

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Обґрунтування технології та параметрів

зварювання секції корпусу

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МП_М-61
спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Козій В.З.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Барановський В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дячун А.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри

(підпис)
 « »
 Окіпний І.Б.
(прізвище та ініціали)
 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Козій Василь Зіновійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування технології та параметрів зварювання секції корпусу

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

Затверджені наказом ректора від «16» листопада 2023 року № 4/7-1058

2. Термін подання студентом завершеної роботи . 20.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: ескізний проект деталі, базовий процес зварювання, бак конденсату

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

1. Аналітична частина. 2. Науково-дослідна частина. 3. Технологічно-конструкторська частина. 4. Проектна частина. 5. Безпека в надзвичайних ситуаціях, охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів):
креслення секції корпусу, базовий технологічний процес зварювання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>К.т.н., доц. Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Д.т.н., проф. Стадник І.Я.</i>		

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналітична частина</i>	16.11-20.11	
2	<i>Науково-дослідна частина</i>	21.11-30.11	
3	<i>Технологічно- конструкторська частина</i>	01.12-07.12	
4	<i>Проектна частина</i>	07.12-.11.12	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	12.12-20.12	
6	<i>Графічна частина</i>	20.11-20.12	

Студент

_____ (підпис)

Козій В.З

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Барановський В.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Козій В.З. Обґрунтування технології та параметрів зварювання секції корпусу. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2023.

Об'єктом дослідження є конструкція секції корпусу.

Мета роботи – порівняльний аналіз застосування технологій механізованих способів зварювання секцій корпусу, визначення найбільш перспективного способу з технологічної та економічної точки зору.

У випускній кваліфікаційній роботі пропонується розглянути існуючу технологію виготовлення бака конденсату об'ємом 1,5 м³.

Метою роботи є вдосконалення технології зварювання бака шляхом підвищення продуктивності, а також покращення якості за рахунок автоматизації процесу зварювання.

Ключові слова: автоматичне зварювання під флюсом, таврові балки, технологія зварювання, виробнича лінія, секції судна.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1 Опис конструкції зварного виробу	9
1.1 Характеристика та призначення, типи з'єднань, умови експлуатації	9
1.2. Хімічний склад та властивості конструкційних сталей	14
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	16
2.1 Обґрунтування параметрів технологічного процесу електродугового зварювання деталей корпусу	16
2.2 Обґрунтування параметрів автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу деталей корпусу	16
2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	30
3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Матеріали, обладнання, методи зварювання та обробки, зварювальні деформації	32
3.2 Типи установок індукційного нагрівання	33
3.3 Автоматичне зварювання під флюсом	37
3.4 Зварювальні деформації при зварюванні	38
3.5 Зварювальні матеріали та обладнання	39
3.6 Розрахунок режимів зварювання	48
4. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	52
4.1 Вимоги до кваліфікації зварювальників та технічного персоналу	52
4.2 Зварювання таврових балок	56
4.3 Розрахунок витрати зварювальних матеріалів	60
4.4 Підготовка зварювальних матеріалів	61
4.5 Заходи щодо зниження зварювальних деформацій та напруг після зварювання	63

4.6 Контроль якості зварювальних з'єднань	67
5. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ	69
5.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях	69
5.1.1 Захист у надзвичайних ситуаціях	69
5.1.2 Аналіз виявлених шкідливих факторів проекрованої виробничого середовища	70
5.1.3 Перевищення рівня шуму на робочому місці	72
5.1.4 Недостатня освітленість робочої зони	73
5.2 Охорона праці	75
5.2.1 Електромагнітні поля у виробничих приміщеннях	75
5.2.2 Аналіз виявлених небезпечних факторів проекрованої виробничого середовища	76
5.2.3 Фактори пожежної та вибухової природи	79
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

Актуальність теми. Більшість технологічних процесів при виготовленні різного роду конструкцій у машинобудівній промисловості у багатьох випадках застосовується з використанням зварювальних технологій.

В даний час зварювання є найбільш гнучкою ресурсозберігаючою технологією, яка має велику продуктивність. Можливість механізації та автоматизації зварювального виробництва – найважливіший засіб підвищення продуктивності праці та якості зварних виробів, а також покращення умов праці.

Сучасні підприємства з виробництва складних та відповідальних металевих конструкцій та обробки металу, в тому числі і суднобудівні провадження, використовують індукційне нагрівання, оскільки даний метод має ряд переваг, якими не володіють інші аналогічні методи, такі як газополум'яні нагрівачі, електронагрівачі, пристрої термохімічного нагріву та електронагрівачі комбінованої дії.

Головна частина будь-якого судна є корпус, що з набору, тобто. каркасу та обшивки. Набір являє собою сукупність поздовжніх та поперечних зв'язків, у вигляді металевих листів та профілів, що забезпечує корпус судна жорсткістю і надає йому потрібної форми.

Мета роботи: розробка технологічного процесу складання та зварювання частин корпусу судна зі зниженням зварювальних деформацій за допомогою індукційного нагрівання металу до зварювання; вибір обладнання та зварювальних матеріалів, актуальних у сучасному виробництві.

Завдання дослідження: обґрунтувати вибір способу зварювання, розробити технологію процесу зварювання, вибір сучасного обладнання.

Об'єктом дослідження є елементи корпусу судна, що виготовляються з двотаврових балок із суднобудівної сталі E40.

Предмет дослідження – параметри та режими електродугового зварювання.

Отримані результати. Запропоновано удосконалену технологію збирання та технологічний процес електродугового зварювання корпусу судна.

Практичне значення. Результати роботи можна застосовувати під час розрахунку параметрів і режимів електродугового зварювання.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Окремі результати роботи доповідались та отримали позитивну оцінку на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 2023 р., м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя.

Публікації. Часткові результати досліджень за темою магістерської роботи опубліковано в 1 праці: збірник тез XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 2023 р., м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається з вступу, 5 розділів пояснювальної записки, 7 додатків і списку використаних джерел з 25 найменувань. Основний зміст пояснювальної записки виконано на 82 сторінках, має 28 рисунків і 23 таблиці.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1 Опис конструкції зварного виробу

1.1 Характеристика та призначення, типи з'єднань, умови експлуатації

Секція корпусу судна технічно закінчена частина корпусу судна або однією з його основних конструкцій (днища, борти, палуби і т.д.), що збирається з ряду вузлів та деталей. Крім корпусних конструкцій секції також включають елементи насичення, кріплення ізоляції та оздоблювального розсипу судових приміщень [1].

Поперечні та поздовжні кромки секції є її межами.



Рисунок 1.1 – Приклад конструкції корпусу судна

Розбивка судна на секції провадиться з урахуванням її конструктивних особливостей, розташування монтажних стиків, прийнятої технології та організацією виробництва, умов виробництва заводу-виробника [1].

Велика різноманітність вузлів корпусних, що попередньо виготовляються. конструкцій прийнято об'єднувати за конструктивно-технологічними ознаками у такі основні групи [1].

В даний час прийнято підрозділяти корпус судна на наступні частини (складальні елементи):

- деталь - неподільна частина корпусної конструкції, одержувана внаслідок обробки листового або профільного прокату;
- вузол - технологічно закінчена частина корпусної конструкції, що складається з двох або більше деталей;
- секція - технологічно закінчена частина корпусу судна або однієї з його основних конструкцій (днища, борти, палуби тощо), що збирається з ряду вузлів та окремих деталей;
- блок секцій - значна частина корпусу судна, відсічена однією або двома площинами, паралельними площині мідель-шпангоуту, а у великих суден часто і площинами, паралельними діаметральній площині або основна площина. Збираються з кількох секцій, окремих вузлів та деталей [2].

Таврові та Г-подібні балки довжиною понад 2,5 м. Ці вузли широко застосовуються у складі корпусних конструкцій і, у свою чергу, можуть бути розділені на дві підгрупи (рис. 1.2а): прямолінійні та криволінійні [2].

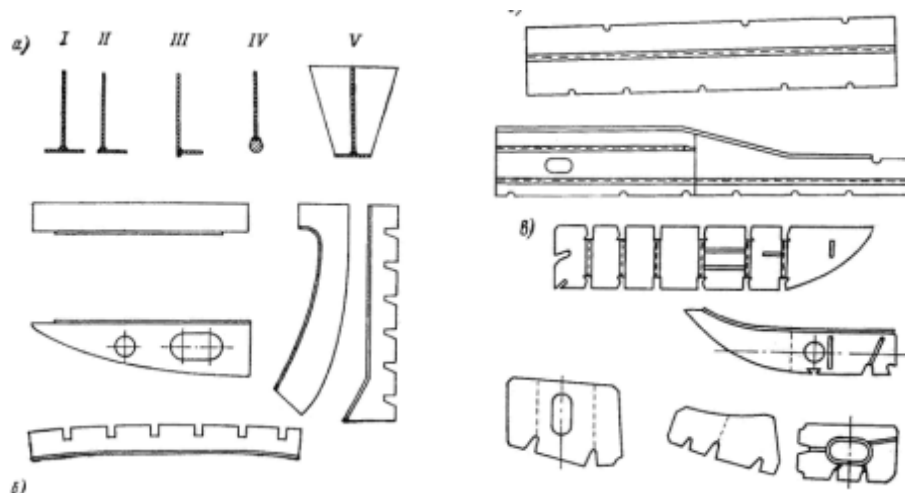


Рисунок 1.2 – Вузли корпусних конструкцій: а – таврові балки; б – днищові стрінгери; в – флори

Короткі таври, бракети та книці з поясками. Вузли цієї групи особливо на судах деяких проектів, зустрічаються у великій кількості та дуже різноманітні за розмірами та формою [2].

Широкі смуги з поздовжніми (поперечними) ребрами жорсткості або поясками. До цієї групи належать вузли днищового набору - стрінгери (рис. 1.2б), вертикальний кіль, флори (рисунок 1.2в), а також рамного набору.

Можуть бути як прямолінійними, і криволінійними [2].

Полотнища. Дуже поширений тип вузлів. Можуть бути розділені на дві підгрупи: плоскі та гофровані [2].

Об'ємні вузли невеликої протяжності. До них відносяться фундаменти, патрубки, коробки та ін. Вузли цієї групи широко представлені на судах різних проектів і відрізняються великою різноманітністю в розмірах та конструкції.

Інші вузли. До них можуть бути віднесені порівняно рідко вузли корпусних конструкцій, що зустрічаються або нечисленні, наприклад пілерси з кницями, рамки зі смуг та профілів, кронштейни різного виду, зварні вироби суднових пристроїв, вузли щогл та ін.

Класифікуються секції судна за конструктивними ознаками: дн шукальні, палубні, перебирання, платформи, надбудови. Також класифікуються за конструктивними ознаками такими як: площинні, палубні та об'ємні [1, 2].

Площинні секції – це ті секції, у яких один з розмірів 15 і більше разів менше будь-якого з двох розмірів, що залишилися [2]. Такі секції зазвичай складаються з плоского або криволінійного днища із загибою з привареним до нього балками набору різного гатунку (рис. 1.3).

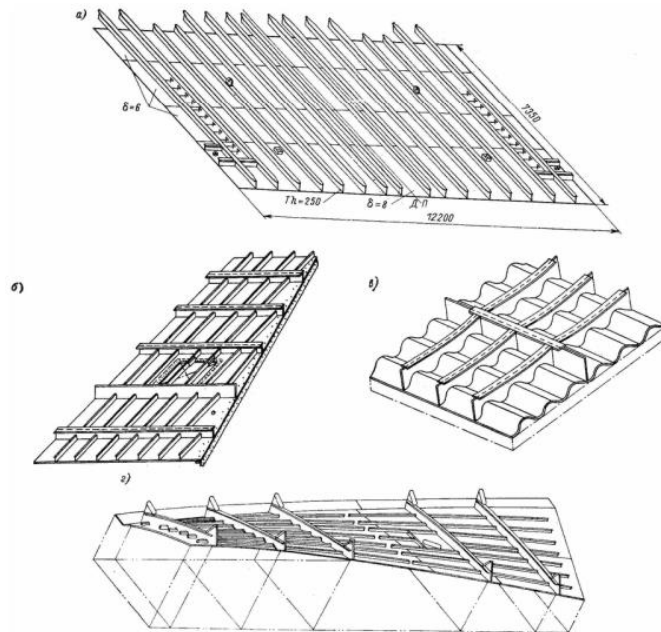


Рисунок 1.3 – Площинні секції: а – плоска секція з набором одного напрямку; б – те саме з набором двох напрямків; в – гофрована секція з набором (перебирання); г – бортова секція з криволінійними обводами

Напівоб'ємними та об'ємними секціями (рис.1.4) називають такі секції, у яких мінімальний габаритний розмір у 5 – 15 разів менший від будь-якого з двох решти. Однак, напівоб'ємні та об'ємні секції також можуть бути відкритими та закритими. Закриті секції мають відсіки, які обмежуються корпусними перекриттями не більше ніж по 5 гранях. Також секції розрізняють за формою обмежуючих поверхонь, обмежені тільки площинами, обмежені однією або двома криволінійними поверхнями і т.д. [2]. Ця характеристика важлива з погляду вибору технології формування секції. Дрібні секції, які включаються при подальшому складанні до складу більших секцій називають підсекціями.

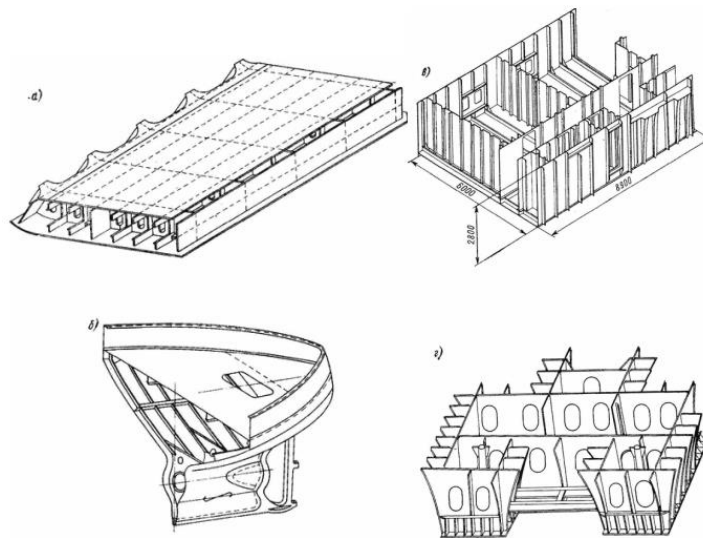


Рисунок 1.4 – Об'ємні секції: а – днищна секція; б – секція кормового краю; в – секція ярусу надбудови (показана палубою вниз); г – фундамент під ГТЗА (у положенні збирання)

Металевий корпус сучасного судна формується на будовному місці з великих частин - секцій або блоками секцій, які попередньо виготовляються у спеціальних складально-зварювальних цехах.

Застосування великих складальних елементів дозволяє різко скоротити стапельний період будівництва судна за рахунок перенесення значного обсягу робіт зі стапелів до інших цехів.

Розбивка корпусу судна на секції чи блоки провадиться конструкторським бюро розробки технічного проекту [2].

Розміри, маса і кількість секцій (або блоків), на які ділиться корпус, визначаються залежно від наступних факторів:

- заданого річного випуску судів;
- виробничих умов заводу-будівельника (вантажопідйомність кранів та транспортних засобів, висота та площа прольотів складально-зварювального цеху, розміри воріт цеху, проїздів та ін.);
- прийнятої технології та організації будівництва судна;
- конструктивних особливостей судна, що проектується (головні розміщення та обведення корпусу, розташування перебірок, палуб тощо);
- можливості механізованого виготовлення вузлів та секцій корпуси;
- можливості транспортування секцій на інші заводи (коли секції виготовляються на одному заводі, а збирання та зварювання корпусу в цілому виробляються на іншому).

Прийнятий у проекті варіант розбивки зображують на спеціальному кресленні, або схемі розбивки корпусу на секції (або блоки), яка узгоджується із заводом-будівельником (рис. 1.5).

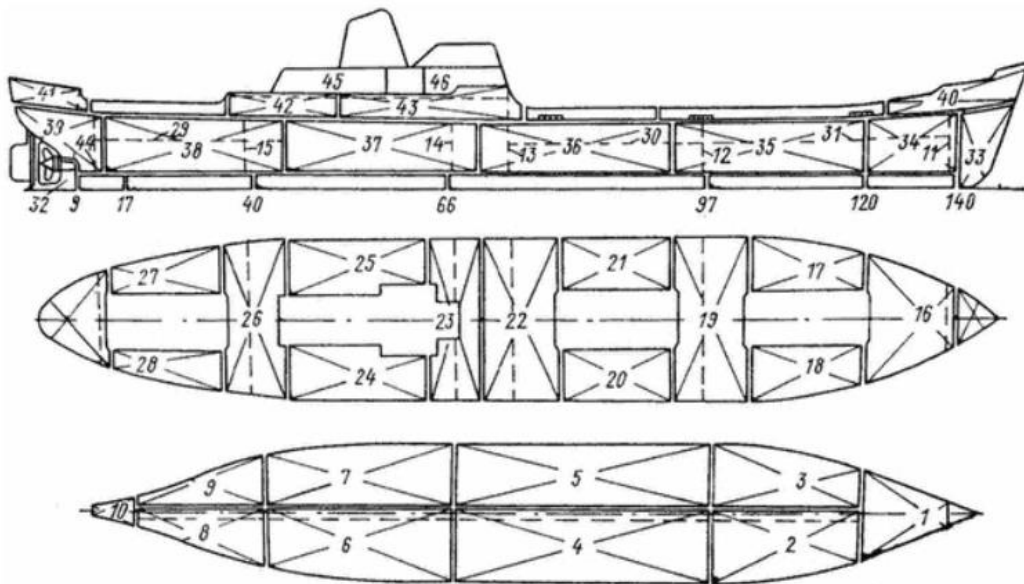


Рисунок 1.5 – Схема розбивки корпусу на секції, 1-46 – номери секцій

Масу секцій середніх і великих судів нині доводять до 80-150 т, а розміри по довжині до 15-20 м і ширині (висоті) – до 10-20 м.

Маса блоків секцій сягає 400-1000 т.

Попереднє складання та зварювання вузлів та секцій корпусу має суттєві переваги та дозволяє:

- скоротити тривалість будівництва судів і насамперед стапельний період за рахунок розширення фронту робіт, так як паралельно збиранням частини корпусу на стапелі в складально-зварювальному цеху ведеться виготовлення секцій для інших частин корпусу, проводиться установка насичення на секціях, випробування на непроникність, ґрунтовка та інші роботи;

- знизити трудомісткість виготовлення корпусних конструкцій та підвищити продуктивність праці завдяки тому, що вузли та секції збираються і зварюються в положенні, зручнішому, ніж на стапелі, що дозволяє широко застосовувати спеціальне складально-зварювальне обладнання та оснащення для механізації виготовлення основних типів вузлів та секцій корпусу;

- підвищити якість корпусних конструкцій та покращити умови праці.

Складання та зварювання вузлів та секцій виготовляються на спеціальних стендах, ліжках та іншого оснащення в умовах закритих цехів, захищених від атмосферних опадів та різких коливань температури, забезпечених необхідним освітленням та вентиляцією.

Для зниження тривалості будівництва судів деякі зварювальні роботи виробляються на спеціалізованих конвеєрних установках автоматичним зварюванням.

1.2 Хімічний склад та властивості конструкційних сталей

Для виготовлення конструкцій корпусів суден використовують вуглецеві та низьколеговані конструкційні сталі звичайної, підвищеної та високої міцності.

При зварюванні плавленням якість зварних матеріалів та технологія зварювання повинні забезпечити міцність та в'язкість металу зварного з'єднання не нижче, ніж необхідно для вихідного основного металу, при температурі до - 65°C.

Для забезпечення необхідної стійкості зварних з'єднань проти утворення тріщин стали з нормативною межею плинності до 390 Мпа повинні мати ть еквівалент вуглецю не більше 0.43%, а з нормативною межею плинності понад 390 МПа – трохи більше 0.45%.

Розрахунок еквівалента вуглецю вироблений за (1)

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}, \quad 1.1$$

де: C , Mn , Si , C_2 , Ni , Cr , Mo , V , P – масові частки вуглецю, марганцю, кремнію, нікелю, міді, ванадію та фосфору за результатами аналізу.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,18 + \frac{1,6}{20} + \frac{0,4}{15} + \frac{0,2 + 0,08 + 0,1}{10} = 0,325\%,$$

Необхідно враховувати, що за відсутності у сертифікатах на сталь відомостей про зміст міді та ванадія розрахунок еквівалента вуглецю проводиться з умови вмісту в прокаті міді та ванадію в кількості 0.30% та 0.01% відповідно.

Для зварювання днища резервуара, як приклад виберемо рекомендовану нормативному документу сталь Е40 (ГОСТ 5521-93), оскільки вона широко поширена в зварних конструкціях і має гарні для зварювання властивостями.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Е40

C,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	Ni,%	Cu,%	V,%	P,%	Др. ел.
0,18	0,9-1,6	0,15-0,5	0,02	0,4	0,35	0,05-0,1	0,035	As ≤0,08

Еквівалент вуглецю приблизно вдвічі менший за допустиме значення (0,45 %), отже зварюваність сталі Е40 (ГОСТ 5521-93), хороша, без обмежень.

Низьколеговані сталі відносяться до розряду добре зварюваних.

Однак наявність у них легуючих елементів дає можливість появи гартових структур у зоні термічного впливу, що при несприятливому поєднанні інших факторів може викликати зменшення стійкості її проти холодних тріщин. Легуючі елементи можуть знизити опірність швів гарячим тріщинам, посилити або послабити наслідки перегріву та схильність до крихкого руйнування металу в зоні термічного впливу та шва.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування параметрів технологічного процесу електродугового зварювання деталей корпусу

Обґрунтування параметрів технологічного процесу зварювання деталей корпусу проведемо в два основні етапи згідно з проведеним аналізом і вибраними нами технологіями зварювання відповідних деталей корпусу контейнера:

- автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу;
- механізованого електродугового зварювання в середовищі захисного газу.

При цьому будемо визначати основні параметри процесу електродугового зварювання деталей корпусу:

- силу зварювального струму $I_{зв}$, А;
- напругу дуги зварювання U_{δ} , В;
- швидкість зварювання $\mathcal{G}_{зв}$, м/с;
- швидкість подачі електродного дроту $\mathcal{G}_{п.д}$, м/с.

2.2 Обґрунтування параметрів автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу деталей корпусу

Автоматизованим електродуговим зварювання під шаром флюсу будемо виконувати зварювання обичайки кільцевим і поздовжнім швом без оброблення кромки одностороннім швом з повним проплавленням з застосуванням мідної підкладки.

При цьому:

- зварювальний струм є постійним і має зворотну полярність;
- вибираємо зварювальний дріт марки Св-12Х2НМА;
- вибираємо флюс марки АН 348А.

Схема до розрахунку параметрів автоматичного зварювання під шаром флюсу зварного з'єднання представлено на рис. 2.1.

Сила зварювального струму $I_{зв}$ (А) під час виконання автоматичного зварювання під шаром флюсу обичайки кільцевим і поздовжнім швом без оброблення кромки одностороннім швом з повним проплавленням з застосуванням мідної підкладки визначається за відомою формулою

$$I_{зв} = \Omega h_p. \quad (2.1)$$

де Ω – коефіцієнт, який залежить від вибраної технології електродугового зварювання;

h_p – глибина проплавлення основного металу, яка розраховується залежно від заданих конструктивних розмірів шва, мм.

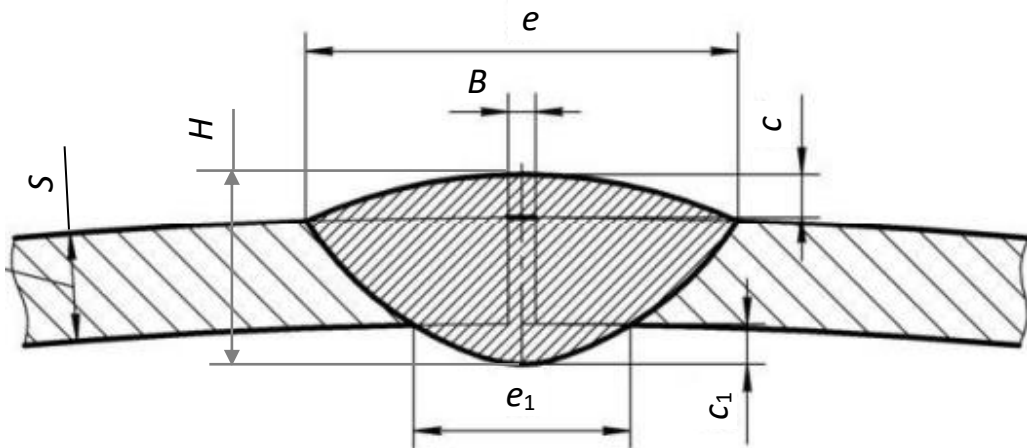


Рисунок 2.1 – Схема до розрахунку параметрів автоматичного зварювання під шаром флюсу

При цьому розрахункова глибина h_p проплавлення основного металу визначається за залежністю

$$h_p = H - \frac{F_n}{0,73e}, \quad (2.2)$$

де H – висота утвореного зварювального шва, мм;

F_n – площа наплавленого металу, мм²;

e – ширина зварювального шва, мм;

Тоді з врахуванням формул (2.1) та (2.2) сила зварювального струму I_{36} визначається за формулою

$$I_{36} = \Omega \left(H - \frac{F_H}{0,73e} \right). \quad (2.3)$$

При цьому площа наплавленого металу F_H визначається залежно та згідно з конструктивними геометричними розмірами шва (рис. 2.1)

$$F_H = F_6 + F_3 + F_{36}; \quad (2.4)$$

де F_6 – площа наплавленого валика, мм²;

F_3 – площа наплавленого металу в зазор, мм²;

F_{36} – площа наплавленого зворотного валика, мм².

Відповідні площі наплавленого металу визначаються на наступними формулами:

- площа наплавленого валика F_6

$$F_6 = 0,73ec; \quad (2.5)$$

- площа наплавленого металу в зазор F_3

$$F_3 = BS, \quad (2.6)$$

де B – зазор між зварювальними кромками, мм;

S – товщина зварного з'єднання, мм;

c – висота підсилення зварювального шва, мм;

- площа наплавленого зворотного валика F_{36}

$$F_{36} = 0,73e_1c_1, \quad (2.7)$$

де e_1 – ширина підсилення шва з зворотної сторони, мм;

c_1 – висота підсилення шва з зворотної сторони, мм.

Тоді

$$F_n = 0,73ec + BS + 0,73e_1c_1 = 0,73(ec + e_1c_1) + BS. \quad (2.8)$$

При цьому з урахуванням формул (2.3) і (2.8) маємо

$$I_{3\phi} = \Omega \left(H - \frac{0,73(ec + e_1c_1) + BS}{0,73e} \right). \quad (2.9)$$

Згідно з рис. 2.1 висота зварювального шва H буде визначатися як

$$H = S + c + c_1. \quad (2.10)$$

Таким чином остаточною формулою, яка характеризує функціональну залежність зміни зварювального струму $I_{3\phi}$ від геометричних параметрів зварювального шва під час автоматичного зварювання під шаром флюсу обичайки кільцевим і поздовжнім швом без оброблення кромek одностороннім швом з повним проплавленням і застосуванням мідної підкладки та з урахуванням формул (2.3), (2.9) і (2.10) буде мати вигляд

$$I_{3\phi} = \Omega \left(S + c + c_1 - \frac{0,73(ec + e_1c_1) + BS}{0,73e} \right), \quad (2.11)$$

або

$$I_{3\phi} = \Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right). \quad (2.12)$$

При початкових умовах $\Omega = 70-80-90$, $c = 1,5$ мм, $c_1 = 1,5$ мм, $e_1 = 4$ мм, $B = 1$ мм згідно з формулою (2.12) побудовано тривимірну графічну залежність зміни зварювального струму $I_{3\phi}$ залежно від товщини зварювального з'єднання S та ширини зварювального шва e як функція $I_{3\phi} = f(S, e)$.

Графічну залежність зміни зварювального струму $I_{3\phi}$ залежно від товщини зварювального з'єднання S та ширини зварювального шва e як функція $I_{3\phi} = f(S, e)$ наведено на рис. 2.2а, а на рис. 2.2б наведено залежність зміни зварювального струму $I_{3\phi}$ як функція $I_{3\phi} = f(S)$.

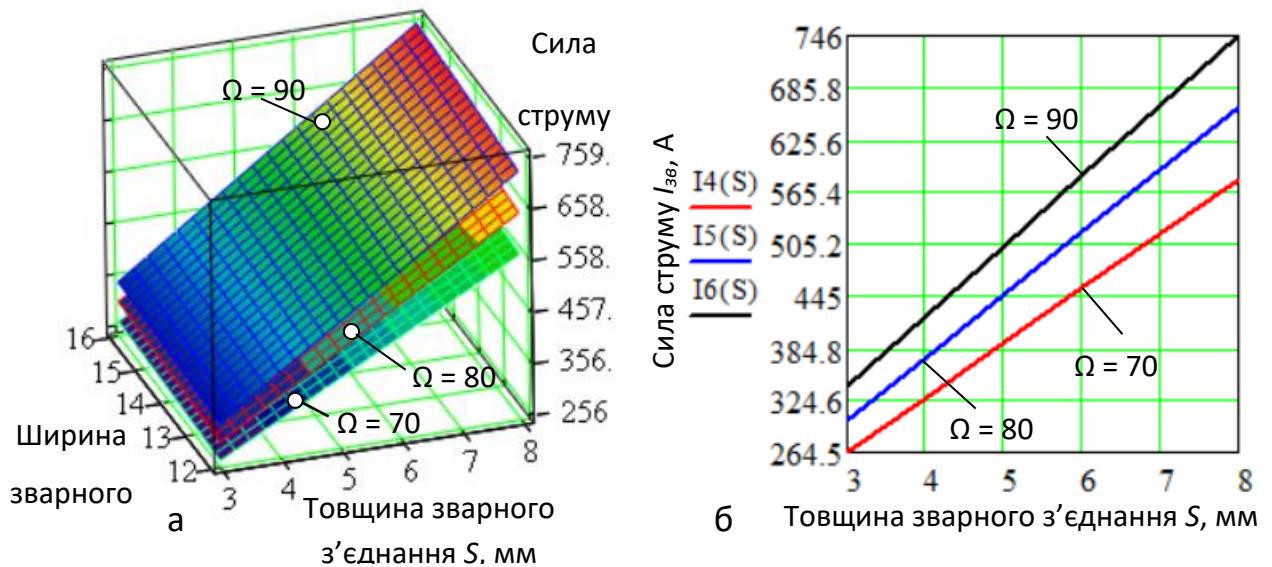


Рисунок 2.2 – Залежність зміни зварювального струму I_{36} як функція:
 а – $I_{36} = f(S, e)$; б – $I_{36} = f(S)$

Аналіз наведених залежностей (рис. 2.2) показує, що сила зварювального струму I_{36} автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом змінюється в межах від 264,5 до 746 А залежно від конструктивно-геометричних розмірів зварного шва (ширини e та товщини S зварного шва), а також від конструктивного коефіцієнта Ω .

При цьому зміна I_{36} має прямопропорційний характер – зі збільшенням e та S сила зварювального струму I_{36} також збільшується, причому домінуючий вплив, який призводить до значного збільшення I_{36} має товщина зварного шва S . При збільшенні товщини зварного шва S в межах від 3 до 8 мм сила зварювального струму I_{36} збільшується приблизно в межах 300...400 А, або приблизно в 2 рази.

На рис. 2.3 наведено номограму для визначення сили зварювального струму I_{36} , яку побудовано згідно з залежністю (2.12) як функція $I_{36} = f(S, e)$.

Користуються номограмою наступним чином.

Вибирають геометричні розміри шва, наприклад, товщина зварного шва $S = 5$ мм (рис. 2.3), а ширина $e = 14$ мм.

Тоді на пересіченні двох прямих ліній кривої залежності (точка А) встановлюють значення сили зварювального струму $I_{зв}$, при цьому:

- за $\Omega = 70 \text{ с}^{-1}$ сила струму дорівнює $I_{зв} = 400 \text{ А}$ (червона крива);
- за $\Omega = 80 \text{ с}^{-1}$ сила струму дорівнює $I_{зв} = 450 \text{ А}$ (синя крива);
- за $\Omega = 90 \text{ с}^{-1}$ сила струму дорівнює $I_{зв} = 500 \text{ А}$ (чорна крива).

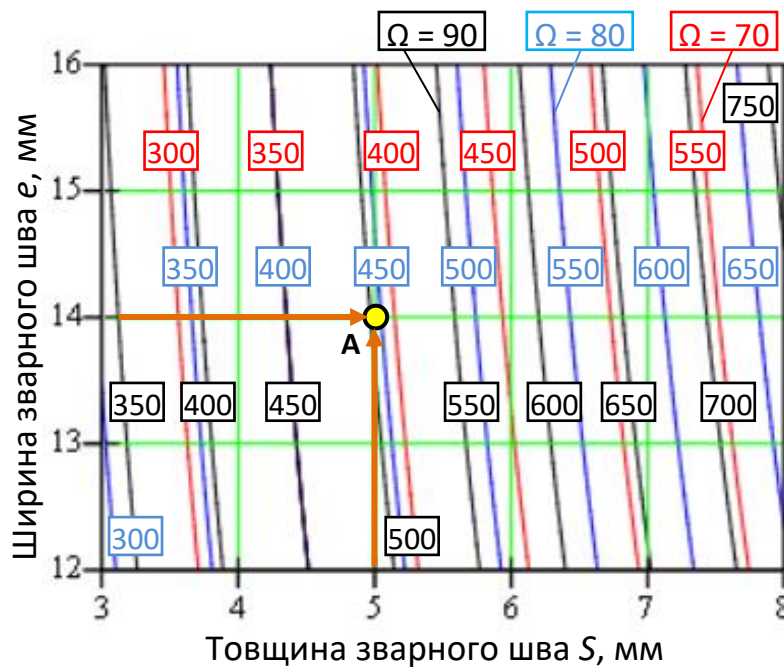


Рисунок 2.3 – Номограма для визначення сили зварювального струму $I_{зв}$ автоматизованого електродугового зварювання

Обґрунтування напруги дуги U_d (В) автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом проведемо наступним чином.

Визначаємо напругу дуги зварювання, при цьому напруга дуги U_d електродугового зварювання постійним зварювальним струмом з зворотною полярністю визначається за відомою формулою

$$U_d = \Theta + \frac{KI_{зв}}{1000\sqrt{d_e}} \pm 1. \quad (2.13)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від виду електродугового зварювання, В мм/А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм.

Θ – напруга приросту, В.

Підставивши у формулу (2.13) значення зварювального струму $I_{3\phi}$ з виразу (2.12), отримаємо

$$U_{\delta} = \Theta + \frac{K\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)}{1000\sqrt{d_e}} \pm 1. \quad (2.14)$$

Діаметр електродного дроту d_e визначимо з залежності

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{3\phi}}{j}}, \quad (2.15)$$

де j – допустима щільність струму на вильоті електроду, А/мм².

Тоді з урахуванням (2.14) і (2.15) маємо

$$U_{\delta} = \Theta + \frac{K\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)}{\sqrt{1,13} \cdot 1000 \left(\sqrt{\frac{I_{3\phi}}{j}} \right)^{\frac{1}{2}}} \pm 1. \quad (2.16)$$

Таким чином остаточна формула, яка характеризує функціональну залежність зміни напруги дуги зварювання U_{δ} від геометричних параметрів зварювального шва під час автоматичного зварювання постійним зварювальним струмом з зворотною полярністю під шаром флюсу обичайки кільцевим і поздовжнім швом без оброблення кромek одностороннім швом з повним проплавленням і застосуванням мідної підкладки та з урахуванням формул (2.12) і (2.17) буде мати вигляд

$$U_{\delta} = \Theta + \frac{K\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)}{\sqrt{1,13} \cdot 1000 \left(\sqrt{\frac{\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)}{j}} \right)^{\frac{1}{2}}} \pm 1, \quad (2.17)$$

$$U_{\delta} = 20 + \frac{K\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)}{\sqrt{1,13} \cdot 1000 \frac{\left(\sqrt{\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)} \right)^{\frac{1}{2}}}{(\sqrt{j})^{\frac{1}{2}}}} \pm 1, \quad (2.18)$$

або

$$U_{\delta} = 20 + \frac{K^3 \sqrt{\Omega^2} \sqrt[3]{\left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)^4} (\sqrt{j})^{\frac{1}{2}}}{1000 \sqrt{1,13}} \pm 1. \quad (2.19)$$

При початкових умовах $\Theta = 20$ В, $K = 50$ В мм/А, $\Omega = 70-80-90$ с⁻¹, $c = 1,5$ мм, $c_1 = 1,5$ мм, $e_1 = 4$ мм, $B = 1$ мм, $j = 60$ А/мм² згідно з формулою (2.19) побудовано тривимірну графічну залежність зміни напруги дуги зварювання U_{δ} залежно від товщини зварювального з'єднання S та ширини зварювального шва e як функція $U_{\delta} = f(S, e)$.

Графічну залежність зміни напруги дуги зварювання U_{δ} залежно від товщини зварювального з'єднання S та ширини зварювального шва e як функція $U_{\delta} = f(S, e)$ наведено на рис. 2.4а, а залежність $U_{\delta} = f(S)$ – на рис. 2.4б.

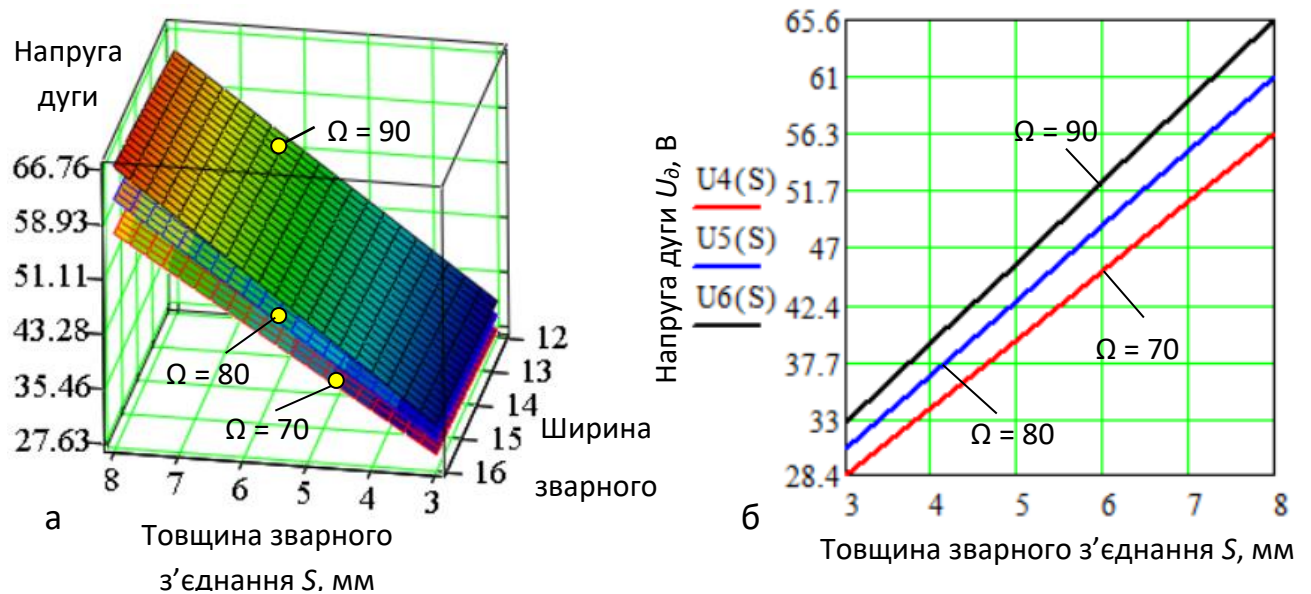


Рисунок 2.4 – Залежність зміни напруги дуги зварювання U_{δ} як функція:

а – $U_{\delta} = f(S, e)$; б – $U_{\delta} = f(S)$

Аналіз наведених залежностей (рис. 2.4) показує, що напруга дуги зварювання U_{δ} автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом змінюється в межах від 28,4 до 65,6 В залежно від конструктивно-геометричних розмірів зварного шва (ширини e та товщини S зварного шва), а також від конструктивного коефіцієнта Ω .

При цьому зміна $I_{3\phi}$ має прямопропорційний характер – зі збільшенням e та S напруга дуги зварювання U_{δ} також збільшується, причому домінуючий вплив, який призводить до значного збільшення U_{δ} має товщина зварного шва S . При збільшенні товщини зварного шва S в межах від 3 до 8 мм напруга дуги зварювання U_{δ} збільшується приблизно в межах 28...32 В, або приблизно в 2 рази.

На рис. 2.5 наведено номограму для визначення напруги дуги зварювання U_{δ} , яку побудовано згідно з залежністю (2.19) як функція $U_{\delta} = f(S, e)$.

Користуються номограмою наступним чином.

Вибирають геометричні розміри шва, наприклад, товщина зварного шва $S = 5$ мм (рис. 2.5), а ширина $e = 14$ мм.

Тоді на пересіченні двох прямих ліній кривої залежності (точка А) встановлюють напруги дуги зварювання U_{δ} , при цьому:

- за $\Omega = 70 \text{ с}^{-1}$ напруга дуги зварювання $U_{\delta} = 36$ В (червона крива);
- за $\Omega = 80 \text{ с}^{-1}$ сила струму дорівнює $I_{3\phi} = 42$ В (синя крива);
- за $\Omega = 90 \text{ с}^{-1}$ сила струму дорівнює $I_{3\phi} = 47$ В (чорна крива).

Обґрунтування швидкості $\mathcal{G}_{3\phi}$ (м/с) автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом проведемо наступним чином.

Швидкість $\mathcal{G}_{3\phi}$ автоматизованого електродугового зварювання визначаємо з виразу за відомою формулою

$$\mathcal{G}_{3\phi} = \frac{\alpha_n I_{3\phi}}{3600 F_n \rho}, \quad (2.20)$$

де ρ – щільність наплавленого металу зварного шва, г/см³;

α_n – коефіцієнт наплавлення електродного дроту, г/А год.

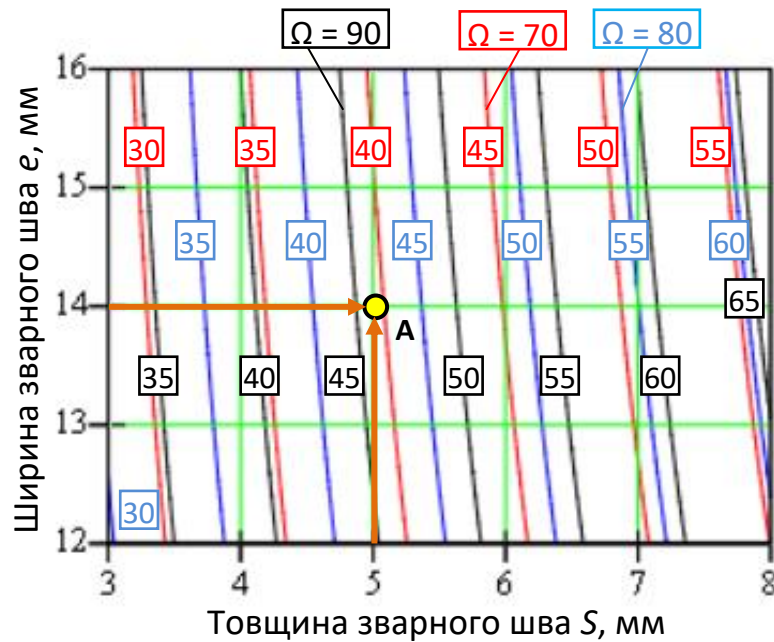


Рисунок 2.5 – Номограма для визначення напруги дуги зварювання U_d автоматизованого електродугового зварювання

Підставивши значення площі наплавлення F_n з (2.8) та сили зварювального струму з (2.12) у формулу (2.20) будемо мати

$$\mathcal{G}_{36} = \frac{\alpha_n \Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e} \right)}{3600(0,73(ec + e_1 c_1) + BS) \rho}. \quad (2.21)$$

Коефіцієнт наплавлення електродного дроту визначаємо за формулою

$$\alpha_n = \alpha_p \left(1 - \frac{\kappa}{100} \right), \quad (2.22)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення електродного дроту, г/А год;

.... κ – коефіцієнт втрат на угар і розбризкування під час автоматичного зварювання під шаром флюсу.

Таким чином остаточна формула, яка характеризує функціональну залежність зміни швидкості \mathcal{G}_{36} автоматизованого електродугового зварювання

від геометричних параметрів зварювального шва під час автоматичного зварювання постійним зварювальним струмом з зворотною полярністю під шаром флюсу обичайки кільцевим і поздовжнім швом без оброблення кромки одностороннім швом з повним проплавленням і застосуванням мідної підкладки та з урахуванням формул (2.21) і (2.22) буде мати вигляд

$$g_{36} = \frac{\alpha_p \Omega \left(1 - \frac{\kappa}{100}\right) \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e}\right)}{3600(0,73(ec + e_1 c_1) + BS)\rho}. \quad (2.23)$$

При початкових умовах $\alpha_p = 16$ г/А год, $\Omega = 80$ с⁻¹, $\kappa = 5$, $c = 1,5$ мм, $c_1 = 1,5$ мм, $e_1 = 4$ мм, $B = 1$ мм, $\rho = 7,85$ г/см³ згідно з формулою (2.23) побудовано тривимірну графічну залежність зміни швидкості g_{36} автоматизованого електродугового зварювання залежно від товщини зварювального з'єднання S та ширини зварювального шва e як функція $g_{36} = f(S, e)$.

Графічну залежність зміни швидкості g_{36} автоматизованого електродугового зварювання залежно від товщини зварювального з'єднання S та ширини зварювального шва e як функція $g_{36} = f(S, e)$ наведено на рис. 2.6а, а залежність $g_{36} = f(S)$ – на рис. 2.6б.

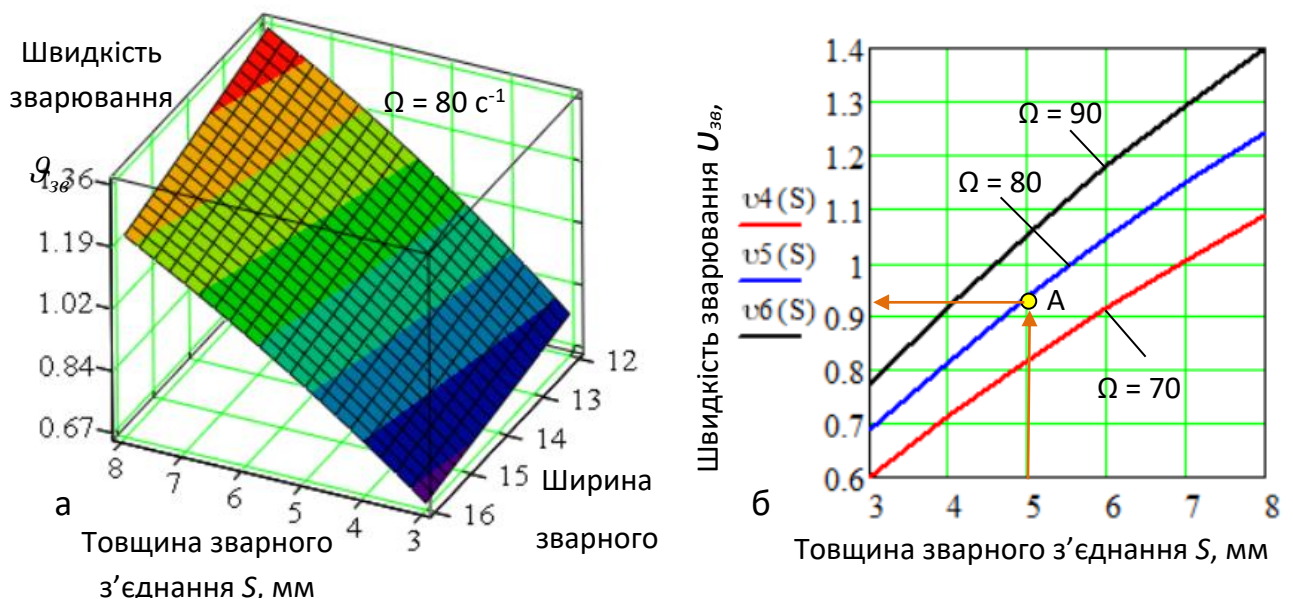


Рисунок 2.6 – Залежність зміни швидкості g_{36} автоматизованого електродугового зварювання як функція: а – $g_{36} = f(S, e)$; б – $g_{36} = f(S)$

Аналіз наведених залежностей (рис. 2.6) показує, що швидкість $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом змінюється в межах від 0,4 до 1,4 м/с залежно від конструктивно-геометричних розмірів зварного шва (ширини e та товщини S зварного шва), а також від конструктивного коефіцієнта Ω .

При цьому зміна $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ має прямопропорційний характер – зі збільшенням e та S швидкість $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ автоматизованого електродугового зварювання також збільшується, причому домінуючий вплив, який призводить до значного збільшення U_d має товщина зварного шва S .

При збільшенні товщини зварного шва S в межах від 3 до 8 мм швидкість $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ автоматизованого електродугового зварювання збільшується приблизно в межах 0,5...0,6 м/с, або приблизно в 1,8 рази.

Для визначення швидкості $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ автоматизованого електродугового зварювання застосовують рис. 2.6б.

Вибирають геометричні розміри шва, наприклад, товщина зварного шва $S = 5$ мм (рис. 2.6б) та коефіцієнта Ω .

Тоді на пересіченні прямої лінії та кривої залежності за $\Omega = 80 \text{ с}^{-1}$. (точка А) встановлюють швидкість $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ автоматизованого електродугового зварювання.

При цьому швидкість $\mathcal{G}_{3\epsilon}$ автоматизованого електродугового зварювання дорівнює $\mathcal{G}_{3\epsilon} = 0,93$ м/с.

Обґрунтування швидкості подачі електродного дроту $\mathcal{G}_{n.d}$ (м/с) при автоматизованому електродуговому зварюванні проведемо наступним чином.

Швидкість подачі електродного дроту $\mathcal{G}_{n.d}$ при автоматизованому електродуговому зварюванні визначимо з відомої залежності

$$\mathcal{G}_{n.d} = \frac{\alpha_n I_{3\epsilon}}{3600 F_e \rho}, \quad (2.24)$$

де F_e – площа поперечного перерізу електродного дроту, см^2 .

При цьому площа поперечного перерізу електродного дроту F_e визначається за формулою

$$F_e = 0,25\pi d_e^2. \quad (2.25)$$

Підставивши значення площі поперечного перерізу електродного дроту F_e з (2.25) у формулу (2.24) будемо мати залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту $\mathcal{G}_{n.d}$ при автоматизованому електродуговому зварюванні

$$\mathcal{G}_{n.d} = \frac{\alpha_n I_{36}}{900\pi d_e^2 \rho}. \quad (2.26)$$

Підставивши значення діаметра d_e електродного дроту з формули (2.15) у залежність 2.26 маємо

$$\mathcal{G}_{n.d} = \frac{\alpha_n I_{36}}{900\pi \left(1,13 \sqrt{\frac{I_{36}}{j}}\right)^2 \rho}. \quad (2.27)$$

Таким чином остаточною формулою, яка характеризує функціональну залежність зміни швидкості подачі електродного дроту \mathcal{G}_{36} при автоматизованому електродуговому зварюванні від параметрів зварювального шва під час автоматичного зварювання постійним зварювальним струмом з зворотною полярністю під шаром флюсу обичайки кільцевим і поздовжнім швом без оброблення кромки одностороннім швом з повним проплавленням і застосуванням мідної підкладки та з урахуванням формул (2.12), (2.22) і (2.27) буде мати вигляд

$$\mathcal{G}_{n.d} = \frac{\alpha_p \Omega \left(1 - \frac{\kappa}{100}\right) \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e}\right)}{900\pi 1,13^2 \frac{\Omega \left(S + c_1 - \frac{e_1 c_1}{e} - \frac{BS}{0,73e}\right)}{j} \rho}, \quad (2.28)$$

або після спрощення та перетворення

$$v_{n.d} = \frac{\alpha_p j \left(1 - \frac{\kappa}{100}\right)}{1,13^2 \pi 900 \rho}. \quad (2.29)$$

При початкових умовах $\kappa = 5$, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ згідно з формулою (2.29) побудовано тривимірну графічну залежність зміни швидкості $v_{n.d}$ подачі дроту автоматизованого електродугового зварювання залежно від коефіцієнта розплавлення електродного дроту α_p та допустима щільність струму j на вильоті електроду як функція $v_{n.d} = f(\alpha_p, j)$.

Графічну залежність зміни швидкості $v_{n.d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання залежно від коефіцієнта розплавлення електродного дроту α_p та допустимої щільності струму j на вильоті електроду як функція $v_{n.d} = f(\alpha_p, j)$ наведено на рис. 2.7а, а залежність $v_{n.d} = f(\alpha_p)$ – на рис. 2.7б.

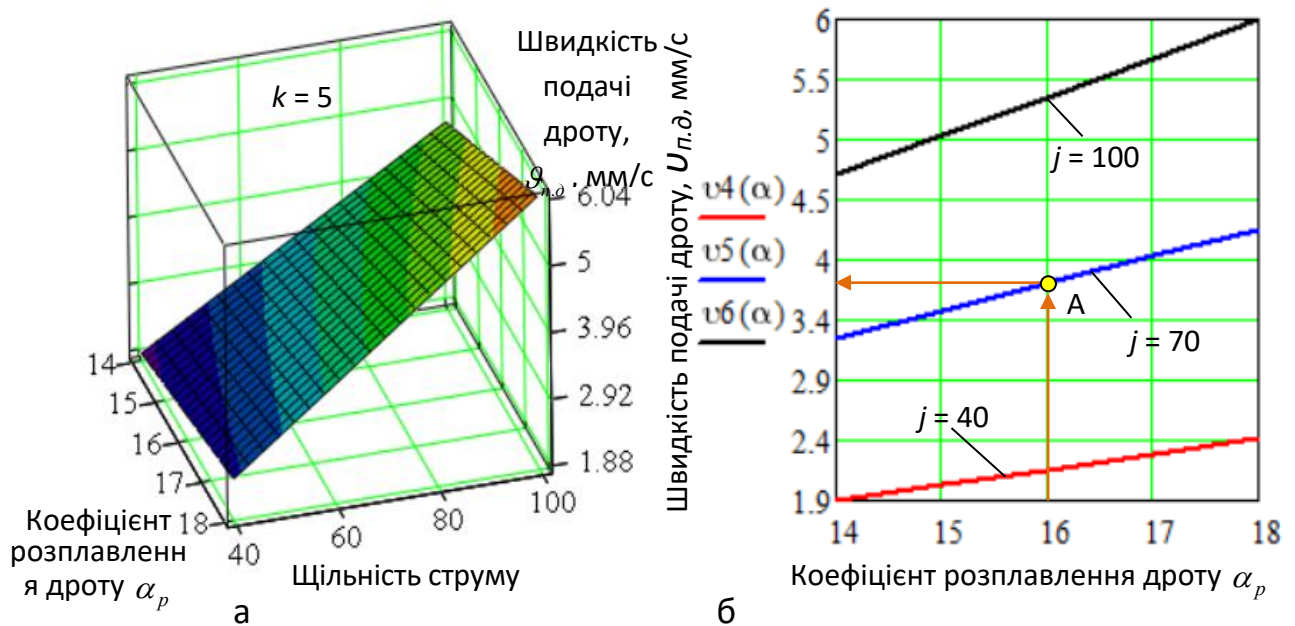


Рисунок 2.7 – Залежність зміни швидкості $v_{n.d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання як функція: а – $v_{n.d} = f(\alpha_p, j)$; б – $v_{n.d} = f(\alpha_p)$

Аналіз наведених залежностей (рис. 2.7) показує, що швидкість $v_{n.d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання під

шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом змінюється в межах від 1,9 до 6,0 м/с залежно від коефіцієнта розплавлення електродного дроту α_p та допустимої щільності струму j на вильоті електроду, а також від конструктивного коефіцієнта k .

При цьому зміна $\mathcal{G}_{n,d}$ має прямопропорційний характер – зі збільшенням α_p та j швидкість $\mathcal{G}_{n,d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання також збільшується, причому домінуючий вплив, який призводить до значного збільшення $\mathcal{G}_{n,d}$ має щільність струму j на вильоті електроду.

При збільшенні щільності струму j на вильоті електроду в межах від 40 до 100 А/мм² швидкість $\mathcal{G}_{n,d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання збільшується приблизно в межах 0,5...1,3 м/с, або приблизно в 1,4 рази.

Для визначення швидкості $\mathcal{G}_{n,d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання застосовують рис. 2.76. Вибирають геометричні розміри шва, наприклад, коефіцієнт розплавлення електродного дроту $\alpha_p = 16$ (рис. 2.76) щільності струму j на вильоті електроду. Тоді на пересіченні прямої лінії та кривої залежності за $j = 70$ А/мм² (точка А) встановлюють швидкість $\mathcal{G}_{n,d}$ подачі електродного дроту. При цьому швидкість $\mathcal{G}_{n,d}$ подачі електродного дроту автоматизованого електродугового зварювання дорівнює $\mathcal{G}_{n,d} = 3,7$ м/с.

2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

За результатами досліджень і на основі їх аналізу можна зробити наступні висновки процесу автоматизованого електродугового зварювання під шаром флюсу обичайки корпусу кільцевим і поздовжнім швом:

1. Сила струму $I_{зв}$ змінюється в межах від 264,5 до 746 А, а напруга дуги зварювання – від 28,4 до 65,6 В залежно від конструктивно-геометричних розмірів зварного шва (ширини e та товщини S зварного шва), а також від конструктивного коефіцієнта Ω .

2. Швидкість зварювання $\mathcal{G}_{зв}$ змінюється в межах від 0,4 до 1,4 м/с, а швидкість подачі електродного дроту – від 1,9 до 6,0 м/с залежно від конструктивно-геометричних розмірів зварного шва (ширини e та товщини S зварного шва), а також від конструктивного коефіцієнта Ω .

Отримані результати аналітичних розрахунків можуть бути застосовані для розрахунку параметрів зварювання, а запропоноване обладнання – для виготовлення корпусу судна.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Матеріали, обладнання, методи зварювання та обробки, зварювальні деформації

При виконанні робіт на будівельно-монтажному майданчику зварені з'єднання піддають термічній обробці наступними способами нагрівання: електронагрівачами опору, індукційним, електронагрівачами комбінованої дії, газополум'яним та термохімічним [4].

Нагрівання електричними нагрівачами опору відноситься до радіаційним способом. У цьому випадку теплоносієм є нагрітий повітря. Тепло, що виділяється при проходженні струму по ніхромовій стрічці або дроті, що нагріває зварне з'єднання [4].

Індукційний спосіб термообробки полягає у нагріванні зварного з'єднання на виробх циліндричної форми електричним струмом, індукованим у металі змінним електромагнітним полем.

Індукційне нагрівання виконується струмами промислової частоти 50 Гц середньої частоти - 400-8000 Гц.

Нагрів струмом 50 Гц доцільно застосовувати для термообробки за режимом високої відпустки зварних з'єднань труб з товщиною стінки понад 40 мм. Нагрів струмами середньої частоти економічніший і менш трудомісткий [4].

Термообробка електронагрівачами комбінованої дії як би синтезує обидва названі способи, тобто нагрівання гнучкими нагрівачами опору та індукційним струмом 50 Гц.

Газополум'яний спосіб нагрівання відноситься до термічного методу і полягає у нагріванні з'єднання за рахунок тепла, що виділяється при згорянні газової суміші.

В якості пального газу застосовують ацетилен, пропанбутанову суміш та інші, до яких додають кисень або повітря.

При термохімічному способі нагрівання тепло, необхідне для нагрівання, утворюється при згоранні пакетів з екзотермічних сумішей, що встановлюються на зварне з'єднання. Ці суміші, до складу яких входять окисли алюмінію, з'єднання сірки та фосфору, дають при згорянні велику кількість тепла [4].

3.2 Типи установок індукційного нагрівання

Установки індукційного нагрівання – це установки, які працюють на низьких частотах. Частоти роботи даного типу індукційних установок коливається не більше 0,5 – 20 кГц.

Середньочастотні установки застосовуються в тих випадках, коли деталь потребує у прогріві на максимально допустиму глибину. Слід зазначити, що у середньочастотних індукційних установок глибина проникнення найбільш максимальна і може сягати 10 мм.

Найчастіше цей тип індукційних установок застосовується при штампуванні, плавці та загартуванні металу.

Високочастотні індукційні установки – це установки, що працюють на більш високих частотах, ніж ті, які ми розглядали вище. Частота роботи даного типу індукційних установок 20-40, а деяких випадках доходить і до 30-100 кГц.

Однак, одразу ж варто відзначити, що глибина проникнення частот у метал тут низька і не перевищує 3 мм. Збільшити глибину проникнення можна, якщо метал дозволяє збільшити час його нагрівання.

Надвисокочастотні індукційні установки – це установки, що мають найвищу частоту роботи, але й низьку глибину проникнення.

Частота роботи від 100 кГц, а глибина проникнення трохи більше 1 мм, а то й збільшувати температуру. НВЧ установки застосовуються для поверхневого гарту металу.

При порівнянні індукційне нагрівання з альтернативними способами обробки металу то видіється радий переваг даного способу:

- Висока продуктивність. Індукційне нагрівання дозволяє підвищити продуктивність підприємства завдяки швидкому запуску установок та нагрівання виробів за короткий проміжок часу.

Нагрів відбувається майже миттєво після запуску установки. Немає необхідності попередньо нагрівати чи охолоджувати обладнання.

- Міцність конструкції. Теплова енергія, як уже було розглянуто вище, утворюється безпосередньо в металі, що дозволяє зберегти цілісність виробу. При використанні індукційного нагрівача у виробництві виходить мінімальна кількість браку.

- Висока енергетична ефективність. Індукційний нагрівач дозволяє економити електричну енергію, використовуючи лише її малу кількість освіти потужного електромагнітного поля. Усі очікування після запуску установки зведено до мінімуму, що так само економить виробничі ресурси, і дозволяє отримати виріб з нижчою собівартістю.

- Автоматизований робочий процес. Завдяки програмному забезпеченню, встановленому в індукційну установку, весь робочий процес може контролюватись автоматично, що дає можливість отримання більш точних результатів обробки.

- Чиста екологія. Індукційне нагрівання безпечно з екологічної точки зору. Під час роботи індукційної установки у повітря не виділяються ніякі шкідливі речовини, оскільки відкритого полум'я немає, то відсутня і задимлення. Індукційний нагрівач має високий рівень пожежної безпеки. Оскільки, розігрів ведеться за допомогою електромагнітного випромінювання, відсутнє забруднення заготовлі продуктами горіння факела у разі газополум'яного нагріву, або матеріалом електрода в у разі дугового нагріву. Поміщення зразків в атмосферу інертного газу та висока швидкість нагріву дозволяють ліквідувати окалиноутворення.

- Зручність. Зручність експлуатації за рахунок невеликого розміру індуктор. Індуктор можна виготовити особливої форми – це дозволить рівномірно прогрівати по всій поверхні деталі складної конфігурації, не приводячи до їх жолоблення або локального непрогріву.

Термічна обробка зварних конструкцій усуває вологість поверхні, а, отже, сприяє зменшенню розтріскування. Вона покращує подальше розплавлення та осадження металу шва.

Це знижує розвиток напруг, сприяючи рівномірному розширенню та стиску між зварним швом та основним металом.

Однією з основних завдань попереднього нагріву є уповільнення швидкості охолодження, що забезпечує рівномірну кристалізацію металу зварювальної ванни.

Таким чином мікроструктура металу матиме якісні механічні властивості.

Індукційний позитивно зарекомендував себе на металообробних підприємствах, тим, що має широкий ряд переваг перед іншими альтернативними способами нагрівання металу.

Електрика передається безпосередньо в тіло, що потребує нагрівання, завдяки цьому нагрів відбувається за досить короткий проміжок часу.

Якщо порівнювати установки ТВЧ із установками альтернативних варіантів нагрівання, то вони не можуть прогріти деталь на потрібну глибину так швидко, прогріваючи спочатку поверхню.

Робочий процес може бути повністю автоматизований, що допоможе значно збільшити обсяги продукції, що виробляється.

Індукційне нагрівання дозволяє покращити умови праці на виробництві. Під час роботи установки немає диму та ніякого запаху горіння.

Корпус установки не нагрівається, а тому робітники будуть комфортними. Відчувати себе у цеху, навіть під час роботи установки ТВЧ.

Індукційне нагрівання робить нагрівання деталей якісним, запобігаючи появі шлюбу у виробництві [4].

Індукційне нагрівання, як і механічне випрямлення використовуються для випрямлення балок, що піддаються усадці пластини. Механічне випрямлення вимагає великих, дорогих машин, які виробляють технологічні «зморшки». Теплове випрямлення вимагає, щоб протилежна (верхня) сторона балки була нагріта, що згодом викликає компенсуючу усадку.

Передбачається, що це компенсує початкову усадку, викликану процесом зварювання, і може бути виконано при нагріванні пропановим пальником. Використання Устаткування для індукційного нагрівання пропонує кілька переваг:

- Концентрований нагрів забезпечує більш високий ефект випрямлення;
 - Зменшується ризик перегріву поверхні;
 - Немає шуму;
 - Пряме нагрівання променя призводить до меншого нагрівання навколишнього середовища;
 - Немає токсичної пари;
 - Підведення тепла контролюється;
 - Контроль температури нагріву;
 - Відмінна повторюваність;
 - Підведення тепла може бути встановлене автоматично (Програмується).
- Індукційне нагрівання легко адаптується до існуючої лінії.

Необхідна потужність для системи індукційного нагріву для виробництва великих Т-променів становить приблизно від 60 до 100 кВт (EFD: s Minac 60 чи 100 Dual system).

Рекомендується використовувати подвійну систему (з двома котушками), коли одна котушка нагріву використовується одночасно на кожній стороні полотна. Збалансувавши споживану потужність при температурі Кюрі, ця система може бути «саморегулюючою». Швидке нагрівання дозволяє виконувати термічне випрямлення одночасно із зварюванням, забезпечуючи одностадійну виробничу процедуру. Це дуже економічно вигідно завдяки значному скороченню робочої сили та енергоспоживання [4].

Коли змінний струм протікає через котушку, в металевому об'єкті, розміщеному всередині котушки, індукуються вихрові струми. Тепло розвивається там, де тече вихровий струм.

З іншого боку Т-подібної балки однакова індукційна котушка з напрямними роликками нагріває маточину.

3.3 Автоматичне зварювання під флюсом

Особливість процесу автоматичного дугового зварювання під флюсом є застосування непокритого зварювального дроту та гранульованого (зернистого) флюсу [5].

Схема автоматичного дугового зварювання під флюсом представлена на рис. 3.1.

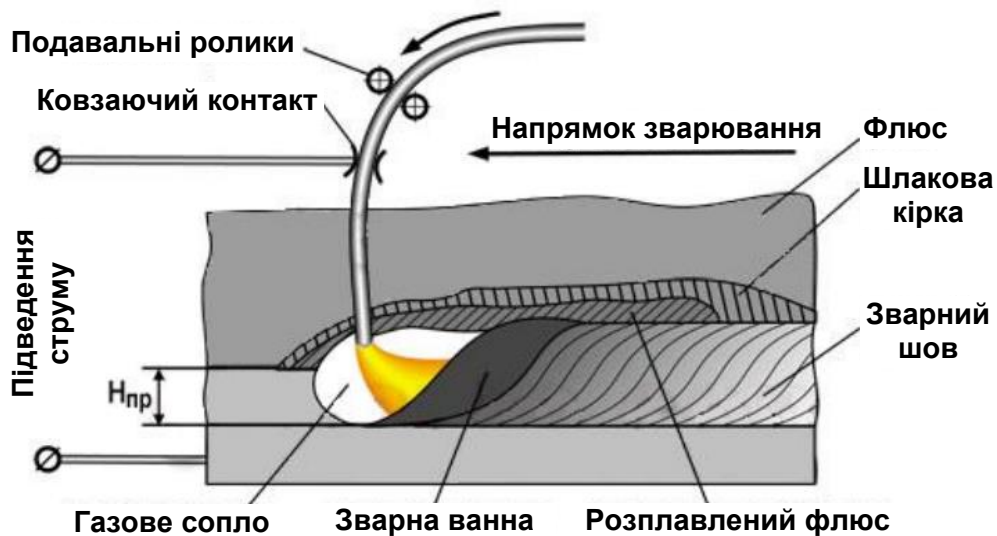


Рисунок 3.1 – Схема автоматичного зварювання під флюсом

Зварювання ведуть закритою дугою, що горить під шаром флюсу у просторі газового міхура, що утворюється внаслідок виділення парів та газів у зоні дуги. Зверху зварювальна зона обмежена плівкою розплавленого шлаку, знизу - зварювальною ванною.

Дуга горить поблизу переднього краю ванни, кілька відхиляючись від вертикального становища убік, зворотний напрям зварювання. Під впливом тиску дуги рідкий метал також відтісняється убік, протилежний напрям зварювання, утворюючи кратер зварювальної ванни.

Під дугою знаходиться тонкий прошарок рідкого металу, від товщини якого багато в чому залежить глибина проплавлення. Розплавлений флюс, що потрапляє в ванну внаслідок значно меншої щільності спливає на поверхню розплавленого металу шва та покриває його щільним шаром захисного шлаку [6].

Ще однією особливістю зварювання низьколегованих сталей під флюсом полягають у її проведенні на постійному струмі зворотної полярності. Сила струму у своїй має перевищувати 800 А, напруга дуги – трохи більше 40 У. Швидкість зварювання змінюють у межах 13-30 м/год. Односторонню однопрохідне зварювання застосовують для з'єднань завтовшки до 8 мм і виконують на сталій підкладці, що залишається, або флюсовій подушці.

Максимальна товщина з'єднань без обробки кромки, що зварюються двосторонніми швами, не повинна перевищувати 20 мм. Для стикових з'єднань без скосу кромки (односторонніх або двосторонніх) використовують дрот марки Св-10ГНА, оскільки шви в цьому випадку мають надмірно високу міцність. та застосування більш легованого дроту для таких сполук недоцільно.

Переваги дугового зварювання під флюсом:

- отримання швів із високими механічними властивостями;
- глибоке проплавлення металу, що зварюється;
- Висока продуктивність процесу.

Недоліки дугового зварювання під флюсом:

- складність зварювання деталей невеликих товщин;
- неможливість виконання швів у положенні, відмінних від нижнього;
- утруднено візуальне спостереження за процесом.

3.4 Зварювальні деформації при зварюванні

Нерівномірне нагрівання металу при зварюванні викликає відповідно нерівномірне його розширення, внаслідок чого деталь змінює свою початкову форму і починає коробитися (деформуватися). Це можна спостерігати при нагріванні середини листа полум'ям пальника.

У міру нагрівання метал під полум'ям пальника прагнучиме розширитися, але цьому перешкоджають холодніші частини листа, що оточують місце нагрівання. У результаті ділянка, що нагрівається, почне витріщатися (деформуватися) вгору.

Величина розширення металу та пов'язана з цим величина деформації залежать від температури нагрівання металу та його коефіцієнта лінійного розширення [7].

Іншою причиною, що викликає деформацію зварного з'єднання, є усадка металу шва. Усадкою називається зменшення обсягу металу при його охолодженні. При охолодженні металу шва після зварювання об'єм зменшується, що призводить до поздовжньої та поперечної усадки шва. Якщо взяти два листи, покласти їх паралельно і зварювати, то вільні кромки листів набігатимуть один на одного. Виходить це в результаті поздовжньої усадки метал шва. Поперечна усадка шва призводить до деформації листів [7].

Якщо деформуванню щось перешкоджає, то у шві та деталі з'являються так звані внутрішні напруження. Ці напруги в залежно від ступеня нагріву, розмірів та форми деталі та кількості наплавленого металу можуть досягти настільки великої величини, що викличуть появу тріщин у шві або в основному металі і навіть руйнування зварного з'єднання у процесі експлуатації [7].

3.5 Зварювальні матеріали та обладнання

Вибір зварювальних матеріалів.

Для зварювання низьковуглецевих та низьколегованих сталей під флюсом вибираємо зварювальний дріт Св-10ГНА та флюс 48АФ-51. Цей дріт призначений для автоматичного зварювання під флюсом. вуглецевих сталей з межею плинності 392-490 МПа, виготовлення електродів, призначених для зварювання низьковуглецевої та низьколегованої сталі [7].

Таблиця 3.1 – Хімічний склад зварювального дроту Св-10ГНА, %

C,%	Mn,%	Si,%	S,%	P,%	Cr,%	Ni,%
<0,15	0,6-0,9	0,3-0,5	>0,03	>0,025	<0,20	0,6-0,9

У табл. 3.2 наведено механічні властивості зварювального дроту.

Зварювальний флюс призначений для автоматичного зварювання та наплавлення. конструкцій з низьковуглецевих нелегованих та низьколегованих сталей низьколегованим дротом марки Св-10ГНА [8].

Таблиця 3.2 – Механічні властивості зварювального дроту Св10ГНА, %

Показник	Значення
Тимчасовий опір на розрив, МПа	630
Відносне видовження, не менше, %	23
Межа плинності, не менше, МПа	580
Мінімальне середнє значення твердості, НV	195

При зварюванні під флюсом 48АФ-51 зварювальний дріт і флюс 48АФ-51 одночасно подаються в зону горіння дуга, під впливом теплоти якої плавляться кромки основного металу, електродний дріт та частина флюсу 48АФ-51.

Навколо дуги утворюється газова бульбашка, заповнена парами металу і матеріалів флюсу.

У міру переміщення дуги розплавлений флюс спливає на поверхню зварювальної ванни, утворюючи шлак.

Розплавлений флюс 48АФ-51 захищає зону горіння дуга від впливу атмосферних газів та значно покращує якість металу шва [9, 10].

Таблиця 3.3 – Хімічний склад флюсу 48АФ-51, %

SiO ₂	MnO	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S	P	CaF ₂	NaF
26,0- 32,0	3,0- 6,0	6,0- 9,0	15,0- 21,0	17,0- 21,0	<0,1	<0,015	<0,012	12,0- 18,0	3,0- 8,0

Автоматизована зварювальна установка «Corimrex BWMTC-1500-500».

Зварювальна установка складається з двох ліній для зварювання балок, які пов'язані із системою транспортування від позиції «округлення кромки» до конвеєрів, що знаходяться на вході двох ліній для зварювання балок [11].

Полиця або балка Т – подібного профілю, до якого необхідно приварити іншу полицю, щоб отримати балку І – образного профілю, вставляється в машину.

Попереднє точкове зварювання деталей не потрібно, потрібно тільки точкове зварювання встик.

Полиця та стінка приварюється одночасно з двох сторін. Машина може виготовити балки симетричного або асиметричного перетину



Рисунок 3.2 – Зварювальна установка «Corimpex BWM-TC-1500-500»

Для виготовлення деяких профілів потрібно багатоточкове зварювання. Для цього частково виготовляється балка. розвантажувальних конвеєрів на завантажувальні конвеєри для приварювання інших полиць [11].

Машина складається з декількох основних вузлів, які, для більшого розуміння, вказані нижче та представлені на наступному рис 3.3.

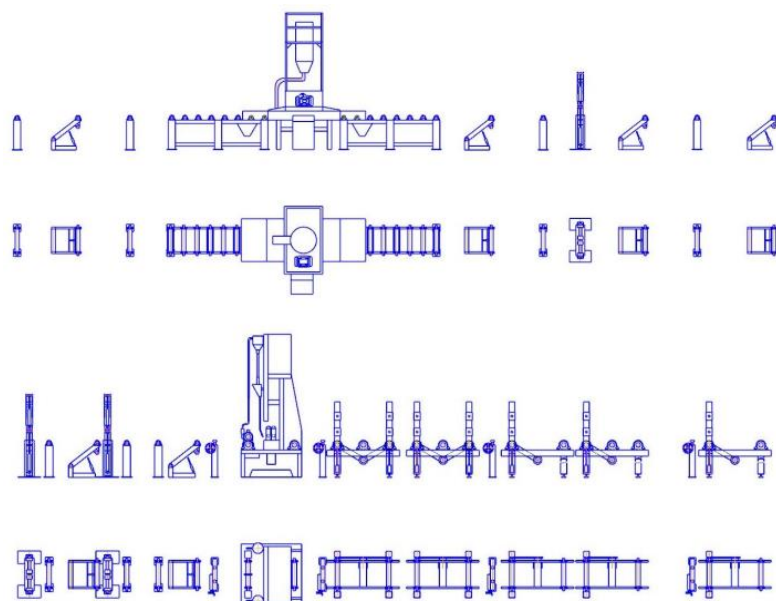


Рисунок 3.3 – Схема зварювальної лінії «Corimpex BWM-TC-1500- 500»

Ціль цього є лише графічне позначення частин, що становлять лінію, які, тим не менш, можуть відрізнятися за розмірами, кількістю та компонованням від фактичної лінії.

Виробнича лінія включає:

1. Привідні ролики
2. Дробеструминну установку;
3. Поперечний конвеєр для передачі полиць;
4. Машина для зварювання балок 1500/500
5. Зварювальні агрегати Lincoln;
6. Тиски, затискні губки, які утримують горизонтальну полицю, переміщують її в поздовжньому напрямку доти, доки вона не встановиться на одній лінії зі стінкою, що утримується магнітами. За допомогою тих же лещат стінка встановлюється в центрі полиці;
7. Похилий важіль для підйому стінки;
8. Буферна зона;
9. Пристрій регулювання полиці;
10. Напрямні ролики установки рівня;
11. Привідні ролики для регулювання висоти;
12. Привідні ролики для регулювання висоти;
13. Гідравлічні кантувачі (одно-таврова балка);
14. Панель керування.

Детальна схема зварювальної лінії наведена у додатку Б.

Лінія для зварювання балок була розроблена для виготовлення металевих балок із полиць. Мінімальні та максимальні фізичні розміри та тип матеріалу полиць, які можуть використовуватися, вказані в табл. 3.4.

На поверхні полиць не повинно бути іржі або залишків від попереднього процесу обробки, таких як залишки розкочування або залишки мастильно-охолоджувальної рідини, каламіну і т.д. Поверхні мають бути максимально оброблені піскоструминними апаратом. Усі краї фланців повинні бути без задирок, інакше це може вплинути на якість зварювання.

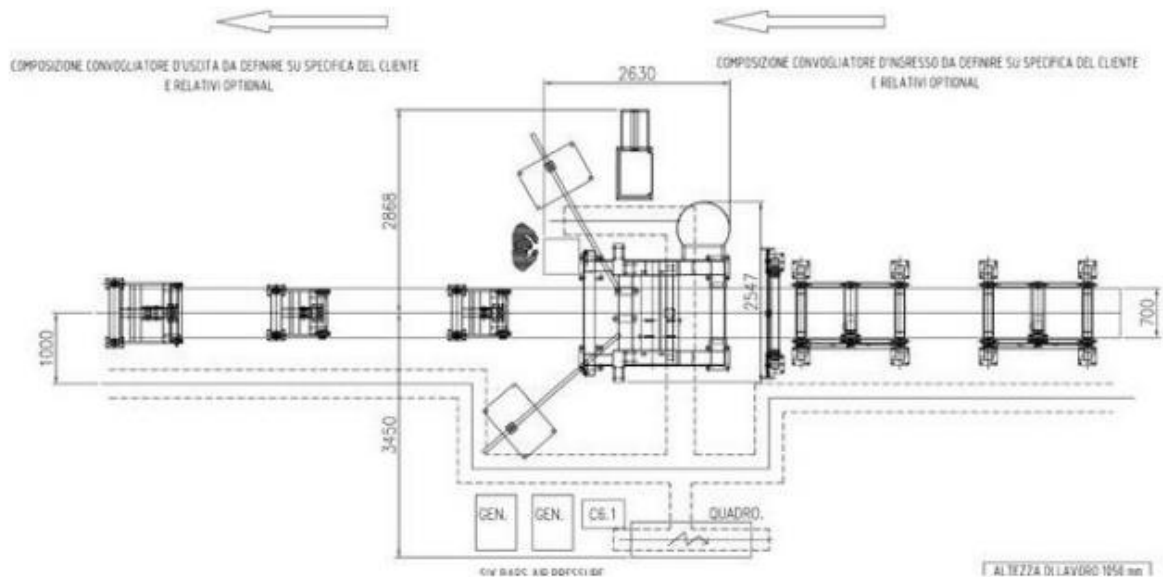


Рисунок 3.4 – Схема зварювальної установки «Corimrex BWM-TC-1500-500»

Таблиця 3.4 – Технічні дані зварювальної установки «Corimrex BWM-TC-1500-500»

Показник	Значення
Висота зварювальної стінки балки, мм	100...1500
Товщина зварювальної стінки балки, мм	8...30
Висота зварювальної полки балки, мм	8...500
Товщина зварювальної полки балки, мм	8...40
Максимальна вага балки, кг	700
Минимальна вага балки, кг	540
Максимальна довжини балки, мм	22000
Минимальна довжина балки, мм	2000
Висота для встановлення, мм	5100
Діапазон швидкості BWM під час зварювання, м/хв	0,5...2,5
Швидкість прокатування конвеєра, м/хв	12
Робочий тиск плунжера, МПа	80...120
Живлення, В	3 фази 400 В

Машина була розроблена для обробки залізних деталей (Fe360/430/510) за допомогою системи дугового зварювання під флюсом, тому для обробки необхідно використовувати попередньо оброблений флюс.

Лінія для зварювання балок розрахована на керування щонайменше чотирма операторами.

Вони встановлюють, запускають та контролюють виробництво на станціях, які розглядаються у цьому розділі. Залежно від моделі лінії, ці операції можуть виконуватися вручну (шляхом механічного переміщення опор або рухомих частин), за допомогою селекторів та кнопок, та сенсорні панелі.

Посилаючись на наступну схему (рис. 3.4), лінія для зварювання може бути розділена на частини. Звернімо увагу на те, що єдина мета даної схеми у тому, щоб графічно показати робочі частини машини.

Точна схема розміщення лінії додається.

Ідентифіковані зони:

1. Зона завантаження та входу: зона, де полиця та стінка завантажуються та регулюються так, щоб вони знаходилися у правильному положенні для виконання зварювання, та де виконується точкове зварювання;

2. Буферна зона: зона призначена для очищення зони введення лінії перед зварювальним апаратом.

3. Зона зварювальної станції: лінійна операційна центральна станція, де відбувається зварювання та подальше формування балки.

4. Зона розвантаження: зона розвантаження машини.

Зварювальна головка для зварювання під флюсом NA-5.

Автоматичні зварювальні системи серії NA5 призначені для роботи з використанням як суцільного зварювального дроту, що реалізуються на жорстких і падаючих вольтамперних характеристик джерела живлення.

Зварювальна напруга та швидкість подачі дроту виставляються перед зварюванням та відображаються на цифрових індикаторах контрольного блоку з плавним регулюванням у процесі зварювання [11]. Після завершення зварювання режим залишається незмінним протягом будь-якого часу, навіть при повторному включення обладнання на початку наступної зміни або наступного дня.

Цей комплект від компанії LincolnElectric забезпечує:

- найкращі характеристики зварного шва за допомогою застосування різних режимів та методів зварювання;

- використання одно- та дво-дротяної системи з діаметром дроту 1,3-5,6мм;
- забезпечення стабільної безперебійної роботи у процесі експлуатації устаткування.

Автоматична зварювальна головка NA-5 у зборі зображена рис. 3.5.

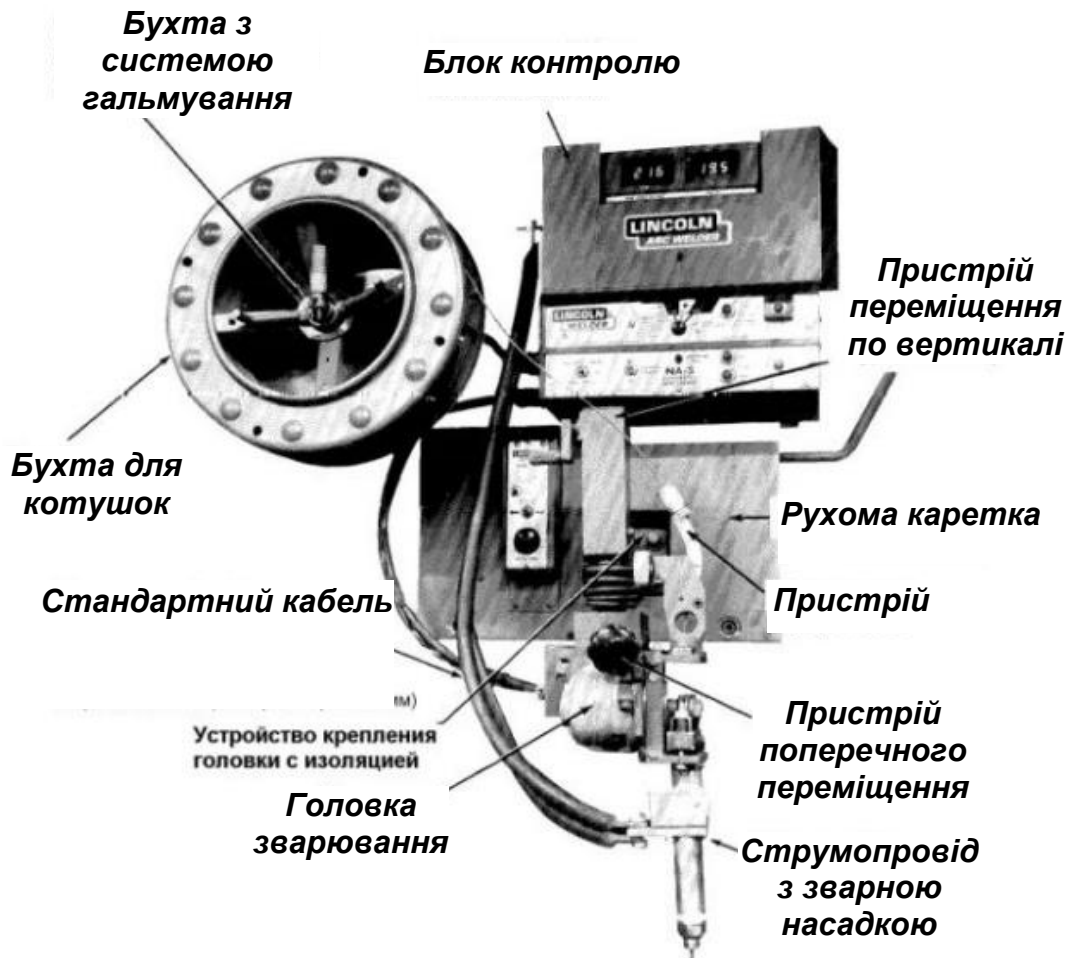


Рисунок 3.5 – Автоматична зварювальна головка NA-5 у зборі.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики зварювальної головки під флюсом NA-5

Показник	Значення
Зварний струм, А	1500
Діаметр дроту, мм	1,3...5,6
Джерело струму	DC-1000
Швидкість подачі дроту, м/хв	0,4-19,7

Джерело живлення IdealArc DC-1000.

Джерело живлення DC-1000 – універсальний зварювальний трансформатор-випрямляч, що забезпечує як жорсткі, так і падаючі зовнішні Характеристики. Додатково DC-1000 може працювати в ручному режимі зварювання штучним електродом, зварювання неплавким електродом у середовищі інертних газів, а також повітряної стружки вугільними електродами діаметром до 3/8” (10 мм).

Джерело живлення обладнано потенціометром плавний регулювання вихідної потужності по всьому її діапазоні. DC-1000 рекомендується для використання зі стандартними механізмами подачі зварювального дроту. виробництва компанії LincolnElectric LN-7, LN-7GMA, LN-8. LN-9. LN-9GMA, LN-23P. LN-25, з автоматичними зварювальними головками NA-3. NA-5 та NA-5R, та зі зварювальними тракторами LT-56 та LT-7 [11].

Зовнішній вигляд джерела живлення зображено рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд джерела живлення DC – 1000

Таблиця 3.6 – Характеристики дробострумної установки ДП100х1520-4/11П

Показник	Значення
Мережа живлення, В	220/380/440
Номінальнв потужність, кВт	1000А/44А при 100% 1140А/45В при 60%
Споживаний струм	193/96.5А 150-1300А

Дробеструминна установка УДП-100х1520-4/11П.

Зовнішній вигляд установки представлений рис. 3.7.

Дана установка призначається для дробоструминної обробки листового металу.

Ширина листа, що обробляється, досягає до 1500мм. Також дробоструминна установка дозволить надати оброблювану поверхню потрібну шорсткість.



Рисунок 3.7 – Дробеструминна установка УДП-100х1520-4/11П

Пересування заготовок проводиться за допомогою приймаючого, а також подає конвеєра. Вироби укладають на поздовжній роликівий. рольганг. Дробеструминні пристрої розміщуються перпендикулярно до напрямку руху виробів.

Після проходження виробу через вхідний отвір камери, запускається подача дробу. Пилоподібна пила потрапляє через вирву камери на збираючий гвинтовий конвеєр, який падає дріб до ковшового елеватора, що піднімає її до очисника. Далі у сепараторі дрібні частинки забруднень відокремлюються від великих для подальшої обробки дробу. Після чого очищений дріб потрапляє у бункер. З бункера дріб знову повертається до дробометних апаратів за допомогою дозувальних вентилів.

Щоб контролювати рівень абразиву в бункері, для цього встановлюють датчик, який керує ходом дробу по транспортних шляхах, що у свою черга запобігає переповненню абразиву в бункері.

Очищення повинно відбуватися у закритій камері, щоб забезпечити безпеку працівників та чистоту у приміщенні. Ця установка має покращену систему сепарації абразиву від великих та дрібних забруднень, яка забезпечить мінімальна витрата суміші та більш економічну обробку [11].

Характеристики цієї установки представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристики дробоструминної установки УДП100х1520-4/11П

Показник	Значення
Тип двигуна	Електричний 380 В
Потужність, кВт	8...30
Потужність, кВт	4 x 11
Потужність сепаратора абразиву, кВт	1,5
Розхід повітря, м ³ /хв	0,2
Робочий тиск, бар	6
Максимальна ширина обробки, мм	1500
Тип дробообробного апарату	МК-ОТ-360
Кількість лопаток, шт	6
Швидкість, м/с	65
Продуктивність, кг/хв	200

Особливості встановлення:

- гравітаційний каскадний сепаратор абразиву з обертовим барабаном;
- індивідуальний підхід при виготовленні;
- автоматизована економічна обробка.

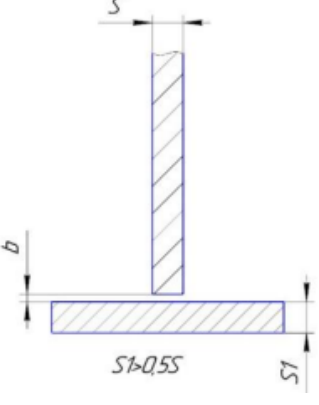
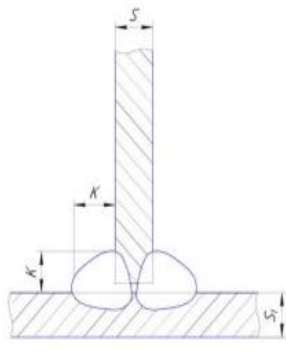
3.6 Розрахунок режимів зварювання

Розрахунок почнемо з того, що розрахуємо площу наплавленого металу (Площа перерізу) [14]. Маючи ескіз зварного з'єднання (ТЗ) і спираючись на ГОСТ - 8713-79 маємо такі дані: S=16 мм; K=10 мм; e = 14,1 мм; g = 2 мм.

Маючи всі вихідні дані, які потрібні для розрахунку наплавленого металу, можемо переступати до розрахунків через формулу

$$Fn = (K \cdot g + \frac{K^2}{2}) = 10 \cdot 2 + 50 = 70 \text{ мм} \quad 3.1$$

Таблиця 3.8 – Ескіз зварної сполуки ТЗ

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S, мм	B, мм
Підготовлених кромок	Зварного шва	АФ, МФ	3	0 ^{+0,8}
			3...5	0 ⁺¹
			5...40	0 ^{+1,5}

Тепер, маючи величину площі наплавленого металу, можна розпочати основні розрахунки параметрів зварювання.

Визначимо розрахункову глибину проплавлення при автоматичному зварюванні

$$h_p = 0,7 \cdot K = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мм} \quad 3.2$$

$$I_{св} = \frac{h_p}{k_1} \cdot 100 = \frac{7}{1,25} \cdot 100 = 560 \text{ А} \quad 3.3$$

Після розрахунків сили зварювального струму, розрахуємо діаметр зварювального струму дроту використовую дані з табл. 3.9 за формулою

$$d_{\text{э}} = K_d \cdot F_n = 0,036 \cdot 70 = 2,52 \text{ мм}$$

Таблиця 3.9 – Значення коефіцієнта K_d для автоматичного зварювання під флюсом

Вид струму	Значення коефіцієнта K_d для автоматичного зварювання
Змінний	0,036...0,160
Постійний	0,040...0,173

Розрахувавши діаметр зварювального дроту, можна перейти до розрахунку значення густини струму J

$$J = \frac{4I_{CB}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 560}{3,14 \cdot 3^2} = \frac{2240}{28,26} = 79 \text{ A / мм}^2 \quad 3.5$$

Після визначення щільності струму, розрахуємо швидкість зварювання V_{CB}

$$V_{CB} = \frac{\alpha_h \cdot I_{CB}}{3600 \cdot p \cdot F_k} = \frac{14,3 \cdot 560}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,70} = \frac{8008}{19656} = 0,4 \text{ см / с} \quad 3.6$$

де, α_h – коефіцієнт наплавлення,

$p = 7,8$ – щільність основного металу.

Розмір α_h розраховується за формулою

$$\alpha_h \sim \alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot d(-1,505) = 6,8 + 0,0702 \cdot 560 \cdot 0,19 = 1 \quad 3.7$$

V_{CB} повинна перебувати в межах від 0,4...1,6.

Як показали розрахунки, саме у цьому діапазоні ми і знаходимося. Тепер розрахуємо U_g

$$U_g = 20 + 0,05 \frac{I_{CB}}{\sqrt{d_s}} = 20 + 0,05 \cdot 329,4 = 36,47 \quad 3.8$$

Тепер розрахуємо погонну енергію зварювання q_n

$$q_n = \frac{I_{CB} \cdot U_g \cdot \eta}{V_{CB}} = \frac{560 \cdot 36,47 \cdot 0,8}{0,4} = \frac{16338,8}{0,4} = 40846,5 \quad 3.9$$

де g - ефективний ККД дуги, $g = 0,8 \dots 0,85$.

Після розрахунків погонної енергії, проведемо розрахунок коефіцієнта форми проварювання від основних параметрів режиму зварювання за формулою

$$\Psi_{PP} = K' \cdot (19 - 0,01) \cdot I_{CB} \cdot \frac{d_s \cdot U_g}{I_{CB}} = 0,9 \cdot 13,4 \cdot 0,2 = 2,4 \quad 3.10$$

При струмі зворотної полярності:

Якщо $j \leq 120$, то $K' = 0,367 j + 0,1925 = 0,367 \cdot 2,32 + 0,1925 = 0,9$

Тепер маючи розрахунок коефіцієнта форми провару, перевіримо глибину проплавлення h

$$h = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{PP}}} = 0,076 \cdot 130,5 = 7,7 \text{ мм} \quad 3.11$$

Якщо h відрізняється від значення h_p більш ніж на 10%, слід внести корективи зменшити чи збільшити значення I_{CB} .

Розрахуємо швидкість подачі зварювального дроту

$$V_{н.н} = \frac{4 \cdot V_{CB} \cdot F_K}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 70}{3,14 \cdot 9} = 4 \text{ см / с} = 2,4 \text{ м / мин} \quad 3.12$$

Після розрахунків швидкості подачі дроту, проведемо розрахунки вильоту зварювального дроту

$$l_3 = 10 \cdot d_3 \pm 2d_3 = 10 \cdot 3 \pm 2 \cdot 3 = 30 \pm 6 \text{ мм} \quad 3.13$$

4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1 Вимоги до кваліфікації зварювальників та технічного персоналу

До керівництва зварювальними роботами, контролю за дотриманням технології та якості зварювання допускаються ІТП, що вивчили справжню інструкцію, технічну документацію щодо зварювання та контролю, креслення.

Кваліфікація зварників повинна відповідати характеру та виду виконуваних робіт [12].

До виконання зварювальних робіт та прихваток допускаються зварювальники не нижче 3-го розряду, атестовані за РД 5.0679-91 та мають діюче свідоцтво про допуск зварювальника до відповідних зварювальних робіт оформлене згідно з чинними вимогами Правил РС.

Зварювальники повинні мати чинне атестаційне посвідчення відповідного способу зварювання, не мати медичних протипоказань до виконуваної роботи.

До контролю якості зварних з'єднань таврових балок допускаються фахівці не нижче 2-го кваліфікаційного рівня відповідно до СДСПНК РОНКТД та мають відповідний сертифікат.

Вимоги до способу зварювання, що застосовується.

Автоматичне зварювання під флюсом на спеціалізованій лінії по виготовлення таврових балок BWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Італія) допускається використовувати тільки для таврових балок завдовжки від 1500 до 12000мм, висотою стінки від 350 до 1200 мм при товщині стінки від 8 до 25 мм, шириною полиці від 120 до 600 мм при товщині стінки від 8 до 40 мм, катет шва не повинен перевищувати 0,7 товщин стінки, балки змінного перерізу при максимальному куті 20 градусів. Можливість виготовлення таврових балок з катетом, що перевищує 0,7 товщин, є предметом розгляду відділом головного зварювальника для кожного окремого випадку.

Автоматичне зварювання під флюсом слід вибирати за довжини таврової балки, що виготовляється, не менше 3 м.

Комбінацію автоматичних та напівавтоматичних методів зварювання в одному зварному з'єднанні допускається виконувати за погодженням з відділом головного зварювальника.

Ручне дугове зварювання покритими електродами дозволяється застосовувати тільки для виконання прихваток.

Складання та зварювання таврових балок слід виконувати на спеціально відведених для цього ділянках відповідно до схеми, що розробляється на заданий період.

Вимоги до основних та зварювальних матеріалів.

До виготовлення таврових балок допускаються зварювальні матеріали, які мають сертифікат заводу виробника та свідоцтво про схвалення зварювальних матеріалів РМРС. Маркування матеріалів має відповідати даних супровідної документації.

Зварювальні матеріали призначаються відділом головного зварювальника залежно від категорії (марки) сталі, призначеної для виготовлення таврової балки та прийнятого для їх виконання способу зварювання.

Зберігання та підготовку зварювальних матеріалів виконувати відповідно з інструкцією «Про отримання, зберігання та видачі зварювальних матеріалів».

Матеріал, що надходить, повинен проходити вхідний контроль на території заводу.

Сертифікати, що надходять разом з матеріалом, передаються на зберігання ВТК.

Зварювальні матеріали (електроди, флюс, дріт) слід зберігати в сухих опалюваних приміщеннях в умовах, що оберігають їх від забруднення, зволоження та механічних пошкоджень.

Вимоги до виробничих умов.

Зварювання таврових балок повинно проводитись у закритих приміщеннях. при температурі повітря не нижче мінімальної температури навколишнього повітря для зварювання без підігріву, погодженого з Реєстром під час схвалення технологічних процесів зварювання.

Підігрів кромки деталей на ширині 100 мм в обидва боки від шва, як мінімум, до 20 °С повинен проводитися перед зварюванням при температурі навколишнього повітря нижче – 10 °С для деталей з'єднань з напівспокійної сталі.

Підігрів слід здійснювати з боку з'єднання, що підлягає зварюванню в першу чергу.

Вимоги до підготовки кромки та збирання під зварювання.

Деталі, що надходять на збір з'єднань для подальшого зварювання, повинні пройти дробоструминну обробку, виправлені, замарковані та прийнято службою технічного контролю [13].

Також деталі повинні мати, як мінімум, наступне маркування: номер замовлення, номер секції (номер креслення, якщо деталь не перебуває в жодній із секцій), номер деталі згідно специфікації до креслення.

Деталі, що надійшли на складання з припуском, повинні мати відповідне маркування, що вказує величину припуску [13].

Внутрішні та зовнішні металеві поверхні, а також зварювані кромки піддаються дробоструминній обробці абразивними матеріалами великої та дрібної фракції подаються під високим тиском.

Для дробоструминної операції використовують металеві частинки фракцій по вісім, десять та п'ятнадцять міліметрів. Лопаті дробометної установки розганяють частинки різних фракцій до 60-100 м/с.

При подачі дробу відбувається повне зняття жирних нальотів, окалини, іржавого нальоту з поверхні металу і домогтися необхідної шорсткості [13].

При використанні лінії виготовлення таврових балок BWM-TC 1200x600 обробку полиці необхідно виконувати як з боку виконання зварного шва, так і з боку контакту із заземлюючим валом.

Закріплення стінки щодо полиці таврової балки при використанні лінії виготовлення таврових балок BWM-TC 1200x600 виконувати за допомогою прихваток.

Прихватку виконувати з центрованого кінця таврової балки.

Прихватки потрібно зачистити від шлаку, металевих бризок та перевірити зовнішнім оглядом. Неякісно виконані прихватки, а також прихватки з тріщин видалити. Для таврових з'єднань з одностороннім швом прихватки розташувати з боку, які підлягають зварюванню.

Зазори під зварювання, при виконанні складання таврових балок, витримувати за допомогою технологічних закладних планок, товщина яких має бути дорівнює номінальному значенню зазору під зварювання, ширина 20 – 30 мм. Видалення тимчасових кріплень для конструкцій із низьколегованих і вуглецевих сталей повинно виконуватися за допомогою газового різання та повітряно-дуговий стружки залишаючи «гребінці» висотою не більше 3 мм з подальшою їх зачисткою механічним способом урівень з основним металом.

При цьому величина утонення основного металу не повинна перевищувати наступних значень:

- для товщин від 8 мм до 15 мм – 0,5 мм;
- для товщин від 15 мм до 25 мм – 0,6 мм.

Зібрані під автоматизовані види зварювання балки мають бути пред'явлені ВТК на відповідність вимогам креслень, відсутність неприпустимих дефектів у прихватках та основному металі.

Допуски на розміри, форму оснастки, деталей, вузлів, таврових балок, деформації та габаритні розміри.

Дані щодо допустимих відхилень представлені на підставі вимог ОСТ5.9324, ОСТ5Р.9613-84, ОСТ5.9079-80 та ОСТ5Р.9091-2002 та зведені у табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Дані щодо допустимих відхилень таврових балок

№	Найменування	Допустиме відхилення, мм	Приспосіблення та інструмент
1	Оснащення: - горизонтальність стенда	0,0011	Шланговий ватерпас Лінійка, нитка, шланговий ватерпас Лінійка, нитка,
	- площини робочої поверхні:	3,0 на 1 м	
	- для нових стендів і для виробничих стендів	0,0038	

Продовження табл. 4.1

№	Найменування	Допустиме відхилення, мм	Приспосіблення та інструмент
2	Габаритні розміри листових деталей по довжині (ширині); - до 1,0 м від 1,0 м до 4,0 м - більше 4,0 м	± 1,0 ± 2,0 ± 2,5	Рулетка
3	Різниця діагоналі листових деталей	± 2,0	Метр, рулетка
4	Прямолінійність кромки деталі при довжині: - до 3,0 м - більше 3,0 м	0,5 1,0	Метр, рулетка, нитка
5	Площинність листових деталей: - при довжині: - до 0,5 м - від 0,5 м до 1,0 м - при товщині: - від 3 до 6 мм - від 6 до 14 мм - більше 14 мм	1,0 1,5 2,5 2,0 1,5	Метр, нитка
6	Відхилення таврових вузлів, профілів від прямолінійності або заданої кривини: - відхилення на довжині 1,0 м - відхилення повсій довжині: - бортові гілки шпангоутів - стрингера	± 2,0 4,0 6,0	Метр, нитка, лінійка Плита, метр, нитка
7	Несиметричність таврових поясків відносно стінки	± 2,0	Метр, лінійка
8	Грибовидність пояска	$2 + b/100$	Метр, лінійка
9	Прямолінійність в площині стінки та пояска	2,0	Лінійка, нитка

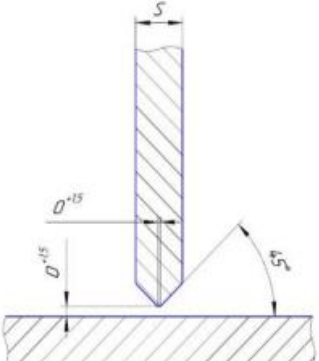
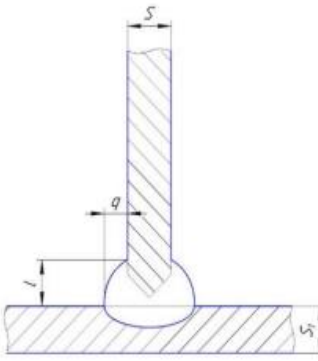
4.2 Зварювання таврових балок

Зварювання таврових балок необхідно виконувати відповідно до УПС, розробленими на цей спосіб зварювання.

У специфікації процесу зварювання мають бути зазначені:

- конструктивні елементи підготовлених кромок та їх розміри;
- геометричні параметри зварного шва;
- марка матеріалу, що зварюється;
- марка матеріалу для присадки;
- допустимий діапазон режимів зварювання;
- вимоги щодо підготовки зварювальних матеріалів;
- вимоги до температури навколишнього середовища та температури попереднього підігріву;
- марка електродів, що застосовується для прихваток.

Таблиця 4.2 – Конструктивні елементи та розміри таврових з'єднань типу Т8

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S, мм	L, мм	g, мм
Підготовлених кромок	Зварного шва	АФ, МФ	18-22	20 ⁺⁵	5 ⁺³
					

Автоматичне зварювання під флюсом слід проводити на режимах, наведених у табл. 4.4.

Кут нахилу електрода до вертикальної стінки має бути в межах 25 - 60 °.

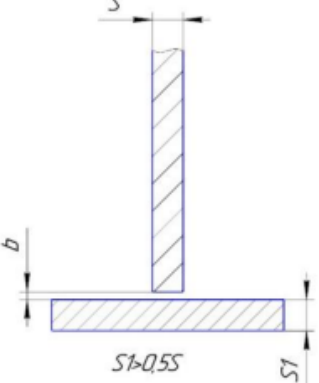
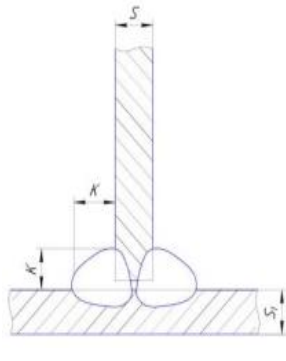
Початок та кінець шва довжиною не менше 50 мм слід виводити на технологічні планки розміром 100x150 мм.

Обробка країв на планках повинна відповідати обробці кромок зварного з'єднання.

Товщина вивідних планок повинна дорівнювати товщині зварюваних деталей з'єднання. Допускається застосування планок меншої товщини з'єднань завтовшки понад 20 мм.

Таблиця 4.3 – Конструктивні елементи та розміри таврових з'єднань типу

ТЗ

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S, мм	B, мм
Підготовлених кромок	Зварного шва	АФ, МФ	8, 10	8 ⁺³
			11, 12	10 ⁺³
			13, 14	12 ⁺³ 14 ⁺³
			16	14 ⁺³
З'єднання з конструктивним непроваром у корені шва				

Таблиця 4.4 – Режими автоматичного зварювання під флюсом на лінії зварювання таврових балок

№	Тип шва	№ проходу	Горілка	Струм, А	Напруга, В	Швидкість зварювання, см/хв	Погонна енергія Дж/мм
1	ТЗ-к8	1	Ведуч.	630-680	28-31	40-45	2,2-3,0
			Ведом.	630-680	27-31		2,2-3,0
2	ТЗ-к10	1	Ведуч.	630-680	29-32	40-45	2,3-3,1
			Ведом.	630-680	29-32		2,3-3,1
		2	Ведуч.	450-630	26-29	55-75	0,9-1,8
			Ведом.	450-630	26-29		0,9-1,8
3	ТЗ-к12	1	Ведуч.	650-750	29-31	35-45	2,4-2,9
			Ведом.	650-750	29-32		2,4-3,0
		2	Ведуч.	550-670	29-35	55-70	1,3-2,4
			Ведом.	550-670	29-35		1,3-2,4
		3	Ведуч.	550-670	29-35	60-85	1,1-1,2
			Ведом.	550-670	29-35		1,1-1,2
4	ТЗ-к14	1	Ведуч.	650-750	29-31	40-45	2,7-2,9
			Ведом.	650-750	29-32		2,7-3,0
		2	Ведуч.	630-680	32-36	55-70	1,6-2,5
			Ведом.	630-680	32-36		1,6-2,5
		3	Ведуч.	650-750	29-31	70-80	1,3-1,9
			Ведом.	650-750	29-32		1,3-2,0

Продовження табл. 4.4

№	Тип шва	№ проходу	Горілка	Струм, А	Напруга, В	Швидкість зварювання, см/хв	Погонна енергія Дж/ мм
5	Т8	1	Ведуч.	700-780	28-31	40-45	2,1-3,1
			Ведом.	700-780	27-31		2,1-3,1
		2	Ведуч.	600-660	29-32	50-60	1,6-2,3
			Ведом.	600-660	29-32		1,6-2,3
		3	Ведуч.	500-560	26-29	55-65	1,2-1,8
			Ведом.	500-560	26-29		1,2-1,8
		4	Ведуч.	500-500	29-31	55-65	1,2-1,75
			Ведом.	500-560	29-32		1,2-1,75
		5	Ведуч.	480-540	29-35	65-85	0,9-1,42
			Ведом.	480-540	29-35		0,9-1,42

Допускається вивідних планок не ставити. При цьому кінці швів мають бути заварені механізованим зварюванням у захисних газах.

Для забезпечення безперервного притиску стінки верхнім роликом установки BWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Італія) при зварюванні балок, стінки яких мають вирізи для проходу перехресного набору, поверх стінки встановлювати ребро (смугу) з металу завтовшки, що дорівнює товщині стінки і висотою не менше ніж 100 мм.

Фіксацію смуги до стінки виконувати з використанням напрямних згідно з рис. 4.1.

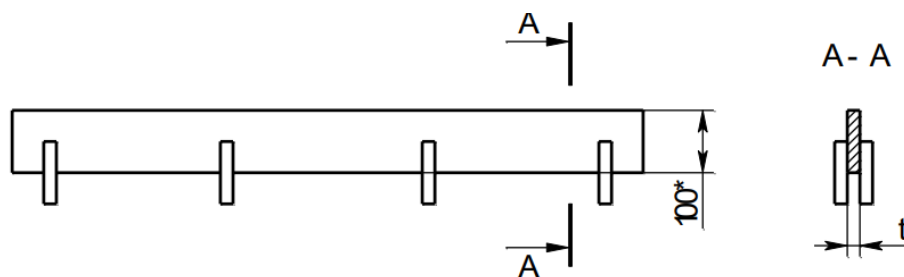


Рисунок 4.1 – Допоміжне ребро для притискового ролика установки BWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Італія); * розмір для довідок; t – товщина стінки таврової балки

У процесі зварювання міжваликова температура не повинна перевищувати 250 °С для низьколегованих зварювальних матеріалів.

Температуру контролювати контактним способом з використанням термоолівця або безконтактним способом із використанням пірометра.

Після виконання кожного шару (проходу) та зварного з'єднання в цілому необхідно проводити зачистку металу шва та навколошовної зони з метою видалення шлаку та металевих бризок.

При багат шаровому зварюванні початок і кінець кожного шару у шві повинні бути зміщені щодо попереднього шару на величину від 20 до 30 мм у бік, протилежний напрям зварювання.

Стиковані під час збирання в об'єм краю таврових балок недоварювати на відстані 200 – 300 мм.

Усі зварні шви підлягають маркуванню, що дозволяє встановити зварювальника, який виконував ці шви. Зварний шов має бути зачищений та промаркований зварювальником, наданим йому номером або знаком (клеймом).

Клеймо наносити незмивною фарбою білого кольору по центру таврової стінки балки з відривом 20 – 50 мм від зони сплавлення зварного шва.

4.3 Розрахунок витрати зварювальних матеріалів

Для визначення кількості зварювальних матеріалів на таврове з'єднання довжиною до 4 м, товщиною листів 16 мм, необхідно визначити максимальний переріз зварного шва.

Об'єм зварного шва розраховується виходячи з площі поперечного перерізу шва та його довжини.

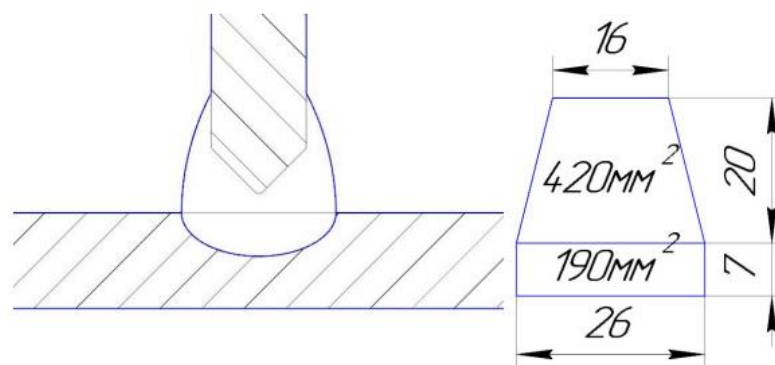


Рисунок 4.2 – Об'єм зварного шва

Обсяг такого зварного шва обчислюється

$$V = (420.\text{мм}^2 + 190.\text{мм}^2) \cdot 4000.\text{мм} = 2440000.\text{мм}^3 = 2440\text{см}^3; \quad 4.1$$

Площа поперечного перерізу дроту діаметром 3 мм

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,065.\text{мм}^2 = 0,07065\text{см}^2; \quad 4.2$$

Визначимо необхідну довжину дроту

$$l = \frac{V}{S} = \frac{2440\text{см}^3}{0,07065\text{см}^2} = 34536\text{см} = 345,36\text{м}; \quad 4.3$$

З характеристик при швидкості подачі дроту 2,4 м/хв, витрата дроту 1,6 кг/год.

Таким чином визначимо вагу 2,4 м дроту

$$\frac{2,4\text{м}}{1\text{мин}} \sim \frac{1,6\text{кг}}{60\text{мин}} \Rightarrow 2,4\text{м} \sim \frac{1,6\text{кг} \cdot 1\text{м}}{60\text{мин}} = 0,027\text{кг};$$

Отже, 1 метр дроту приблизно матиме вага 0,01125 кг.

Тому розрахуємо загальну масу зварювального дроту

$$m_{\text{св.пров}} = 345,36\text{м} \cdot 0,01125\text{кг} = 3,9\text{кг};$$

Таким чином, для зварювання 4-метрового з'єднання потрібно 3,9 кг дроту.

Вага однієї касети складає 6,35 кг.

Отже, вистачить однієї касети для виконання цієї роботи.

4.4 Підготовка зварювальних матеріалів

Металопрокат, що надходить, повинен бути прийнятий за ГОСТ 7566-94 і мати чинний сертифікат якості.

Маркування на металі повинно відповідати даним сертифікату.

До виготовлення таврових балок допускаються зварювальні матеріали, що мають сертифікат заводу виробника, відповідні вимогам нормативних документів та перевірку на вміст водню в відповідно до РД 5.90.2362-85. Маркування матеріалів повинно відповідати даним супровідної документації.

Зберігання та підготовку зварювальних матеріалів виконувати відповідно з інструкцією РД 34.10.124-94 «Інструкція з підготовки та зберігання зварювальних матеріалів».

Прокалювання зварювальних матеріалів повинно проводитися за режимами, зазначеним у табл. 4.5 з охолодженням при закритих дверцятах печі до температури не більше 200 °С, продовженням охолодження з піччю при відкритих дверцятах до температури не вище 150 °С та видачею на повітря.

Таблиця 4.5 – Режими прокалювання зварювальних матеріалів

Найменування та марка матеріалу	Температура в печі при завантаженні матеріалу, °С	Швидкість збільшення температури, °С/год	Температура прокалювання, °С	Час витримки при температурі прокалювання, год.
Флюс 48 АФ-51	150	100-200	430-470	1

Зварювальні матеріали (флюс, дріт) слід зберігати в сухих приміщеннях в умовах, що оберігають їх від забруднення, зволоження та механічних ушкоджень.

Зварювальні матеріали, не використані зварником протягом робітника дня, разом з етикеткою (біркою) слід здавати, і можуть бути використані в відповідно до вимог табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Термін придатності матеріалів після прокалювання

Найменування та марка матеріалу	Термін придатності при зберіганні, доба		
	Флюс 48 АФ-51	В електродних приміщеннях з температурою не менше 17 °С і відносною вологістю повітря не більше 50%	В сушильних шафах з температурою від 50 до 100 °С
7		15	30

Примітка: у разі розкриття герметичної тари термін придатності зварювальних матеріалів обмежується до термінів придатності електродних комор.

4.5 Заходи щодо зниження зварювальних деформацій та напруг після зварювання

Зменшення внутрішніх напруг і деформацій при зварюванні найважливішим завданням для конструкторів та проектувальників.

Це завдання можна вирішити за допомогою індукційного нагрівання конструкції перед зварюванням.

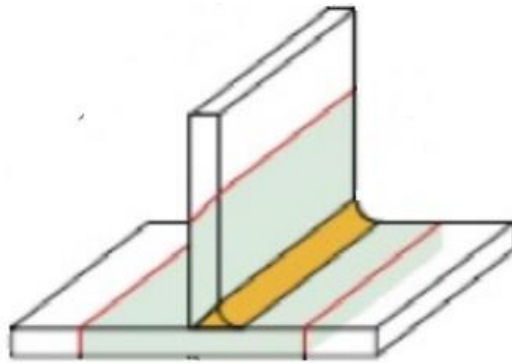


Рисунок 4.3 – Зона нагрівання таврової конструкції

Принцип дії індукційного нагріву полягає в освіті потужних струмів різної частоти за допомогою генератора, в процесі чого навколо Індуктор виникає електромагнітне поле. Саме воно створює вихрові струми, що розігрівають поверхневий шар заготовки.

За високої частоти вихрові струми витісняються утвореним ними ж магнітним полем поверхневі шари виробу, внаслідок цього їх щільність зростає, та заготовля нагрівається. Нижні шари металу нагріваються за рахунок теплопровідності. Глибина проникнення вихрових струмів залежить від частоти: чим частота вища, тим поверхневий шар, куди проникають вихрові струми тонше.

Нагрів струмами високої частоти виходить якісним і рівномірним, тому його застосовують для здійснення множини операцій, пов'язаних із тепловою обробкою металу.

Індукція має чимало переваг, які виводять цей вид теплової обробки на рівень вище конкуруючих:

1. В індукційному устаткуванні виріб нагрівається до потрібної температури набагато швидше. ТВЧ установка здатна за короткий проміжок часу розжаритися до заданої температури та розпочати процес теплової обробка металу. Швидкість нагріву індукційного обладнання 100-250 градусів за секунду.

2. Нагрів деталей, дозволяє зміцнювати фізичні властивості металу та зробити їх міцнішим. Перед зварюванням нагрівання деталей дозволяє послабити напруга металу і зробити конструкцію стійкішою.

3. Індукційне нагрівання деталей дозволяє проводити обробку вироби без використання шкідливих хімічних речовин.

4. ТВЧ установки є екологічно чистими та під час роботи повністю безпечні для працівників підприємства.

5. Вироби, що пройшли обробку в індукційному устаткуванні, мають Вищий термін експлуатації.

6. За допомогою індукційного нагрівання можна обробляти як деталі симетричного перерізу, і деталі складної форми.

Індукційне нагрівання виробів корисне, і він нічим не псує деталь. На поверхні металу не утворюються сколи чи окалини, і навіть немає слідів олії.

Також, основними способами зменшення деформації таврових балок процесі їх виготовлення на установці для зварювання таврових балок BWM-TC 1200x600 CORIMPEX є:

а) Використання пристрою виправлення грибоподібності;

б) Гідравлічні притиски центрування стінки щодо полиці таврової балки, що виготовляється;

Використовувати попередній вигин балки убік, протилежну очікувану деформацію не допускається з міркувань безпеки.

Виготовлені таврові балки, що мають деформації, що перевищують допустимі норми підлягають виправленню холодним методом на пресах, тепловим ненаголошеним або комбінованим методом відповідно до РД 5.9621 Корпуса металевих суден.

Для виправлення поздовжнього вигину балки нагрівання необхідно починати посередині довжини балки, від центральної її осі, і вести у напрямку до вигнутій кромці стінки, смужкою, що розширюється («трикутником», рис. 4.4).

Вершина «трикутника» біля центральної осі має відповідати значенням, наведеним у табл. 4.7, основа – подвоєної величини цих значень.

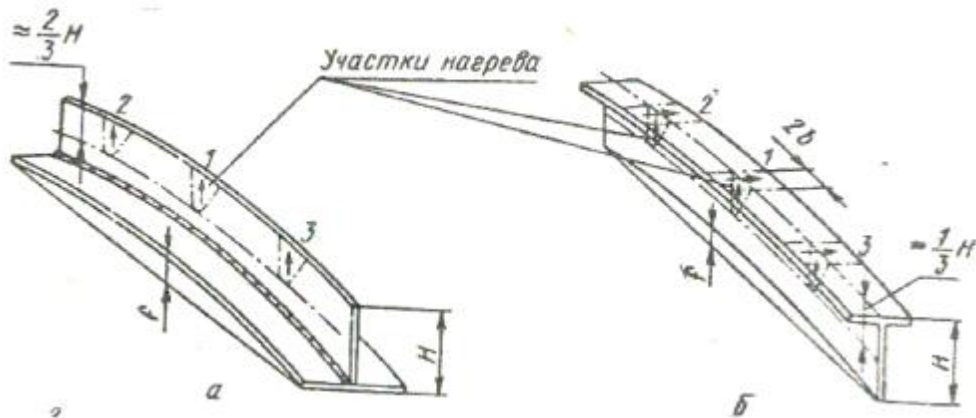


Рисунок 4.4 – Схема виправлення поздовжнього вигину таврових балок а) вигин балок на поясок; б) вигин балок на стіну

Ширина смуг нагріву по пояску таврової балки (рис. 4.4б) повинна дорівнювати подвоєній величині, наведеній у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Ширина штрихів (смуг) b та діаметр плям d нагріву при редагуванні тепловим ненаголошеним і комбінованим методами

Матеріал	Товщина матеріалу, мм			
	Від 6 до 10	Від 10 до 15	Від 15 до 20	Більше 20
Вуглецеві та низько- леговані сталі	25-30	30-35	35-40	2t

При поздовжньому згинанні балки нагрівання смугами необхідно вести в наступної послідовності:

- першу смугу нагріву розташовувати посередині довжини балки;
- наступні дві на відстані однієї чверті довжини балки від торцевих кромки і, при необхідності подальшого виправлення;
- кожні наступні смуги нагріву розташовувати між попередніми.

Кількість смуг нагріву необхідно збільшувати доти, доки кривизна (стрілка прогину) балки не зменшиться до допустимої величини.

Для зменшення кількості нагрівів рекомендується редагування загального вигину балок проводити з попереднім пружним вигином балок на величину, що дорівнює отриманим зварювальним деформаціям.

При комбінованому методі виправлення балок судно ного набору додаткову підсадку металу слід проводити за допомогою вантажу, закріплення або інших пристроїв (рис. 4.5).

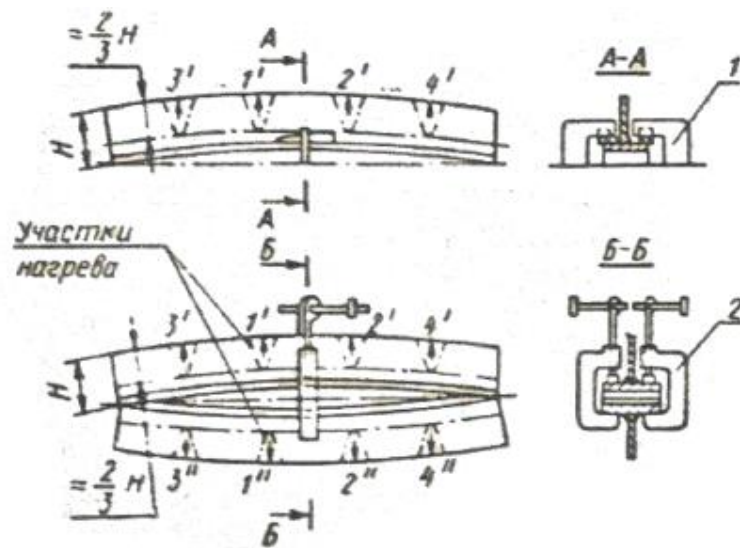


Рисунок 4.5 – Схема виправлення зварних таврових балок нагріванням з попереднім вигином; 1 – скоба; 2 – струбцина; 1', 1'' – 4', 4'' – послідовність нагріву

При висоті стінки таврової балки, більшої за 25 її товщин, перед нагріванням «трикутниками» необхідно встановлювати ребро, що видаляється. жорсткості на скобах вздовж вільної кромки стінки для попередження додаткового витріщення або зламу стінки (рис. 4.6).

У виняткових випадках, якщо встановити ребро жорсткості неможливо, то нагрівання необхідно проводити штрихами, а вихід стінки з площини (злам) допускається запобігати ударам кувалдою із застосуванням сталевोї підтримки, фанерованої міддю.

Ширина штрихів нагріву повинна відповідати значенням, наведеним у табл. 4.7.

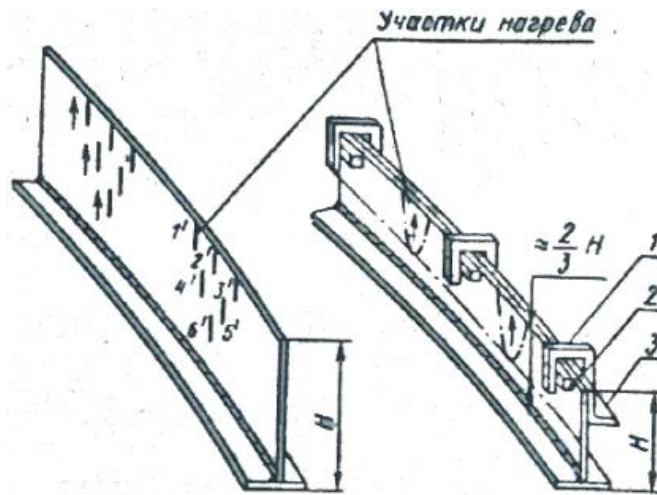


Рисунок 4.7 – Схема виправлення зварних таврових балок з високою стінкою 1 – скоба; 2 – клин; 3 – тимчасові ребра жорсткості; 1' – 6' – черговість нагріву

Якщо балка одночасно має вигин у двох площинах (у площині стінки і площини пояса), спочатку слід робити правку в площині більшої жорсткості (зазвичай у площині стінки), а потім у площині меншої жорсткості.

4.6 Контроль якості зварювальних з'єднань

Візуально-вимірювальний контроль зварних швів таврових балок слід проводити відповідно до вимог ОСТ5Р.1093, РД 5.121.

Додаткові види неруйнівного контролю призначаються в відповідно до проектної відомості контролю, розробленої на зварні з'єднання секцій будівельного району, до якого входять виготовлені таврові балки.

Неруйнівний контроль виконується за заявкою.

Валики останніх зовнішніх шарів зварного з'єднань ТЗ, Т8 за ГОСТ 8713 повинні мати плавне сполучення, як між собою, так і з поверхнею основного металу. Допустимі западання між валиками, а також швом і основним металом, на базі 12 мм завглибшки:

- не більше 1,0 мм для сталі завтовшки до 10 мм вкл.;
- не більше 1,5 мм для сталі завтовшки понад 10 мм до 20 мм вкл.;

- не більше 2,0 мм для сталі завтовшки понад 20 мм
- не більше 3,0 мм для зварних таврових з'єднань типу ТЗ і Т8 по ГОСТ 8713 (без фаски).

У спірних випадках якість зварних з'єднань визначатиме шляхом порівняння з еталоном зварного шва, виконаного на установці BWM-ТС 1200x600 CORIMPEX.

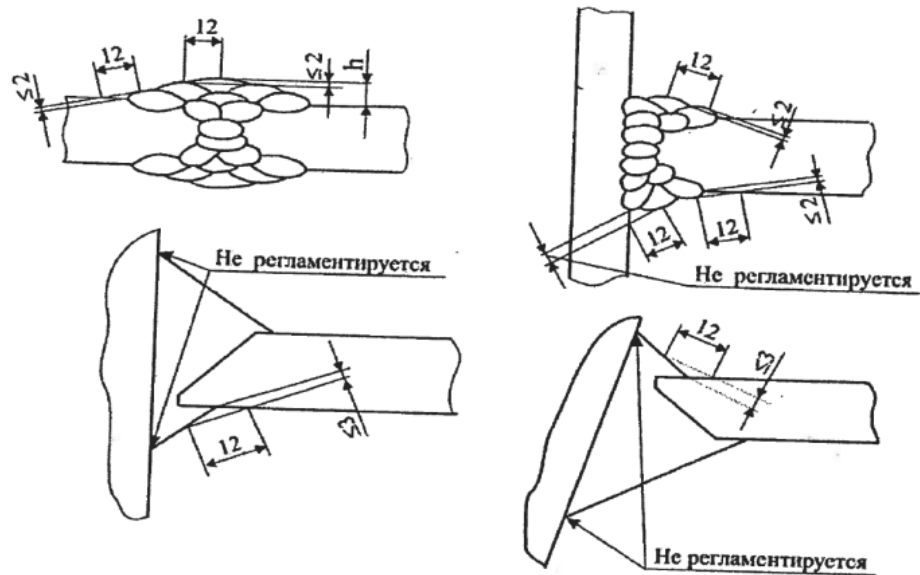


Рисунок 4.8 – Вимірювання западин

5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі будуть розглядатися питання, пов'язані з технікою безпеки та охорони праці в цеху, правила експлуатації приміщення, як при виникненні небезпечної ситуації, так і при НС, а також буде проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів та їх вплив на людину, що дозволить визначити засоби індивідуального та колективного захисту, та вирішити питання забезпечення безпеки, як приміщення, так організації в цілому.

5.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1.1 Захист у надзвичайних ситуаціях

У регіоні, на території якого розташоване розглянуте підприємство клімат характеризується як морський. Це означає невеликі добові та річні амплітуди температури повітря, але при цьому високу (до 100%) відносну вологість повітря. У цьому регіоні практично не зустрічаються екстремальні морози, або спека.

Однак тут має місце інший несприятливий фактор – інтенсивне утворення циклонів та тайфунів, які тягнуть за собою тривалі зливи у вигляді дощів (до 20 мм протягом менше 12 годин) та ураганний вітер (до 40 м/с). Зливи тягнуть за собою розмиття та затоплення автомобільних доріг, роблячи їх непрохідними кілька днів, затоплення території підприємства, складських приміщень, робочих ділянок на відкритому добудовному стапелі, відкритих площ для зберігання обладнання, матеріалів та металевих заготовок.

Для якнайшвидшого водовідведення та осушення території підприємства на ньому передбачена система зливної каналізації, що виключає можливість повного затоплення. Додаткові водостоки є також біля воріт цеху, в якому знаходиться розглянута зварювальна установка. Щоб дощова вода не могла затікати всередину цеху, його підлога зроблена на 20 см вище рівня землі.

За таким же принципом захищені від затоплення та інші будівлі підприємства, зокрема. склади.

Найменш захищені від дощової води та підтоплення обладнання та матеріали, що знаходиться на відкритій місцевості поза будь-якими укриттями. Перед несприятливими погодними явищами їх слід негайно перемістити в захищене від опадів та вологи місце, або накрити водо відштовхуючим матеріалом або спорудити інше тимчасове укриття. Перед початком опадів також обов'язково прибрати все зварювальне, що знаходиться на відкритому місці, фарбувальне обладнання, ручні, електричні та пневматичні інструменти, балони з горючими газами, кабелі електроживлення.

5.1.2 Аналіз виявлених шкідливих факторів проекрованої виробничого середовища

У цьому пункті аналізуються шкідливі та небезпечні фактори, які можуть виникати щодо процесу дугового зварювання під шаром флюсу.

Шкідливим називається виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до поступового погіршення здоров'я, професійного захворювання чи зниження працездатності.

Небезпечним називається виробничий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або іншого раптового різкому погіршенню здоров'я. Критерії відношення фактора до шкідливим чи небезпечним встановлюються ГОСТ 12.0.003-2015.

Перелік шкідливих та небезпечних факторів, що впливають на зварювальника (оператора потокової зварювальної лінії): запуск джерела живлення; зняття осцилограм; проведення ремонтних робіт джерела живлення; проведення зварювальних робіт; відхилення показників мікроклімату; перевищення рівня шуму в робочій зоні; недостатня освітленість робочої зони; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена яскравість світла, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання.

Мікроклімат виробничих приміщень – це клімат внутрішньої середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря.

Оптимальні мікрокліматичні умови забезпечують загальне та локальне відчуття теплового комфорту протягом 8-годинної робочої зміни, не викликають відхилень у стані здоров'я та створюють передумови для високої працездатності завдяки відсутності сторонніх подразників організму людини.

Підвищення температури, відносної вологості повітря, зменшення швидкості його руху призводять до зменшення теплообміну, перегріву організму, розладу нервової системи, порушення секреторної діяльності печінки, шлунка, порушення обмінних процесів, виникнення судомної хвороби, теплового удару.

Зниження вищезазначених параметрів призводять до збільшення теплообміну, переохолодження організму, а також до нервового розладу системи, порушення діяльності печінки, обмінних процесів, виникнення простудних захворювань. Також порушення терморегуляції викликає погіршення самопочуття, зниження працездатності та, отже, продуктивність праці, можливе виникнення нещасних випадків.

Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря у робочій зоні повинні відповідати ГОСТ 12.1.005–88 відповідно до легкої (Іб) категорією робіт. Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря для проведення виробничих (в т.ч. зварювальних) робіт будуть:

а) в холодний та перехідний період:

- Температура 18-200С;
- відносна вологість 60-40%;
- Швидкість руху повітря 0,2 м/с.

б) у теплий період:

- Температура 21-230С;
- відносна вологість 60-40%;
- Швидкість руху повітря 0,3 м/с.

Здійснення параметрів мікроклімату досягається за допомогою вентиляції із зосередженою подачею підігрітого повітря.

Також, мікроклімат виробничого приміщення на аналізованому підприємстві підтримується на оптимальному рівні системою водяного центрального опалення, примусової вентиляції, а також додатковим прогріванням у холодну пору року.

5.1.3 Перевищення рівня шуму на робочому місці

Вентиляція виробничих приміщень призначена для зменшення запиленості, задимленості та очищення повітря від шкідливих виділень виробництва, і навіть для збереження устаткування. Вона служить одним із головних засобів оздоровлення умов праці, підвищення продуктивності та запобігання небезпеці професійних захворювань. Система вентиляції забезпечує зниження вмісту повітря приміщення пилу, газів до концентрації не перевищує ГДК.

Провітрювання приміщення проводять, відкриваючи квартирки. Провітрювання приміщень у холодний період року допускається не більше одноразового на годину, при цьому потрібно стежити, щоб не було зниження температури всередині приміщення нижче за допустиму. Повітрообмін у приміщенні можна значно скоротити, якщо вловлювати шкідливі речовини у місцях їх виділення, не допускаючи їх поширення по приміщенню. Для цього використовують приточновитяжну вентиляцію. Кратність повітрообміну не нижче 3.

Гранично допустимий рівень (ПДУ) шуму - це рівень фактора, який при щоденній (крім вихідних днів) роботі, але не більше 40 годин тиждень протягом усього робочого стажу, не повинен викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи або у віддалені терміни життя сьогодення та наступних поколінь.

Допустимий рівень шуму обмежений СанПіН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальний рівень звуку постійного шуму робочих місць не повинно перевищувати 82 дБА.

При значеннях вище за допустимий рівень необхідно передбачити СКЗ та ЗІЗ.

СКЗ:

- усунення причин шуму або суттєве його ослаблення у джерелі освіти;
- ізоляція джерел шуму від навколишнього середовища засобами звуко- та віброізоляції, звуко- та вібропоглинаючі матеріали;
- застосування засобів, що знижують шум та вібрацію на шляху їх поширення;

Ізолювальна панель – це багат шарова конструкція (триплекс). Сам її каркас виконаний із композиту на основі натуральних целюлозних волокон.

Плоскі шари розділені простором, який забезпечують хвилеподібні перемички, на кшталт гофрованого картону.

Усі порожнечі всередині панелі заповнені мінеральним гранулятом на базі очищеного кварцового піску ЗІЗ. Застосування спецодягу, спецвзуття та захисних засобів органів слуху: навушники, беруші, антифони.

5.1.4 Недостатня освітленість робочої зони

Освітленість - найважливіший параметр робочому місці оператора, забезпечує комфортні умови, підвищену ефективність та безпека праці, що знижує стомлення та травматизм, що зберігає працездатність.

Залежно від призначення приміщення, а також виду зорових робіт нормуються такі показники освітленості, як природне освітлення та штучне освітлення.

Природне освітлення обумовлене прямими сонячним промінням і розсіяним світлом небосхилу і змінюється в залежності від географічної широти, часу доби, ступеня хмарності, прозорості атмосфери.

Обмежена прозорість скління світлопрорізів, їх затінюваність, а найчастіше і невідповідність їх розмірів площі та глибині приміщень, викликають підвищений дефіцит природного світла в приміщеннях. Нестача природного світла поповнюється штучним освітленням.

При правильно розрахованому та виконаному освітленні виробничих приміщень ока працюючого персоналу протягом тривалого часу зберігають здатність добре розрізняти предмети та знаряддя праці, не втомлюючись. Виробниче освітлення має бути рівномірним і стійким, мати правильний напрямок світлового потоку, виключати сліпучу дію світла та утворення різких тіней. Природне освітлення будь-якої точки у приміщенні характеризується коефіцієнтом природної освітленості, і є кращим для приміщень з постійним перебуванням людей.

У зв'язку з тим, що природного освітлення буває недостатньо з урахуванням, наприклад, цілодобового графіка роботи, необхідно застосовувати загальне штучне висвітлення.

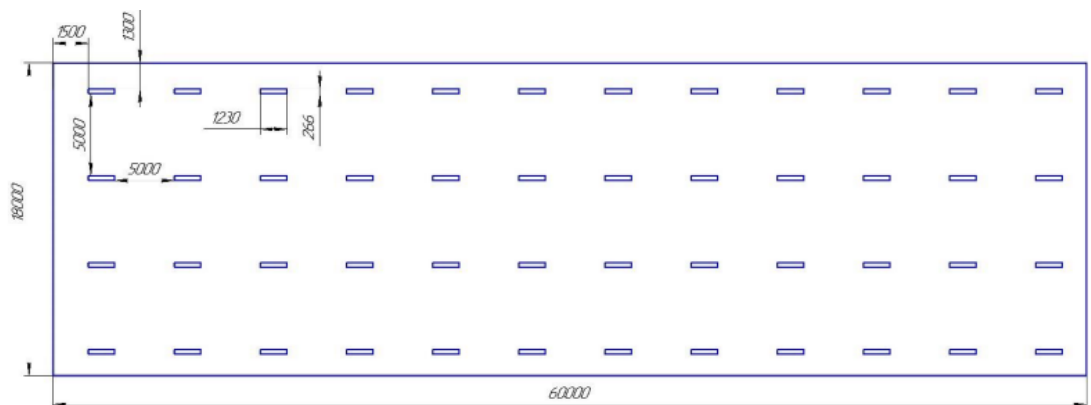


Рисунок 5.1 – План приміщення та розміщення світильників з люмінесцентними лампами

Отже, раціонально влаштоване освітлення створює достатню рівномірну освітленість виробничого приміщення, що зберігає зір робочого персоналу, що зменшує травматизм, дозволяє підвищувати продуктивність праці, впливає на зменшення відсотка шлюбу та покращення якості.

Висвітлення робочої поверхні та приміщення в цілому досягається рівномірним розміщенням світильників, при якому на робочій поверхні відсутні різкі тіні.

5.2 Охорона праці

5.2.1 Електромагнітні поля у виробничих приміщеннях

У виробництві використовується зварювальне обладнання. Таким чином, при організації безпеки праці необхідно враховувати вплив електромагнітні поля на організм людини.

Електромагнітне випромінювання, впливаючи на організм людини у дозах, перевищують допустимі, може бути причиною професійних захворювань. В результаті можливі зміни нервової, імунної, серцево-судинної, статевої та інших систем організму людини.

У процесі тривалого перебування у зоні дії електромагнітних полів настають передчасна стомлюваність, сонливість чи порушення сну, з'являються часті головні болі. При систематичному опроміненні спостерігаються стійкі нервово-психічні захворювання, зміна кров'яного тиску, уповільнення пульсу, трофічні захворювання (випадання волосся, ламкість нігтів). При цьому спостерігається млявість, зниження точності робітників рухів, виникнення болю у серці.

Гранично допустимі рівні опромінення (за СанПіН 2.2.4.1191-03):

При 8-годинній роботі ПДК магнітного поля становить 10 мкВт/см² при 8-годинній роботі, при 2-годинній роботі – 10-100 мкВт/см², а при 20-хвилинній роботі > 100 мкВт/см².

Виходячи з дослідження, безпечною відстанню від струмопровідного кабелю до життєво важливих органів зварювальника є відстані 0,1; 0,25 та 0,35 м при струмах 200, 300 та 400 А відповідно. Експериментальні дослідження показали, що індукція поля поблизу корпусу випрямляча ВДУ506 при струмах до 400 на порядок нижче ПДУ. Це зв'язано з тим що випрямляч екранується металевим корпусом [27].

Захист людини від небезпечної дії електромагнітного випромінювання здійснюється такими способами:

СКЗ: • захист часом; • захист відстанню; • зниження інтенсивності випромінювання безпосередньо у самому джерело випромінювання; • екранування джерела заземленою металевною огорожею;

ЗІЗ: Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які включають у собі: • Окуляри з металевих ґрат та спеціальний одяг, виконаний з металізованої тканини (кольчуги). При цьому слід зазначити, що використання ЗІЗ можливе при короткочасних роботах і є мірою аварійного характеру Щоденний захист обслуговуючого персоналу повинен забезпечуватись іншими засобами.

Екранування джерела випромінювання та робочого місця здійснюється спеціальними екранами.

До засобів захисту від статичної електрики та електричних полів промислової частоти відносять комбінезони, окуляри, спецвзуття, браслети, заземлювальні пристрої, пристрої для зволоження повітря, антиелектростатичні покриття та просочення, нейтралізатори статичної електрики.

5.2.2 Аналіз виявлених небезпечних факторів проектованої виробничого середовища

Електробезпека являє собою систему організаційних та технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статистичної електрики.

Електроустановки класифікують за напругою: з номінальною напругою до 1000 В (приміщення без підвищеної безпеки), до 1000 В присутністю агресивного середовища (приміщення з підвищеною безпекою) та понад 1000 (приміщення особливо небезпечні).

Щодо безпеки ураження людей електричним струмом розрізняють:

1. Приміщення без підвищеної безпеки, у яких відсутні умови, що створюють підвищену чи особливу безпеку.

2. Приміщення з підвищеною безпекою, що характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпека: вогкість, струмопровідний пил, струмопровідна підлога (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні тощо), висока температура, можливість одночасного дотику людини до тих, хто має з'єднання з землею металоконструкціям, технологічним апаратам, одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого.

3. Особливо небезпечні приміщення, що характеризуються наявністю обладнання понад 1000 В та до 1000 В за наявності двох і більше з наступних умов, що створюють особливу небезпеку: особливої вогкості, хімічно активної або органічного середовища, одночасно двох або більше умов підвищеного безпеки. Території розміщення зовнішніх електроустановок щодо Небезпеки ураження людей електричним струмом прирівнюються до особливо небезпечним приміщенням.

Наш цех буде відноситися до приміщення з підвищеною безпекою ураження електричним струмом. У приміщенні застосовуються такі заходи захисту від ураження електричним струмом: недоступність струмопровідних частин для випадкового дотику всі струмопровідні частини ізолювані.

Недоступність струмопровідних частин досягається шляхом їх надійної ізоляції, застосування захисних огорож (кожухів, кришок, сіток тощо).

Слюсарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками застосовують під час виконання робіт під напругою 220/380 В. Зазвичай використовують односторонні гайкові ключі, викрутки, плоскогубці, кусачки, ножі з ізолюючими ручками. Ізоляція ручок інструменту, виготовлена з пластмаси, є основним засобом захисту.

Додатковими електрозахисними засобами є діелектричні калоші (боти), чоботи, діелектричні гумові килимки, доріжки та ізолюючі підставки. Діелектричні боти, калоші та чоботи застосовують для ізоляції людини від основи, на якій вона стоїть. Боти застосовують в електроустановках будь-якої напруги, а калоші та чоботи. тільки при напрузі до 1000 В.

Діелектричні килимки та доріжки – це ізолюючі основи. Їх застосовують у закритих електроустановках будь-якого напруги. Ізолювальні підставки також ізолюють людину від ґрунту або статі. В електроустановках напругою до 1000 В ізолюючі підставки виконують без порцелянових ізоляторів, а вище 1000 В - прообов'язково на фарфорових ізоляторах.

Зараз безпечною для людини вважається електрична напруга. мережі 42 Вольта (до недавнього часу – було 36 В), що використовується для переносних освітлювальних та побутових приладів на повітрі та в будинку та 12 Вольт, за умови використання переносних світильників та приладів усередині котлів, металевих резервуарів та ін.

Допустимим для людини струмом прийнято вважати силу струму, при якій він самостійно може звільнитися від його впливу. І він так допуски відповідатимуть $I = 0.1$ А, а R заземлення – не більше 4 ом.

Максимально допустима величина струму, що проходить через тіло людини, залежить від часу її дії. Для струму змінного, з його частотою 50 Гц допустима напруга дотику складає всього 2, а сила струму - всього 0,3 мА. Для постійного струму – допустима напруга дотику всього 8В, при силі струму в 1,0 мА (Дані наведені для часу впливу менше 10 хв на добу).

Безпечні для людини рівні напруги електричної мережі в будинку отримують з нашої побутової освітлювальної мережі напругою 220 В, використовуючи при цьому понижуючі трансформатори, або безпосередньо – використовуючи для цього акумуляторні батареї номінальною напругою 12 та 24 Вольта.

Так як використовується обладнання з напругою до 1000 застосовуються такі ЗІЗ: в умовах роботи на устаткуванні з напругою, що не досягає 1000 вольт, використовуються: спеціальні прогумовані рукавички, виконані з використанням сучасних полімерів, які здатні тривалий час витримувати велику напругу; ізолюючі штанги, виконані з використанням діелектричного металу, які прикріплюються до джерела електрики і служать як основний заземлювач, внаслідок чого забезпечується безпечна робота; спеціальні кліщі, які можуть використовуватись у місцях.

За допомогою даних кліщів також здійснюються ремонтні заходи; спеціальне обладнання з показчиками напруги, для вимірювання сили та напруги струму; спеціальне обладнання з вказівниками напруги для вимірювання сили та напруги струму.

Також використовуються додаткові засоби захисту: до матеріалів, які застосовуються як додаткові пристроїв з обладнанням при нарузі менше 1000в відносяться: спеціальне гумове взуття, виконане із застосуванням сучасних полімерів, що надійно забезпечує захист персоналу; підставки, виконані з дерева для здійснення роботи з обладнання без використання штатного заземлення; спеціальні сходи, виконані з металу, що не проводиться, які застосовуються під час проведення роботи на певній висоті.

5.2.3 Фактори пожежної та вибухової природи

За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення поділяються на категорії А, Б, В1 – В4, Г та Д. За пожежною небезпекою зовнішні установки поділяються на категорії Ан, Бн, Вн, Гн та Дн.

Згідно з НПБ 105-03 ремонтний цех відноситься до категорії Г - негорючі речовини та матеріали у гарячому, розпеченому чи розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

За ступенем вогнестійкості це приміщення відноситься до 1-го ступеня вогнестійкості за СНиП 2.01.02-85 (виконано з цегли, що відноситься до матеріалам, що важко згоряються). Виникнення пожежі під час роботи з електронною апаратурою може бути з причин як електричного, так і неелектричний характер.

Причина виникнення пожежі неелектричного характеру: необережне поводження з вогнем (залишені без нагляду нагрівальні прилади, використання відкритого вогню); причини пожежі електричного характеру: коротке

замикання, перевантаження по струму, іскріння та електричні дуги, статичне електрику тощо.

Для усунення причин виникнення та локалізації пожеж у приміщенні лабораторії мають проводитися такі заходи:

- а) використання лише справного обладнання;
- б) проведення періодичних інструктажів із пожежної безпеки;
- д) відключення електрообладнання, освітлення та електроживлення при передбачуваній відсутності обслуговуючого персоналу або після закінчення робіт;
- е) куріння у строго відведеному місці;
- ж) зміст шляхів та проходів для евакуації людей у вільному стані.

Для локалізації чи ліквідації спалаху на початковій стадії використовуються первинні засоби пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння зазвичай застосовують до прибуття пожежної команди.

Вогнегасники водопінні (ОХВП-10) використовують для гасіння вогнищ пожежі без електроенергії. Вуглекислотні (ОУ-2) та порошкові вогнегасники призначені для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В. Для гасіння струмопровідних частин та електроустановок застосовується переносний порошковий вогнегасник.

ВИСНОВКИ

У цій випускній кваліфікаційній роботі були вивчені призначення, конструктивні особливості та умови роботи елементів секції судна.

Зроблено аналіз існуючої технології виготовлення балки двотаврова на заводі-виробнику. На основі аналізу були розроблені пропозиції щодо покращення технологічного процесу виготовлення.

Враховуючи недоліки існуючого технологічного процесу розроблено новий технологічний процес.

Також здійснено підбір нового обладнання, що відповідає сучасним стандартам та вимогам щодо якості виготовлення та економічного в експлуатації.

Проведено розрахунок режимів автоматичного зварювання під шаром флюсу використовуючи зварювальний дріт Св-10ГНА та зварювальний флюс АФ-51.

Розроблено лінію напівавтоматичного складання та зварювання двотаврових балок.

Проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів заготівельних, складальних та зварювальних робіт. При проектуванні технологічного процесу були враховані вимоги техніки безпеки, заходів пожежної безпеки у цеху. Розроблено перелік заходів щодо зниження шкідливих та небезпечних виробничих факторів з розрахунком вентиляції в цеху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козій Я.В., Козій В.З., Магеровський Д.Б. Процес електродугового зварювання габаритних зварних конструкцій: тези доп. XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 7-8 грудня 2023 р. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. С. 125 – 126.
2. Кривов Г.О., Зворикін К.О. Виробництво зварних конструкцій : підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: КВІЦ, 2012. 896 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавением : під ред. академіка Б. Є. Патона. К.: Машинобудування, 1974. 767 с.
4. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник. Миколаїв : НУК, 2004. 225 с.
5. ДСТУ 8713-79 Зварювання під флюсом. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
6. ДСТУ 14771-76 Дугове зварювання в захисних газах. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
7. Александров О.Г., Антонюк Д.А., Капустян О.Є. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення : навч. посібник. Львів : Новий світ, 2013. 224 с.
8. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій : підручник. К.: Основа, 2021. 400 с.
9. Пулька Ч.В. Пути совершенствования технологии индукционной наплавки тонких стальных дисков/ Ч.В. Пулька, О.Н. Шаблій, В.Н. Барановский [та ін.] // Междун. науч.-техн. и произв. журнал «Автоматическая сварка». 2015. № 5–6 (742). С. 64–67.
10. Пулька Ч.В. Математична модель оптимізації енерговитрат індукційного наплавлення / Ч.В. Пулька, О.М. Шаблій, В.М. Барановський [та ін.] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Серія «Техніка і енергетика АПК» / Редкол.: С.М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. К., 2015. Вип. 226. С. 386–393.

11. Стельмах І.С. Перспективи використання методу плазмового зварювання для відновлення культиваторних лап / І.С. Стельмах, Г.А. Герасимчук, В.М. Барановський // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). Луцьк : ЛНТУ, 2015. Вип. 51. С. 182–186.

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

13. Лопата Л.А. Создание износостойких композиционных покрытий на основе порошков самофлюсующихся сплавов электроконтактным припеканием / Л.А. Лопата, В.Я. Николайчук, В.Н. Барановский, С.Л. Чиграй // Проблемы трибологии. Міжн. наук. журнал : Хмельницький нац.ун-т. 2015. № 4. С. 92–98.

14. Барановський В. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин / Віктор Барановський // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – Тернопіль, 2015. – Т. 4 (80). С. 111–118.

15. Барановский В.Н. Методы применения контактной точечной сварки в сельскохозяйственном машиностроении / В.Н. Барановский // Lucrări științifice, UASM. Chișinău: Centrul editorial UASM, 2015. Vol. 45. – С. 191–195

16. Левченко О.Г. Охрана праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.

17. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення». Вид. Тернопільського нац. технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 254 с.

18. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва». Вид. Тернопільського національного технічного ун-ту. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 58 с.

19. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 66 с.

20. Барановський В.М., Підгурський М.І., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» для студентів денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст» і «Магістр» зі спеціальності 7.05050401, 8.05050401 «Технологія та устаткування зварювання». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 54 с.

21. Барановський В.М., Підгурський М.І., Мариненко С.Ю. Конспект лекцій з дисципліни «Безпека життєдіяльності для студентів всіх спеціальностей і форм навчання. Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 141 с./67 с.

22. Барановський В.М., Пулька Ч.В., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів спеціальності 8.05050401 – «Технологія та устаткування зварювання». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 86 с.

23. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Безпека життєдіяльності». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 62 с.

24. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г. Бедрія. Львів, 1997. 275с.

25. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці : підручник (видавн. 5-те, доповнене). Л.: Афіша, 2000. 350 с.

ДОДАТКИ