маніпулятори зварювальні моделі МС різної вантажопідйомності призначені для нахилу і обертання виробів в положенні, зручному для



зварювання зі зварювальною швидкістю при автоматичному, напівавтоматичному та ручному зварюванні.

За допомогою маніпулятора можна виробляти автоматичне зварювання стикових і кутових кільцевих швів, ручну та напівавтоматичне зварювання прямолінійних і кільцевих швів і інші роботи, що вимагають повороту, або кантування виробів.

Технічна характеристика маніпулятора МС – 5 представлена в табл. 2 11.

Таблиця 2.11 – Технічна характеристика маніпулятора МС – 5

| Параметри                               | Значення                     |
|---|------------------------------|
| Вантажопідйомність, т                   | 0,5                          |
| Зсув центра ваги виробу, мм             | 250                          |
| Ексцентриситет, мм                      | 250                          |
| Швидкість обертання планшайби, об/хв    | 0,09-0,9                     |
| Швидкість нахилу планшайби, об/хв       | 0,37                         |
| Максимальний кут нахилу планшайби, град | 120                          |
| Діаметр планшайби                       | Діаметр планшайби, мм<br>800 |
| Споживана потужність, кВт               | 4                            |
| Напруга мережі, В                       | 3 x 380                      |
| Габаритні розміри, мм                   | 2010x 380x535                |
| Маса, кг                                | 630                          |

*Устаткування для установки і переміщення зварювального апарату.* Для установки і переміщення зварювального апарату використовуємо колону марки КС, загальний вигляд якої наведено на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд зварювальної колони марки КС

Зварювальна колона марки КС призначена для кріплення та переміщення головок для зварювання прямолінійних і кільцевих швів посудини ізотермічної ємності, або труб під флюсом, а також для зварювання поздовжніх швів.

Колони КС застосовуються в складально-зварювальних цехах і на ділянках виробництва, розміри зварювальних колон можуть варіюватися від 2х2 до 10х10 метрів.

У штатний комплект зварювальної колони входять:

- гнучкі кабельні канали (гусениці);
- шафа управління з пультом дистанційного управління.

Колона складається з вертикальної стійки (включаючи механізм підйому, каретку, противагу, протиаварійне пристрій, опорно-поворотний пристрій (механізоване або ручне) і пристрій блокування повороту (ручне або пневматичне)), візки-шасі (ручного або механізованого), горизонтальної балки та інших частин. Кожна складова частина є типовою для даного обладнання. Основна частини конструкції – це вертикальна стійка і горизонтальна балка.

Колона зварювальна може повертатися навколо вертикальної осі на  $180^\circ$  в обох напрямках. Поворот може бути ручним або механізованим (за допомогою електроприводу). Також можлива поставка без опорно-поворотного пристрою.

При зварюванні внутрішніх і зовнішніх поздовжніх швів, зварюванні кільцевих швів циліндричних деталей, застосовують спільну роботу зварювальної колони з маніпулятором МС - 5, при цьому управління всім механічним комплексом проводиться з робочого місця зварника.

Пульт управління колоною дозволяє управляти переміщенням і поворотом колони, рухом робочого інструмента шляхом підйому та переміщення горизонтальної балки [5].

*Складально-зварювальне пристосування.* Складально-зварювальним пристосуванням називаються додаткові технологічні пристрої для устаткування, що використовуються для виконання операцій складання виробу для проведення зварювання, безпосереднього виконання процесу зварювання, усунення або зменшення деформацій напружень, а також для контролю.

До складально-зварювальних пристосувань пред'являється цілий ряд вимог:

- зручність в експлуатації;
- забезпечення заданої послідовності складання та накладення швів відповідно до розробленого технологічного процесу;
- забезпечення заданої якості зварного виробу;
- можливість використання при конструюванні та виготовленні зварювальних пристосувань типових деталей, вузлів і механізмів;
- забезпечення складання швидкого відведення тепла від місця зварювання для зменшення викривлення, заданого кута повороту виробу, вільної установки та знімання виробу, вільного доступу для огляду, налагодження та контролю;
- технологічність деталей і вузлів пристосування, а також пристосування в цілому;
- використання механізмів для завантаження, подачі та установки деталей, зняття, виштовхування та вивантаження зібраного виробу, застосування інших засобів комплексної механізації.

Складально-зварювальне оснащення повинно забезпечувати:

- просторове розміщення деталей в зварюваній вузлі, виключаючи операцію підгонки;
- точність складання в межах встановлених кресленням допусків;
- доступ до місць прихватки та зварювання;
- надійне закріплення зварюваного виробу силовими притискачами;
- можливість зварювання в нижньому положенні;
- елементи складально-зварювальних пристосувань повинні бути досить міцними та жорсткими.

При складально-зварювальних роботах з обичайками ізотермічної ємності використовували чалочні пристрої 176022, що складаються з:

- притискачів і затискачів;
- пневматичних зажимачів [5].

*Транспортне обладнання.* Для транспортування виробу у межах цеху та у межах між цехами застосовували кран мостовий підвісний одно балочний, вантажопідйомністю 5 тон, загальний вигляд якого наведено на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд мостового крана  
вантажопідйомністю  $Q = 5$  тон

Електричні мостові крани комплектуються електричними троями і гнучкими струмопроводами. Крани мостові однобалочні оснащуються електричними таями або тельферами з усіма необхідними функціями для управління двигунами, кабельними пультами управління (постами) або пультами радіоуправління, а так само системами частотного перетворення та плавності пуску крана. Підвісний кран мостовий електричний пересуватися по крановим коліям із середньою швидкістю 0,4 м/с [5].

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок і вибір режиму зварювання посудини ізотермічної ємності

Режим зварювання – це сукупність основних характеристик зварювального процесу, що забезпечують отримання зварних швів зазначених розмірів, форми та якості.

При ручному дуговому зварюванні це:

- діаметр електрода;
- сила зварювального струму;
- напруга дуги зварювання;
- площа поперечного перерізу шва, що виконується за один прохід дуги;
- число проходів;
- вид струму;
- полярність струму і т.д.

*Напруга дуги.* Зі збільшенням напруги дуги також зростає теплова потужність дуги, а, отже, і розмір зварювальної ванни. Особливо інтенсивно зростають ширина та довжина зварювальної ванни. При постійній силі зварювального струму підвищення напруги дуги майже не позначається на глибині проплавлення ванни.

*Швидкість зварювання.* При постійній енергії, підвищення швидкості зварювання викликає збільшення термічного ККД процесу, а це в свою чергу призводить до зростання глибини проплавлення та зменшення ширини зварного шва. Зміна швидкості зварювання при постійній тепловій потужності дуги помітно позначається на розмірах зварювальної ванни та зварного шва.

*Діаметр електрода.* При постійній силі зварювального струму, діаметр електрода визначає щільність енергії в плямі нагріву та рухливість дуги. У зв'язку з цим при збільшенні діаметра електрода зменшується тиск дуги на розплав, знижується глибина проплавлення ванни та зростає її ширина.

*Сила зварювального струму.* Сила зварювального струму найбільшою мірою визначає теплову потужність. При постійному діаметрі електрода зі збільшенням сили зварювального струму дуги зростає концентрація теплової енергії в плямі нагріву, підвищується температура плазми стовпа дуги, положення активності плям на електроді та виробі.

Зі збільшенням сили зварювального струму дуги зростає довжина зварювальної ванни, її ширина та глибина проплавлення [24].

Режими збирання зварного виробу на прихвати наведено в табл. 3.1.

У табл. 3.2 наведено режими зварювання посудини ізотермічної ємності.

Таблиця 3.1 – Режими збирання зварного виробу на прихвати

| Товщи-<br>на<br>металу | Спосіб<br>зварюва-<br>ння                                   | Діаметр<br>дроту | Швид-<br>кість<br>подачі<br>дроту | Сила<br>струму | Нап-<br>руга | Витра-<br>та газу | Швид-<br>кість<br>зварю-<br>вання |
|------------------------|---|------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|-------------------|-----------------------------------|
| 30                     | Напів-<br>автомат в<br>середо-<br>вищі<br>захисних<br>газів | 2 мм             | 174<br>м/год                      | 160 А          | 28 В         | 12 л/м.           | 10 м/ч                            |

Таблиця 3.2 – Режими зварювання посудини ізотермічної ємності

| Товщина<br>металу | Спосіб<br>зварювання      | Діа-<br>метр<br>дроту | Швид-<br>кість<br>подачі<br>дроту | Сила<br>стру-<br>му | Нап-<br>руга | Витра-<br>та<br>флюсу | Швид-<br>кість<br>зварю-<br>вання |
|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 30                | Автом. під<br>шаром флюсу | 2 мм                  | 250<br>м/год                      | 200<br>А            | 52 В         | 1,7<br>кг/м           | 24 м/год                          |

### 3.2. Розрахунок технологічних параметрів виробництва посудини ізотермічної ємності

Зусилля затиску  $P_{зат}$  (Н/м), яке приходиться на один метр зварного шва повинно бути в певних інтервалах

$$P_{мін} \leq P_{зат} \leq P_{мак}, \quad (3.1)$$

де  $P_{мін}$  – мінімальне значення зусилля затиснення, Н/м;

$P_{мак}$  – максимальне значення зусилля затиснення, Н/м.

Максимальне зусилля затиснення  $P_{мак}$  знаходиться з умови відсутності зминання на поверхнях, які контактують і визначається за формулою

$$P_{мак} = \frac{(nA[y_{зм}])}{L_{шв}}, \quad (3.2)$$

де  $n$  – число притискань з одного боку зварного шва;

$A$  – площа контактування притискання з виробом, м<sup>2</sup>;

$[y_{зм}]$  – напруга, що допускається на зминання для даного металу, мПа;

$L_{шв}$  – довжина шва, м.

При цьому

$$[y_{зм}] = 2y_m, \quad (3.3)$$

де  $y_m$  – межа текучості для даного металу, мПа.

Межа текучості  $y_m$  для сортового прокату марем сталі 09Г2С дорівнює 295 Н/м<sup>2</sup>.

Тоді:

$$[y_{зм}] = 2 \cdot 295 = 590 \text{ мПа};$$

$$P_{мак} = (3 \cdot 48400 \cdot 10^{-6} \cdot 590 \cdot 106) / 2550 \cdot 10^{-3} = 33,595 \text{ Н/м}^2.$$

Мінімальне зусилля  $P_{\min}$  затиснення знаходиться з умови запобігання поперечних деформацій при зварюванні та визначається за формулою

$$P_{\min} = \left( \frac{k_n q_{\text{эф}}}{SV_{\text{зв}}} \right) \cdot 10^{-4}, \quad (3.4)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт поперечної деформації;

$q_{\text{эф}}$  – ефективна потужність зварювального джерела тепла, Вт;

$S$  – товщина зварюваного металу, м;

$V_{\text{зв}}$  – швидкість зварювання, м/с.

При цьому:

$$q_{\text{эф}} = U_{\text{д}} I_{\text{зв}} \kappa_{\text{дж}}, \quad (3.5)$$

де  $U_{\text{д}}$  – напруга зварювальної дуги,  $U_{\text{д}} = 52$  В;

$I_{\text{зв}}$  – сила зварювального струму,  $I_{\text{зв}} = 200$  А

$\kappa_{\text{дж}}$  – коефіцієнт корисної дії джерела, для автоматичного зварювання під шаром флюсу  $\kappa_{\text{дж}} = 0,85$ .

Тоді:

$$q_{\text{эф}} = 52 \cdot 200 \cdot 0,85 = 8840 \text{ ват} = 52 \cdot 200 \cdot 0,85 = 8840 \text{ Вт};$$

$$P_{\min} = [0,33 \cdot 8840 / 30 \cdot 10^{-3} \cdot 250] \cdot 10^{-4} = 23,28 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}.$$

Зусилля затиску на 1 погонний метр зварного шва визначається за формулою

$$P_{\text{зат}} = \frac{n P_1}{L_{\text{шв}}}, \quad (3.6)$$

де  $P_1$  – зусилля, що створюється одним притиском з урахуванням кінематики механізму, тиску повітря, масла і т.д., Н.

Зусилля стиснення, що створюється одним пневматичним притиском визначається за формулою



$$P_1 = P_m A_n \kappa_y, \quad (3.7)$$

де  $P_m$  – тиск повітря в мережі,  $P_m = 0,6$  МПа;

$A_n$  – площа поршня з боку штока, або з боку протилежного штоку, м<sup>2</sup>;

$\kappa_y$  – коефіцієнт корисної дії циліндра,  $\kappa_y = 0,8$ .

Тоді:

$$P_1 = 0,6 \cdot 364,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 = 174,768 \text{ Н};$$

$$P_{зат} = 6 \cdot 174,768 / 2880 \cdot 10^{-3} = 0,363 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м.}$$

$$23,28 \cdot 10^{-4} \leq 0,363 \cdot 10^{-3} \leq 33,595.$$

Дане пристосування придатне для зварювання виробу.

*Розрахунок зварних швів на міцність.* Розрахунок зварних швів конструкцій посудини ізотермічної ємності проводиться по допустимих напруженнях і здійснюється наступними етапами:

- 1) визначається тип конструкції;
- 2) визначаються зовнішні навантаження, і складається розрахункова схема;
- 3) визначаються механічні характеристики основного металу;
- 4) визначається додаткову напругу для зварного шва;
- 5) на основі гіпотез міцності порівнюють максимальні напруження в металі шва з допустимими напруженнями та роблять висновок про виконання умови міцності [4].

Схема максимальних напружень у зварному шві наведена на рис. 3.1.

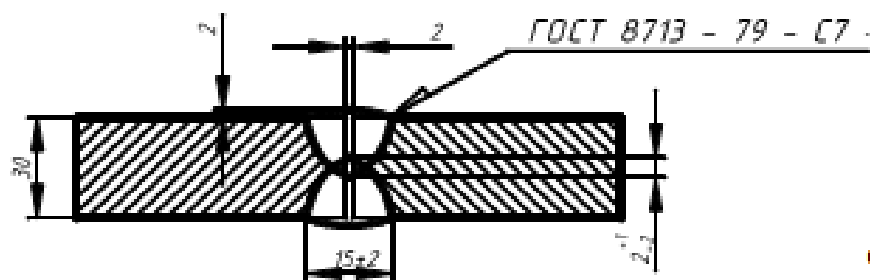


Рисунок 3.1 – Схема максимальних напружень у зварному шві

Визначаємо максимальні напруження  $\sigma_{\text{макс}}$  у зварному шві за формулою

$$[\sigma_{\text{макс}}] = y_x + y_y + 3\sigma_n \leq [\sigma_{\text{доп}}], \quad (3.8)$$

де  $y_x$  і  $y_y$  – нормальні напруження, що діють в одній точці у взаємно-перпендикулярних напрямках, мПа;

$\sigma_n$  – дотичне напруження, що виникає в цій же точці, мПа;

$[\sigma_{\text{доп}}]$  – допустиме напруження, мПа.

При цьому

$$y_x = \frac{PR}{2S}, \quad (3.9)$$

де  $P$  – максимальний внутрішній тиск,  $P = 0,07$  кН/м;

$R$  – внутрішній радіус оболонки,  $R = 3000$  мм;

$S$  – товщина стінки оболонки,  $S = 30$  мм.

Тоді

$$y_x = 3000 \cdot 10^{-3} \cdot 0,07 / 2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,0035 \cdot 10^{-3} \text{ мПа.}$$

Напруження, що допускаються  $[\sigma_{\text{доп}}]$  для металу шва визначаються

$$[\sigma_{\text{доп}}] = \kappa_1 [\sigma_{\text{доп.м}}], \quad (3.10)$$

де  $[\sigma_{\text{доп.м}}]$  – допустимі напруження для основного металу, мПа;

$\kappa_1$  – коефіцієнт зниження допустимих напружень,  $\kappa_1 = 1,0$ .

При цьому

$$[\sigma_{\text{доп.м}}] = \sigma_m / n, \quad (3.11)$$

де  $\sigma_m$  – межа плинності металу,  $\sigma_m = 65$  мПа;

$n$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n = 1,4 \dots 1,6$ .

Тоді

$$[\sigma_{\text{доп.м}}] = 65 / 1,5 = 43,3 \text{ мПа}$$

$$0,0035 \cdot 10^{-3} \leq 43,3.$$

*Розрахунок норм витрати зварювальних матеріалів.*

*Розрахунок норм витрати присадного дроту.* Норма витрати  $H_n$  (кг) присадного дроту визначається за формулою

$$H_n = G_n L_{шв}, \quad (3.12)$$

де  $G_n$  – питома норма витрати присадного дроту на 1 погонний метр шва, кг;

$L_{шв}$  – довжина зварного шва, м [17].

Тоді:

- прихвати:  $210 \cdot 2 + 105 \cdot 2 + 195 \cdot 2 = 1020$ ;

- зварювання:

$$L = \pi D n = 3,14 \cdot 3000 \cdot 4 = 37680;$$

$$L = \pi D n = 3,14 \cdot 1550 \cdot 4 = 19468;$$

$$L = 2880 \cdot 4 = 11520;$$

$$H_n = 0,442 \cdot 1020 \cdot 10^{-3} = 0,185 + 0,092 + 0,172 = 0,449 \text{ кг};$$

$$H_n = 0,442 \cdot 686 \cdot 10^{-3} = 16,654 + 8,604 + 5,091 = 30,349 \text{ кг}.$$

*Розрахунок норм витрати захисного газу.* Норма витрати  $H_{зг}$  (дм<sup>3</sup>) захисного газу для зварного виробу, або посудини ізотермічної ємності визначається за формулою:

$$H_{зг} = q_r L_{шв} + q_{дод}, \quad (3.13)$$

де  $q_r$  – питома норма витрати газу на 1 метр шва, дм<sup>3</sup>;

$q_{дод}$  – додатковий витрата газу на підготовчо-заключні операції, дм<sup>3</sup> [17].

$$H_{зг} = 54 \cdot 1020 \cdot 10^{-3} + 1,8 = 22,681 + 11,341 + 21,061 = 55,083 \text{ дм}^3.$$

*Розрахунок норм витрати флюсу.* Норма витрати флюсу  $H_\phi$  визначається за формулою

$$H_\phi = G_\phi K_\phi, \quad (3.14)$$

де  $G_{\phi}$  – питома витрата флюсу на 1 м шва, кг;

$K_{\phi}$  – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого флюсу до маси зварювального дроту і залежить від типу зварного з'єднання і способу зварювання [17].

$$H_{\phi} = 0,1334 \cdot 7,44 \cdot 18 = 17,86 \text{ кг.}$$

*Розрахунок норм часу на операції.*

*Розрахунок норми часу слюсарної операції.* Норма часу  $H_{в}$  (хв) на слюсарну операцію в середньосерійному виробництві визначається за формулою

$$H_{вс} = T_{опс} [1 + (B_{обс} + B_{отп} + B_{пе}) / 100\%] K_1 K_2, \quad (2.15)$$

де  $T_{опс}$  – сума оперативного часу на виконання прийомів і комплексів слюсарних робіт.

$B_{обс}$  – час обслуговування робочого місця, %,  $B_{обс} = 2$  хв;

$B_{отп}$  – час на відпочинок і особисті потреби, %,  $B_{отп} = 4$  хв;

$B_{пе}$  – підготовчо-заклучний час, %,  $B_{пе} = 6$  хв;

$K_1$  – коефіцієнт враховує число деталей в партії,  $K_1 = 1$  хв;

$K_2$  – коефіцієнт що враховує умови виконання робіт,  $K_2 = 1$  хв.

Зачистка перед зварюванням 0,4 хв на 1 м шва.

Знежирення зварювальних кромок 0,1 хв на 1 м шва [18].

$$T_{опс} = 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ хв;}$$

$$H_{вс} = 0,5 [7,43 + (2 + 4 + 6) / 100\%] 1 \cdot 1 = 3,32 + 0,83 = 4,15 \text{ хв.}$$

*Розрахунок норми часу складальної операції.*

Норма часу  $H_{вз}$  (хв), на збирання в середньосерійному виробництві визначається за формулою

$$H_{вз} = T_{опз} [1 + (B_{обс} + B_{отп} + B_{пе}) / 100\%] K_1 K_2, \quad (2.16)$$

де  $T_{\text{опз}}$  – сума оперативного часу на виконання прийомів і комплексів складальних робіт, хв;

$B_{\text{обс}}$  – час обслуговування робочого місця, %,  $B_{\text{обс}} = 2$  хв;

$B_{\text{отп}}$  – час на відпочинок і особисті потреби, %,  $B_{\text{отп}} = 4$  хв;

$B_{\text{пе}}$  – підготовчо-заключний час, %,  $B_{\text{пе}} = 6$  хв;

$k_1$  – коефіцієнт що враховує число деталей в партії,  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – коефіцієнт що враховує умови виконання робіт,  $k_2 = 0,038$ .

Оперативне часу на виконання прийомів і комплексів складальних робіт:

- зачистка від бризок 0,64 хв на 1 м шва;

- підтягування проводів, відкушування і видалення залишків дроту 0,25 хв на 1 м за огляд і помер шва 0,20 хв на 1 м шва;

- один прохід;

- кріплення виробу на пристосування 0,40 хв на одне кріплення і відкріплення.

Переміщення виробу краном (строповка) двома гаками 3,43 хв.

$$T_{\text{опз}} = 0,20 + 0,64 + 0,25 (14 + 7 + 13) + 0,40 * 3 + 3,43 * 3 = 20,83 \text{ хв};$$

$$N_{\text{вз}} = 20,83 [7,43 + (2 + 4 + 6) / 100\%] * 1 * 0,038 = (0,06 + 0,02 + 0,05) + (0,292 + 0,34 + 0,32) + (0,4 * 6) * 12\% + (3,43 * 6) * 12\% = 0,13 + 0,952 + 2,688 + 20,59 = 24,36 \text{ хв}.$$

*Розрахунок норми часу зварювальної операції.* Розрахунок норми часу  $N_{\text{зв}}$  (хв) зварювальної операції здійснюється за формулою

$$N_{\text{зв}} = T_{\text{ш}} + T_{\text{пе}} / n, \quad (2.17)$$

де  $T_{\text{ш}}$  – норма штучного часу, хв;

$T_{\text{пе}}$  – підготовчо-заключний час, хв;  $T_{\text{пе}} = 18,5$  хв;

$n$  – кількість виробів в партії, шт.

$$T_{\text{ш}} = [(T_o + T_{\text{ш}}) L_{\text{шв}} + T_d] k_{1-n}, \quad (2.18)$$

де  $T_o$  – основний час зварювання,  $T_o = 4,48$  хв;

$T_{ш}$  – неповне - штучний час;  $T_{ш} = 7,1$  хв;

$T_{д}$  – допоміжний час, пов'язане зі зварюванням шва;  $T_{д} = 42,4$  хв;

$L_{шв}$  – довжина шва;  $L_{шв} = 7,43$  м;

$K_{1-n}$  – поправочні елементи;

де  $k_1$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови виконання роботи і вид зварювання,  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – поправочний коефіцієнт, що враховує положення шва в просторі,  $k_2 = 1$ ;

$k_3$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вид зварювання шва і його довжину,  $k_3 = 1,3$  [18].

$$K_{1-n} = k_1 + k_2 + k_3 = 1 + 1 + 1,3 = 3,3;$$

$$T_{ix} = ((4,48 + 7,1) \cdot 1 \cdot 7,43 + 42,4) \cdot 1,06 = 136,146 \text{ хв.}$$

$$\text{При партії 5 виробів: } N_{в} = 136,146 + 18,5 / 5 = 139,846 \text{ хв.}$$

### 3.3. Контроль якості зварного виробу

*Напруги і деформації при зварюванні, заходи боротьби з ними.*  
Розширення і скорочення металу від нерівномірного нагрівання або охолодження, а також від структурних перетворень утворюють так звані власні або внутрішні деформації і напруги при зварюванні.

У процесі зварювання шов і близько шовна зона розігріваються до високих температур, що викликає розширення і подовження деталі в напрямку осі шва. При цьому з боку менш нагрітої частини на високотемпературну зону діє реакція, викликаючи в ній власні деформації укорочення.

Значна частина власної деформації укорочення в зоні шва переходить в пластичну деформацію.

Залишкові напруження розтягу створюють в металі запас енергії, який може сприяти руйнуванню металу. Вони також сприяють прискоренню корозійних процесів. Пов'язані з ними пластичні деформації напруги істотно впливають на точність і стабільність розмірів, виникають деформації повзучості, особливо при підвищених температурах. Для зняття залишкових

напруг після зварювання проводять термообробку. Застосовують як загальний нагрів конструкції (відпустка або отжиг), так і місцевий нерівномірне нагрівання.

Придатність відпустки є зниження напруги в усіх точках виробу, без зниження пластичності металу [32].

Контроль якості виконується в три етапи:

- контроль заготовки та складання під зварювання;
- контроль процесу зварювання;
- контроль готових швів.

Контроль заготовки та складання під зварювання проводиться візуально. Заготовки оглядаються на наявність вм'ятин, задирок, якість підготовки крайок, величини зазору, правильності оброблення крайок і т.д.

Спостереження за процесом зварювання контролюється захист зони дуги, перевірка наявності мікротріщин, може запобігти появі великих тріщин.

На готових виробах огляду піддають зварений шов і зону прилеглого основного металу на відстань не менше 20 мм від шва. Після очищення від шлаку, бризок, забруднень перевіряють наявність тріщин, подрізів, свищів, пропалень і т.д. Про якість судять про сталість його геометричних розмірів, зовнішнього вигляду, а також кольору поверхні виробу. Для контролю розмірів шва використовувати універсальний шаблон зварювальника УШС - 3. Для виявлення дрібних дефектів використовувати лупу 5х ГОСТ 105578 - 96. Огляд недоступних для прямого спостереження використовувати ультразвуковий дефектоскоп УД 2 - 12 ГОСТ 23043 – 84.

Принцип дії ультразвукового дефектоскоп УД 2 - 12 полягає в тому, що формується приладом зондує електричний імпульс за допомогою п'єзоелектричного перетворювача (далі ПЕП) збуджує в досліджуваному виробі ультразвукову хвилю (далі УЗ), фронт якої, відбиваючись від області дефекту в матеріалі, повертається до приймального ПЕП, де перетворюється знову в електричний сигнал. Прийнятий сигнал посилюється і перетворюється до вигляду, зручного для реєстрації та спостереження. Знаючи швидкість

поширення УЗ в досліджуваному матеріалі і час її проходження від збудливого до приймального ПЕП, можна легко обчислити відстань до дефекту, його координати і розмір. Все це виконується приладом автоматично [3]. Технічна характеристика ультразвукового дефектоскопа УД2 - 12 наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика ультразвукового дефектоскопа УД2 - 12

| Параметри  | Значення   |
|--|--|
| Діапазон товщини контрольованого матеріалу (по сталі), мм    | от 1 до 999  |
| Живлення дефектоскопа  | Від мережі змінного струму 220 В або від акумуляторної батареї еи 12 В |
| дефектоскопа, кг   | 8,4  |
| Температура окр. середовища при експлуатації дефектоскопа, С | от -10 до +50  |

Параметри значення. Діапазон товщини контрольованого матеріалу (по сталі), мм від 1 до 999. Живлення дефектоскопа Від мережі змінного струму 220 В або від акумуляторної батареї 12 В. Маса дефектоскопа, кг 8,4. Температура навколишнього середовища при експлуатації дефектоскопа, С від -10 до +50.



## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Характеристика та аналіз потенційних небезпек в цеху

Процес зварювання вимагає дотримання певного комплексу правил техніки безпеки і охорони праці, які повинні відобразитись у технологічних картах і суворо дотримуватись при виконанні зварювальних робіт.

При експлуатації виробничого обладнання в результаті дії шкідливих факторів створюється можливість травматизму. Простір, в якому постійно або періодично діють ці фактори, називається небезпечною зоною.

При зварюванні та різанні металів повітряне середовище виробничих приміщень може забруднюватися зварювальним аерозолем, що містить пил, шкідливі гази та випаровування, наприклад, газоподібні фтористі сполуки, оксид вуглецю, оксиди азоту та інші. [26].

Потужне ультрафіолетове чи світлове випромінювання зварювальної дуги при дії на очі працюючого може викликати електроофтальмію, а при тривалій дії інфрачервоного випромінювання може розвинути катаракта - катаракта.

При проектуванні та експлуатації підприємств із зварювальним виробництвом мають бути проведені заходи профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань, в першу чергу по зниженню шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Для захисту від дії небезпечних факторів застосовують елективні та індивідуальні засоби захисту.

Можна виділити чотири групи засобів захисту: огорожуючі, запобігаючі, сигналізаційні засоби і дистанційне управління.

*Огорожуючі* засоби діляться на стаціонарні, з'ємні переносні. Стаціонарні огороження постійно закривають доступ до небезпечної зони і знімаються лише під час огляду, змащення і ремонту робочих органів. Такими огороженнями являються корпуси обладнання, суцільні кожухи, бар'єри.

З'ємні огороження встановлюються в місцях, які вимагають періодичного допуску до небезпечної зони для допоміжних операцій. З'ємні огороження слід блокувати з робочими органами, що забезпечує неможливість експлуатації обладнання при відкритих огороженнях.

Переносні огороження небезпечних зон встановлюються під час ремонтно-будівельних робіт.

*Запобігаючі* засоби встановлюються для попередження аварій і поломок окремих частин обладнання і зв'язаною з цим небезпекою травматизму. При порушенні встановлених параметрів запобігаючі засоби спрацьовують автоматично, відключаючи відповідне обладнання чи його вузол.

Встановлення віброуючих агрегатів на самостійні віброгасячі основи (фундаменти). При роботі ручними механізованими електричними чи пневматичними інструментами слід застосовувати індивідуальні засоби захисту у вигляді віброізолюючих рукавиць, віброзахисних рукояток інструментів або прокладок. Для працюючих з віброуючим обладнанням рекомендується організувати 10-15 хвилинні перерви після кожної години роботи.

В небезпечних місцях вивішують запобігаючі написи і плакати.

Електричне обладнання, що встановлене на виробничих підприємствах, є потенційно небезпечним для працюючих, оскільки органи відчуття людини не можуть на віддалі виявити електричну напругу.

Електрична енергія використовується в устаткуванні для приводу, що виконує силові функції, як джерело тепла для освітлення робочих місць, а також використовується в органах керування. Електрифікація полегшує працю працівників, сприяє підвищенню продуктивності праці, однак вимагає розроблення та впровадження захисних засобів для запобігання ураження працівників, що обслуговують устаткування.

Для індивідуального захисту людей, обслуговуючих електроустановки, від ураження електричним струмом використовуються ізолюючі штани та кліщі, ізольований електричний інструмент, діелектричні рукавиці та діелектричні боти та калоші, діелектричні коврики, мати та підставки.

Всі перераховані вище засоби індивідуального захисту періодично випробовуються на пробій і маркуються у відповідності з діючими правилами. [26].

Аналіз причин нещасних випадків у промисловості, які супроводжуються тимчасовою втратою працездатності, показує, що кількість травм, спричинених електричним струмом, становить всього 0,5...1 % загальної їх чисельності. Але якщо розглядати тільки ті нещасні випадки, які призводять до інвалідності або смерті потерпілих, то виявляється, що до 40 % їх є наслідками враження електричним струмом, тобто більше, ніж з будь-якої іншої причини. При цьому до 80 % таких нещасних випадків припадає на електричні мережі напругою до 1000 В.

Істотну роль у збереженні працездатності і підвищенні продуктивності праці зварника відіграють такі пристрої для удержування та переміщення зварюваних виробів, як кондуктори, кантувачі, маніпулятори, струбцини, затискачі.

До заходів, спрямованих на поліпшення умов праці зварників належать: автоматизація, механізація і раціоналізація виробничого процесу; захист очей від променистої енергії; видалення пилу і газів з робочих приміщень за допомогою вентиляції; заходи безпеки від ураження електричним струмом.

Освітленість виробничих приміщень-важливий захід гігієни та охорони праці і підвищення її продуктивності [27]. У виробничих приміщеннях застосовують два види освітлення: природне і штучне.

Застосування механізованого транспорту для перевезення важких деталей і надання їм зручного для зварювання положення не тільки полегшує працю зварника, а й зменшує виробничий травматизм, підвищує продуктивність праці.

Електрична дуга випромінює велику кількість невидимих ультрафіолетових і інфрачервоних променів, які шкідливо впливають на зір і шкіру людини.

Опіки променями електричної дуги можуть відбуватися тільки при зварюванні відкритою дугою (наприклад ручне дугове зварювання, зварювання

в CO<sub>2</sub> і т.д.). Шкіра зварювальника захищається робочим одягом, а зір - захисними щитками або масками із спеціальним темно-синім склофільтром.

Щоб запобігти механічному пошкодженню очей при прибиранні флюсу і відбиванні шлаку зварювальник повинен користуватися захисними окулярами з простим склом. При опіках очей необхідно вбити холодні примочки, промивати очі слабким содовим розчином або закапати очі очними цинковими каплями. При сильних опіках необхідно звернутися до лікаря [27].

В результаті високої температури зварювальної дуги відбувається випаровування металів. Пари металів з'єднуються з киснем повітря, утворюючи дрібний порошок в вигляді окислів.

Особливо шкідливі пари окислів цинку, свинцю, кадмію, міді та інші, які утворюються при зварюванні міді, латуні і бронзи. В результаті плавлення деяких флюсів утворюються пари окислів марганцю, а також хлористий і фтористий водень.

При зварюванні в вуглекислому газі виділяється шкідливий для організму окис вуглеводу (чадний газ). Оскільки вуглекислий газ в 11,5 рази важчий за повітря, то він може накопичуватися в тісних приміщеннях і закритих посудинах, що приводить до браку кисню для дихання. Для відведення шкідливих газів та пилу, а також для подачі свіжого повітря застосовують загальну або місцеву вентиляцію.

Загальна вентиляція повинна бути приточно-витяжною з підігрівом повітря в зимову пору. Її застосовують для обміну повітря в закритих приміщеннях (цехах, майстернях і т. д.).

Місцеву вентиляцію застосовують для відсмоктування шкідливих газів безпосередньо з місць їх утворення. При роботі в закритих приміщеннях застосовують ізолюючі апарати (ШР-1, ША-40, ДПА-4) або маски із шлангами для подачі свіжого повітря.

При отруєннях, потерпілого необхідно винести на свіже повітря, звільнити від тісного одягу і дати спокій до приходу лікаря. При зупинці дихання слід застосувати штучне дихання.[27]

## 4.2. Заходи пожежної безпеки при експлуатації обладнання

Дільниця рахується правильно спроектована у тому випадку, коли разом з вирішенням функціональних, міцнісних, санітарних та інших технічних і економічних вимог забезпеченні умови пожежної безпеки.

Всі будівельні матеріали по займанню поділяються на три групи:

- незгоряючі, які під дією вогню або високих температур не наймаються і не обвуглюються (до них відносять більшість металів та матеріали мінерального походження);

- важкозгоряючі, які можуть займатися і продовжувати горіти тільки при постійній дії стороннього джерела займання наприклад, конструкції з дерева, які просоченні або покриті вогнезахисними сумішами);

- згоряючі, які можуть самостійно горіти після видалення джерела займання (до них відносять більшість пластичних матеріалів, в тому числі які застосовуються на будівництві).

Займання будівельних конструкцій визначають, як правило, по займанню матеріалів з яких вони виготовленні.

Підвищити вогнестійкість будівель та споруд можна облицюванням або обштукатурюванням металевих конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, які мають мінімальну масу та мінімальний коефіцієнт температуропровідності.

Протипожежні стіни повинні бути виконанні з незгоряючих матеріалів, мати межу вогнестійкості не менше 2,2 годин і опиратися на фундаменти. Протипожежні стіни розраховують на стійкість з врахуванням можливості однобічного завалення перекриття та інших конструкцій при пожежі.

В умовах пожежі, крім високих температур, на будівельні конструкції впливають їх власна маса та експлуатаційні навантаження, а також додаткові статичні навантаження (від пролітої при тушінні пожежі води або уламків конструкції, що завалилася). В результаті вказаних впливів несучі конструкції деформуються та втрачають міцність.

Крім того, при пожежі конструкції можуть нагріватися до небезпечних [температур, прогоріти або отримати наскрізні тріщини, що може [привести до розповсюдження пожежі в суміжні [приміщення, Здатність конструкції чинити опір впливу пожежі на протязі певного часу при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю.

При проектуванні будівель необхідно передбачити безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі люди повинні покинути будівлю на протязі мінімального часу, який визначається найменшою віддаллю від місця їх знаходження до виходу назовні [27, с.357].

Як правило, виникнення пожежі в будівлях та спорудах супроводжується виділенням великої кількості диму, який затемнює приміщення та утруднює умови евакуації та гасіння пожежі. Крім того дим володіє задушливими властивостями.

Видалення газів та диму із приміщенням якому виникла пожежа, проводиться через віконні прорізи, аераційні ліхтарі, а також за допомогою спеціальних димових люків, конструкцій, що легко скидаються. Димові люки призначені для видалення продуктів згорання, забезпечення не задимлених суміжних приміщень та керування процесами горіння на пожежах (для того, щоб надати полум'ю бажаного напрямку).

Димові люки встановлюються у підвальних приміщеннях, в перекриттях складських та без ліхтарних виробничих будівлях [27].

### **4.3. Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях**

Цивільний захист є складовою частиною соціальних та захисних заходів, які проводяться в мирний і воєнний час з метою захисту населення і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і сучасних засобів ураження.

Цивільний захист України організується за територіально виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного

управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільного захисту. Заходи цивільного захисту проводяться на всій території держави, як правило, з врахуванням особливостей кожного району.

Кабінет Міністрів України постійно приділяє увагу розвитку цивільному захисту, підвищенню її ролі у захисті населення, підвищенню її значення, визначає основні принципи її побудови, характер і обсяг завдань, що вирішуються.

Територіальний принцип полягає в організації цивільного захисту на території областей, міст і районів, сільських місцевостей відповідної до адміністративного поділу території. Згідно з цим, відповідальність за стан цивільного захисту на цих територіях несуть виконавчі органи влади, а начальниками цивільного захисту, які безпосередньо здійснюють керівництво цивільною обороною є голови виконавчих органів влади.

Виробничий принцип полягає в організації цивільного захисту в кожній установі, підприємстві. Начальником цивільного захисту підприємства є його керівник, на якого покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі нападу, стихійного лиха і катастроф;
- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в сані постійної готовності захисних споруд і спеціальних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкту в мирний та [воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкту.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають (споруди і будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, верстатне і технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні і паливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і

управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення.

Принципами стійкості роботи промислового підприємства з надзвичайних ситуацій є єдина нормативна і директивна база, яка включає: Конституцію України; Закон про цивільну оборону України; Положення по цивільній обороні; нормативні документи по стійкості роботи об'єктів; директиви начальника штабу цивільного захисту України [28, с. 196].

Під стійкістю роботи промислового підприємства розуміють їх можливість в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу виробляти продукцію в запланованому обсязі і номенклатурі, а при слабких пошкодженнях відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

Стійкість роботи промислового підприємства складається із:

- стійкості інженерно-технічного комплексу до дій зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї;
- стійкості виробничої діяльності.

Під стійкістю роботи об'єктів, які не виробляють матеріальних цінностей, розуміють їх можливість виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуацій [28, с. 196]. Фактори, від яких залежить стійкість роботи об'єктів в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу:

- надійність захисту робітників і службовців;
- безпечність розташування об'єкту відносно зон можливих зруйнувань;
- можливість інженерно-технічного комплексу протистояти ударній хвилі будь-якого вибуху і уражаючим діям ядерної зброї;
- безперервність постачання електроенергією, паливом, сировиною, газом і всім необхідним для випуску продукції;
- надійність керування виробництвом, силами і засобами цивільного захисту;
- підготовленість підприємства до поновлення виробництва і проведення рятувальних і інших невідкладних робіт [28].



Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів по підготовці та проведенню дослідження; план проведення досліджень [29].

Основні заходи по підвищенню стійкості, які проводяться на об'єктах у мирний час, передбачають: захист робітників та службовців і інженерно-технічного комплексу від наслідків стихійного лиха, аварій (катастроф), а також первинних та вторинних факторів ураження ядерного вибуху; забезпечення надійності управління та матеріально-технічного забезпечення світломаскування об'єкту; підготовку його до відновлення порушеного виробництва та переводу на режим в умовах надзвичайних ситуацій

Кожний об'єкт в залежності від особливостей його виробництва і інших характеристик має свою специфіку. Але об'єкти мають багато спільного: виробничий процес здійснюється, як правило, в середині споруд і будівель, самі споруди в більшості випадків виконані з уніфікованих елементів, територія об'єкту насичена інженерними, комунальними і енергетичними лініями, густота забудови по багатьох об'єктах становить 30-60 %. Все це дає підставу вважати, що для всіх виробничих об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні фактори, які впливають на підготовку об'єкта до роботи в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. До цих факторів належать: райок розміщення об'єкту, внутрішнє планування і забудова території об'єкту, системи енергопостачання, технологічний процес, виробничий зв'язок об'єкту, системи управління, підготовленість об'єкту до відбудови виробництва та інше [23]. Район розміщення об'єкту вивчається за картою. Проводиться аналіз топографічного розміщення об'єкту: характер забудови території, яка оточує об'єкти; наявність на цій території підприємств, які можуть бути джерелами виникнення вторинних факторів ураження, природні умови навколишньої місцевості; наявність шляхів та інше. При вивченні споруд і будівель об'єкту дається характеристика споруд основного і допоміжного виробництва; споруд, які не будуть використані у виробництві основної продукції в надзвичайних ситуаціях.

При оцінці внутрішнього планування території об'єкту визначається вплив густоти і типу забудови, можливість виникнення і розповсюдження пожежі, створення завалів входів у сховища і проходів між спорудами.

Вивчення технологічного процесу проводиться з розрахунком специфіки виробництва і змін у виробничому процесі в надзвичайних ситуаціях (можлива зміна технології, часткова зупинка виробництва, переключення на виробництво нової продукції) [23].

Дослідження системи управління об'єктів проводиться на основі вивчення стану пунктів управління і вузлів зв'язку, надійності системи управління виробництвом, надійності зв'язку з позаміською зоною, розстановки сил, забезпечення керівництва виробничою діяльністю об'єкту в усіх підрозділах підприємства.

При аналізі системи матеріально-технічного постачання дається коротка характеристика цієї системи в нормальних умовах і можливих змін в зв'язку з переходом на випуск нової продукції, встановлюється залежність виробництва від постачальників, виявляються найбільш важливі поставки сировини, деталей і комплектуючих виробів, без яких виробництво не може продовжуватись.

Підготовка об'єкту до відбудови виробництва визначається на основі вивчення характеру виробництва, складності його устаткування, [підготовленості персоналу до відбудовних робіт, запасів матеріалів, деталей та устаткування [23].

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі бакалавра описано вирішення підвищені показників якості зварювання посудини ізотермічної ємності за рахунок її виробництва методом напівавтоматичного електродугового зварювання в середовищі захисного газу.

1. Для зварювання деталей посудини ізотермічної ємності:

- сила зварювального струму дорівнює  $I_{зв} = 200$  А;
- діаметр дроту - 2 мм;
- швидкість подачі дроту – 250 м/ год;
- напруга зварювання – 52 В;
- витрата флюсу – 1,7 кг;
- швидкість зварювання – 24 м/год.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акулов А.І., Бельчук Г.А., Демянцевіч В.П. Технологія та устаткування зварювання плавленням. - М ,: Машинобудування, 2012. - 328 с.
2. Александров А.Г., Мілютін В.С. Джерела живлення для дугового зварювання. -М ,: Машинобудування, 2005. - 431 с.
3. Альошин Н.Г., Щербинский В.С. Контроль якості зварювальних робіт. - М ,: Вища школа, 2008. - 206 с.
4. Винокуров В.А. Зварювальні напруги та деформації. - М ,: Машинобудування, 2007. - 276 с.
- . Гітлевіч А.Д., Етінгер Л.А. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. - М ,: Вища школа, 2009. - 479 с.
- . Грузинів В.П .; Грибов В.Д. Економіка підприємства М .; Фінанси і статистика, 2008. - 206с.
- . Демянцевіч В.П. Технологія та устаткування зварювання плавленням. - М .: Машинобудування, 2005. - 431 с.
- . Єдиний тарифно-кваліфікаційний довідник робіт і професій робітників. Том 1,2. М, 2005.- 25 с.
9. Куркін С.А., Миколаїв Г.А. Зварні конструкції. - М .: Вища школа, 2007. - 391 с.
10. Марочник сталей. Під ред. Сорокіна В.Г. -М. Машинобудування, 2005.-638 с.
- . Маслов Б.Г., Выборів А.П. Виробництво зварних конструкцій. - М .: Академія, 2010.-256с.
- . Міжгалузеві правила по охороні праці при електро та газозварювальних роботах: ПОТ РМ-020-2001: Введення в дію з січня 2007 р - М .: Б.и., 2001.-58с.
- . Мілютін В.С., Коротков В.А. Джерела живлення для зварювання. - Челябінськ: Металургія, 2006. - 336 с.
14. Устаткування й нормативи часу на слюсарну обробку деталі і слюсарно-складальні роботи по збірці машин і приладів в умовах масового,

великосерійного і среднесерійного виробництва. - М .: Машинобудування, 2010. - 135 с.

15. Устаткування й укрупнені нормативи часу на дугове зварювання в середовищі захисних газів. - М .: Економіка, 2006. - 50 с.

16. Охорона праці в машинобудуванні. / Под ред. Є.Я. Юдіна та С.В. Белова - М .: Машинобудування, 2005. - 432с.

17. Устаткування й укрупнені нормативи часу на дугове зварювання в середовищі захисних газів. - М .: Економіка, 2008. - 177 с.

18. ОСТ 92.2189 - 68. Нормативи часу на зварювальні роботи.

19. Петров Г.Л. Зварювальні матеріали. - Л .: Машинобудування, 2008. - 279с.

20. Розаренов Ю.Н. Устаткування для електричного зварювання плавленням. -М .: Машинобудування, 2009. - 208 с.

21. Зварювання та зварювальні матеріали: Справ. / Под ред. Волчик В.Н. - М .: Металургія, 2007.- 556 с.

22. Сварка сталевих матеріалів / В.І. Оботуров. - М .: Стройиздат, 2001.- 287с.

23. Зварні конструкції. Механіка руйнування і критерії працездатності / Б.Є. Патона.-М .: Машинобудування, 2006.- 236с.

24. Зварювальні роботи: навч. для поч. проф. Освіти / В.І. Маслов.

25. Pulka Ch.V., Shably O.N., Baranovsky V.M. Senchishin V.S. Ways of updating the technology of induction surfacing of thin steel disk. The Paton WELDING JOURNAL. Kiev, E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. May-June 2015. № 5-6/2015. Pg. 59–62.

26. Пулька Ч.В., Барановський В.М., Сенчишин В.С., Гаврилюк В.Я. Вібраційна потокова лінія для індукційного наплавлення тонких дисків. Наукові доповіді НУБіП України. 2015. № 8 (57). <http://nd.nubip.edu.ua>

27. Прокофьев А.С., Губатюк Р.С., Мужиченко А.Ф., Барановский В.Н. Расчет двухслойной заготовки сферических днищ для сосудов высокого давления. Междун. науч.-техн. и проиовдств. журнал «Автоматическая сварка».

2016. ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ, МА «Саварка». № 8 (755). С. 58–62.

28. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення» для студентів всіх форм навчання напряму підготовки 6.050504 «Зварювання». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 47 с.

29. Барановський В.М., Підгурський М.І., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» для студентів денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст» і «Магістр» зі спеціальності 7.05050401, 8.05050401 «Технологія та устаткування зварювання». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 57 с.

30. Барановський В.М., Підгурський М.І., Мариненко С.Ю. Конспект лекцій з дисципліни «Безпека життєдіяльності» для студентів всіх форм навчання. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 157 с.

31. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до практичних і самостійних занять з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» для студентів всіх форм навчання напряму підготовки 6.050504 «Зварювання». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 28 с.

32. Барановський В.М., Підгурський М.І., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» для студентів денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямку підготовки 6.050504 «Зварювання». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 23 с.

33. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 254 с.

34. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 58 с.

**ДОДАТКИ**

| Форм.    | зона         | Поз.     | Позначення              | Найменування                       | К-сть | Примітка |
|----------|--------------|----------|-------------------------|------------------------------------|-------|----------|
|          |              |          |                         | <b><u>ДОКУМЕНТАЦІЯ</u></b>         |       |          |
| A1       |              |          | КРБ 19-207.01.00.000 СК | <b><u>СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ</u></b> |       |          |
|          |              |          |                         | <b><u>СКЛАДАЛЬНІ ОДИНИЦІ</u></b>   |       |          |
|          |              | 1        | КРБ 19-207.01.01.000    | Основа                             | 1     |          |
|          |              | 2        | КРБ 19-207.01.02.000    | Стійка                             | 2     |          |
|          |              | 3        | КРБ 19-207.01.03.000    | Опора                              | 1     |          |
|          |              | 4        | КРБ 19-207.01.04.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 5        | КРБ 19-207.01.05.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 6        | КРБ 19-207.01.06.000    | Опора                              | 1     |          |
|          |              | 7        | КРБ 19-207.01.07.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 8        | КРБ 19-207.01.08.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 9        | КРБ 19-207.01.09.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 10       | КРБ 19-207.01.10.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 11       | КРБ 19-207.01.11.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              | 12       | КРБ 19-207.01.12.000    | Стійка                             | 1     |          |
|          |              |          |                         | <b><u>ДЕТАЛІ</u></b>               |       |          |
|          |              | 16       | КРБ 19-207.01.01.001    | Палець                             | 2     |          |
|          |              | 17       | КРБ 19-207.01.00.002    | Важіль                             | 2     |          |
|          |              | 18       | КРБ 19-207.01.00.003    | Втулка                             | 2     |          |
|          |              |          |                         | КРБ 19-207.01.00.000 СК            |       |          |
| Зм.      | Лист         | № Докум. | Підпис                  | Дата                               |       |          |
| Розроб.  | Магеровський |          |                         |                                    | Лім.  | Лист     |
| Перевір. | Барановський |          |                         |                                    |       | Листів   |
|          |              |          |                         |                                    |       | 1        |
|          |              |          |                         |                                    |       | 4        |



|           |          |  |  |                                  |
|-----------|----------|--|--|----------------------------------|
| Рецензент | Ляшук    |  |  | ТНТУ, ФМТ,<br>каф. МТ, гр.МЗс-41 |
| Н.контр.  | Ткаченко |  |  |                                  |
| Зав.каф.  | Окіпний  |  |  |                                  |

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення           | Найменування              | К-сть | Примітка |
|-------|------|------|----------------------|---------------------------|-------|----------|
|       |      | 19   | КРБ 19-207.01.00.004 | Вилка                     | 12    |          |
|       |      | 20   | КРБ 19-207.01.00.005 | Важіль                    | 2     |          |
|       |      | 21   | КРБ 19-207.01.00.006 | Палець                    | 4     |          |
|       |      | 22   | КРБ 19-207.01.00.007 | Важіль                    | 2     |          |
|       |      | 23   | КРБ 19-207.01.00.008 | Втулка                    | 4     |          |
|       |      | 24   | КРБ 19-207.01.00.009 | Упор                      | 1     |          |
|       |      | 25   | КРБ 19-207.01.00.010 | Стійка                    | 1     |          |
|       |      | 26   | КРБ 19-207.01.00.011 | Упор                      | 1     |          |
|       |      | 27   | КРБ 19-207.01.00.012 | Важіль                    | 2     |          |
|       |      | 28   | КРБ 19-207.01.00.013 | Важіль                    | 2     |          |
|       |      | 29   | КРБ 19-207.01.00.014 | Важіль                    | 2     |          |
|       |      | 30   | КРБ 19-207.01.00.015 | Упор                      | 1     |          |
|       |      | 31   | КРБ 19-207.01.00.016 | Опора                     | 4     |          |
|       |      |      |                      |                           |       |          |
|       |      |      |                      |                           |       |          |
|       |      |      |                      | <u>СТАНДАРТНІ ВИРОБИ</u>  |       |          |
|       |      |      |                      |                           |       |          |
|       |      |      |                      | <i>Болти ГОСТ 1808-70</i> |       |          |
|       |      | 34   |                      | M12×50.56                 | 84    |          |
|       |      | 35   |                      | M12×80.56                 | 4     |          |
|       |      | 36   |                      | M12×90.56                 | 4     |          |
|       |      | 37   |                      | Гвинт М8×60.56            |       |          |

|       |      |          |            |      |  |                         |       |          |
|-------|------|----------|------------|------|--|-------------------------|-------|----------|
|       |      |          |            |      |  | ГОСТ 1491-72            | 8     |          |
|       |      | 38       |            |      |  | Гайка М20.6             |       |          |
|       |      |          |            |      |  | ГОСТ 5915-70            | 8     |          |
|       |      |          |            |      |  | Шайби ГОСТ 6402-70      |       |          |
|       |      | 39       |            |      |  | 8.65 Г                  | 8     |          |
|       |      |          |            |      |  | КРБ 19-207.01.00.000 СК |       | Лис      |
| Зм.   | Лист | Недокум. | Підпис     | Дата |  |                         |       |          |
| Форм. | Зона | Поз.     | Позначення |      |  | Найменування            | К-сть | Примітка |
|       |      | 40       |            |      |  | 12.65 Г                 | 92    |          |
|       |      |          |            |      |  | Шайби ГОСТ 9649-78      |       |          |
|       |      | 41       |            |      |  | 12.01                   | 12    |          |
|       |      | 42       |            |      |  | 16.01                   | 12    |          |
|       |      |          |            |      |  | Шпінти ГОСТ 397-79      |       |          |
|       |      | 43       |            |      |  | 3.2×25                  | 12    |          |
|       |      | 44       |            |      |  | 4×28                    | 12    |          |
|       |      |          |            |      |  |                         |       |          |
|       |      |          |            |      |  |                         |       |          |
|       |      |          |            |      |  |                         |       |          |
|       |      |          |            |      |  |                         |       |          |
|       |      |          |            |      |  | Штифти ГОСТ 3128-70     |       |          |
|       |      | 47       |            |      |  | 4т6×40                  | 12    |          |
|       |      | 48       |            |      |  | 12т6×50                 | 22    |          |
|       |      | 49       |            |      |  | 12т6×70                 | 2     |          |
|       |      | 50       |            |      |  | 12т6×100                | 2     |          |

| Форм. | Зона | Поз.    | Позначення | Найменування               | К-сть                   | Примітка |
|-------|------|---------|------------|----------------------------|-------------------------|----------|
|       |      |         |            |                            |                         |          |
|       |      |         |            | <i>Опори ГОСТ 4085-68</i>  |                         |          |
|       |      | 53      |            | <i>1035-0433</i>           | 4                       |          |
|       |      | 54      |            | <i>1035-0434</i>           | 1                       |          |
|       |      | 55      |            | <i>1035-0435</i>           | 2                       |          |
|       |      |         |            | <i>Осі ГОСТ 9650-80</i>    |                         |          |
|       |      | 56      |            | <i>6-12f9x55</i>           | 12                      |          |
| Зм.   | Лист | №докум. | Підпис     | Дата                       | КРБ 19-207.01.00.000 СК |          |
|       | т    |         |            |                            |                         | Лист     |
|       |      |         |            |                            |                         | 3        |
|       |      | 57      |            | <i>6-15f9x90</i>           |                         |          |
|       |      | 58      |            | <i>Пневморозподільувач</i> |                         |          |
|       |      |         |            | <i>12-2 ГОСТ 80467-73</i>  |                         |          |
|       |      |         |            |                            |                         |          |
|       |      |         |            |                            |                         |          |
|       |      |         |            | <u><i>Інші вироби</i></u>  |                         |          |
|       |      | 61      |            | <i>Гайка ПГУ 677</i>       | 28                      |          |
|       |      | 62      |            | <i>Ніпель ПГУ 668</i>      | 28                      |          |
|       |      | 63      |            | <i>Штуцер ПГУ 606</i>      | 28                      |          |
|       |      | 64      |            | <i>Глушник П-Г-II 12</i>   | 4                       |          |
|       |      | 65      |            | <i>Клапан 12-1</i>         |                         |          |
|       |      |         |            | <i>ГОСТ 21324-75</i>       | 1                       |          |
|       |      |         |            |                            |                         |          |

|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|------------|-------------|----------------|---------------|-------------|----------------------------------|---|------|
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             | 67             |               |             | <i>Пневмоциліндр</i>             | 6 |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             | <u><i>Матеріали</i></u>          |   |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             | 69             |               |             | <i>Труба 15×1.5 ГОСТ 8134-75</i> | 1 | 6м   |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             |                                  |   |      |
|            |             |                |               |             | КРБ 19-207.01.00.000 СК          |   | Лист |
| <i>Зм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                  |   | 4    |