

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова**  
**Навчально науковий інститут (факультет) суднобудівний**

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

проф. Квасницький В.Ф.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

***КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА***

**на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**  
(потрібне залишити)

**на тему:** Розробка технології складання і зварювання мостової опори  
фундаменту

Виконав: студент 2127 групи

\_\_\_\_\_ Шульга С.П.

(підпис)

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц., проф.

(посада, науковий ступень вчене звання)

\_\_\_\_\_ Костін О.М.

(підпис)

Миколаїв – 2021 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова**

**Навчально науковий інститут (факультет) суднобудівний**  
Кафедра Зварювального виробництва  
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
Освітня програма 131. бакалавр зі зварювання

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Гарант освітньої програми

\_\_\_\_\_  
(підпис)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Шульга Сергій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка технології складання і зварювання  
мостової опори фундаменту  
керівник проекту (роботи) Костін Олександр Михалович к.т.н.доц.проф.НУК,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу від “\_\_” \_\_\_\_\_ 2021  
року №\_\_

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

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Робоче креслення мостової опори  
фундаменту; основний матеріал сталь 09Г2

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) аналіз  
особливостей конструкції, характеристика основного металу, аналіз  
очікуваної структури зварних з'єднань, розрахунок режимів зварювання та  
термічних циклів. Технологічний процес виготовлення мостової опори, вибір  
зварювальних матеріалів, зварювального устаткування;охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів(з точним зазначенням обов'язкових  
креслень)Креслення мостової опори фундаменту, розрахунок режимів  
зварювання, аналіз очікуваної структури, розрахунок термічних циклів  
зварювання, розрахунок собівартості виготовлення мостової опори  
фундаменту

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1      | Костін О.М.к.т.н.доц.проф.НУК             |                |                  |
| 2      | Костін О.М.к.т.н.доц.проф.НУК             |                |                  |
| 3      | Костін О.М.к.т.н.доц.проф.НУК             |                |                  |
| 4      | Костін О.М.к.т.н.доц.проф.НУК             |                |                  |
| 5      | Костін О.М.к.т.н.доц.проф.НУК             |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

## 7. Дата видачі завдання

## Статья I. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)          | Строк виконання етапів проекту ( роботи ) |  |
|-------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|
| 1     | Аналіз особливостей конструкції                   |                                           |  |
| 2     | Аналіз структури та властивостей зварних з'єднань |                                           |  |
| 3     | Типова технологія складання та зварювання         |                                           |  |
| 4     | Охорона праці                                     |                                           |  |
| 5     | Розрахунок економічної собівартості               |                                           |  |
|       |                                                   |                                           |  |
|       |                                                   |                                           |  |
|       |                                                   |                                           |  |
|       |                                                   |                                           |  |
|       |                                                   |                                           |  |

Студент

\_\_\_\_\_ Шульга С.П.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Костін О.М.  
( підпис ) (прізвище)

## Зміст

|                                                                                 |  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--|
| Анотація.....                                                                   |  |
| Вступ.....                                                                      |  |
| 1. Аналіз особливостей конструкції і можливих<br>варіантів її виготовлення..... |  |
| 1.1 Загальна характеристика .....                                               |  |
| 1.2. Характеристика основного матеріалу.....                                    |  |
| 1.3. Типові технології складання та зварювання.....                             |  |
| 1.4. Висновки мета і завдання дипломного проекту.....                           |  |
| 2. Розрахунок технології виготовлення.....                                      |  |
| 2.1. Призначення типів та розмірів зварних з'єднань.....                        |  |
| 2.2. Обґрунтування вибору способу зварювання .....                              |  |
| 2.3. Розрахунок режимів зварювання.....                                         |  |
| 2.4. Розрахунок термічного циклу зварювання.....                                |  |
| Висновки.....                                                                   |  |
| 3. Технологічний процес складання та зварювання.....                            |  |
| 3.1. Принципова послідовність складання та зварювання.....                      |  |
| 3.2. Обґрунтування способу зварювання.....                                      |  |
| 3.3. Обґрунтування вибору зварювального устаткування.....                       |  |
| 3.4. Методи контролю якості.....                                                |  |
| Висновки                                                                        |  |
| 4. Охорона праці.....                                                           |  |
| 5. Економічна оцінка проекту.....                                               |  |
| Загальні висновки.....                                                          |  |
| Список використаної літератури.....                                             |  |
| Перелік графічної частини.....                                                  |  |
| .....                                                                           |  |

## АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі виконана розробка складання та зварювання опори фундаменту.

Був проведений аналіз конструкції, дана характеристика основного металу. Приведені типові технології складання та зварювання конструкції опори фундаменту.

Вибрані та обґрунтовані способи зварювання, виконаний розрахунок режимів зварювання, термічних циклів з наданням аналізу структури ЗТВ.

Розроблений технологічний процес складання-зварювання направляючої з обґрунтуванням вибору зварювальних матеріалів та обладнання, приведені методи контролю.

В розділі «Охорона праці» наданий аналіз небезпечних та шкідливих факторів та розроблені заходи, щодо їх усунення.

Розраховано собівартість виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску виробів.

Загальний вміст пояснювальної записки складає \_\_\_\_ аркушів та містить \_\_\_\_ розділів.

Робота включає в себе графічну частину, яка складається з одного креслення та чотирьох плакатів. Загальна кількість графічної частини 5 аркушів.

|       |      |          |        |      |                |      |
|-------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|       |      |          |        |      | ДП.131.2127ст. | Лист |
| Зміни | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## АННОТАЦИЯ

В дипломной работе выполнена разработка сборки и сварки опоры фундамента.

Был проведен анализ конструкции, дана характеристика основного металла. Приведены типичные технологии сборки и сварки конструкции опоры фундамента.

Избранные и обоснованные способы сварки, выполнен расчет режимов сварки, термических циклов с предоставлением анализа структуры ОТО.

Разработанный технологический процесс сборки-сварки направляющей с обоснованием выбора сварочных материалов и оборудования, приведены методы контроля.

В разделе «Охрана труда» предоставлен анализ опасных и вредных факторов и разработаны мероприятия по их устранению.

Рассчитано себестоимость выполнения сварочных работ при изготовлении годовой программы выпуска изделий.

Общее содержание пояснительной записки составляет \_\_\_\_ листов и содержит \_\_\_\_ разделов.

Работа включает в себя графическую часть, которая состоит из одного чертежа и четырех плакатов. Общее количество графической части 5 листов.

|       |      |          |        |      |                |      |
|-------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|       |      |          |        |      | ДП.131.2127ст. | Лист |
| Зміни | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## ABSTRACT

In the thesis work done to develop assembly and welding beam foundation.

Was analyzed structures, given the characteristics of the base metal. Resulted typical assembly and welding technology construction beam foundation.

Selected and reasonable methods of welding, executed Calculation welding, thermal cycles with providing analysis of the structure of general relativity.

The technological process of assembly and welding guide with the reasons for the choice of welding consumables and equipment given control methods.

Under "Health" analyzes of hazardous and harmful factors and developed measures to address them.

Calculated cost performance welding in the manufacture year program production output.

The total content of the explanatory note is \_\_\_\_ pages and contains sections.

The work includes graphic part of which consists of one four drawings and posters. The total number of five graphic sheets.

|       |      |          |        |      |                |      |
|-------|------|----------|--------|------|----------------|------|
|       |      |          |        |      | ДП.131.2127ст. | Лист |
| Зміни | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                |      |

## ВСТУП

Збільшення обсягу механізованого зварювання, поява нових конструкційних матеріалів і нових процесів зварювання, а також ускладнення експлуатаційних умов для зварювання конструкцій обумовлюють швидкий розвиток науки про зварювання як основу розвитку зварювальної технології. Очевидно, що підвищувати економічність, довговічність і надійність зварних конструкцій і споруди, знайти технічно прості конструктивні рішення, що дозволяють зменшити витрати праці і матеріалів, можна тільки при порівняльному і всебічному обліку впливу технології виготовлення зварних з'єднань на міцність і економічність конструкції.

Так як в будівлі судна одне з провідних місць посідає складально-зварювальне виробництво, на частку якого припадає 12-18% загальної трудомісткості будівництва судна або 45-50% обсягу робіт по споруді корпусу, то головний напрямок подальшого його вдосконалення полягає в комплексної механізації на базі застосування передової технології. З цією метою створюються нові високопродуктивні зварювальні автомати, роботизовані комплекси і ділянки, модернізується і розробляється нове складально-зварювальне обладнання.

У даному дипломному проекті розробляється технологія складання і зварювання фундаменту, що передбачає підвищення ступеня механізації складально-зварювальних робіт.

|       |      |          |        |      |                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|-----------------|------|
|       |      |          |        |      | ДП. 131.2127ст. | Лист |
|       |      |          |        |      |                 |      |
| Зміни | Лист | № докум. | Підпис | Дата |                 |      |

|          |      |             |        |    |                                                              |                       |      |         |
|----------|------|-------------|--------|----|--------------------------------------------------------------|-----------------------|------|---------|
|          |      |             |        |    | ДП.131. 2127ст. 21.05.01.ПЗ                                  |                       |      |         |
| Зм       | Арк. | № докум.    | Підпис | Да | Аналіз конструкції та<br>можливі варіанти її<br>виготовлення | Літ.                  | Арк. | Акрушів |
| Розроб.  |      | Шульга С.П. |        |    |                                                              |                       |      |         |
| Перевір. |      | Костін О.М. |        |    |                                                              |                       |      |         |
| Реценз.  |      |             |        |    |                                                              | НУК ім. адм. Макарова |      |         |
| Н.       |      |             |        |    |                                                              |                       |      |         |
| Затверд. |      |             |        |    |                                                              |                       |      |         |

# 1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ Й МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

## 1.1 Загальна характеристика конструкції

Конструкція яку ми розглядаємо, являє собою зварну балку фундаменту. Він має габаритні розміри 2530x1995x270 мм та масу 2777 кг. Ця зварна конструкція призначена для запобігання сходу масивних деталей .

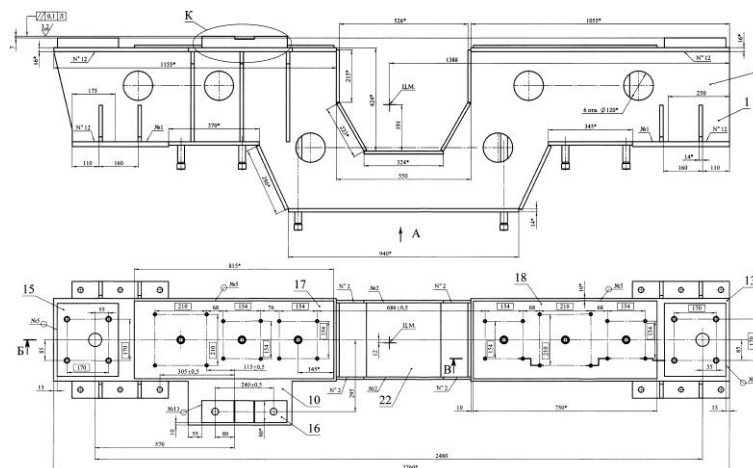


Рис. 1.1 Загальний вигляд балки фундаменту.

Вона складається з наступних складових елементів:

- 1 – Стінка – 2 шт;  $\delta=16$  мм;
- 2 – Верхня полка  $\delta=16$  мм;
- 3 – Нижня полка  $\delta=14$  мм;
- 4 - опорна плита  $\delta=20$ мм. - 2 шт.
- 5 – стінка задня  $\delta=16$  мм. - 1 шт.
- 6 - стінка передня  $\delta=16$  мм. - 1 шт.
- 7 – ребро жорсткості  $\delta=16$  мм. - 2 шт.

Балка працює під впливом статичного та динамічного навантаження і впливом оточуючого середовища

## 1.2. Опис матеріалу і його зварюваності

Матеріалом конструкції обрана сталь 09Г2. Сталь за класифікацією відноситься до низьковуглецевих та низьколегованих. Замінник – сталь 09Г2С, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С. Область застосування – різноманітні деталі та елементи зварних металоконструкцій, що працюють при температурах від -70 до +425°С.

Вигляд постачання - сортовий прокат, в тому числі фасонний: за ГОСТ 192-81, ГОСТ 5520-792591-75, ГОСТ 8239-79. Лист тонкий ГОСТ 19903-74, ГОСТ 17066-80, 19904-74. Полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ -82-70.

Сталь конструкції відноситься до сталей, що добре зварюються. Це означає, що при виконанні деяких умов вони можуть бути зварені всіма видами зварювання, які мають промислове значення. При цьому зварні шви мають необхідну стійкість проти утворення холодних та гарячих тріщин внаслідок зниженого вмісту вуглецю. Виникнення кристалізаційних тріщин можливе лише у випадку несприятливої форми провару, наприклад в кутових швах з повним проваром крайок, коли вміст вуглецю наближається до верхньої границі (0,22-0,25%). Виникнення холодних тріщин в таких сталях можливе лише за умови високих швидкостей охолодження зварювальної ванни.

Регістр вимагає хімічний склад сталі підвищеної міцності – табл.1.1.

Таблиця 1.1. Хімічний склад та механічні властивості суднобудівної сталі підвищеної міцності

| Категорія                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                | A32       | D32 | E32 | A36       | D36 | E36 | A40       | D40 | E40 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|
| Розкислення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                | Спокійна  |     |     |           |     |     |           |     |     |
| Механічні властивості при розтягуванні                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Тимчасовий опір Rm, МПа        | 440...590 |     |     | 490...620 |     |     | 510...650 |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Границя плинності ReH, МПа     | 315       |     |     | 355       |     |     | 390       |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Відносне подовження A5, min, % | 22        |     |     | 21        |     |     | 20        |     |     |
| Примітки: 1. При товщині 12,5 мм і менше вміст марганцю може бути зменшено до 0,70 %. 2. Якщо сталь піддається термічній обробці, Регістром можуть бути допущені або можуть вимагатися зміни хімічного складу. 3. При випробуваннях на розтягування стандартних зразків повної товщини мінімальне відносне подовження повинно відповідати наступним значенням, %: |                                |           |     |     |           |     |     |           |     |     |

Вміст миш'яку в сталі всіх категорій не повинен перевищувати 0,08 %.

Якщо вміст алюмінію або інших елементів, що подрібнюють зерно, нижче необхідного, Регістр може вимагати визначення розміру аустенітного зерна, яке при цьому повинне бути не крупніше від визначеного п'ятим балом.

Для сталі підвищеної міцності, яка підлягає термомеханічній обробці, вуглецевий еквівалент повинен відповідати вимогам табл.1.2.

Таблиця 1.2 Допустимий еквівалент вуглецю

| Категорія сталі    | Вуглецевий еквівалент, %, max |                    |
|--------------------|-------------------------------|--------------------|
|                    | t ≤ 50 мм                     | 50 мм < t ≤ 100 мм |
| A32, D32, E32, F32 | 0,36                          | 0,38               |
| A36, D36, E36, F36 | 0,38                          | 0,40               |
| A40, D40, E40, F40 | 0,40                          | —                  |

Таблиця 1.3. Хімічний склад за ГОСТ 19282-73:

| Сталь | Вміст елемента, % |         |         |      |      |      |       |      |       |      |
|-------|-------------------|---------|---------|------|------|------|-------|------|-------|------|
|       | C                 | Si      | Mn      | Cr   | Ni   | Cu   | P     | S    | N     | As   |
|       | Не більш          |         |         |      |      |      |       |      |       |      |
| 09Г2  | ≥0,12             | 0,5-0,8 | 1,3-1,7 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,035 | 0,04 | 0,008 | 0,08 |

Еквівалент вуглецю (у відсотках) для сталі підвищеної міцності визначається під час випробувань на допуск за даними ковшового аналізу і підраховується за формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} .$$

Еквівалентний вміст вуглецю:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} .$$

$$C_{\text{екв}} = 0,1 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,2}{5} + \frac{0,25 + 0,2}{15} = 0,42\%$$

За підрахунками еквівалентний вміст вуглецю в сталі дорівнює приблизно 0,42%. Умовою схильності металу до утворення холодних тріщин є перевищення еквівалентного вмісту вуглецю 0,45%.

Отже можна зробити висновок, що сталь, яка використовується для виготовлення секції знаходиться не є схильною до утворення холодних тріщин.

### **1.3 Типові технології складання і зварювання контррейки.**

Загальні вимоги:

1. Балка повинен виготовлятися з попередньо виготовлених і виправлених вузлів.
2. Складання і зварювання повинно виконуватися на стенді або складально-зварювальній площадці.
3. При виготовленні необхідно наносити контрольні лінії на місцях встановлення ребер жорсткості, фундаментів та опорних планок. Для можливого контролю поздовжнього і поперечного прогину, контрольні лінії пред'являють до та після звільнення поперечини від стенда.
4. Балка підлягає здаванню ВТК по операційно.
5. Контроль якості зварних швів виконувати згідно ОСТ5.1093-78
6. Виміри поперечини виконувати згідно ОСТ5.9324-79.

Відливки, листи, ковані та штамповані заготовки зазвичай надходять на зварювання у вигляді, що не вимагає додаткових операцій. Технологічний процес заготовки деталей з прокату починається з підбору металу за розмірами і марками сталі і може включати наступні операції: правку, розмічування, різання, обробку кромки, згинання та очистку під зварювання.

Балка фундаменту має коробчатий перетин і робляться з листового прокату. Технологія їх виготовлення і види застосовуваної оснащення значною мірою залежать від характеру виробництва.

При дрібносерійному виробництві балок використовують найпростіші пристосування: столи, плити, стенди, притискні струбцини. Елементи балок

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.01.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

встановлюють по розмітці, прихоплюють електрозварюванням і перевіряють правильність складання.

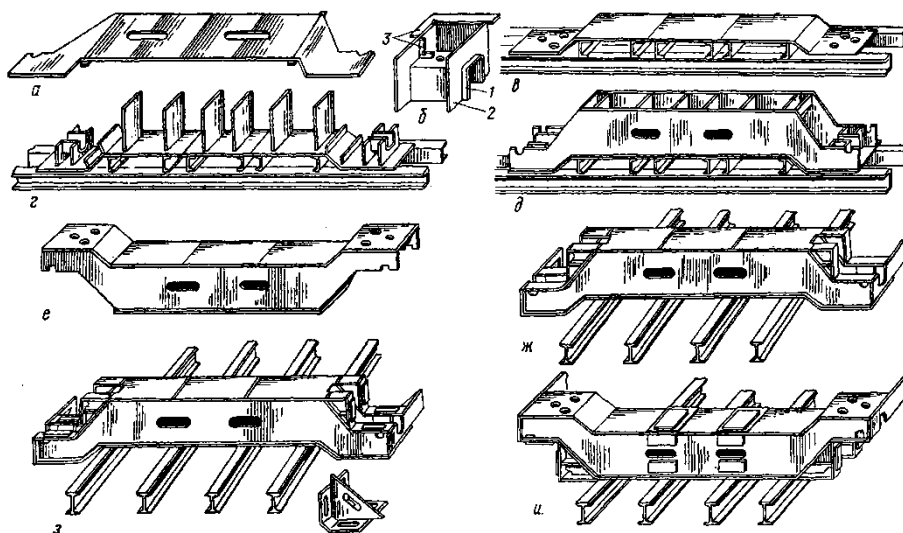


Рисунок 1.2. Ескізи виготовлення балки при дрібносерійному виробництві: 1-гнута смуга; 2 - діафрагма; 3 - косинці

На першому етапі виготовлення балки заготовки вертикальних стінок (листів) балки зварюють встик. Для цього листи укладають на стенд, вивіряють їх взаємне положення і притискають струбцинами до стенду. Після прихватки листів електрозварюванням «вторинної перевірки правильності складання проводиться зварювання листів, зачистка зварювальних швів і перевірка їх якості.

На другому етапі здійснюється складання вузлів кінцевих діафрагм і гнутих смуг. З цією метою гнута смуга 1 встановлюється на плиті стенда, розмічаються місця установки діафрагм 2 і встановлюються діафрагми. Правильність установки перевіряється за допомогою косинців 3. Після прихватки зварюваних елементів і повторної перевірки проводиться повна зварювання вузлів.

Третій етап виконується в кілька прийомів:

1. Складає з прихваткой електрозварюванням листів верхнього пояса
2. Встановлення та приварка діафрагм до верхнього листу (поясу) балки, установка і прихватка вертикальних стінок. Зварювання виробляється

на спеціальному стенді, що дозволяє кантувати балку для зварювання в нижньому

положенні (щоб уникнути вертикальних швів).

3. Розмітка нижнього пояса, установка на ньому балки, прихватка електрозварюванням та свердління по кондуктору отворів в листах і накладках монтажних стиків

4. Розмітка та встановлення на балку кінцевих гнутих елементів, косинок і ребер, їх прихватка електрозварюванням, перевірка і приварювання.

5. Розмітка, установка на балку і прихватка електрозварюванням платік і монтажних стиків накладок, остаточна приварка платік.

6. Свердління по кондуктору монтажних отворів, установка в ці отвори монтажних болтів.

При поточному виробництві балки виготовляються на потокової лінії, яка обладнується механізованими стендами, кантувачами, складальними стапелями і спеціальним оснащенням.

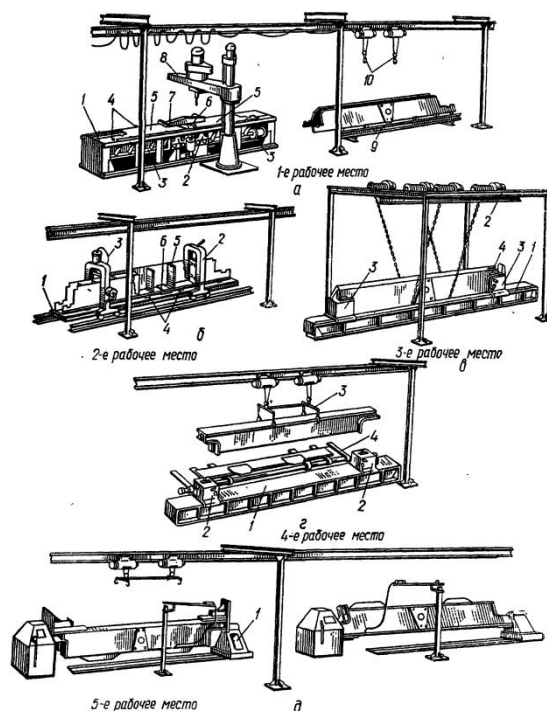


Рис. 56. Эскизы изготовления концевых балок при поточном производстве:  
а) 1 — стенд; 2 — тележки; 3 — механизм подъема листов; 4 — фиксаторы; 5 — листы;  
6 — накладки; 7 — пневмоцилиндр; 8 — радиально-сверлильный станок; 9 — стенд-накопитель;  
10 — тали; б) 1 — стенд; 2 — тележки; 3 — радиально-сверлильный станок; 4 — упоры; 5 —  
диафрагмы; 6 — накладки; в) 1 — стенд; 2 — кантователь; 3 — приспособление для уста-  
новки угольников; 4 — прижимные устройства; г) 1 — стенд; 2 — стойки; 3 — электро-  
двигатель; 4 — рычажный кантователь; д) 1 — кантователь

Малюнок 1.3. Ескізи виготовлення балки при серійному виробництві.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.01.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

На першому робочому місці здійснюється складання заготовок горизонтальних і вертикальних листів балки та свердління отворів під болти монтажних накладок. Для складання листів 5 використовується спеціальний стенд 1, що має дві візки 2, механізм підйому 3 листів і фіксатори 4. Накладки 6, розмічені під сверловку отворів за допомогою накладного шаблону, разом з листами притискаються до стенду пневмозажимом. Отвори в накладках і аркушах свердляться і розгортаються радіально-свердлильних верстатів 8. Після установки в отвори чистих болтів зібрані листи талями 10 подаються на стенд-накопичувач 9.

На другому робочому місці здійснюється складання вертикальних стінок з верхнім поясом балки. Верхній пояс укладають на стенд 1 по упорах 4, розмічають місця установки діафрагм і за допомогою візка 2 встановлюють діафрагми 5 і накладки 6, які приварюють до верхньому листу напівавтоматичної (шлакової) зварюванням.

Вертикальні стінки встановлюють на нижній лист за допомогою рухомого порталу 3, що має пневматичні притискні пристрої, щільно притискають стінки до діафрагм. Після прихватки вертикальних стінок до діафрагм та перевірки якості зварювання балки передаються на третє робоче місце.

На третьому робочому місці на балку за допомогою пристосування 3 встановлюють Платик під букси, прихоплюють косинці і зварюють стінки і діафрагми. Для зручності виконання внутрішніх нижніх швів балка встановлюється на ланцюгової кантувальник 2 стенду 1. Косинці притискаються до торцевих частин стінок за допомогою притискних пристроїв 4.

Після прихватки косинців притискні пристрої знімають і косинці приварюють остаточно при положенні балки, що створює умови для укладання нижніх горизонтальних зварювальних швів.

На четвертому робочому місці збирають балку з нижнім поясом і встановлюють буфера на верхній пояс. З цією метою нижній пояс укладають на важільний кантувальник 4 стенду 1, на пояс встановлюють і прихоплюють

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.01.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

електрозварюванням дві гнутих листа і дві планки. У такому вигляді нижній пояс укладають кантователем до столу стенда. На цей пояс електроталіями 3 встановлюється зварена заготовка балки, яка кріпиться до стійок 2, а пояс притискається до заготівлі гідроциліндрами стенду і прихоплюється до балки. Буфера встановлюють на верхній пояс і прихоплюють електрозварюванням.

На п'ятому робочому місці листи з'єднуються за допомогою напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу.

Для зручності зварювання робоче місце обладнане кантователем. Кантувач складається з нерухомої тумби 1 і візки 5, на яких розташовані передня 2 і задня 4 стійки. На шпинделях стійок встановлені захвати 3, за допомогою яких закріплюється зварювана кінцева балка. Завдяки рухомому візку на стенді можна зварювати балки довжиною від 5,3 м до 8,2 м. Кантувач дозволяє зварювати всі шви в нижньому положенні.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.01.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

## ВИСНОВКИ

На підставі аналізу зварюваної сталі 09Г2, конструкції балки і технології її виготовлення зробимо наступні висновки:

1. Сталь 09Г2 має добру зварюваність. Вона не схильна до утворення холодних тріщин.
2. Для балки фундаменту можуть застосовуватися механізований способи складання і зварювання.

Виходячи з цього, **метою** даного дипломного проекту є розробка технології складання і зварювання балки фундаменту, яка забезпечила би підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Вибрати раціональну послідовність і оптимальні способи зварювання, розрахувати режими зварювання;
2. Виконати аналіз структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань;
3. Вибрати зварювальні матеріали і обладнання.
4. Розробити технологію механізований складання і зварювання балки;
5. Розробити заходи з охорони праці при виконанні зварювальних робіт.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.01.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

|          |      |             |        |    |                                       |  |  |                       |  |      |         |
|----------|------|-------------|--------|----|---------------------------------------|--|--|-----------------------|--|------|---------|
|          |      |             |        |    | ДП.131.2127ст. 21.05.02.ПЗ            |  |  |                       |  |      |         |
|          |      |             |        |    |                                       |  |  |                       |  |      |         |
| Зм       | Арк. | № докум.    | Підпис | Да |                                       |  |  |                       |  |      |         |
| Розроб.  |      | Шульга С.П. |        |    | Розрахунок технології<br>виготовлення |  |  | Літ.                  |  | Арк. | Акрушів |
| Перевір. |      | Костін О.М. |        |    |                                       |  |  |                       |  |      |         |
| Реценз.  |      |             |        |    |                                       |  |  | НУК ім. адм. Макарова |  |      |         |
| Н.       |      |             |        |    |                                       |  |  |                       |  |      |         |
| Затверд. |      |             |        |    |                                       |  |  |                       |  |      |         |

## 2 АНАЛІЗ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

### 2.1 Призначення типів та розмірів зварних з'єднань

За для виготовлення балки фундаменту було конструктивно вибрані наступні типи зварних з'єднань.

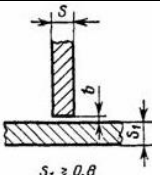
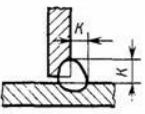
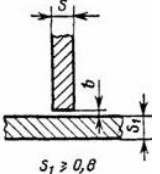
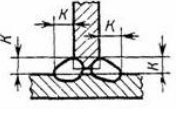
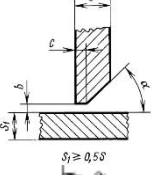
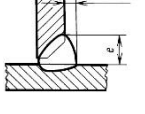
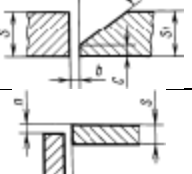
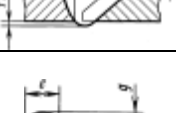
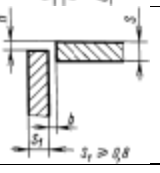
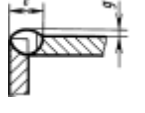
Приварювання нижньої полиці до вертикальних стінок та прокладок до нижньої полиці - механізоване зварювання в середовищі захисного газу, тип зварних швів Т1.

Приварювання бракет до вертикальної стінки - механізоване зварювання в середовищі захисного газу, тип зварних швів Т3.

Встановлення прихоплень – ручне дугове зварювання.

Загальний вигляд та параметри зварних з'єднань наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Таблиця з'єднань за ГОСТ 14771-76 (ISO 9692-1)

| № | Умовне позначення зварного з'єднання за ГОСТ 14771-76 | Конструктивні елементи                                                              |                                                                                      | s, мм | b, мм | c, мм | e, мм | g, мм | α, град |
|---|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|   |                                                       | підготовлених крайок зварюваних деталей                                             | шва зварного з'єднання                                                               |       |       |       |       |       |         |
| 1 | T1 Δ6(3.1.1)                                          |  |   | 10    | 0+1,5 |       |       |       |         |
| 2 | T3 Δ6(4.1.3)                                          |  |  | 10    | 0+1,5 |       |       |       |         |
| 3 | T6(1.9.1)                                             |  |   | 16    | 0+2   | 2±1   | 32±4  |       | 45      |
| 4 | C8(1.9.2)                                             |  |  | 16    | 2     | 2     | 22+2  | 2     | 40      |
| 5 | Y4(3.1.3)                                             |  |   | 10    | 0+1,5 |       |       |       | 0,5s    |

## 2.2 Обґрунтування вибору способів зварювання

При обґрунтуванні способів зварювання виходимо з одного боку, з продуктивності, з іншого боку, із технічної можливості використання для даного конкретного з'єднання з урахуванням його розташування в просторі, наявності зв'язків, що перетинаються, довжини та прямолінійності.

Виходячи з того, що сталь 09Г2 має добру зварюваність, для виготовлення даної конструкції можна застосовувати різні способи дугового зварювання. В свою чергу, вимоги, що ставляться класифікаційними товариствами до якості і надійності зварних з'єднань конструкції, накладають обмеження на умови та способи зварювання. При виборі необхідно враховувати продуктивність зварювання і вартість наплавленого металу. Порівняльні дані щодо продуктивності та вартості основних способів наведені в табл.2.2

Таблиця 2.2 Порівняльні дані продуктивності зварювання та наплавленого металу.

| Спосіб зварювання                                                 | Продуктивність наплавки, кг/год | Витрати ел. енергії на 1 кг наплавленого металу, кВт·год | Собівартість 1 кг наплавленого металу, грн. | Відносна вартість, % |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| Ручне зварювання                                                  | 1,0-1,5                         | 5,4                                                      | 2,0                                         | 100                  |
| Автоматичне зварювання під флюсом                                 | 10,0-18,0                       | 3,0-4,0                                                  | 0,5                                         | 25                   |
| Механізоване зварювання порошковим дротом у суміші захисних газів | 5,0-8,0                         | 4,0-4,5                                                  | 1,0-1,5                                     | 50                   |

Базуючись на те, що при виготовленні зварної балки ми використовуємо різні типи зварних з'єднань невеликої протяжності розташовані в різних просторових положеннях, можемо сказати, що найбільш доцільним є використання механізованого зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів. Це надасть нам можливість підвищити продуктивність виконання зварювальних робіт та покращити якість конструкції за рахунок зменшення загальних зварювальних деформацій. Типи зварних з'єднань були обрані раніше та приведені в табл. 2.1 розділу 2

## 2.3 Розрахунок режимів зварювання

Механізоване зварювання в середовищі захисних газів. З'єднання ГОСТ 14771-79 – ТЗ – А5.

Приварювання ребер жорсткості до стінки балки виконується механізованим зварюванням в середовищі захисних газів ГОСТ14771-76 УП ТЗ А6

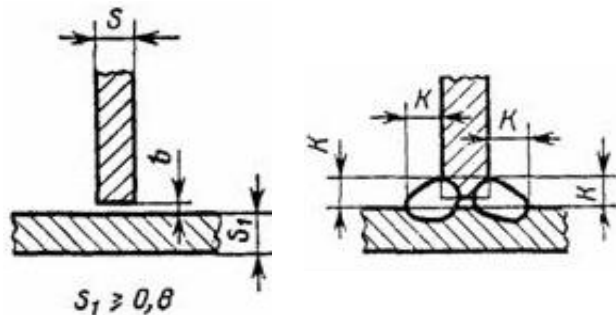


Рис. 2.1 Зовнішній вигляд та підготовка крайок під зварювання таврового з'єднання ТЗ

Для товщини з'єднання  $S=16$  катет  $K=6$  мм. Діаметр дроту 1,2 мм

1. Сила струму.

$$I = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot (100 - 200) = 113 - 226 A$$

де  $j$  - припустима густина струму  $j=100-200 A/mm$ ;  $d_e$  - діаметр електродного зварювального дроту  $d_s=1,2$  мм

Приймаємо  $I_{зв}=215 A$

2. Напруга на дузі

$$U_d = 15 + \frac{0,05 \cdot I}{\sqrt{d}} = 15 + \frac{0,05 \cdot 215}{\sqrt{1,2}} = 30$$

Приймаємо  $U_d=30 V$

3. Швидкість зварювання

$$V = \frac{\alpha_H \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} = \frac{15 \cdot 215}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,216} = 0,53 cm/s = 19 m/h$$

4. Площа наплавлення

$$F_H = \frac{1}{2} \cdot K^2 \cdot K_y = \frac{1}{2} \cdot 0,6^2 \cdot 1,2 = 0,216 cm^2$$

### 5. Величина погонної енергії зварювання

$$q = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{V_{св}} = \frac{215 \cdot 30 \cdot 0,8}{0,53} = 9705 \text{ Дж/см}$$

### 6. Швидкість подавання електродного дроту:

$$V = \frac{4\alpha_p \cdot I}{\pi \cdot d \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 12,5 \cdot 215}{3,14 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 7,8} = 305 \text{ м/ч}$$

Зварювання стінок балки виконується механізованим зварюванням в середовищі захисних газів ГОСТ14771-76 УП Т6

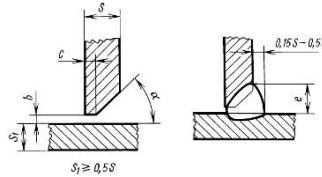


Рис. 2.2 Зовнішній вигляд та підготовка крайок під зварювання таврового з'єднання Т6

Для товщини з'єднання  $S=16\text{мм}$ , діаметр дроту  $1,2\text{ мм}$

#### 1. Сила струму.

$$I = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot (100 - 200) = 113 - 226 \text{ А}$$

де  $j$  - припустима густина струму  $j=100-200\text{А/мм}$ ;  $d_e$  - діаметр електродного зварювального дроту  $d_s=1,2\text{ мм}$

Приймаємо  $I_{зв}=220\text{А}$

#### 2. Напруга на дузі

$$U_d = 15 + \frac{0,05 \cdot I}{\sqrt{d}} = 15 + \frac{0,05 \cdot 215}{\sqrt{1,2}} = 30$$

Приймаємо  $U_d=30\text{В}$

#### 3. Швидкість зварювання

$$V = \frac{\alpha_H \cdot I}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} = \frac{15 \cdot 220}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,3} = 0,39 \text{ см/с} = 14 \text{ м/г}$$

#### 4. Площа наплавлення

Першого проходу приймаємо  $30\text{ мм}^2$

$$F_H = 0,2 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 1,4 + 0,7 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 \cdot 0,2 = 1,26 \text{ см}^2$$

#### 5. Величина погонної енергії зварювання

$$q = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{V_{св}} = \frac{220 \cdot 30 \cdot 0,8}{0,39} = 13500 \text{ Дж/см}$$

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.02.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

6. Швидкість подавання електродного дроту:

$$V = \frac{4\alpha_p \cdot I}{\pi \cdot d \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 12,5 \cdot 220}{3,14 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 7,8} = 311 \text{ м/ч}$$

7. Кількість проходів:

$$n = (F_H - F_1) / F_N + 1$$

$$n = (1,26 - 0,3) / 0,3 + 1 = 4$$

Таблиця 2.3 Параметри режиму зварювання таврових з'єднань

| Спосіб зварювання     | $d_{\text{э}}$ , мм | I, А | U, В | $V_{\text{зв}}$ , м/год | $q_{\text{п}}$ , Дж/см | кількість проходів |
|-----------------------|---------------------|------|------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| ГОСТ 14771-76 УП ТЗΔ6 | 1,2                 | 215  | 30   | 19                      | 9705                   | 1                  |
| ГОСТ 14771-76 УП Т6   | 1,2                 | 220  | 30   | 14                      | 13500                  | 4                  |

Таким чином виконано обґрунтування необхідних видів зварювання та типів зварних з'єднань, розраховано теоретичні режими зварювання зварних з'єднань. На виробництві розраховані режими зварювання можуть бути уточнені.

## 2.4 Розрахунок термічного циклу

Від температурного стану металу в зварному шві і розподілу температур в конструкції, що зварюється в певній мірі залежить якість зварного з'єднання, а саме його властивості: міцність, пластичність, ударна в'язкість металу шва та прилеглих до нього ділянок. Виходячи з цього можна стверджувати, що від правильності вибору режимів зварювання залежить якість зварного з'єднання.

Для оцінки впливу термічного циклу зварювання на зварне з'єднання визначають розміри зони, у якій температура перевищує температуру фазових перетворень. Розрахунки, виконані з використанням теорії розповсюдження теплоти при зварюванні, дозволяють встановити залежність розмірів такої зони від параметрів процесу зварювання і теплофізичних властивостей основного металу.

Для таврового з'єднання ГОСТ 14771-79 – ТЗ – Δ5 розрахунок

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.02.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

термічного циклу ведемо за схемою наплавлення на масивний виріб.

Відстань від вісі шву до точки з максимальною температурою  $T_{\max}$ , вважаючи, що  $T_{\max} = 1350^\circ\text{C}$ , знаходимо за формулою:

$$r^0 = \sqrt{\frac{0.368q}{\frac{\pi}{2} * V_{\text{зв}} * c_{\gamma} * T_{\max}}}, \text{ где } q - \text{ефективна теплова потужність джерела,}$$

Дж;

$q = I_{\text{зв}} * U_{\text{д}} * \eta$ ; де  $\eta$  – ефективний ККД нагріву;

$q = 220 * 30 * 0,8 = 5160$  Дж;

$V_{\text{зв}}$  – швидкість зварювання, см/с;

$c_{\gamma}$  – об'ємна теплоємність, для сталей  $c_{\gamma} = 5$  Дж/см<sup>3</sup>К

$$r^0 = \sqrt{\frac{0,368 * 5160}{\frac{3,14}{2} * 0,53 * 5 * 1350}} = 0,636 \text{ см};$$

Розрахунок температури в часі в будь-якій точці виконується за формулою:

$$T(r^0, t) = \frac{q}{2\pi * \lambda * V_{\text{зв}} * t} * \exp\left(\frac{-r_0^2}{4at}\right), \text{ де } q - \text{ефективна теплова потужність}$$

джерела Дж;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\lambda = 0,4$  Дж/см\*с\*К;

$V_{\text{зв}}$  – швидкість переміщення джерела, см/с;

$t$  – час, що пройшов з тієї миті, коли джерело минає площу, в якій знаходяться обрана точка, яка має координати  $y_0, z_0$ ;

$r^0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$  - відстань від обрано точки до вісі переміщень джерела у площині, що розглядається.  $a$  – коефіцієнт температуропроводності,  $a = 0,08$  см<sup>2</sup>/с

Дані розрахунку для зручності зведені в табл. 2.3. За отриманими даними будуємо графік термічного циклу. Після цього киву охолодження (починаючи з температури  $A_{\text{сз}}$ ) наносимо на діаграму термодіаграми розпаду аустеніту сталі 09Г2С.

Дані розрахунку для зручності зведені в табл. 2.3.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.02.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Таблиця 2.4 Розрахунки термічного циклу зварювання.

| Час,<br>с              | 1    | 3   | 5   | 7   | 9   | 10  | 30  | 50 | 70 |
|------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Температура,<br>(T3)°C | 1344 | 819 | 554 | 417 | 334 | 303 | 107 | 65 | 45 |

Висновки: в ході розрахунків термічного циклу зварювання для таврового з'єднання механізованим зварюванням в захисному газі отримали значення температури в залежності від часу (наведені в таблиці 2.4). По цим даним будуюмо криву охолодження (рис.2.2) та накладаємо на діаграму термодіаграми перетворення аустеніту сталі 09Г2 (рис 2.3).

З діаграми термодіаграми перетворення аустеніту сталі 09Г2 (рис. 2.2) можливо зробити висновки, що структура металу шва ферито-перлитна з бейнітною складовою.

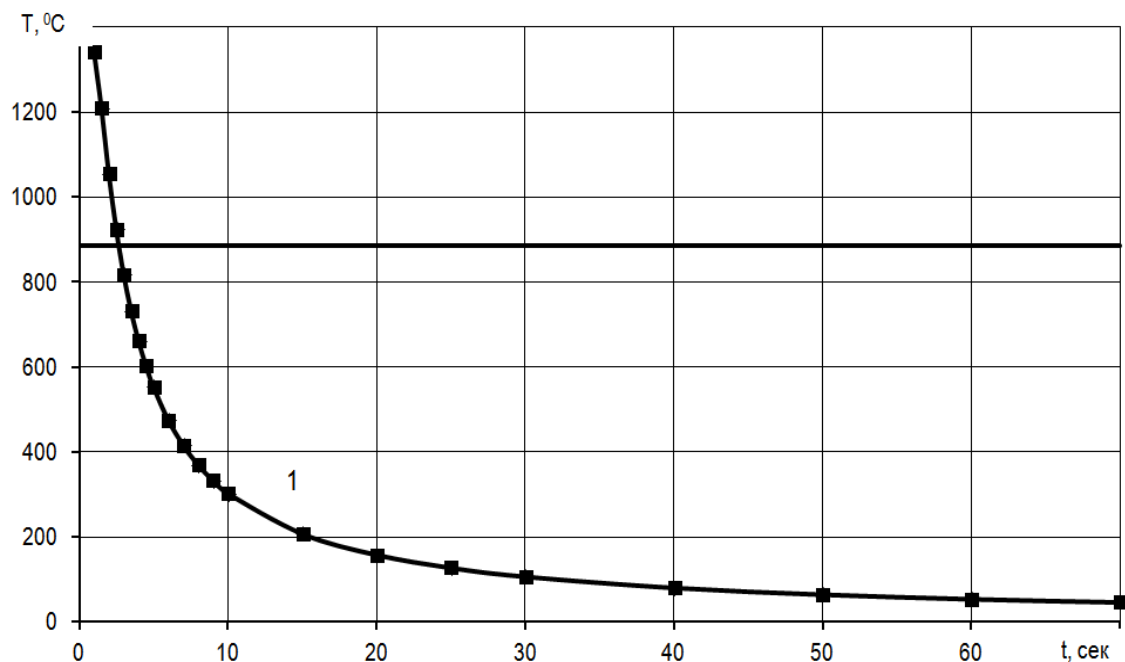


Рис. 2.2 Термічні цикли: 1 – таврове з'єднання.

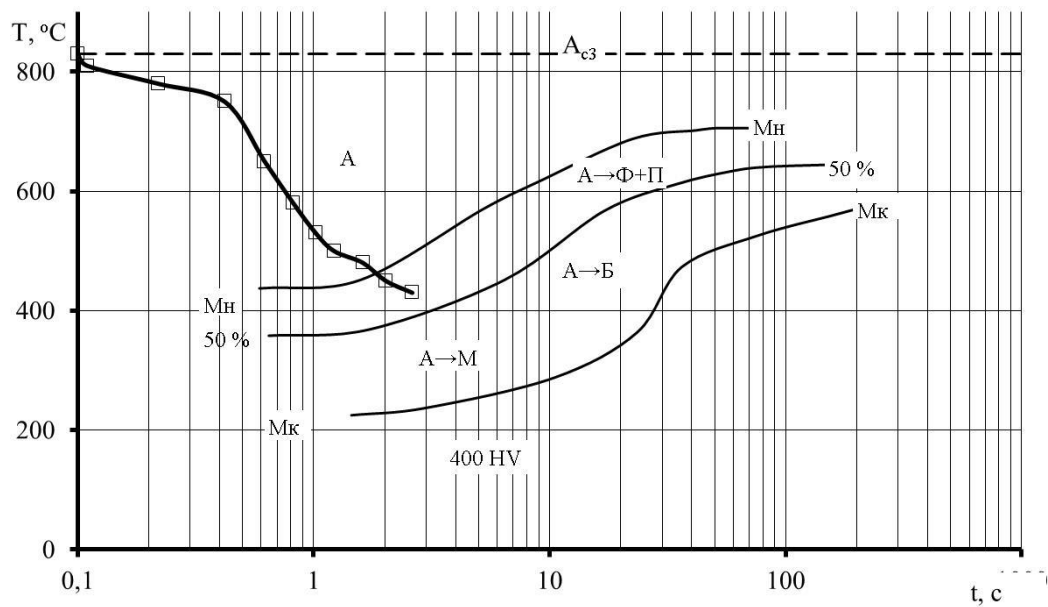


Рис. 2.3 Діаграма термодинамічного перетворення аустеніту сталі 09Г2

|    |      |          |         |      |
|----|------|----------|---------|------|
|    |      |          |         |      |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |

ДП.131.2127ст.21.05.02.ПЗ

Арку

## 2.5 Аналіз очікуємої структури

Оцінка структурних змін стикового з'єднання при механізованому зварюванні в середовищі захисних газів.

Визначення фазового складу ЗТВ сталі 09Г2:

Кількість мартенситу знаходиться за формулою:

$$M(\tau) = 100[1 - \Phi(z)];$$

$$\Phi(z) = \frac{\ln \tau - \ln \tau_m}{\ln S_m}$$

де  $\Phi(z)$  – інтегральна функція нормального розподілу;

$\tau$  – час охолодження від 850 °С до 500 °С;

$\tau_m$  – тривалість охолодження, яка відповідає виникненню структури металу з 50% -м складом мартенситу;

$S_m$  – константа, що характеризує крупну структуру утворень кривої вмісту мартенситу по мірі збільшення тривалості  $\tau$ .

$$-\ln \tau_m = -2.1 + 15.5C + 0.96Mn + 0.84Si + 0.65Cr + 0.74Mo + 0.55Ni + 0.3V + 4Al + 0.5W + 0.8Cu - 0.25Nb - 13.5C^2 - 0.8Si^2;$$

$$\ln \tau_m = -2.1 + 15.5 \cdot 0.1 + 0.96 \cdot 1.6 + 0.84 \cdot 0.27 + 0.65 \cdot 0.3 + 0.55 \cdot 0.3 + 0.8 \cdot 0.3 - 13.5 \cdot 0.1^2 - 0.8 \cdot 0.27^2 = 1.029$$

$$-\ln S_m = 0.56 + 0.41C + 0.1Mn + 0.14Cr - 0.3Mo + 2.7Ti - 1.1Nb + 0.5Cu + 1.7(C \cdot Mo);$$

$$\ln S_m = 0.56 + 0.41 \cdot 0.1 + 0.1 \cdot 1.6 + 0.14 \cdot 0.3 + 0.5 \cdot 0.3 = 0.7544$$

$$\ln \tau = -0.38$$

Загальна кількість мартенситу:

$$\%M = 100 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \frac{-0.38 - 1.029}{0.7544} \right) \right] = 69.45\%$$

Експериментально встановлено, що холодні тріщини не виникають при зварюванні сталей, коли в ЗТВ утворюється менше 50% мартенситу. Таке граничне значення кількості мартенситу при зварюванні низьколегованих сталей пов'язується з часом охолодження від  $A_{C3}$  до  $M_n$  за  $\Delta t_c$  секунд,

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.02.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

значення якого можна розрахувати за формулою:

$$\Delta t_C = (9 \cdot C)^{1,45} \cdot 10^n,$$

Показник ступеню  $n$  розраховується по формулі:

$$n = 0.48 \cdot (Si - 0.3) + 0.73 \cdot (Mn - 0.6) + 0.75 \cdot (Cr - 0.15) + 0.32 \cdot (Ni - 0.15) + 0.63 \cdot Mo + 1.14 \cdot V$$

Приймаємо  $n = 0.8761$

$$\Delta t_C = (9 \cdot 0.1)^{1,45} \cdot 10^{0.8761} = 0.559 \text{сек}$$

Аналогічне рівняння для розрахунку часу охолодження від  $A_{C3}$  до  $M_n$  одержано для умов практично повного гартування ЗТВ, коли в ній утворюється 5% бейніту і 95% мартенситу:

$$\Delta t_3 = (5.5 \cdot C)^{1,45} \cdot 10^r, \text{ де}$$

$$r = 0.32 \cdot (Si - 0.3) + 0.62 \cdot (Mn - 0.6) + 0.66 \cdot (Cr - 0.15) + 0.25 \cdot (Ni - 0.15) + 0.1 \cdot Mo + 1.08 \cdot V$$

Приймаємо  $r = 0.7469$

$$\Delta t_3 = (5.5 \cdot 0.1)^{1,45} \cdot 10^{0.7469} = 0.2737 \text{сек}$$

Тривалість охолодження  $\Delta t_{CB}$  в інтервалі від  $A_{C3}$  до температури  $M_n$  можливо оцінити по формулі:

$$\Delta t_{CB} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot V_{36}} \cdot \left( \frac{1}{M_n - T_o} - \frac{1}{A_3 - T_o} \right)$$

Критична точка  $M_n$  залежить від хімічного складу та може бути визначена за формулою:

$$M_n = 550 - 400C - 6Si - 33Mn - 25Cr - 16Ni + 27Mo + 130V - 17Cu - 15W - 200B$$

Приймаємо  $M_n = 455^\circ C$ .

$$\Delta t_{CB} = \frac{5824}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 1,2} \left( \frac{1}{455 - 20} - \frac{1}{840 - 20} \right) = 2,16 \text{сек}$$

При  $\Delta t_{CB} < \Delta t_3$  в ЗТВ утворюється практично повністю мартенситна структура, що при несприятливих умовах може призвести до утворення холодних тріщин. Оскільки  $\Delta t_{CB} > \Delta t_3$ , то в ЗТВ отримується мартенситу не більше 50%, тому попередній підігрів не потрібний.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.02.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

## ВИСНОВКИ

1. Вибрані види зварювання дозволяють виконувати якісні зварні шви та отримати продуктивність зварювання на достатньо високому рівні для виготовлення балки.

2. Розрахункові режими зварювання дозволяють виконувати зварювальні роботи з одержанням бездефектних з'єднань.

| Спосіб зварювання     | $d_{\text{э}}$ , мм | I, А | U, В | $V_{\text{зв}}$ , м/год | $q_{\text{п}}$ , Дж/см | кількість проходів |
|-----------------------|---------------------|------|------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| ГОСТ 14771-76 УП ТЗД6 | 1,2                 | 215  | 30   | 19                      | 9705                   | 1                  |
| ГОСТ 14771-76 УП Т6   | 1,2                 | 220  | 30   | 14                      | 13500                  | 4                  |

3. Розрахунок термічного циклу дозволяє отримати дання для побудови діаграми термодинамічного розпаду аустеніту.

4. Результати очікуваної структури зварних з'єднань, отримані металографічними дослідженнями, проведеними на експериментальних зразках, показують, що у зварному з'єднанні дрібнозерниста ферито-перлітна структура.

|          |             |          |        |    |                                                    |                       |      |         |
|----------|-------------|----------|--------|----|----------------------------------------------------|-----------------------|------|---------|
|          |             |          |        |    | ДП.131.2127ст. 21.05.03.ПЗ                         |                       |      |         |
|          |             |          |        |    |                                                    |                       |      |         |
| Зм       | Арк.        | № докум. | Підпис | Да |                                                    |                       |      |         |
| Розроб.  | Шульга С.П. |          |        |    | Технологічний процес<br>складання та<br>зварювання | Літ.                  | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Костін О.М. |          |        |    |                                                    |                       |      |         |
| Реценз.  |             |          |        |    |                                                    | НУК ім. адм. Макарова |      |         |
| Н.       |             |          |        |    |                                                    |                       |      |         |
| Затверд. |             |          |        |    |                                                    |                       |      |         |

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ І ЗВАРЮВАННЯ.

#### 3.1. Принципова послідовність складання та зварювання.

Виготовлення балки починається з виготовлення верхньої полиці. Листи полиці за допомогою крана подаються на складальну плиту, орієнтуються та фіксуються на прихопленнях. Виконується зварювання тип швів зачищення швів та 100% контроль швів гамографуванням. Після чого виготовлена полиця здається ВТК. На наступному етапі виготовлена полиця передається на складальну плиту, де розкріплюється та виконується розмічування під встановлення вертикальних стінок, бракет та планок. На розмічену полицю подаються бракети, орієнтуються по розмітці та фіксуються на прихопленнях. Ви конується механізоване в середовищі CO<sub>2</sub> приварювання бракет до полиці. Далі виконується виготовлення вертикальних стінок. Листи стінок за допомогою крана подаються на складальну плиту, орієнтуються та фіксуються на прихопленнях. Виконується ручне дугове зварювання тип швів С15, зачищення швів та 100% контроль швів гамографуванням. Виготовлені стінки подаються на складений остов балки, орієнтуються по розмітці та фіксуються на прихопленнях. Ручним дуговим зварюванням приварюємо стінки до нижньої полиці та механізованим зварюванням в середовищі CO<sub>2</sub> стінки до бракет. Далі виконується зачищення швів та контроль їх якості, здавання остова балки ВТК. Перед складанням балки в об'єм внутрішні поверхні балки грунтуються грунтом ВЛ-023 в 1 шар та фарбуються фарбою ЕП-755. На наступному етапі виконується виготовлення нижньої полиці. Листи полиці за допомогою крана подаються на складальну плиту з постіллю, орієнтуються та фіксуються на прихопленнях. Виконується ручне дугове зварювання тип швів С15, зачищення швів та 100% контроль швів гамографуванням. Виготовлена нижня полиця балки встановлюється на остов балки, орієнтується та фіксується на прихопленнях, приварюється механізованим зварюванням. Останніми на балку встановлюються в площині бракет планки та прокладки. Вони приварюються механізованим зварюванням в середовищі CO<sub>2</sub>, тип швів Т3 до вертикальної стінки та нижньої полиці. Виконується зачищення зварних швів та контроль їх якості.

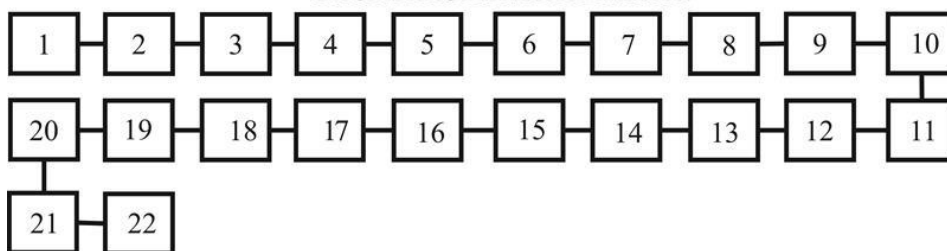
|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Виготовлену балку грунтують грунтом ВЛ-023, фарбують фарбою ЕП-755 та здають ВТК.

Технологічний процес виготовлення балки поперечної довгої наведено в табл. 3.1

Послідовність технологічного процесу виготовлення балки наведена на рис. 3.1.

#### ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ БАЛКИ



1. Складання верхньої полиці.
2. Зварювання верхньої полиці.
3. контроль якості.
4. Складання верхньої стінки.
5. Зварювання верхньої стінки.
6. Контроль якості.
7. Складання нижньої полиці.
8. Зварювання верхньої полиці.
9. Контроль якості.
10. Складання бракети.
11. Зварювання бракети.
12. Контроль якості.

13. Складання планок до полиці.
14. Зварювання планок до полиці.
15. Контроль якості.
16. Складання прокладок до полиці.
17. Зварювання прокладок до полиці.
18. Контроль якості.
19. Складання обухів до бракети.
20. Зварювання обухів до бракети.
21. Контроль якості
22. Здавання балки до ВТК.

#### Технологічний процес виготовлення балки

| Операці                      | Перехід                        | ТКП                            | Хар-р виконан. | Устаткування  |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|---------------|
|                              |                                | Вузлове складання              |                |               |
|                              |                                | Вузол1<br>верхня полиця        |                |               |
|                              |                                |                                |                |               |
| 1. Складання верхньої полиці | 1.1. Складання верхньої полиці | 1.1.1. подавання листа 1       | М              | листоукладник |
|                              |                                | 1.1.2. орієнтація листа 1      | М              | плита         |
|                              |                                | 1.1.3. закріплення листа 112   | М              | прижим        |
|                              |                                | 1.1.4. подавання листа 2       | М              | листоукладник |
|                              |                                | 1.1.5. орієнтація листа 2      | М              | плита         |
|                              |                                | 1.1.6. закріплення листа 2     | М              | прижим        |
|                              |                                | 1.1.7. контроль розмірів полки | Р              | рулетка       |
| 2.Зварювання верхньої полиці | 2.1. зварювання стикових швів  | 2.1.1.зварювання стику 1       | Р              | ПРС-3М        |

|                                  |                                     |                                                    |   |                |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|---|----------------|
| 3.Зачищення швів                 | 3.1 Зачищення швів                  |                                                    | Р | пневмотурбінка |
| 4. Контроль якості швів          | 4.1 Стикові шви                     |                                                    | Р | гамограф       |
| 5. Здавання полиці ВТК           | 3.1. Здавання полиці ВТК            | 5.1.1. Здавання ВТК                                | Р |                |
|                                  |                                     |                                                    |   |                |
|                                  |                                     | Вузол 2<br>вертикальна стінка                      |   |                |
|                                  |                                     |                                                    |   |                |
| 6. Складання вертикальної стінки | 1.1. Складання вертикальної стінки  | 6.1.1. подавання листа 1                           | М | листоукладник  |
|                                  |                                     | 6.1.2. орієнтація листа 1                          | М | плита          |
|                                  |                                     | 6.1.3. закріплення листа 1                         | М | прижим         |
|                                  |                                     | 6.1.4. подавання листа 2                           | М | листоукладник  |
|                                  |                                     | 6.1.5. орієнтація листа 2                          | М | плита          |
|                                  |                                     | 6.1.6. закріплення листа 2                         | М | прижим         |
|                                  |                                     | 6.1.7. контроль розмірів вертикальної стінки       | Р | рулетка        |
| 7.Зварювання вертикальної стінки | 7.1. зварювання вертикальної стінки | 7.1.1.зварювання стику 1                           | Р | ПРС-3М         |
|                                  |                                     | 7.1.2. зварювання стику 2                          |   |                |
| 8.Зачищення швів                 | 8.1 Зачищення швів                  |                                                    | Р | пневмотурбінка |
| 9. Контроль якості швів          | 9.1 Стикові шви                     |                                                    | Р | гамограф       |
| 10. Здавання стінки ВТК          | 3.1. Здавання стінки ВТК            | 10.1.1. Здавання ВТК                               | Р |                |
|                                  |                                     |                                                    |   |                |
|                                  |                                     | Вузол3<br>нижня полиця                             |   |                |
|                                  |                                     |                                                    |   |                |
| 11. Складання нижньої полиці     | 1.1. Складання нижньої полиці       | 11.1.1. подавання листа 1                          | М | листоукладник  |
|                                  |                                     | 11.1.2. орієнтація листа 1                         | М | постіль        |
|                                  |                                     | 11.1.3. закріплення листа 1                        | М | прижим         |
|                                  |                                     | 11.1.4. подавання листа 2                          | М | листоукладник  |
|                                  |                                     | 11.1.5. орієнтація листа 2                         | М | постіль        |
|                                  |                                     | 11.1.6. закріплення листа 2                        | М | прижим         |
|                                  |                                     | 11.1.7. контроль розмірів нижньої полиці           | Р | рулетка        |
| 12. Зварювання нижньої полиці    | 1.1. зварювання стикових швів       | 12.1.1.зварювання стику 1                          | Р | ПРС-3М         |
|                                  |                                     | 12.1.2 повторити роботи по п.12.1.1 до всіх стиків |   |                |
| 13. Зачищення швів               | 13.1 Зачищення швів                 |                                                    | Р | пневмотурбінка |

|                          |                                               |                                                                       |   |                   |
|--------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|-------------------|
| 14. Контроль якості швів | 14.1 Стикові шви                              |                                                                       | Р | гамограф          |
| 15. Здавання полиці ВТК  | 3.1. Здавання полиці ВТК                      | 3.1.1. Здавання ВТК                                                   | Р |                   |
|                          |                                               |                                                                       |   |                   |
|                          |                                               | Складання в об'єм                                                     |   |                   |
|                          |                                               |                                                                       |   |                   |
| 16. Складання            | 16.1. Встановлення верхньої полиці            | 16.1.1. подавання полиці на стенд                                     | М | Мостовий кран     |
|                          |                                               | 16.1.2. орієнтація полиці                                             | М | стенд             |
|                          |                                               | 16.1.3. закріплення полиці                                            | М | Граніт ЗУЗ        |
|                          | 16.2. Розмічування місць встановлення деталей |                                                                       | Р | Рулетка, чертілка |
|                          | 16.3. Встановлення бракет                     | 4.3.1. подавання бракет на полицю                                     | М | Мостовий кран     |
|                          |                                               | 16.3.2. орієнтація бракет                                             | М |                   |
|                          |                                               | 16.3.3. притискання бракет до полиці                                  | М | притискувач       |
|                          |                                               | 16.3.4. фіксація бракет на прихопленнях                               | М | Граніт ЗУЗ        |
|                          |                                               | 16.3.5. повторити роботи аналогічно п.16.3.1-16.3.4. до всіх бракет   | - |                   |
|                          |                                               | 16.3.6. перевірка розмірів та вертикальності                          | Р | Рулетка, кутник   |
| 17. Зварювання           | 17.1. приварювання бракет                     | 17.1.1. зварювання кутового шва                                       | А | Граніт ЗУЗ        |
|                          |                                               | 17.1.3. повторити роботи аналогічно п.17.1.1. стосовно всіх бракет    | - |                   |
| 18. Складання            | 18.1. Встановлення вертикальних стінок        | 18.1.1. подавання стінки на стенд                                     | М | Мостовий кран     |
|                          |                                               | 18.1.2. орієнтація стінки                                             | М | стенд             |
|                          |                                               | 18.1.3. закріплення стінки                                            | М | Граніт ЗУЗ        |
|                          |                                               | 18.1.4. фіксація стінки на прихопленнях                               | М | Граніт ЗУЗ        |
|                          |                                               | 18.1.5. повторити роботи аналогічно п.18.1.1-18.1.4. до другої стінки | - |                   |
|                          |                                               | 18.1.6. перевірка розмірів та вертикальності                          | Р | Рулетка, кутник   |
| 19. Зварювання           | 19.1. приварювання стінки до полиці           | 19.1.1. зварювання кутового шва                                       | Р | ПРС-3М            |
|                          | 19.2. приварювання стінки до бракет           | 19.2.1. зварювання кутового шва                                       | М | Граніт ЗУЗ        |

|                            |                                                           |                                                                              |   |                    |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------|
|                            | 19.2.<br>приварювання<br>стінки до<br>бракет              | 19.2.1. зварювання кутового<br>шва                                           | М | Граніт 3УЗ         |
| 20. Зачищення<br>швів      | 20.1 Зачищення<br>швів                                    |                                                                              | Р | пневмотурбін<br>ка |
| 21. Контроль<br>якості     | 21.1. Таврові<br>шви                                      |                                                                              |   | радіографія        |
| 22. Фарбування             | 22.1.<br>грунтування                                      |                                                                              | М | фарбопульт         |
|                            | 22.2. фарбування                                          |                                                                              | М | фарбопульт         |
| 23. Здавання<br>остова ВТК |                                                           |                                                                              | Р |                    |
| 24. Складання              | 24.1.<br>Встановлення<br>нижньої полиці                   | 24.1.1. подавання полиці на<br>стенд                                         | М | Мостовий<br>кран   |
|                            |                                                           | 24.1.2. орієнтація полиці                                                    | М | стенд              |
|                            |                                                           | 24.1.3. закріплення полиці                                                   | М | Граніт 3УЗ         |
| 25. Зварювання             | 25.1.<br>приварювання<br>полиці до<br>стінки              | 25.1.1. зварювання кутового<br>шва                                           | Р | ПРС-3М             |
| 26. Складання              | 26.1.<br>Встановлення<br>планок                           | 26.1.1. подавання планок                                                     | М | Мостовий<br>кран   |
|                            |                                                           | 26.1.2. орієнтація планки                                                    | М |                    |
|                            |                                                           | 26.1.3. притискання планки<br>до стінки                                      | М | притискувач        |
|                            |                                                           | 26.1.4. фіксація планки на<br>прихопленнях                                   | М | Граніт 3УЗ         |
|                            |                                                           | 26.1.5. повторити роботи<br>аналогічно п.26.1.1-26.1.4. до<br>всіх планок    | - |                    |
|                            |                                                           | 26.1.6. перевірка розмірів та<br>вертикальності                              | Р | Рулетка,<br>кутник |
| 27. Зварювання             | 27.1.<br>приварювання<br>планок до<br>полиці та<br>стінок | 27.1.1. зварювання кутового<br>шва                                           | Р | Граніт 3УЗ         |
| 28. Складання              | 28.1.<br>Встановлення<br>прокладок                        | 28.1.1. подавання прокладок                                                  | М | Мостовий<br>кран   |
|                            |                                                           | 28.1.2. орієнтація прокладки                                                 | М |                    |
|                            |                                                           | 28.1.3. притискання<br>прокладки до полки                                    | М | притискувач        |
|                            |                                                           | 28.1.4. фіксація прокладки на<br>прихопленнях                                | М | Граніт 3УЗ         |
|                            |                                                           | 28.1.5. повторити роботи<br>аналогічно п.28.1.1-28.1.4. до<br>всіх прокладок | - |                    |
|                            |                                                           | 28.1.6. перевірка розмірів та<br>вертикальності                              | Р | Рулетка,<br>кутник |
| 29. Зварювання             | 29.1.<br>приварювання<br>прокладок до<br>полиці           | 27.1.1. зварювання кутового<br>шва                                           | Р | Граніт 3УЗ         |

|                           |                                                 |                                                                           |   |                    |
|---------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---|--------------------|
| 29. Зварювання            | 29.1.<br>приварювання<br>прокладок до<br>полиці | 27.1.1. зварювання кутового<br>шва                                        | Р | Граніт ЗУЗ         |
| 30. Складання             | 30.1.<br>Встановлення<br>обухів                 | 30.1.1. подавання обухів                                                  | Р |                    |
|                           |                                                 | 30.1.2. орієнтація обуха                                                  | М |                    |
|                           |                                                 | 30.1.3. притискання обуха до<br>бракети                                   | М | притискувач        |
|                           |                                                 | 30.1.4. фіксація обуха на<br>прихопленнях                                 | М | Граніт ЗУЗ         |
|                           |                                                 | 30.1.5. повторити роботи<br>аналогічно п.30.1.1-30.1.4. до<br>всіх обухів | - |                    |
|                           |                                                 | 30.1.6. перевірка розмірів та<br>вертикальності                           | Р | Рулетка,<br>кутник |
| 31. Зварювання            | 31.1.<br>приварювання<br>обухів до<br>бракети   | 31.1.1. зварювання кутового<br>шва                                        | Р | Граніт ЗУЗ         |
| 32. Зачищення<br>швів     | 32.1 Зачищення<br>швів                          |                                                                           | Р | пневмотурбін<br>ка |
| 33. Контроль<br>якості    | 33.1. Таврові<br>шви                            |                                                                           |   | радіографія        |
| 34. Фарбування            | 33.1.<br>грунтування                            |                                                                           | М | фарбопульт         |
|                           | 33.2. фарбування                                |                                                                           | М | фарбопульт         |
| 35. Здавання<br>балки ВТК |                                                 |                                                                           | Р |                    |
|                           |                                                 |                                                                           |   |                    |
| Σ                         |                                                 |                                                                           |   |                    |

### 3.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

На механічні і фізико-хімічні властивості металу шва неабиякий вплив має його хімічний склад. Тому, для отримання властивостей, які задовільняють вимогам надійності і якості конструкції дуже важливим є правильний вибір зварювальних матеріалів.

Першою умовою при виборі зварювальних матеріалів для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей є одержання цільних безпористих швів. Основною причиною виникнення пор є насичення металу шва воднем, азотом і гальмування реакції окислення вуглецю в період кристалізації зварювальної ванни.

Іншою умовою, при виборі зварювальних матеріалів є одержання металу шва, який володіє високою технологічною міцністю, тобто, стійкістю до утворення гарячих тріщин.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Третьою умовою є – отримання металу шва з вимогами щодо експлуатації міцності.

Четверта умова - низька вартість і доступність зварювальних матеріалів.  
Для виготовлення поперечної балки використовується сталь категорії Д32.  
Для зварювання сталі цієї категорії можуть застосовуватися такі категорії зварювальних матеріалів які вказані у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Категорії зварювальних матеріалів

| Категорія зварювальних матеріалів        | Суднобудівна сталь  |   |   |   |                     |          |          |          |     |     |     |     |
|------------------------------------------|---------------------|---|---|---|---------------------|----------|----------|----------|-----|-----|-----|-----|
|                                          | Нормальної міцності |   |   |   | Підвищеної міцності |          |          |          |     |     |     |     |
|                                          | A                   | B | D | E | A32, A36            | D32, D36 | E32, E36 | F32, F36 | A40 | D40 | E40 | F40 |
| 1, 1S, 1T, 1M, 1TM, 1V                   | +                   | – | – | – | –                   | –        | –        | –        | –   | –   | –   | –   |
| 1YS, 1YT, 1YM, 1YTM, 1YV                 | +                   | – | – | – | + <sup>1</sup>      | –        | –        | –        | –   | –   | –   | –   |
| 2, 2S, 2T, 2M, 2TM, 2V                   | +                   | + | + | – | –                   | –        | –        | –        | –   | –   | –   | –   |
| 2Y, 2YS, 2YT, 2YM, 2YTM, 2YV             | +                   | + | + | – | +                   | +        | –        | –        | –   | –   | –   | –   |
| 2Y40, 2Y40S, 2Y40T, 2Y40M, 2Y40TM, 2Y40V | 2                   |   |   |   | +                   | +        | –        | –        | +   | +   | –   | –   |
| 3, 3S, 3T, 3M, 3TM, 3V                   | +                   | + | + | + | –                   | –        | –        | –        | –   | –   | –   | –   |
| 3Y, 3YS, 3YT, 3YM, 3YTM, 3YV             | +                   | + | + | + | +                   | +        | +        | –        | –   | –   | –   | –   |
| 3Y40, 3Y40S, 3Y40T, 3Y40M, 3Y40TM, 3Y40V | 2                   |   |   |   | +                   | +        | +        | –        | +   | +   | +   | –   |
| 4Y, 4YS, 4YT, 4YM, 4YTM, 4YV             | +                   | + | + | + | +                   | +        | +        | +        | –   | –   | –   | –   |
| 4Y40, 4Y40S, 4Y40T, 4Y40M, 4Y40TM, 4YV   | 2                   |   |   |   | +                   | +        | +        | +        | +   | +   | +   | +   |

Виходячи із зазначених вище умов вибору зварювальних матеріалів і вибраних засобів зварювання застосовують наступні зварювальні матеріали:

Для зварювання даної конструкції було обрано порошковий зварювальний дріт марки Megafil 713R

Дріт зварювальний порошковий Megafil 713R.

Діаметр: 1,2 мм.

Мікролеговані порошковий дріт Megafil 713R з рутиловим шихтою і швидко застигає шлаком для зварювання в середовищі CO<sub>2</sub> і газової суміші типу M21 (82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>).

|    |      |          |         |      |                           |  |  |  |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|--|--|--|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ |  |  |  | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |  |  |  |      |

Область застосування:

Суднобудування, виготовлення посудин, загальне машинобудування і будівництво трубопроводів, виготовлення металоконструкцій.

Властивості:

Зварювальний дріт Megafil 713R має чудові властивості зварного шва, тому найбільш ефективна зварювання в положеннях, відмінних від нижнього при екстремально високій силі струму. Температура застосування до - 40 ° С. Призначена для орбітального зварювання плавиковим електродом і для зварювання на керамічних підкладках у всіх положеннях. Мінімальні втрати на розбризкування, хороша віддільність шлаку.

Матеріали які можуть зварюватися:

Суднобудівні Стали А, В, D, E, АН 32 до ЕН 36

Нелеговані конструкційні сталі St 33, Санкт-37-2 до 52-3 St DIN 17100

Котельні сталі НІ, Н ІІ, 17 Мп 4 DIN 17155

Трубні сталі Санкт-37,0 до 52,0 Санкт-DIN 1626/1629

Санкт-37,4 до 52,4 Санкт-DIN 1628/1630

Санкт-35,8, 45,8 Санкт-DIN 17175

StE 290,7 ТМ до StE 480,7 ТМ DIN 17172

Стали за стандартом API X 42 X 70 до API-СТАНДАРТ

Дрібнозернисті конструкційні сталі StE 255 до StE 460 DIN 17102

Таблиця 3.3. Хімічний склад металу шва% (номінальні значення)

| C    | Mn  | Si  | P       | S       |
|------|-----|-----|---------|---------|
| 0,05 | 1,3 | 0,5 | < 0,015 | < 0,015 |

Таблиця 3.4. Механічні характеристики наплавленого металу (номінальні значення)

| Термообробка | R <sub>p0,2</sub> (N/мм <sup>2</sup> ) | R <sub>m</sub> (N/мм <sup>2</sup> ) | A <sub>5</sub> (%) | Робота удару (Дж)<br>ISO-V-Проба<br>-20 °C (CO <sub>2</sub> ) - 40 °C (M21) |      |
|--------------|----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| Необроблений | > 460                                  | 550 – 650                           | > 22               | > 60                                                                        | > 60 |

|    |      |          |         |      |                           |  |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|--|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ |  | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |  |      |

### 3.3. Обґрунтування вибору зварювального обладнання

При виготовленні конструкцій балки застосовуються механізоване зварювання у суміші  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ .

Для механізованого зварювання плавким електродом, застосуємо Зварювальний напівавтомат інверторного типу ProPULS 400-2010

Зварювальний напівавтомат

ProPULS є останнім поколінням машин розроблених JACKLE. Мікропроцесорне управління забезпечує оптимальне управління імпульсної зварювання. Кожна крапля індивідуально сформована і має чіткий маршрут попадання у ванну. Це дозволяє отримувати чисті шви без бризок.

Повноцінний, в базі зварювальних програм доступні всі традиційні матеріали, такі як сталь, нержавіюча сталь, алюміній і т.д. Користувач має змогу змінювати параметри зварювання окремо в режимі синергетики.

Для первинної настройки, користувачеві досить підкоригувати довжини дуги, залежно від геометрії заготовки, позиції, положення зварювання і т.д.

З зручною функцією пам'яті (MEM кнопка), користувач може зберегти дібрані налаштування для повторюваних завдань зварювання в окремих осередках і викликати їх в будь-який час (РОБОТА режим).

- зварювання без бризок і не потрібна трудомістка зачистка
- стабільна зварювання тонких металів, наприклад алюміній <1,5 мм
- поліпшення якості зварювання з високолегованих сплавів
- дуже низькі деформації, зниження тепловкладення, часу зварювання та витрат електроенергії
- стабільне запалювання дуги завдяки функції гарячого старту і плавною подачі дроту
- заварка кінцевого кратера, відсутність концентратів напруги, відхід від вивідних планок

ПУЛЬС режим

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

При імпульсній зварюванні, перенесення металу відбувається дрібними краплями без коротких замикань, контрольованих з модульованими імпульсами струму.

Тут працює "пінч" ефект використовує силу Лоренца, тобто при наростанні електричного струму (імпульсу) виникає магнітне поле, яке діє на розплавлений метал. У результаті відбувається відрив краплі потрібного розміру.

Таким чином, з кожним імпульсом від дроту відділяється крапля, при цьому не відбувається короткого замикання при торканні з основним металом. Частота імпульсів змінюється лінійно збільшення швидкості подачі дроту (DV), наприклад:

$$D. = 1m / xв \Rightarrow 14 \text{ Гц}, DV = 20m / xв \Rightarrow 280 \text{ Гц і т.д.}$$

Частота і багато інших параметрів, автоматично встановлюються ProPULS згідно з розробленою синергетичної програми. У процесі роботи машина постійно підлаштовується під мінливі умови: зміна вильоту, знос витратних матеріалів і т.д. Тільки сучасний інверторний джерело живлення і мікроконтролер останнього покоління дозволяє з високою швидкістю реагувати і вносити необхідні зміни в режими.

#### Запалювання без бризок

Процес підпалу дуги оптимізований, пропуски запалювання зведені до мінімуму. Мікропроцесор визначає контакт між дротом і виробом і послідовно відбувається запалювання дуги від стартового струму до стабільного горіння дуги. Для зварювання алюмінію застосовується Гарячий старт (регулюється величина і час стартового струму)

#### Цифровий імпульсний

Різні матеріали поведуться дуже по-різному при імпульсній зварюванні. Для традиційних матеріалів розроблені готові програми з режимом PULSE, які містять цифрові параметри для всього діапазону, наприклад від 50 до 500 Ампер, для формування та контролю імпульсу. А для спеціальних матеріалів і завдань (специфічне проплавлення, увігнутість і т.п.) є можливість коригування базових програм і їх

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

збереження.

Таблиця 3.5 Технічна характеристика зварювального напіваавтомау.

| Модель                               | ProPULS 400    |
|--------------------------------------|----------------|
| Мережа живлення, В                   | 3~400 +/- 15 % |
| Споживана потужність, кВа            | 14,5           |
| Максимальний споживаний струм, А     | 20             |
| Напруга холостого ходу, В            | 14,5 - 34      |
| Напруга дуги, В                      | 16 - 36        |
| Діапазон струму зварювання, А        | 10 – 400       |
| Струм зварювання ПВ 100% (+ 400С), А | 270            |
| Струм зварювання ПВ 60% (+ 400С), А  | 350            |
| Струм зварювання ПВ 40% (+ 400С), А  | 400            |
| Діаметр сталевих дроту, мм           | 0,8–1,6        |
| Діаметр алюмінієвого дроту, мм       | 1,0–1,6        |
| ККД                                  | 0,8            |
| Швидкість подачі дроту м / хв        | 1–24           |
| клас захисту                         | IP 23          |
| клас ізоляції                        | F              |
| Габаритні розміри                    |                |
| джерело живлення, мм                 | 910x 340x 1420 |
| з блоком подачі, мм                  | 119            |

### 3.4 Контроль якості зварних з'єднань

Методи контролю зварних з'єднань встановлені ДСТУ 3242-80. В ньому визначені методи контролю залежно від виду та розмірів дефектів, їх розташування, товщини матеріалів, а також способів зварювання.

3.4.1 Контроль зварювальних робіт і зварних швів, при виготовленні конструкцій і деталей, повинен здійснюватися контрольними органами підприємства. Результати контролю повинні реєструватися за встановленою на підприємстві формою, зберігатися до здачі об'єкту і пред'являтися інспектору Регістру на його вимогу для розгляду.

Неруйнівний контроль зварних швів може виконуватися наступними методами:

- зовнішнім оглядом (візуальний контроль);
- магнітопорошковий контроль;
- капілярний контроль;

- радіографічний контроль, рентгено- або гамаграфування;
- ультразвуковий контроль.

Застосування конкретного методу неруйнівного контролю встановлюється в технічній документації проекту в залежності від відповідальності конструкції і типу зварного з'єднання.

Неруйнівний контроль здійснюється за узгодженими з стандартами або методиками.

3.4.2 Контролю зовнішнім оглядом та вимірюванню підлягають всі зварні шви по всій довжині з обох сторін, до контролю їх іншими методами. Перед контролем зовнішнім оглядом та вимірюванням зварні шви повинні бути акуратно очищені від шлаку та забруднень. При контролі швів вимірюванням, повинно бути встановлено відповідність розмірів зварних швів вимогам креслення. Вимірювання виконується не менше ніж через кожен метр шва, але не менше одного вимірювання на кожному окремому шві, а також в місцях, де при зовнішньому оглядові ймовірні відхилення від допустимих розмірів.

3.4.3 Радіографічному контролю підлягають шви, зварювання яких виконується на повну товщину металу (з повним проплавленням). Даний метод контролю виконується для знаходження таких дефектів: тріщин, не проварів, пор та шлакових включень.

При контролі зварних швів зовнішньої обшивки знімок повинен бути розташований по осі стика на перехресті швів таким чином, щоб він частково охоплював паз, як показано на рис 3.1

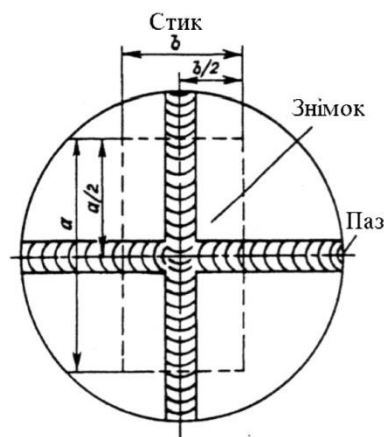


Рис. 3.5 Схема радіографічного контролю

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Де а – довжина знімка (а=500 мм), b – ширина знімка (b=100 мм).

Оцінка зварних з'єднань за результатами контролю проводиться за 3-бальною шкалою. З'єднання, які оцінені балами 2 та 3 вважають придатними. З'єднання, оцінені балом 1, бракуються та підлягають виправленню.

3.4.4 Контролю випробовуванням на міцність та щільність металу швів підлягають готові зварні з'єднання, непроникних зварних конструкцій. Методи та параметри контролюзначаються робочими кресленнями та спеціальними технічними умовами.

Розчин мильної піни наноситься на рівні ділянки методом напилення. Встановлюється прилад для проведення випробування, за допомогою ежектору створюється вакуум в камері. Якщо при перевірці з'явилися повітряні бульбашки, то за допомогою мановакууметра перевіряються показники, які повинні бути в межах 0,2-0,21 бар. Всі з'єднання, які підлягають контролю, повинні мати доступ для огляду.

Випробовування триває 5-10 хвилин, та проводиться при температурі не нижче -10 °С.

3.4.5 У випадку випробовування зварних з'єднань без повного проплавлення змочуванням керосином, після виконання першого проходу шва з однієї сторони (у відповідності до ГОСТ 3285-77) продовжувати зварювання дозволяється через добу після закінчення випробування, для забезпечення висихання керосину. При цьому безпосередньо перед зварюванням необхідно провести прожарювання зварювальним пальником зварних крайок. У випадку роботи у складально доступних і замкнених місцях, перед прожарюванням крайок, необхідно провести газовий аналіз на предмет гранично допустимих концентрацій у повітрі парів легкопламеневої рідини.

3.4.6 Виправлення зварних швів, які мають дефекти, необхідно виконувати до подальшого контролю. Контроль, після виправлення дефектів, які були забраковані результатами рентгеноконтролю та

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

контролю герметичності з'єднання, необхідно проводити в повному обсязі всіма видами та методами контролю, які передбачені технічною документацією для з'єднання, яке підлягає контролю.

3.4.7 Оцінку якості та прийом виправлених зварних з'єднань необхідно виконувати аналогічно, як і при першому контролі.

Якщо в зварному з'єднанні, після контролю, не виявлено дефектів, то воно вважається придатним та підлягає подальшому контролю.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологію складання та зварювання секції із застосуванням розробленого складального і вибраного зварювального обладнання та матеріалів.

2. Обрано зварювальне обладнання яке забезпечує стійке горіння дуги при різних видах зварювання, які застосовуються для виготовлення даної конструкції. Для механізованого зварювання в середовищі суміші захисних газів пропонується напівавтомат інвентарного типу ProPULS 400-2010 .

3. Зварювання виконується переважно механізованим способом у суміші захисних газів (82% Ar+18%CO<sub>2</sub>), у якості зварювальних матеріалів для механізованого способу зварювання використано порошковий дріт Megafil 713R.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.03.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

|          |             |          |        |    |                            |                       |      |         |
|----------|-------------|----------|--------|----|----------------------------|-----------------------|------|---------|
|          |             |          |        |    | ДП.131.2127ст. 21.05.04.ПЗ |                       |      |         |
|          |             |          |        |    |                            |                       |      |         |
| Зм       | Арк.        | № докум. | Підпис | Да |                            |                       |      |         |
| Розроб.  | Шульга С.П. |          |        |    | Охорона праці              | Літ.                  | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Костін О.М. |          |        |    |                            |                       |      |         |
| Реценз.  |             |          |        |    |                            | НУК ім. адм. Макарова |      |         |
| Н.       |             |          |        |    |                            |                       |      |         |
| Затверд. |             |          |        |    |                            |                       |      |         |

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розвиток економіки нашої країни передбачає постійне прискорення темпів розвитку промисловості, що вимагає широкої механізації і автоматизації виробничих процесів, впровадження нової техніки і технологій. При цьому питанням охорони праці приділяється значна увага, оскільки від цього залежить економічна ефективність промислового виробництва і соціальна стабільність суспільства.

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці, що є частиною трудового законодавства. Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує.

Завдання охорони праці – звести до мінімальної ймовірності ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Однією з умов здорової праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов в робочій зоні приміщення. Усунення впливу шкідливих і небезпечних промислових чинників, створення здорової повітряної атмосфери в робочій зоні є важливим завданням поряд з вирішенням основних питань виробництва.

Частиною трудового законодавства є система законодавчих актів, основний трудовий закон України – «Закон України про Охорону праці» від 14 жовтня 1992 року. Закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя та здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює при участі державних органів відносини між власниками підприємства та працівником із питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці на Україні.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

До небезпечних факторів відносять відкриті струмоведучі частини устаткування, деталі машин і механізмів, що рухаються, розпечені тіла, можливість падіння з висоти самого працюючого або деталей і предметів, наявністю балонів, цистерн зі стислими або шкідливими речовинами і т.п. До шкідливих факторів відносять шкідливі домішки в повітрі, несприятливі метеорологічні умови, промениста теплота, недостатнє освітлення, вібрація, шум, ультразвук і інфразвук, іонізуюче і лазерне випромінювання, електромагнітні поля, напруженість і тяжка праця, наявністю шкідливих мікроорганізмів і т.п.

Між небезпечними і шкідливими факторами часто не можна провести чіткої границі. Один або інший фактор може привести до нещасного випадку.

Вплив на людину шкідливого виробничого фактору може призвести до професійного захворювання [ ].

Застосування засобів колективного та індивідуального захисту є однією з найпоширеніших заходів попередження несприятливого впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Засоби колективного захисту призначені для одночасного захисту двох і більше працюючих, засоби індивідуального захисту – для захисту одного працюючого. Вони можуть ставитися як до техніки безпеки (наприклад, каска, що захищає від травм), так і виробничої санітарії (респіратори або навушники, що захищають від шкідливих виробничих факторів).

Зварювальні матеріали та обладнання, яке використовується при складально-зварювальних операціях, повинні забезпечувати добру якість зварного з'єднання, а також високу продуктивність праці. В той же час все більш високі вимоги ставляться до чистоти повітря в робочому приміщенні. Деякі можливості для мінімізації виділень зварювальних аерозолів (ЗА) та їх токсичності можна реалізувати технологічними способами. Вони заключаються у виборі оптимальної технології зварювання: спосіб зварювання, видів та марки зварювальних матеріалів, обладнання та режимів зварювання, які забезпечують мінімальну емісію ЗА.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Дугове зварювання, за винятком зварювання під флюсом, супроводжується оптичним випромінюванням в ультрафіолетових, видимих і інфрачервоних діапазонах, що багаторазово перевищує фізіологічно стерпну оком людини величину. Інтенсивність оптичного випромінювання зварювальної дуги і його спектральні характеристики залежать від потужності дуги, способу зварювання, виду зварювальних матеріалів і захисних газів. При відсутності засобів індивідуального захисту можливе враження органів зору (електрофтальмія, катаракта) і шкірних покривів (опіки та інше).

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися захисними щитками з вбудованими світлофільтрами. Вибір світлофільтрів залежить від сили зварювального струму.

Інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання від виробів, що зварюють, і зварювальної ванни визначається температурою виробів, їхніми габаритами і конструкцією, а також температурою і розмірами зварювальної ванни. При відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання в інтенсивностях, що перевищують припустимі рівні, може привести до порушень терморегуляції, тепловому удару. Контакт із нагрітим металом може викликати опіки.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом.

Напруженість електромагнітних полів залежить від конструкції і потужності зварювального устаткування, конфігурації виробу, що зварюється. Характер їхнього впливу на організм визначається рівнем і тривалістю впливу. Як правило, для дугового зварювання напруженість магнітного поля незначна, тому не перевищує гранично допустимих рівнів.

Розбризування металу при зварюванні також наслідок нестабільного горіння дуга: при зварюванні у вуглекислому газі дротом суцільного перетину воно досягає 15%, істотно менше при використанні покритих електродів і порошкових дротів і відсутній зовсім при зварюванні під флюсом. Бризки, іскри і викиди розплавленого металу і шлаків при відсутності засобів захисту

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

можуть бути причиною опіків шкірних покривів, травмування органів зору, а також підвищують небезпеку виникнення пожеж.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом і дотримуватися правил пожежобезпеки.

Небезпечним для життя людини вважається напруга більше 42 В змінного й 110 В постійного струму для приміщень зварювальних цехів і 12 В для особливо небезпечних умов (вологі приміщення, замкнуті металеві об'єми). Однак ці значення напруги є досить умовними, оскільки небезпека ураження електричним струмом істотно залежить від індивідуальних особливостей організму і навколишніх умов.

Статичні і динамічні фізичні навантаження у зварників при ручному і напівавтоматичному зварюванні викликають перенапругу нервової і кістково-м'язової систем організму. Статичні навантаження залежать від маси зварювального інструмента (електродотримача, шлангового тримача напівавтомата), гнучкості шлангів і проводів, тривалості безперервної роботи і підтримки робочої пози (стоячи, сидячи, напівсидячи, стоячи на колінах, лежачи на спині). Найбільші фізичні навантаження відчуються при виконанні зварювальних робіт напівсидячи і стоячи при зварюванні в стельовому положенні або лежачи на спині у важкодоступних місцях.

Для зниження навантажень варто застосовувати засоби механізації зварювання (зварювальні маніпулятори, роликові стенди та ін.)

Зварювання в середовищі захисних газів супроводжується виділенням пилу і газів. Зварювальний пил або аерозоль являє собою суміш найдрібніших частинок оксидів і мінералів. Крім аерозолі, повітря при зварюванні в робочих приміщеннях забруднюється різноманітними газами шкідливими для здоров'я людини. Граничні концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці приведені в таблиці 6.3.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Таблиця 4.2. Норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (із будівельних норм БН 245-84).

| Характеристи-<br>ка<br>виробничих<br>приміщень                                                      | Категорія<br>праці   | Оптимальні          |                                     |                                       | Допустимі                                                                    |                                                                              |                                | Допустима<br>температура<br>повітря поза<br>постійних робочих<br>місць, °C                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                     |                      | температу-<br>ра °C | Відносна<br>вологість<br>повітря, % | Швидкіст<br>ь руху<br>повітря,<br>м/с | температу-<br>ра °C                                                          | Відносна<br>вологість<br>повітря, %                                          | Швидкіст<br>ь руху<br>повітря, |                                                                                                        |
| Холодний період року (температура зовнішнього повітря нижче +10°C).                                 |                      |                     |                                     |                                       |                                                                              |                                                                              |                                |                                                                                                        |
| Приміщення<br>характеризу-<br>ються<br>незначними<br>надлишками<br>тепла,<br>(20ккал/м³) і<br>менше | Середньої складності | 17-19               | 60-30                               | Не більше<br>0,3                      | 15-20                                                                        | 75                                                                           | 0,5                            | 13-20                                                                                                  |
| Теплий період року (температура зовнішнього повітря +10°C і вище).                                  |                      |                     |                                     |                                       |                                                                              |                                                                              |                                |                                                                                                        |
| Приміщення<br>характеризу-<br>ються<br>незначними<br>надлишками<br>тепла,<br>(20ккал/м³) і<br>менше | Середньої складності | 20-23               | 60-30                               | 0,2-0,3                               | Не більше 3°C вище<br>температур<br>зовнішнього повітря<br>найжарчого місяця | Не більше 3°C вище<br>температур<br>зовнішнього повітря<br>найжарчого місяця | 0,3-0,7                        | Не більше чим на 3<br>°C вище<br>температури<br>зовнішнього<br>повітря в 13 г<br>найжарчого<br>місяця. |

Таблиця 4.3. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці

| Шкідлива речовина         | Концентрація, мг/см <sup>3</sup> |
|---------------------------|----------------------------------|
| Алюміній та його оксиди   | 2,0                              |
| Берилій та його з'єднання | 0,001                            |
| Вольфрам                  | 6,0                              |
| Нікель та його оксиди     | 0,5                              |
| Свинець                   | 0,01                             |
| Оксид індію               | 5,0                              |
| Озон                      | 0,1                              |
| Оксиди азоту              | 5,0                              |
| Мідь                      | 0,5                              |
| Оксиди міді               | 0,1                              |

Під час зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів перед маскою знайдено 90-111мг/см<sup>3</sup> пилу, а під маскою – 12÷28 мг/см<sup>3</sup>.

При ручному зварюванні плавким електродом теплова радіація дорівнює: на рівні правої руки – 1,2÷2,8 кал/см<sup>2</sup>×хв; і біля обличчя 1,5÷2,18 кал/см<sup>2</sup>.

Таблиця 4.4. Інтенсивність виробничого шуму в суднобудуванні у складально-зварювальному цеху.

| Санітарні норми проектування промислових підприємств, дБ | Обробка плоских секцій, дБ | Обробка напівоб'ємних секцій, дБ | Кернення деталей, дБ |
|----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 85                                                       | 100-115                    | 118-125                          | 100                  |

Таблиця 4.5. Найбільша допустима напруга дотику  $U_{пр}$  та струми  $I_h$ , що проходять через людину, при нормальному (не аварійному) режимі роботи електроустановки.

| Рід та частота струму | Найбільші допустимі значення |           |
|-----------------------|------------------------------|-----------|
|                       | $U_{пр}$ , В                 | $I_h$ , А |
| Змінний, 50 Гц        | 2                            | 0,3       |
| Змінний, 400 Гц       | 3                            | 0,4       |
| Постійний             | 8                            | 1,0       |

#### 4.1 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції

Інтенсивність виділення шкідливих речовин при зварювальних роботах визначається за формулою:

$$A = 1000 \times g \times P \times N, \text{ м}^3/\text{го}$$

де  $g$  - валовий вихід шкідливих речовин на одиницю отриманої продукції  
 $g = 0,0025 \text{ м}^3/\text{кг}$ ;

$P$  - кількість витраченого матеріалу  $P = 1,0 \text{ кг/год}$ ;

$N$ - кількість одночасно працюючих  $N = 2$ .

$$A = 1000 \times 0,0025 \times 1,0 \times 2 = 5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для очищення повітря від пилу рекомендується встановити Циклон ФРКДЦ.

Технічні характеристики:

–допустима концентрація на вході - 50

–коефіцієнт очищення -99 %

–пропускна здатність –  $5 \div 101 \text{ м}^3/\text{год}$

–гидравлічний опір – 18 кПа.

Швидкість руху повітря на входному перерізі пилегазоприймача:

$$U_p = \frac{U_m}{K_i \left( \frac{d_1}{L_1} \right)^2}, \text{ м/с}$$

де  $U_m$  – швидкість руху повітря в точці виділення шкідливих речовин,

$U_m = 0,5$  м/с;

$d_1$  – діаметр вхідного перерізу пилегазоприймача,  $d_1 = 0,05$  м;

$K_i$  – коефіцієнт, який залежить від форми вхідного отвору повітряоприймача,

$K_i = 0,12$ ;

$L_1$  – відстань від міста виділення шкідливих речовин,  $L_1 = 0,04$ м.

$$U_p = \frac{0.5}{0.12 \left( \frac{0.05}{0.04} \right)^2} = 2.67 \text{ м/с}$$

Загальний вигляд місцевої вентиляції приведено на рис.6.1. Поміж електродами 3 затиснена деталь 4. Скрізь вентиляційне прилаштування 2 виконується висмоктування газів, які випаровуються під час зварювання, в загальнономонтажну витяжну вентиляцію 1.

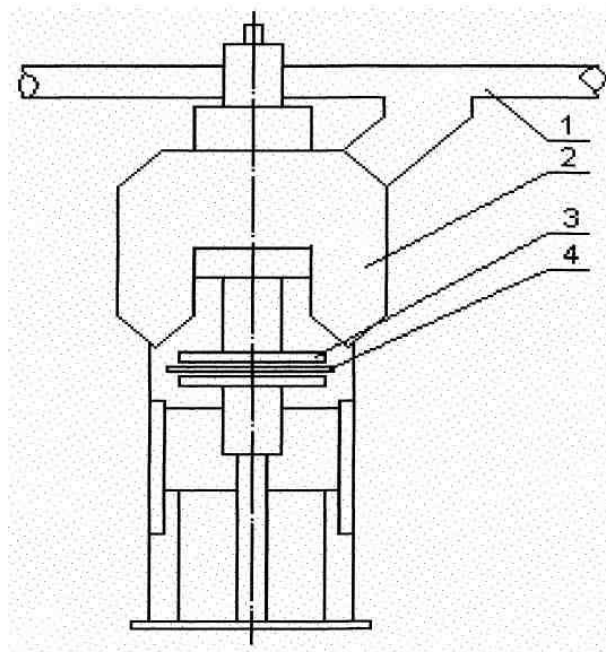


Рис.4.1 Схема вентиляції

Кількість повітря, необхідне для видалення шкідливих речовин одним пилегазоприймачем визначається за формулою:

$$Q_n = S_c \times U_p, \text{ м}^3/\text{с}$$

де  $S_c$  – площа вхідного перерізу пилегазоприймача,  $\text{м}^2$ ;

$U_p$  – середня швидкість руху повітря в перерізі,  $\text{м/с}$ ,

$$Q_n = \frac{0,05^2}{4} \times 3,14 \times 2,67 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Загальна кількість повітря видаленого системою, місцевими засобами:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \text{ м}^3/\text{с}$$

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

де  $Q_1, Q_n$  – кількість повітря видаленого системою.

$$Q_{\text{заг}} = 2 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} = 0,104 \text{ м}^3/\text{с}$$

Характеристика загальної витяжної системи:

– продуктивність  $2400 \text{ м}^3/\text{с}$  при  $P_b = 210 \text{ Па}$

– частота обертання колеса  $n = 600 \text{ хв}^{-1}$

#### 4.2 Розрахунок захисного заземлення для зварювального випрямляча

Заземлюючий пристрій – це сукупність заземлювача і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлюючі частини електроустановки із заземлювачем.

Метою розрахунку є визначення параметрів пристрою заземлення при умові, щоб його опір розсіювання був менший або рівний допустимому значенню.

Вихідні дані:

- питомий електричний опір ґрунту (глина)  $\rho = 60 \text{ Ом}$ ;
- найбільш допустимий опір пристрою заземлення для електроустановки з напругою до  $1000 \text{ В}$  -  $R = 4 \text{ Ом}$ ;
- заземлювач має трубчасту форму (рис. 6.1);
- довжина труби  $l = 2 \text{ м}$ ;
- глибина занурення труби від поверхні землі  $a = 0,9 \text{ м}$ ;
- зовнішній діаметр труби  $d = 0,07 \text{ м}$ ;

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

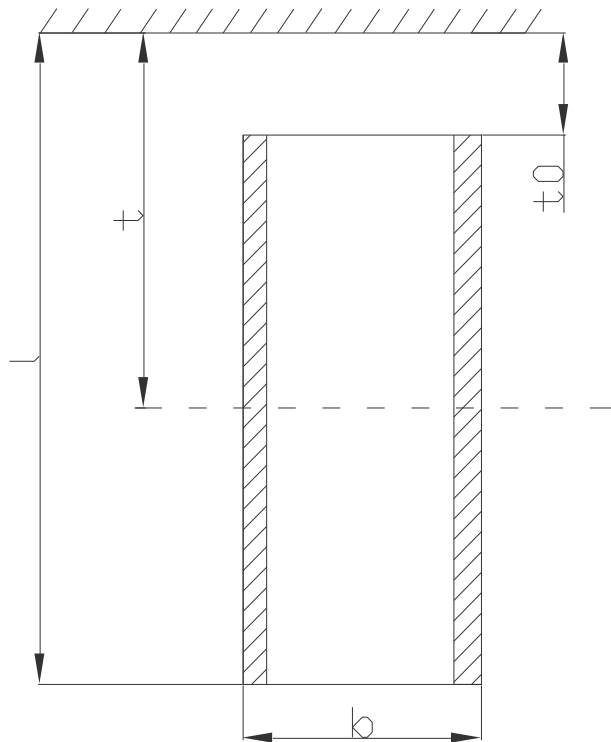


Рис 4.2 Схема електроду заземлення.

1. Розрахунок опору розтягування одного заземлювача:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0.5 \times \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right); \quad t = a + 0.5 \times l = 0.9 + 0.5 \times 2 = 1.9 \text{ м};$$

де  $\rho$  – питомий електричний опір ґрунту;  $l$  – довжина труби;  $d$  – діаметр труби;  $t$  – глибина занурення труби;

$$R_1 = \frac{60}{2 \times 3.14 \times 2} \times \left( \ln \frac{2 \times 2}{0.07} + 0.5 \times \ln \frac{4 \times 1.9 + 2}{4 \times 1.9 - 2} \right) = 20.4 \text{ Ом};$$

Опір одиночного заземлення вийшов більший допустимого опору пристрою заземлення  $R_1 > R_0$ . Необхідно застосувати декілька штучних заземлювачів, з'єднаних паралельно.

2. Визначаємо кількість паралельних заземлювачів.

$$n' = \frac{R_1}{\eta_s \times R_0},$$

де  $\eta_s$  - коефіцієнт використання заземлювачів, який враховує їх взаємну дію, приймаємо  $\eta_s = 1$

$$n' = \frac{20.4}{1 \times 4} = 5.1$$

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Приймаємо кількість заземлювачів  $n' = 5um$

3. Визначення фактичного коефіцієнту використання заземлювачів. Коефіцієнт визначаємо виходячи із розташування електродів і відстані між ними. Електроди заземлені по контуру. Відстань між ними  $l = 2l$ . Коефіцієнт використання заземлювачів  $\eta_\phi = 0,78$ .

4. Розрахунок фактичного опору заземлювачів.

$$R_\phi = \frac{R_1}{\eta_\phi \times n'} = \frac{20.4}{0.72 \times 5} = 5.67 \text{ Ом}$$

$\eta_\phi = (0,67 \div 0,72)$ . Приймаємо  $\eta_\phi = 0,72$ .

$$R_\phi = \frac{20.4}{0.72 \times 5} = 5.67 \text{ Ом}$$

Приймаємо  $R_\phi = 6 \text{ Ом}$

5. Визначення опору розтікання з'єднувальної полоси  $R_{lv}$

Для зв'язування вертикальних заземлювачів використовуємо з'єднувальну полосу.

За табл. 2.2 [ ] вибираємо тип та схему розміщення з'єднувальної полоси. Опір розтікання з'єднувальної полоси ми будемо визначати для протяжної пластини полосового перетину з  $b=45$  мм за формулою:

$$R_{ln} = \frac{\rho}{2\pi d} \cdot \ln \frac{2l^2}{b \cdot t};$$

де  $t=0,9$  м – глибина закладення з'єднувальної полоси;  $l=1,05 \cdot a \cdot n=10,5$  м – довжина з'єднувальної полоси ( $a$  - відстань між електродами, приймаємо  $1 \div 3$  м.);  $b=0,08$ - ширина з'єднувальної полоси.

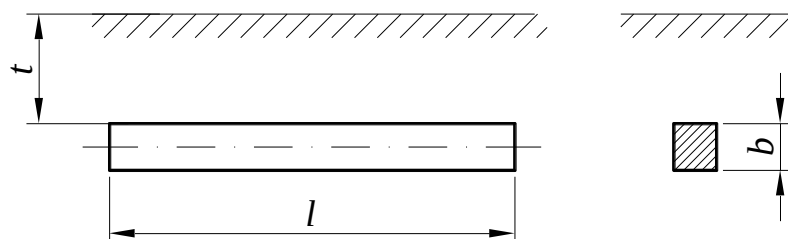


Рисунок 6.3. Схема розміщення та конструктивні елементи

з'єднувальної полоси

ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ

Арку

|    |      |          |         |      |
|----|------|----------|---------|------|
|    |      |          |         |      |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |

З врахуванням коефіцієнт використання з'єднувальної полоси  $\eta_r$ , який знаходимо за допомогою табл. 2.5 [ ], знаходимо опір з'єднувальної полоси  $R_n$

$$R_\phi = \frac{R_{1n}}{\eta_r} = \frac{7,2}{0,77} = 9,3 \text{ Ом}$$

#### 6. Визначення фактичного опору захисного заземлення $R_e$

Визначення фактичного опору захисного заземлення  $R_e$  з вертикальних заземлювачів та горизонтальної з'єднувальної полоси ведемо як еквівалентний опір при паралельному з'єднанні:

$$R_e = \frac{R_\phi \cdot R_n}{R_\phi + R_n} = \frac{9,3 \cdot 7,2}{7,2 + 9,3} = 3,65 \text{ Ом}$$

Отриманий нами опір порівнюємо з допустимим опором заземлюючого пристрою  $R_d$ .

$R_e < R_d$  – вимога виконується.

Зараз ми можемо стверджувати, що розраховане нами захисне заземлення відповідає всім вимогам і буде забезпечувати безпеку праці робітників на виробництві.

### 4.3 Основні заходи безпеки при різних видах зварювання

Для розробників зварювальних матеріалів основним способом покращення гігієнічних характеристик є вибір хімічного складу (склад покриття та стрижня електроду, флюсу, зварювального дроту та захисного газу). В більшості випадків це неможливо, оскільки основними вимогами до зварювального процесу залишається якість зварного шва, та уникнути наявності в складі зварювальних матеріалів токсичних речовин (марганцю, хрому, нікелю, фтору і т.п.) неможливо. Самим простим для реалізації способом мінімізації виділень ЗА, виходячи з конкретних умов, може бути вибір способу зварювання та зварювального обладнання.

Вибір способу зварювання дає можливість суттєво впливати на умови праці зварників за рахунок зниження повітрообміну загально обмінної вентиляції (табл. 6.5).

Вибір зварювального обладнання. Знизити інтенсивність утворення ЗА можна шляхом використання високоіндуктивних джерел енергії ,які,

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

обмежуючи збільшення сили струму під час короткого замикання, зменшують силу електричного вибуху металеві перемички між дротом та зварювальною ванною, а також шляхом використання транзисторних зварювальних джерел енергії з електронним управлінням вихідного сигналу, який дозволяє керувати переносом електродного металу.

Таблиця 4.5. Залежність повітрообміну від способу зварювання та зварювальних матеріалів

| Спосіб дугового зварювання, зварювальні матеріали                                                                   | Повітрообмін, м <sup>3</sup> /кг |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Ручне зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей електродами загального призначення марок АНО, УОНИ, МР та ін. | 1800-6600                        |
| Зварювання сталей порошковим дротом марок ПП-ДСК, ПП-АН та ін.                                                      | 1900-7300                        |
| Механізоване зварювання у вуглекислому газі дротом марок Св-08Г2С, Св-10Г2-Н2-СНТ та ін.                            | 2000-3100                        |
| Ручне зварювання алюмінію в аргоні дротом типу АМГ                                                                  | 1000                             |
| Автоматичне зварювання сталі під флюсом марок АН, ФН, ОСЦ-45 та ін.                                                 | 40-400                           |
| Автоматичне зварювання сталі під керамічним флюсом марок АНК, К, КС                                                 | 70-1100                          |

Для найбільш повного видалення зварювального аерозолі з робочої зони необхідно застосовувати ефективні місцеві відсоси (пальники з вбудованим відсосом, гнучкі настінні відсоси, вентилятори із гнучкими воздуховодами і фільтровентиляційні агрегати) у комбінації із загальнообмінною приточно-витяжною вентиляцією. Повітря, що виходить з виробничих приміщень в атмосферу, повинно бути очищено від всіх шкідливих речовин, що утворюються при використанні різних способів зварювання.

Збільшення витрат відсмоктуючого повітря призводить до погіршення захисту і якості зварного шва. Обмін повітря на один пост повинен складати 500-1000 м<sup>3</sup>/ч. В холодний період, повітря, яке подається в зону дихання зварника, повинне мати температуру 20-22<sup>0</sup>С.

Усі виробничі приміщення для плазменного різання та робочі місця на судах повинні бути обладнані примусовою загально обмінною вентиляцією

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

та пристроєм місцевих витяжних відсосів відповідно до ГОСТ 2.3.039-85.

Для захисту органів слуху від впливу шуму необхідно використовувати шумознижуючі навушники, ватяні вкладиші у вушні раковини й шоломи.

Також забороняється робота на несправному устаткуванні, із застосуванням несправного оснащення, пристосувань або інструмента.

Не дозволяється проведення робіт на великих об'ємних блоках і судні без наявності важелів, виготовлених із дотриманням вимог ОСТ 5.9029-84.

Робочі місця зварювальників повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння.

Для захисту від світлового випромінювання електричної дуги й іскор при різанні робоче місце повинне відгороджуватися переносними щитами та ширмами. Захист від ультрафіолетового і світлового випромінювання зварювальників, теплорізників та працюючих поруч повинний здійснюватися із застосуванням засобів захисту згідно ОСТ5.0272-79 та ОСТ5.9823-80.

Для захисту очей зварників від шкідливих випромінювань при проведенні електрозварювальних робіт повинні застосовуватися світлофільтри, що виготовляють із темного скла, вставленого в оглядові рамки щитків і масок електрозварників, а також у виді прямокутних і круглих пластинок для окулярів електро- і газозварників. Скла світлофільтрів випускаються за ГОСТ 9497 – 60.

Робоче місце зварювальника повинне відгороджуватися щитом чи закриватися шторами.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

## Висновок

В даному розділі дипломного проекту проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально-зварювальних робіт. Виявлені найбільш небезпечні при кожному способі зварювання, розглянуті допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі на робочому місці, норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні.

Було розраховане захисне заземлення, що дає змогу знизити до безпечної величини напругу відносно землі на металевих частинах обладнання, яке в нормальному стані не перебуває під напругою. Визначено, що воно відповідає всім вимогам і буде забезпечувати безпеку праці робітників на виробництві.

А також проведено аналіз основних заходів безпеки та засобів захисту від шкідливих факторів.

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.04.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

|          |              |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
|----------|--------------|----------|--------|----|----------------------------|--|--|--|------|------|---------|--|
|          |              |          |        |    | ДП.131.2127ст. 21.05.05.ПЗ |  |  |  |      |      |         |  |
|          |              |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
| Зм       | Арк.         | № докум. | Підпис | Да | Економічна оцінка проекту  |  |  |  | Лім. | Арк. | Акрушів |  |
| Розроб.  | Шульга С.П.  |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
| Перевір. | .Костін О.М. |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
| Реценз.  |              |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
| Н.       |              |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
| Затверд. |              |          |        |    |                            |  |  |  |      |      |         |  |
|          |              |          |        |    | НУК ім. адм. Макарова      |  |  |  |      |      |         |  |

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Вихідні дані розрахунку:

1. Серійний об'єм продукції, один. 10
2. Ціна джерела живлення, грн. 211 380
3. Ціна зварювального устаткування, грн. 10500
4. Витрата дроту на м/п, кг 0,177
5. Ціна дроту, грн./кг. 81
6. Витрати газової суміші CO<sub>2</sub>+Ar на м/п, л. 30
7. Ціна 1 літри газу, грн. 10.5
8. Витрати електроенергії на зварювання м/п, кВт\*г 0,2
9. Ціна 1 кВт\*г, грн. 1.88
10. Трудомісткість зварювання, н-г. 0,45
11. Трудомісткість складання, н-г. 0,66
12. Розряд робіт 2-3
13. Часова тарифна ставка, грн./час 50
14. Рівень додаткових витрат, % 12
15. Норма амортизації, % 6,5
16. Норма витрат на поточний ремонт обладнання, % 5

Розрахунок суми додаткових капіталовкладень наведені у таблиці 5.1.

Розрахунок суми капіталовкладень

| Найменування обладнання                     | Кількість | Вартість одиниці обладнання |
|---------------------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Інвентар ProPULS 400                        | 1         | 211380                      |
| Апарат для механізованого зварювання КП 006 | 1         | 10500                       |

Витрати ΔК=221880 грн

|    |      |          |         |      |                           |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст.21.05.05.ПЗ | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                           |      |

Розрахунок зміни витрат на електроенергію наведені у таблиці 5.2.

#### Зміна витрат на електроенергію

| Найменування операції | Одиниця вимірювання | Витрати на серійну програму | Серійна програма | Витрати на 1 виріб | Ціна одиниці, грн. | Витрати на електроенергію, грн. |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| Зварювання            | кВт                 | 7500                        | 10               | 0,6                | 1.88               | 14100                           |

$$\Delta E = 14100 \text{ грн}$$

Розрахунок зміни витрат на основну заробітну плату приведені у таблиці 5.3.

#### Зміни витрат на ОЗП

| Найменування операції | Одиниці вимірювання | Витрати на серійну програму | Серійна програма | Витрати на 1 одиницю | Ціна одиниці, грн | Витрати на ОЗП, грн |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| Зварювання            | Н-Г                 | 894                         | 10               | 8,94                 | 50                | 44700               |

$$\text{Витрати на } \Delta \text{ОЗП} = 44700 \text{ грн}$$

Розрахунок зміни витрат на зварювальні матеріали приведений у таблиці 5.4.

#### Зміни витрат на зварювальні матеріали

| Найменування операції | Одиниці вимірювання | Витрати на серійну програму | Програма випуску | Витрати на 1 одиницю | Ціна одиниці, грн | Витрати на зварювальні матеріали, грн |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Проволока             | кг                  | 227                         | 10               | 0,172                | 81                | 18387                                 |
| Газова суміш          | л                   | 34650                       | 200              | 90                   | 10.5              | 363825                                |

$$\Delta M = 382212 \text{ грн}$$

Розрахунок зміни витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведений у таблиці 5.5.

#### Зміни витрат на ДЗП

|            | Сума витрат ОЗП, грн | Рівень витрат на ДЗП, % | Сума витрат на ДЗП, грн |
|------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Зварювання | 44700                | 12                      | 5364                    |

$$\Delta \text{ДЗП} = 5364 \text{ грн}$$

Розрахунок зміни витрат на амортизацію наведено у таблиці 5.6.

**Зміни витрат на амортизацію обладнання**

| Найменування обладнання                       | Вартість обладнання, грн | Рівень витрат на амортизацію, % | Сума витрат на амортизацію, грн |
|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Зварювальний інверторProPULS400               | 211380                   | 6,5                             | 137                             |
| Апарат для механізованого зварювання КП 009-1 | 10500                    |                                 | 682                             |

$\Delta A = 14422$  грн

Розрахунок зміни витрат на поточний ремонт обладнання наведено у таблиці 5.8.

**Зміни витрат на поточний ремонт обладнання**

| Найменування обладнання                       | Вартість обладнання, грн | Рівень витрат на поточний ремонт, % | Сума витрат на поточний контроль, грн |
|-----------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Зварювальний інверторProPULS400               | 211380                   | 5                                   | 10569                                 |
| Апарат для механізованого зварювання КП 009-1 | 10500                    |                                     | 525                                   |

Витрати на поточний ремонт  $\Delta T = 11094$  грн

Розрахунок зміни цехових накладних витрат наведений у таблиці 5.9.

| Операція   | Сума витрат на основну зарплатню, грн | Рівень витрат на цехові накладні витрати, % | Рівень затрат на цехові накладні витрати, грн |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Зварювання | 44700                                 | 10                                          | 4470                                          |

Витрати на цехові накладні витрати:  $\Delta ЦВ = 4470$  грн

Розрахунок зміни витрат на загальнозаводські накладні витрати наведені у таблиці 5.10.

| Операція   | Сума витрат на основну зарплату, грн | Рівень витрат на цехові накладні витрати, % | Рівень затрат на цехові накладні витрати, грн |
|------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Зварювання | 44700                                | 18                                          | 8046                                          |

Зміна витрат на загальнозаводські витрати:  $\Delta ЗВ = 8046$  грн

Розрахункові показники собівартості виготовлення складального пристрою наведені у таблиці 5.11.

|    | Показники                                 | Одиниці вимірювання | Загальна сума витрат, грн |
|----|-------------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1  | Витрати на обладнання                     | грн                 | 221880                    |
| 2  | Витрати на матеріали                      | грн                 | 42258                     |
| 3  | Витрати на електроенергію                 | грн                 | 14100                     |
| 4  | Витрати на ОЗП                            | грн                 | 44700                     |
| 5  | Витрати на ДЗП                            | грн                 | 5364                      |
| 6  | Витрати на поточний ремонт                | грн                 | 11094                     |
| 7  | Амортизаційні відрахування                | грн                 | 14422                     |
| 8  | Цехові накладні витрати                   | грн                 | 4470                      |
| 9  | Загальнозаводські накладні витрати        | грн                 | 8046                      |
| 10 | Загальна собівартість на програму         | грн                 | 366334                    |
| 11 | Собівартість одного складального пристрою | грн                 | 36633                     |
| 12 | Річна програма випуску                    | шт                  | 10                        |

#### Висновки:

1. Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні опори фундаменту.

2. Собівартість річної програми випуску виробів в кількості 10 шт. складає 366334грн. Собівартість однієї опори 36633грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вибрані види зварювання дозволяють виконувати якісні зварні шви та отримати продуктивність зварювання на достатньо високому рівні для виготовлення балки.

2. Розрахункові режими зварювання дозволяють виконувати зварювальні роботи з одержанням бездефектних з'єднань.

| Спосіб зварювання     | $d_{\text{э}}$ , мм | I, А | U, В | $V_{\text{зв}}$ , м/год | qp, Дж/см | кількість проходів |
|-----------------------|---------------------|------|------|-------------------------|-----------|--------------------|
| ГОСТ 14771-76 УП ТЗД6 | 1,2                 | 215  | 30   | 19                      | 9705      | 1                  |
| ГОСТ 14771-76 УП Т6   | 1,2                 | 220  | 30   | 14                      | 13500     | 4                  |

3. Розрахунок термічного циклу дозволяє отримати дання для побудови діаграми термодинамічного розпаду аустеніту.

4. Результати очікуваної структури зварних з'єднань, отримані металографічними дослідженнями, проведеними на експериментальних зразках, показують, що у зварному з'єднанні дрібнозерниста ферито-перлітна структура.

5. Розроблено технологію складання та зварювання секції із застосуванням розробленого складального і вибраного зварювального обладнання та матеріалів.

6. Обрано зварювальне обладнання яке забезпечує стійке горіння дуги при різних видах зварювання, які застосовуються для виготовлення даної конструкції. Для механізованого зварювання в середовищі суміші захисних газів пропонується напівавтомат інвентарного типу ProPULS 400-2010 .

7. Зварювання виконується переважно механізованим способом у суміші захисних газів (82% Ar+18%CO<sub>2</sub>), у якості зварювальних матеріалів для механізованого способу зварювання використано порошковий дріт Megafil 713R.

8. Розглянуті питання охорони праці.

9. Розрахована економічна собівартість виготовлення конструкції.

|    |      |          |         |      |               |      |
|----|------|----------|---------|------|---------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |               |      |

|          |             |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
|----------|-------------|----------|--------|----|--------------------------------|--|--|--|-----------------------|------|---------|--|
|          |             |          |        |    | ДП.131.2127ст.                 |  |  |  |                       |      |         |  |
|          |             |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
| Зм       | Арк.        | № докум. | Підпис | Да | Список використаної літератури |  |  |  | Літ.                  | Арк. | Акрушів |  |
| Розроб.  | Шульга С.П. |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
| Перевір. | Костін О.М. |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
| Реценз.  |             |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
| Н.       |             |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
| Затверд. |             |          |        |    |                                |  |  |  |                       |      |         |  |
|          |             |          |        |    |                                |  |  |  | НУК ім. адм. Макарова |      |         |  |

Список використаної літератури:

1. Технология сборочно-сварочных процессов в судостроении: Учеб. пособие /В.Ф.Квасницкий, Г.В.Ермолаев, С.В.Драган и др.; под ред. В.Ф.Квасницкого. – Николаев: НКИ, 1990. – 97 с.
2. Расчеты в дипломных проектах по технологии и оборудованию сварочного производства: Учеб. пособие /под ред. В.Ф.Квасницкого. – Николаев: НКИ, 1991. – 89 с.
3. Бугаєнко Б.В., Сагань В.Я. Технологічні процеси зварювального виробництва: методичні вказівки до виконання курсового проекту. – Миколаїв, НУК. 2010. –52с. Електронний аналог
- 4..Варнелло В.В. Измерение твердости металлов. М.: Издательство государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов СССР, 1965.— 196 с.
- 5..ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытаний на растяжение.
- 6..Грызунов В.И., Кожанова Н.В., Кириленко С.В. и др. Физика металлов: лабораторный практикум. — Орск: Издательство ОГТИ, 2005. — 91 с.
- 7.Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. — М.: Металлургия, 1983. — 352 с.
- 8.Исследование и разработка термоупрочненной стали категории прочности К60 для производства труб диаметром 530—820 мм северного исполнения АО «ВМЗ» / отчет ЦНИИЧМ и ОХМК, 1995 — 96 с.
- 9.Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка. — М.: Металлургия, 1964. — 471 с.
- 10..Металлография железа. Том 1. «Основы металлографии» (с атласом микрофотографий). Пер. с англ. Изд-во «Металлургия», 1972. — 240 с.
- 11..Металлография железа. Том 2. «Структура сталей» (с атласом микрофотографий). Пер. с англ. Изд-во «Металлургия», 1972. — 284 с.
- 12..Пумпянский Д.А., Пышминцев И.Ю., Фарбер В.М. Методы упрочнения трубных сталей / Сталь — № 7, 2005. — с. 74.

|    |      |          |         |      |                |      |
|----|------|----------|---------|------|----------------|------|
|    |      |          |         |      | ДП.131.2127ст. | Арку |
| Зм | Арку | № докум. | Підпис. | Дата |                |      |

|          |             |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
|----------|-------------|----------|--------|----|-----------------------------|--|--|--|------|------|---------|--|
|          |             |          |        |    | ДП.131.2127ст. 21 .00.00.ПЗ |  |  |  |      |      |         |  |
|          |             |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
| Зм       | Арк.        | № докум. | Підпис | Да | Перелік графічної частини   |  |  |  | Літ. | Арк. | Акрушів |  |
| Розроб.  | Шульга С.П. |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
| Перевір. | Костін О.М. |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
| Реценз.  |             |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
| Н.       |             |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
| Затверд. |             |          |        |    |                             |  |  |  |      |      |         |  |
|          |             |          |        |    | НУК ім. адм. Макарова       |  |  |  |      |      |         |  |

