

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

Кафедра зварювального виробництва

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

**на тему: *Розробка технології складання і зварювання повздовжньої балки
платформи скраповозу зі сталі 09Г2С***

Виконав: студент 2127ст. групи
_____ ***Андросова Н.К.***
(підпис)

Керівник роботи:
доцент Бугаєнко Б.В.
(посада, науковий ступень вчене звання)
_____ ***Драган С.В.***
(підпис)

Миколаїв – 2021 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
_____ О.М.Костін
(підпис)
«__» _____ 2021 р.

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

Студенту Андросова Наталія Костянтинівна
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології складання і зварювання поздовжньої балки платформи скраповозу зі сталі 09Г2С

Керівник роботи: Бугасенко Б.В., Драган С.В.

Затверджені наказом ректора № _____ від «__» _____ 202р.

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: креслення поздовжньої балки платформи скраповозу, основний матеріал сталь 09Г2С, річна програма випуску 10шт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) 5

1) Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення. 2) Розрахунок технології зварювання. 3) Технологічний процес виготовлення поперечної балки платформи скраповоза. 4) Охорона праці під час проведення зварювальних робіт поперечної балки. 5) Розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення поздовжньої балки платформи скраповоза.

5. Перелік презентаційних матеріалів креслення поздовжньої балки платформи скраповозу, зварні з'єднання, розрахунок площі поперечного перерізу швів, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу зварювання, технологічна послідовність, розрахунок зварювальних деформацій, розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення поздовжньої балки платформи скраповоза.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Драган С.В., професор		
2	Бугаєнко Б.В. доцент		
3	Бугаєнко Б.В. доцент		
4	Драган С.В., професор		
5	Драган С.В., професор		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення		
2.	Розрахунок технології зварювання		
3.	Технологічний процес виготовлення балки платформи скраповоза		
4.	Охорона праці під час проведення зварювальних робіт		
5.	Розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення балки		
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Студент

(підпис)

Андросова Н.К.

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Драган С.В.

(ПІБ)

Анотація

Даний дипломний проект висвітлює проблему розробки технології складання та зварювання повздовжньої балки платформи скраповоза зі сталі 09Г2.

Метою дипломного проекту є розробка технології складання і зварювання повздовжньої балки платформи скраповоза, яка забезпечує підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції.

Дипломний проект складається з вступу, 5-ти розділів основної частини, висновків та списку використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 2 аркуши, графічна частина – 8 аркушів.

Результатами виконаної роботи є:

- аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення;
- розрахунок технології зварювання;
- технологічний процес виготовлення повздовжньої балки платформи скраповоза;
- охорона праці під час проведення зварювальних робіт;
- розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення повздовжньої балки платформи скраповоза у кількості 10 шт.

Annotation

This graduation project highlights the problem of developing technology for assembly and welding of the longitudinal beam of the scrap truck platform made of steel 09G2C. The purpose of the thesis is to develop a technology for assembly and welding of the longitudinal beam of the scrap truck platform, increase the efficiency of work, reducing costs and improving product quality.

Thesis project consists of an introduction, 5-section of the main parts, conclusion and bibliography.

Cash-explanatory memorandum contains 2 sheets, graphic part - 8 sheets.

The results of this work are:

1. analysis of design features and possible options for its manufacture;
2. calculation of welding technology;
3. technological process of manufacturing;
4. labor protection during welding;

calculation the cost of assembly of welding work during manufacture in amount of 10 p.

Зміст

Вступ.....	8
Розділ 1. Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення.....	10
1.1. Загальна характеристика поздовжньої балки платформи скраповоза та аналіз зварних з'єднань.....	11
1.2. Характеристика матеріалу та його зварюваності	14
1.3. Аналіз технологій складання і зварювання аналогічних конструкцій....	17
1.4. Висновки та задачі дипломного проекту.....	21
Розділ 2. Розрахунки технології зварювання.....	22
2.1. Вибір та обґрунтування способів зварювання	23
2.2. Розрахунок режимів зварювання	30
2.3. Розрахунок термічного циклу зварювання та визначення очікуваної структури зварних з'єднань.....	36
2.4. Аналіз отриманої структури.....	39
2.5. Розрахунок зварювальних деформацій поздовжньої балки платформи скраповоза.....	41
Висновки.....	46
Розділ 3. Технологічний процес виготовлення поздовжньої балки платформи скраповоза.....	47
3.1. Принципова послідовність складання та зварювання.....	48
3.2. Технологічна послідовність складання балки.....	49
3.3. Обґрунтування вибору зварювального устаткування.....	51
3.4. Контроль якості зварних з'єднань.....	54
3.5. Можливі дефекти зварних з'єднань і способи виявлення, виправлення, запобігання.....	56
Висновки.....	58
Розділ 4. Охорона праці під час проведення зварювальних робіт при виготовленні поздовжньої балки.....	59
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при проведенні складально-зварювальних робіт і заходи щодо їх усунення	62

4.2 Охорона навколишнього середовища	66
4.3 Розробка правил техніки безпеки при виконанні складально-зварювальних робіт.....	68
4.4. Розрахунок місцевої вентиляції складально-зварювального цеху.....	70
Висновки.....	72
Розділ 5. Розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення поздовжньої балки платформи скраповоза.....	73
Висновки.....	79
Загальні висновки.....	80
Література.....	81
Перелік графічної частини.....	

1. Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення

1.1. Загальна характеристика повздовжньої балки платформи скраповозу та аналіз зварних з'єднань

Запропонована для дипломного проекту балка є складовою скраповоза. Це конструкція у вигляді зварної двотаврової балки з ребрами жорсткості. Конструкція служить напрямною для переміщення механізму – навантажувача. Скраповоз - це спеціалізовані ємності різного розміру, які переміщаються по рейковій системі і використовуються для транспортування скрапу, використовують на металургійних підприємствах та у машинобудуванні (рис.1.1). У сучасних спорудах, металургії та машинобудуванні використовуються, як правило, сталеві балки. Одним із найпоширеніших типів поперечного профілю сталеві балки є двотавр.



Рис. 1.1 Скраповоз

Металеві двотаврові балки застосовують головним чином при великих навантаженнях.

Зварений двотавр особливо незамінний в тих елементах конструкцій де особливо важливі міцність і здатність успішно протистояти навантаженням різної спрямованості.

До таких елементів відносяться каркаси різних конструкцій, колони, багатоповерхові перекриття, естакад и робочі площадки, елементи різних конструкцій у машинобудуванні, деякі елементи рам і станів, хребтові балки вагонів, конструктивні вузли транспортних механізмів, опори ліній електропередач і т.д.

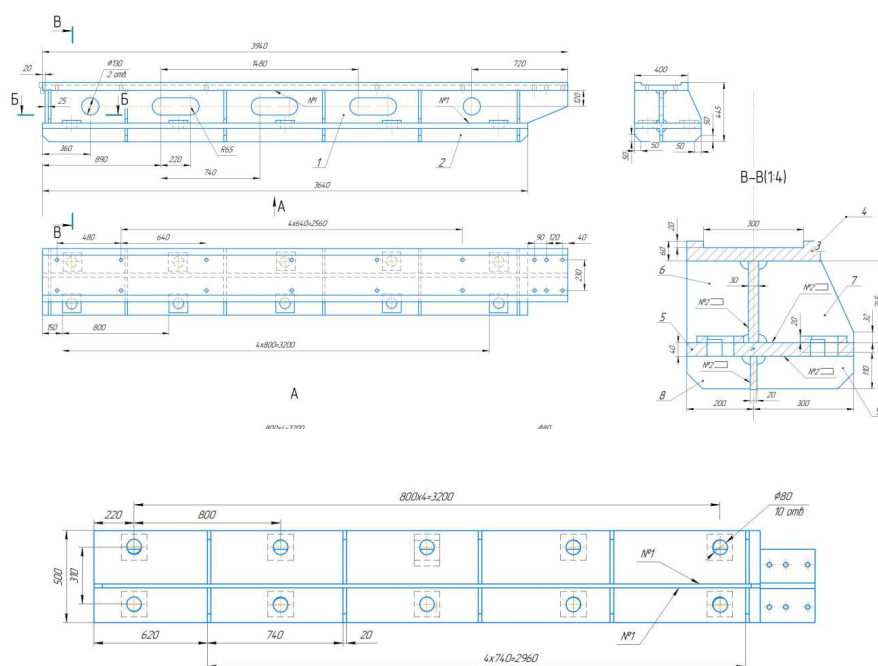
Зварні двотаврові балки мають ряд переваг:

- перекривають великі прольоти зі значними навантаженнями;
- ідеально перерозподіляють вертикальні навантаження;
- добре працюють на вигин завдяки жорсткості профілю балки;
- не втрачають свою несучу здатність при нагріванні до високих температур;
- стійки до біологічних впливів;
- відмінно підходять для будівництва швидкокомтованих будівель, у машинобудуванні і т.д.

Загальний вигляд повздовжньої балки платформи скаповозу наведений на рис. 1.2, складальне креслення – на рис. 1.3.



Рис.1.2 Повздовжня балка платформи скаповозу





Великі габаритні розміри балки наявність швів, розташованих у різних просторових положеннях дає можливість використовувати механізоване

зварювання в захисних газах. В конструкції балки передбачені два види зварних з'єднань: таврові та внапусток.

Види конструктивних елементів повздожньої балки платформи скаповозу.

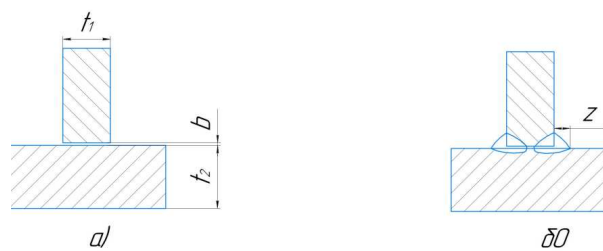


Рис 1.4 Зварне з'єднання ТЗ ГОСТ 14771-76

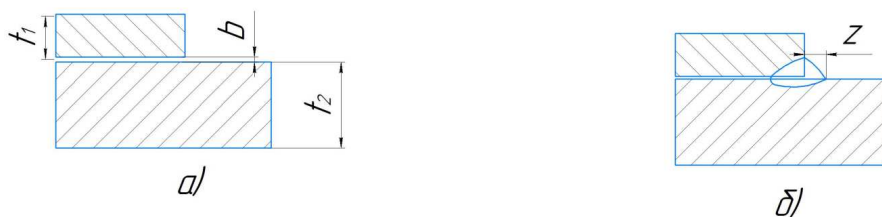


Рис 1.5 Зварне з'єднання Н1 ГОСТ 14771-76

1.2 Характеристика матеріалу та його зварюваності

Сталь 09Г2С- низьколегована конструкційна сталь з низьким вмістом легувальних компонентів. Має високу пластичність і задовільну зварюваність. Виготовляється у вигляді листів, гнутих профілів, сортового і фасонного прокату. Знаходить широке застосування в якості будівельного і конструкційного матеріалу і використовується в основному без термообробки. Сталь марки 09Г2С активно застосовується для виробництва мостових кнструкцій звичайного та «північного» виконання. Призначена для експлуатації як в нормальних умовах, такі в

екстремальних. Нижня межа температури складає -70°C. Верхня межа досягає +700°C [9].

Сталь 09Г2С є низьколегованою марганцевистю сталлю. Розкиснюється вона алюмінієм (0,02...0,06%), вміст шкідливих домішок не перевищує 0,035 % , що дозволяє класифікувати її як якісну сталь. Хімічний склад сталі 09Г2С наведено в табл. 1.1, фізико-механічні властивості – в табл. 1.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі 09Г2С, % мас.

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
≤0,12	0,17÷ 0,37	1,4-1,8	≤0,3	≤0,3	≤0,3	≤0,035	≤0,035

Сталь 09Г2С флокенонечутлива і не схильна до відпускнуї крихкості. Вона має сприятливе поєднання міцності, пластичності, в'язкості і холодностійкості. Як і більшість марганцевистих сталей, в порівнянні зі звичайними залізобуглецевими сплавами не має особливих антикорозійних якостей. Але при цьому характеризується високими механічними властивостями.

Сталь 09Г2С також:

- добре обробляється твердими і швидкорізальними сплавами;
- вона поєднує порівняно високу твердість з і значною в'язкістю;
- не схильна до старіння, стійка до ударних навантажень і інших механічних навантажень.

Аналоги сталі 09Г2С в міжнародній практиці: Великобританія - 68F62H5;

Німеччина – 7Mn, G8Mn7; КНР – 09Mn2; Польща – 09G2S.

Таблиця 1.2. Фізико-механічні властивості сталі 09Г2С

Марка	Тимчасовий опір σ_b , МПа	Границя плинності σ_t , МПа	Відносне подовження δ , %	Ударна в'язкість, Дж/см ²		
				при	при	при

				t = +20°C	t = -20°C	t = -40°C
09Г2С	500	350	≥ 21		≥ 40	≥ 30

Зварювання може виконуватися без підігріву, і з попереднім підігріванням до 100-120°C. Так як дана сталь є низьковуглецевою, її зварювання здійснюється без обмежень всіма доступними способами – ручним, механізованим і автоматичним дуговим зварюванням під флюсом та захисних газах, спеціальними способами зварювання.

Одним з широко поширених технологічних прийомів досягнення необхідних властивостей зварного з'єднання є зміна хімічного складу шва в напрямку зменшення в ньому шкідливих і збільшення корисних елементів. Це досягається шляхом правильного вибору основного металу, присадного матеріалу, способу і режиму зварювання, способу захисту зварювальної ванни.

На механічні властивості низьковуглецевих сталей найбільший вплив робить швидкість охолодження після зварювання. Підвищення швидкості охолодження металу шва сприяє її зміцненню, але при зварюванні металу підвищеної товщини (більш 18мм) на великих зварювальних режимах, можлива поява в металі шва і біля шовної зони гартівних структур на ділянках перегріву повної і неповної рекристалізації. Швидкість охолодження металу шва залежить і визначається режимами зварювання, товщиною зварюваних листів, характером охолодження металу шва і від величини погонної енергії.

Шви, зварені на низьковуглецевих сталях усіма способами зварювання, володіють задовільною стійкістю протягом утворення кристалізованих тріщин, це обумовлено вмістом вуглецю і легуючих елементів в необхідних кількостях. При надлишку легуючих елементів може підвищитися ймовірність утворення кристалізаційних тріщин в металі шва, але низьколеговані сталі добре зварюються усіма способами зварювання плавленням [7].

За своєю структурою сталь 09Г2С належить до ферито-перлітного класу. Вуглець негативно впливає на стійкість металу шва проти кристалізаційних тріщин

і з цього погляду є шкідливим. Кремній зміцнює сталь, але знижує ударну в'язкість. Марганець, у певних межах, знижує шкідливий вплив сірки, підвищує границю плинності, але при вмісті більш 1,9% погіршує пластичність. Нікель незначно зміцнює сталь, але позитивно впливає на пластичність, ударну в'язкість, збільшує опір крихкому руйнуванню.

Хром позитивно впливає на холодостійкість. Ці легуючі елементи, розчиняючись у фериті і подрібнюючи перлітну складову, сприяють підвищенню міцності. Тому низьколеговані низьковуглецеві сталі часто називають сталями підвищеної міцності.

Сталь 09Г2С є марганцевистою, її важливою перевагою є більш висока міцність зварних з'єднань при знакозмінних та ударних навантаженнях, ніж інших низьколегованих низьковуглецевих сталей.

Попередню оцінку зварюваності можна дати за хімічним складом сталі. Узагальнений вплив хімічного складу основного металу на зварюваність можна виразити через еквівалент вуглецю за емпіричною формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{V}/5 + \text{Mo}/4 + \text{Ni}/15 + \text{Cu}/13 + \text{P}/2; \quad (1.1)$$

$$C_{\text{екв}} = 0,12 + 1,4/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,45\%.$$

Так як $C_{\text{екв}} \approx 0,45\%$, то можна зробити висновок, що дана сталь не схильна до утворення холодних тріщин і має добру зварюваність, це дає можливість застосування різних способів зварювання без попереднього підігрівання.

1.3. Аналіз технологій складання і зварювання аналогічних конструкцій

Балки з поперечними ребрами слід розглядати як особливу технологічну підгрупу вузлів, що характеризується наявністю з'єднань в двох перпендикулярних напрямках, чого немає у звичайних балок. До всіх інших балок можливо

застосувати принцип поступального переміщення складальних затискних пристроїв (як, наприклад в верстатах СТС-2М) і зварювання за допомогою автоматів. Можливий також принцип складання з рівномірним затисненням по всій довжині балки (рис. 1.6).

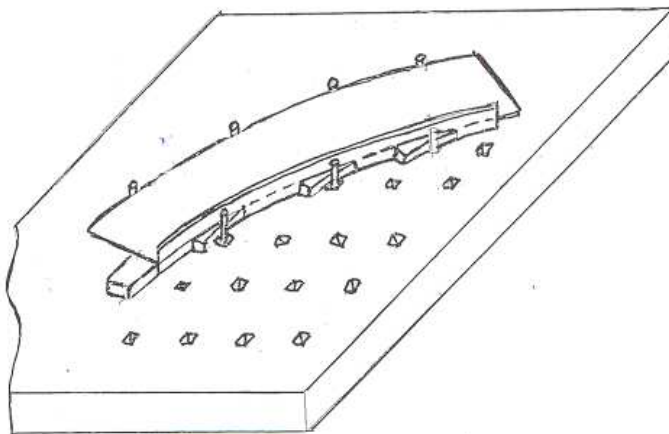


Рисунок 1.6. Складання балки на плиті

Окремі, рідко вставлені ребра , ні змінюють цього принципу, так як їх можна встановлювати після закінчення складання і зварювання стінки з пояском.

При часто розставлених ребрах (якщо відстань між ними не більш 3-4 висоти стінки) відкладати установку ребер до моменту закінчення зварки стінки з пояском недоцільно. По-перше, зварка без ребер може викликати підвищену повздовжню і кутову деформації, (усунути які дуже важко). По-друге, об'єм зварки ребер не менше, ніж повздовжніх швів. Тому механізація складання і зварювання тільки одного з'єднання стінки з пояском дасть малий ефект, тому що при цьому необхідно повертати балку для установки і зварювання ребер и порушувати ритм виготовлення [15].

Однак при переході з нижніх швів на вертикальні необхідно змінювати режим зварювання тому застосовують багаторазове кантування балки, закріплюючи її на маніпулятор (тієї чи іншої конструкції). Нові прилади для механізованого зварювання типу ПШГ 2 з дистанційним перемиканням двох заздалегідь обраних режимів, розроблених в інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона для

зварювання у вуглецевому газі, дозволяють проводити цю операцію без маніпулятора.

Поодинокі балки з часто розставленими ребрами доцільно виготовляти методом вільної збірки з подальшим зварюванням напівавтоматом осередковим способом.

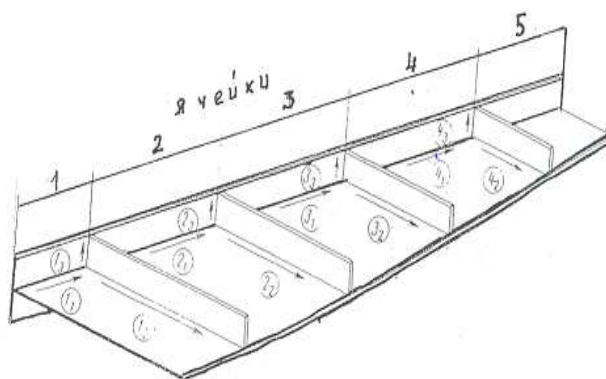


Рисунок 1.7 Осередковий спосіб зварювання

При цьому можливо зварювати всі шви по одній стороні в межах одного осередку, потім переходити до наступного. Труднощі при цьому способі полягають у тому, що в межах одного осередку, не проводячи кантування балки, доводиться виконувати зварювання як у нижньому (шви 1 і 2), (рис.1.7) так і у вертикальному положенні (шви 3), що можливо тільки вручну, або напівавтоматом в вуглекислому газі.

При зварюванні без зміни режимів і без багаторазового кантування балки ставлять на пояс, при вертикальному положенні стінки, (шви 1 і 3). Коли пояс приварено по всій довжині, використовують перекантовку балки і зварювання ребер з стінкою (шви 2). При цьому зварювання йде в напрямленні від пояса до вільної крайки, завдяки чому вдається компенсувати повздовжній вигин від поясних швів поперечним укороченням поперечних швів по стінці.

Компенсація відбувається за рахунок того, що поперечне укорочення в кінці таврового з'єднання має завжди більшу величину, ніж на початку.

Це явище було встановлено в 1948 році професором В.П. Вологодиним. Як що у таврової балки при зварюванні її з поперечним елементом необхідно зберегти незмінним положення нейтральної осі, то зварювання слід вести або назад – ступінчастим методом або ж в напрямку до паску, який внаслідок своєї жорсткості, буде перешкоджати вигину. Як що ж потрібно розігнути балку, то зварювання виконується від паска до вільної крайці.

Завантажувальні пристрої використовують для подачі деталей в технологічне обладнання або в технологічні лінії. Автоматичну покрокову подачу безперервних заготовок у вигляді стрічок, смуг, стрижнів здійснюють за допомогою кліщових, валкових і гачкових листів [15].

При зварюванні двотаврових балок відпадає необхідність компенсації деформацій. Такі балки зварюють спочатку стінці по всьому периметру кожного осередка, а потім зварюють ребра з першим пояском, виконавши перед цим кантування. Після другого кантування зварюють ребра з другим пояском.

До типової технології складання та зварювання балки ставлять такі загальні вимоги:

1. Балка виготовляється з попередньо виготовлених та виправлених вузлів.
2. Складання та зварювання виконується складально-зварювальна плита (площадці) площадці.
3. При виготовленні необхідно наносити контрольні лінії на місцях встановлення ребер жорсткості.
4. Балка підлягає здаванню в ВТК поопераційно.
5. Контроль якості зварних швів виконується по ГОСТ5.1093-78. Виміри балки виконуються згідно з ГОСТ5.9324-79

1.4 Висновки та завдання дипломного проекту.

Аналіз сучасних технологій складання та зварювання і вивчення варіантів виготовлення двотаврових балок. Необхідність розробки сучасної технології складання та зварювання конструкції, яка забезпечує високу продуктивність, низьку собівартість виготовлення двотаврової балки, особливості конструкції показали, що в цілому дана технологія є технологічною для конструкції, що дозволяє застосувати механізовані способи зварювання.

Для досягнення поставленої мети дипломного проекту: розробка технології складання і зварювання повздовжньої балки, яка передбачає підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити раціональну послідовність складання і зварювання балки;
2. Вибрати оптимальні способи зварювання балки;
3. Вибрати зварювальні матеріали та устаткування;
4. Розрахувати режими зварювання;
5. Визначити очікувану структуру зварних з'єднань;
6. Провести аналіз можливих дефектів зварних з'єднань та запропонувати заходи щодо їх запобігання та виправлення;
7. Розрахувати собівартість виготовлення балки і дати оцінку економічній ефективності;
8. Розглянути питання щодо охорони праці та техніки безпеки під час виготовлення балки.

2. Розрахунок технології зварювання балки

2.1 Вибір та обґрунтування способів зварювання

Особливості зварювання сталі 09Г2С і низьколегованих сталей:

Низьколеговані сталі відносяться до розряду добре зварюваних. Проте наявність в них легуючих елементів обумовлює можливість появи гартівних структур в зоні термічного впливу, що при несприятливому поєднанні інших чинників може викликати зменшення стійкості її проти холодних тріщин. Легуючі елементи можуть понизити також опірність швів гарячим тріщинам, посилити або, навпаки, ослабити наслідки перегріву і схильність до крихкого руйнування металу в зоні термічного впливу і шві. Особлива скрута виникає при зварюванні термічно покращувальних сталей, які розміщуються в різних ділянках зони термічного впливу. При зварюванні в металі відбуваються термодформаційні і фізико-хімічні процеси. Експлуатаційні властивості зварних конструкцій, тобто ступінь відповідності умовам і вимогам експлуатації, також визначаються термодформаційними процесами і перетворенням в металі [12].

Зварюваність: зварюються без обмежень.

Способи зварювання: ручне дугове, під флюсом і газовим захистом.

Оскільки сталь 09Г2С добре зварюється всіма способами дугового зварювання, а зварні з'єднання є доступними, то для їх виконання принципово можливо використання таких способів дугового зварювання як ручне дугове зварювання, зварювання під флюсом та механізоване зварювання у захисних газах плавким електродом.

Термічні методи використовують явища, пов'язані з впливом теплової енергії на матеріалі (переважно метали) з метою зміни: структури поверхонь у твердому стани або стану (перехід із твердого стану в рідкий і назад) [13].

Оцінемо декілька способів зварювання, які можуть бути застосовані для виготовлення балки.

Ручне дугове зварювання

Суть процесу: [1]

При ручному дуговому зварюванні до електроду та зварювального виробу від джерела зварювального струму підводиться постійний або змінний струм. Дуга горить між металевим стрижнем електроду і основним металом (рис. 2.1). Під дією тепла дуги метал електроду, покриття електроду і основний метал розплавляються, утворюючи зварювальну ванну. Краплі рідкого металу з торця електродного стрижня переносяться в ванну через дуговий проміжок. Разом зі стрижнем плавиться покриття електроду, утворюючи навколо дуги газовий захист та рідку шлакову ванну. В міру руху дуги метал у зварювальній ванні кристалізується утворюючи зварний шов і шлакову кірку на поверхні шва.

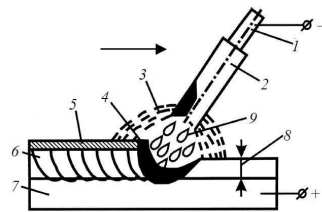


Рис. 2.1 - Схема ручного дугового зварювання металевим електродом з покриттям: 1 – металевий стрижень; 2 – покриття електроду; 3 – газова атмосфера дуги; 4 – зварювальна ванна; 5 – затверділий шлак; 6 – метал шва; 7 – основний метал; 8 – глибина проплавлення; 9 – краплі розплавленого електродного металу

Переваги та недоліки способу:

Переваги:

- ✓ можливість зварювання в будь-яких просторових положеннях;
- ✓ можливість зварювання в місцях з обмеженим доступом;
- ✓ порівняно швидкий перехід від одного матеріалу, що зварюється, до іншого;

Рис. 2.2 - Схема зварювання під флюсом

Переваги та недоліки зварювання під флюсом

Переваги:

- ✓ в 10...15 разів підвищується продуктивність зварювання, досягається однорідність шва і підвищується якість наплавленого металу;
- ✓ економиться зварювальний дріт у зв'язку зі зменшенням витрат металу на вигар та розбризкування і відсутністю недогарків;
- ✓ полегшується праця робітника.
- ✓ продуктивність зварювання під флюсом підвищується переважно за рахунок застосування більших зварювальних струмів і безперервності процесу. Під час зварювання відкритою дугою максимально допустимі струми 500...600 А. Більші струми спричиняють підвищене розбризкування металу і порушують формування шва. Занурення дуги у флюс дає змогу збільшувати силу струму до 3000...4000 А без погіршення якості шва і значних витрат на вигар та розбризкування. Звичайно ці витрати при зварюванні під флюсом не перевищують 1,5...2%, тоді як при зварюванні відкритою дугою вони досягаються 20...30%.

Недоліки:

- ✓ Місце зварювання закрите флюсом завтовшки 50...60 мм, тому підвищуються вимоги до точності підготовки і складання виробів для зварювання;
- ✓ важко виконувати шви невеликої довжини, та неможливе зварювання в різних просторових положеннях.
- ✓ неможливість зварювання металу малої товщини. Мінімальна товщина деталей при зварюванні (без відборткування кромки) згідно з ГОСТ 8713-79 становить 2,0 мм.

Цей спосіб зварювання не підходить, так як для даної конструкції потрібні відносно короткі шви, і зварювання буде відбуватися у різних просторових положеннях, а при зварюванні під флюсом це неможливо.

Зварювання в захисних газах

Суть процесу: [1]

Зварювання в захисних газах можна виконувати неплавким, зазвичай вольфрамовим, або плавким електродом. У першому випадку зварний шов утворюється за рахунок розплавлення кромки виробу і, якщо необхідно, присадного дроту, що подається в зону дуги. Плавкий електрод в процесі зварювання розплавляється і бере участь в утворенні металу шва (рис. 2.3). Для захисту застосовують три групи газів: інертні (аргон, гелій); активні (вуглекислий газ, азот, водень і ін.); суміш газів інертних, активних або першою і другою груп. Вибір захисного газу визначається хімічним складом зварюваного металу, вимогами, що пред'являються до властивостей зварного з'єднання, економічністю процесу і іншими чинниками.

Суміш інертних газів з активними рекомендується застосовувати і для підвищення стійкості дуги, збільшення глибини проплавлення і зміни форми шва, металургійної обробки розплавленого металу, підвищення продуктивності зварювання. При зварюванні в суміші газів підвищується перехід електродного металу в шов.

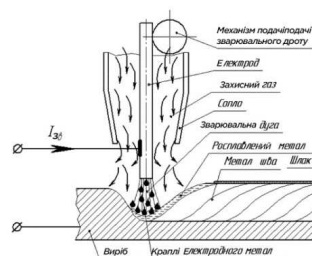


Рис. 2.3 – Схема зварювання у захисних газах плавким електродом

Механізоване дугове зварювання плавким електродом в середовищі захисного газу – це різновид електричного дугового зварювання, при якому електродний дріт подається автоматично з постійною швидкістю, а зварювальний пальник переміщується вздовж шва вручну. При цьому дуга, виліт електродного дроту, ванна розплавленого металу і прилегла до ванни зона захищені захисним газом від впливу навколишнього середовища.

Переваги та недоліки зварювання в захисних газах у порівнянні з іншими способами

Переваги способу:

✓ висока якість зварних з'єднань різних металів і їх сплавів різної товщини, особливо при зварюванні в інертних газах через мале вигорання легуючих елементів;

✓ можливість зварювання в різних просторових положеннях;
✓ відсутність операцій по засипанню і прибиранню флюсу та видаленню шлаку;

✓ можливість спостереження за утворенням шва, що особливо важливе при механізованому зварюванні;

✓ висока продуктивність і легкість механізації і автоматизації процесу;

✓ низька вартість при використанні активних захисних газів.

Недоліки:

✓ необхідність використання заходів щодо захисту проти світлової і теплової радіації дуги;

✓ можливість порушення газового захисту при задуванні струменя газу рухом повітря або при забризкуванні сопла;

✓ втрати металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва і виробу;

✓ необхідність газової апаратури і, в деяких випадках, водяного охолодження пальника.

На підставі проведеного аналізу, робимо висновок про те, що для даної конструкції доцільно вибрати механізоване зварювання в суміші газів 82%Ar + 18 %CO₂. В першу чергу цей спосіб не потребує додаткової операції по засипці, прибиранню флюсу та видаленню шлаку. У зварюванні в захисних газах менше розбризкування металу порівняно зі зварюванням під шаром флюсу. Завдяки цьому економиться час на виготовлення конструкції.

Зварювальний дріт Св- 08Г2С

Зварювальний дріт Св- 08Г2С може застосовуватися для зварювання як в чистому CO₂, так і суміші 82%Ar + 18 %CO₂. При цьому зазначений дріт дозволяє використовувати всі переваги зварювання в суміші 82%Ar + 18 %CO₂ (відсутність

розбризкування, якісне формування шва) з високими показниками механічних властивостей зварного шва (границя міцності, ударна в'язкість і т.д.), що дозволяють застосувати дану технологію для зварювання відповідальних металоконструкцій. Зварювальний дріт Св- 08Г2С рекомендується застосовувати для зварювання в чистому CO_2 . В даний час зварювальні дроти Св- 08Г2С успішно пройшли всі необхідні атестаційні випробування на застосування для зварювання технічних пристроїв небезпечних виробничих об'єктів [16].

Висока ударна в'язкість наплавленого металу і металу шва дозволяє застосовувати дані дроти для зварювання відповідальних конструкцій, що працюють при температурах до $-400^{\circ}C$ і нижче, що досягається за рахунок низького вмісту шкідливих домішок і оптимального співвідношення легуючих елементів в їх складі. Зварювальний дріт Св-08Г2С використовують для механізованого дугового зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей в середовищі захисних газів у всіх просторових положеннях.

Переваги:

- ✓ економічно недорогий вид зварювального дроту широкого застосування;
- ✓ в порівнянні з традиційним дротом типу Св-08Г2С має підвищені механічні властивості;
- ✓ рядна намотка, що дозволяє максимально ефективно використовувати дріт в апаратах автоматичної подачі зварювального дроту, забезпечуючи тим самим потрібну ефективність зварювання;
- ✓ висока якість оміднення і стабільний хімічний склад;
- ✓ герметичність упаковки.

Хімічний склад дроту Св-08Г2С, % наведено нижче [16]

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,08	1,95	≤0,02	0,20	0,25	≤0,02	≤0,02

У той же час при використанні серійного дроту Св-08Г2С процес зварювання супроводжувався розбризкуванням до 15%, а в суміші Аргон+CO₂ – лише до 5%. Дослідженнями учених встановлено, що також втрати на розбризкування істотно залежать від співвідношення між напругою й струмом зварювання, чистоти поверхні дроту, магнітного дуття, динамічних властивостей джерела живлення, техніки виконання зварювання й кваліфікації зварника. Спосіб зварювання нахиленим електродом розроблений А.А. Сіліним у зварювальній лабораторії Уральського вагонобудівного заводу. Електрод с товстим покриттям встановлюють похило відносно шва. Один кінець затиснутий в контактах обойми, яка може вільно опускатися по штанзі, електрично ізольованого від зварюваного металу [11].

2.2 Розрахунок режимів зварювання

В зв'язку з важливістю підготовки зварювальних кромок з точки зору якості, економічності, міцності і працездатності зварних з'єднань створені державні стандарти які регламентують форму і конструктивні елементи оброблення і складання крайок під зварювання і розміри зварних швів [3;5].

Розрахунок режимів зварювання виконуються за двома схемами:

- 1) за площею поперечного перерізу наплавленого металу F_n ;
- 2) за глибиною проплавлення зварювальних заготівок.

В дипломному проекті всі зварні з'єднання розраховуються за схемою № 1, так як всі зварні з'єднання виконуються кутовими швами, в дипломному проекті проведено розрахунки двох типів з'єднання.

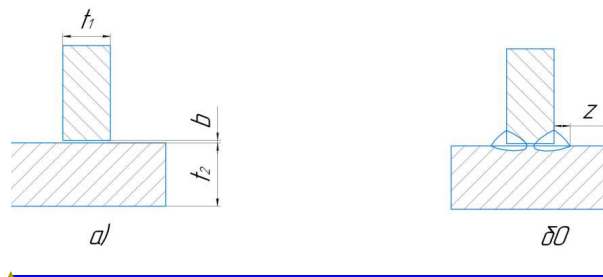
Розрахунок режимів зварювання виконуються за площею поперечного перерізу наплавленого металу F_n ; відповідно до схеми

$$t \rightarrow d_e \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow F_H \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{др}$$

Вибір схеми ґрунтується на тому, що всі шви є кутовими.

Зварне з'єднання № 1 ГОСТ 14771-76 -Т3 (Зварне з'єднання таврове, без скосу крайок, двобічне, з катетом 10), зварювання в захисних газах $Ar+18\%CO_2$, (рис.

2.4). Просторове положення – нижнє.



Отформатировано: Шрифт: Times New Roman, 14 пт

Рис. 2.5: Зварне з'єднання № 1 ГОСТ 14771-76 -Т1: а- складання; б- зварене з'єднання

Вихідними даними є товщина зварюваного металу $t_1 = 30$ мм. $t_2 = 40$ мм і катет кутового шва $k = 10$ мм.

Параметри, що задаються:

- діаметр електроду d_e вибирається в залежності від товщини або катета; діаметр дроту = 1,4 мм;

Параметри, що розраховуються:

1) Сила зварювального струму $I_{зв}$, А (залежить від діаметра електроду і способу зварювання)

$$I_{зв} = (\pi d_e^2 / 4) \cdot j \quad (2.1)$$

де j - допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e

$$j = 140 \text{ А/мм}^2$$

$$I_{зв} = (3.14 \cdot 1.4^2 / 4) \cdot 140 = 215 \text{ А}$$

2) Напруга на дузі для ручного зварювання залежить від типу електроду і довжини дуги і приймається $U_d = 16 \dots 30$ В; для зварювання під флюсом і в вуглекислому газі :

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} I_{зв} \pm 1, \text{ В} \quad (2.2)$$

де d_e підставляється в мм.

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,4}} \cdot 215 \pm 1 = 29 \text{ В}$$

3) Площа наплавленого металу F_n (мм²) визначається геометрією

зварного з'єднання, а площа F_i шару наплавленого металу - способом зварювання.

Для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід

знаходиться в межах від $F_1 = 30$ до 70 мм^2

$$F_n = k^2 / 2 + 1,05 \cdot k \quad (2.3)$$

$$F_n = 10^2 / 2 + 1,05 \cdot 10 = 60,5 \text{ мм}^2$$

Повна площа наплавленого металу $F_n = 60,5 \text{ мм}^2$. $F_{з'єд.} = 121 \text{ мм}^2$

Для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід

знаходиться в межах від $F_1 = 30$ до 70 мм^2

Зважаючи на те, що повна площа складає $60,5 \text{ мм}^2$, а для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід знаходиться в межах від $F_1 = 30$ до 70 мм^2 . Зварювання I проходу пропонується виконати, за режимом що забезпечує наплавлення шва площею 40 мм^2 . Решту металу шва наплавить за n кількість проходів. Розрахунок кількості проходів розраховується за формулою:

$$n = \frac{F_n - F_1}{F_i} + 1 \quad (2.4)$$

$$n = \frac{71,3 - 50}{50} + 1 = 1,2$$

приймаємо один прохід.

4) Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від площі наплавленого шару F_i (мм²) і коефіцієнта наплавлення α_n для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19$ г/А·год. розраховується як:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_i}, \text{ м/год.}, \quad (2.5)$$

де γ – густина металу електродного дроту, для сталі $\gamma = 7,8$ г/см³;

α_n – коефіцієнт наплавлення для зварювання у вуглекислому газі, $\alpha_n = 19$ г/А·год.

$$V_{зв} = \frac{19 \cdot 215}{7,8 \cdot 50} = 8,7 \text{ м/год} = 0,24 \text{ см/с}$$

5) Знайдену швидкість необхідно порівняти з рекомендованою: для

$$d_e = 1,4 \text{ мм} \quad V_{зв} = \frac{(8...12) \cdot 10^3}{I_{зв}}, \text{ яка зазвичай знаходиться в межах } 15...60 \text{ м/год.}$$

при автоматичному і 10...35 м/год. - при механізованому зварюванні.

Швидкість подачі дроту:

$$V_{др} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot \pi \cdot d_e^2}, \text{ м/год.} \quad (2.6)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення електрода, який залежить від способу зварювання, діаметра електрода, роду та сили струму. Зазвичай α_p змінюється у межах 11 ... 24 г/А·год.

α_p - коефіцієнт розплавлення $\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot I_{зв} / d_e) \cdot 10^{-4}$;

$$\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot 245 / 1,4) \cdot 10^{-4} = 20 \text{ г/А·год};$$

приймаємо $\alpha_p = 20$ г/А·год

$$V_{др} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 215}{7,8 \cdot 3,14 \cdot 1,4^2} = 359 \text{ м/год.}$$

6) Продуктивність наплавлення розраховується як:

$$G_H = \alpha_H I_{3B} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/год} \quad (2.7)$$

де α_H – коефіцієнт наплавки $\alpha_H = \alpha_p \cdot (1 - \psi)$,

$\psi = 0,1..0,15$, $\alpha_H = 22 \cdot (1 - 0,125) = 19,25$ г/Ач; приймаємо $\alpha_H = 19$ г/Ач;

$$G_H = 19 \cdot 215 \cdot 10^{-3} = 4,09 \text{ кг/год.}$$

7) Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{3B} \cdot U_{\partial} \cdot \eta}{V_{3B}}, \text{ Дж/см}, \quad (2.8)$$

де η – ефективний ККД процесу нагріву (для механізованого зварювання у захисних газах $\eta = 0,7..0,75$)

$$q_n = \frac{215 \cdot 29 \cdot 0,7}{0,24} = 19484 \text{ Дж/см}$$

Розрахункові режими зварювання для таврового з'єднання Т1

Зварне з'єднання № 2 ГОСТ 14771-76(Н1)



Рис. 2.6 Зварне з'єднання № 2 ГОСТ 14771-76(Н1) а- складання; б- зварне з'єднання)

З'єднання № 2, внапуск, без скосу крайок, однобічне, зварювання в захисних газах Ar+18% CO₂ (Рис. 2.6). Просторове положення - нижнє.

Вихідні дані : $t_1=20$ мм; $t_2=40$ мм; $k=5$ мм.

Параметри, що задаються:

- діаметр електрода d_e вибирається в залежності від товщини або катета;
діаметр дроту - $d_e = 1,4$ мм;

Параметри, що розраховуються:

1) Сила зварювального струму $I_{зв}$, А розраховується за формулою (2.1)
де j - допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e

$$j = 140 \text{ А/мм}^2$$

$$I_{зв} = (3.14 \cdot 1,4^2 / 4) \cdot 140 = 215 \text{ А}$$

2) Напруга на дузі розраховується за формулою (2.2)

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} I_{зв} \pm 1, \text{ В}$$

де d_e підставляється в мм.

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,4}} \cdot 215 \pm 1 = 29 \text{ В}$$

3) Повна площа наплавленого металу F_n (мм²) визначається геометрією зварного з'єднання, а площа F_i шару наплавленого металу розраховується за формулою (2.3)

$$F_n = 12,5 + 5,3 = 17,3 \text{ мм}^2$$

Повна площа наплавленого металу $F_n = 17,3$ мм². $F_{з'єд} = 35,6$ мм² шов

Зварне з'єднання № 2 зварюються за один прохід так, як катет $k < 5$ мм.

4) Швидкість зварювання $V_{зв}$ розраховується за формулою (2.5)

$$V_{зв} = \frac{19 \cdot 215}{7,8 \cdot 17,8} = 30 \text{ м/год або } 0,84 \text{ см/с}$$

5) Знайдену швидкість необхідно порівняти з рекомендованою: для

$$d_e = 2 \text{ мм} \quad V_{зв} = \frac{(8...12) \cdot 10^3}{I_{зв}}, \text{ яка зазвичай знаходиться в межах } 15...60 \text{ м/год. при}$$

автоматичному і 10...35 м/год. - при механізованому зварюванні.

Швидкість подачі дроту розраховується за формулою (2.6)

$$V_{др} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 215}{7,8 \cdot 3,14 \cdot 1,4^2} = 359 \text{ м/год.}$$

6) Продуктивність наплавлення розраховується розраховується за формулою (2.7)

$$G_n = 19 \cdot 215 \cdot 10^{-3} = 4,09 \text{ кг/год.}$$

7) Погонна енергія розраховується за формулою (2.10)

$$q_n = \frac{245 \cdot 29 \cdot 0,7}{0,84} = 5567 \text{ Дж/см}$$

Розрахункові режими зварювання для з'єднань ТЗ і Н1 наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Зварне з'єднання	Ізв, А	U _д , В	V _{зв} , м/год	qp, Дж/см	d _с , мм
ТЗ	215	29	8,7	19484	1,4
Н1			30	5567	

2.3. Розрахунок термічного циклу зварювання та визначення очікуваної структури зварних з'єднань.

Від температурного стану металу в зварному шві і розподілу температур в конструкції, що зварюється в певній мірі залежить якість зварного з'єднання. Виходячи з цього можна стверджувати, що від правильності вибору режиму зварювання залежить і якість зварного з'єднання [12].

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

Розрахунок термічного циклу зварювання для з'єднання Т1, (зварне з'єднання № 1), що нагрівається до температури $T_{\max} = 1350^\circ$, розрахунок виконується за схемою наплавлення на масивний виріб.

Вихідні дані для розрахунку

Найменування величини	Значення
Товщина зварюваних листів t_1, t_2 см	0,3; 0,4
Зварювальний струм $I_{зв}$, А	215
Напруга дуги U_0 , В	29
швидкість зварювання $V_{зв}$, см/с	0,24 (0,84)
Ефективний коефіцієнт нагрівання η	0,8
Температура нагрівання T_m , $^\circ\text{C}$	1350
Початкова температура виробу T_0 , $^\circ\text{C}$	20
Коефіцієнт температуропровідності α , cm^2/c	0,08
Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/см К	0,4
Коефіцієнт тепловіддачі α , Дж/см ² с К	0,003
Об'ємна теплоємність c_v , Дж/см ³ К	5,0

Примітка. В дужках для зєднання Н1

Розрахуємо ефективну теплову потужність нагрівання виробу як

$$q = I_{\text{зв}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta$$

$$q = 215 \cdot 29 \cdot 0,8 = 4988 \text{ Дж}$$

При цьому відстань y_0 за умови, що $T_m = 1350^\circ\text{C}$ визначаємо як

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,368 \times q}{\frac{\pi}{2} \times V_{\text{св}} \times c \gamma \times T_{\text{max}}}} \quad (2.9)$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,368 \times 5684}{\frac{3,14}{2} \times 0,55 \times 5 \times 1350}} = 0,59 \text{ см.}$$

Розрахунок термічного циклу у точці на відстані $r_0 = 0,59$ см від осі шва

виконуємо по формулі: $T(r_0, t) = \frac{q}{2\pi\lambda V t} \exp\left(-\frac{r_0^2}{4at}\right)$

за програмою [17], результати розрахунку наведемо у табличній формі (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Термічний цикл точки у ЗТВ при зварюванні з'єднання № 1

t, с	T, °C
	З'єднання ТЗ
1,00	867
1,50	1226
2,00	1339
2,50	1342
3,00	1300
3,50	1240
4,00	1176
4,50	1113
5,00	1053
6,00	946

7,00	856
8,00	779
9,00	715
10,00	660
15,00	474
20,00	369
25,00	302
30,00	255
40,00	195
50,00	158
60,00	132
70,00	114
80,00	100
90,00	89
100,00	80
150,00	54
200,00	40
250,00	32

Для аналізу структурних перетворень, які проходять в зоні термічного впливу при зварюванні, необхідно мати дані по кінетичному перетворенню аустеніту. Такі дані можна отримати за допомогою діаграм термокінетичного перетворення, побудованих для даних умов зварювання. Відлік часу при охолодженні аустеніту починається з моменту, коли температура досягає критичної точки A_{C3} . Вище цієї температури аустеніт знаходиться в термодинамічно стійкому стані, нижче – в нестійкому і в залежності від температурно-часових умов може проходити перлітне, бейнітне або мартенситне перетворення.

Розрахунок точки A_3 виконується за формулою:

$$A_{c3} = 910 - 229C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo + 117V - 24Cu + 7W - 120B \quad (2.9)$$

$$A_{c3} = 910 - 229 \cdot 0,12 + 32 \cdot 0,32 - 25 \cdot 1,4 - 8 \cdot 0,30 - 18 \cdot 0,30 - 24 \cdot 0,3 = 840 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За результатами розрахунку побудуємо графіки термічного циклу

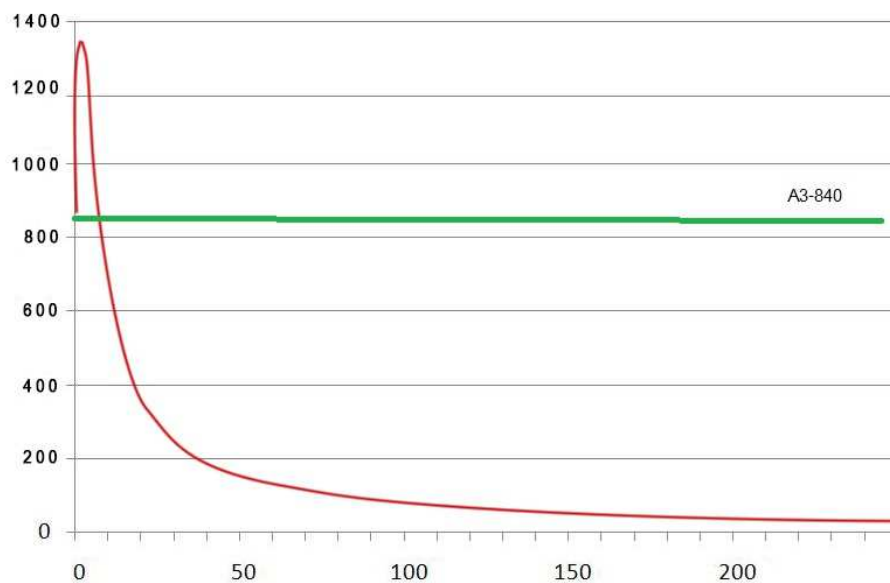


Рисунок 2.7 – Термічний цикл механізованого зварювання в середовищі захисного газу для зварних з'єднань ТЗ

2.4. Аналіз отриманої структури

Для знання структурних перетворень в ЗТВ при зварюванні сталі 09Г2С

необхідно мати в своєму розпорядженні дані по кінетиці перетворення аустеніту цієї сталі, одержаних в умовах дії зварювальних термодифузійних циклів.

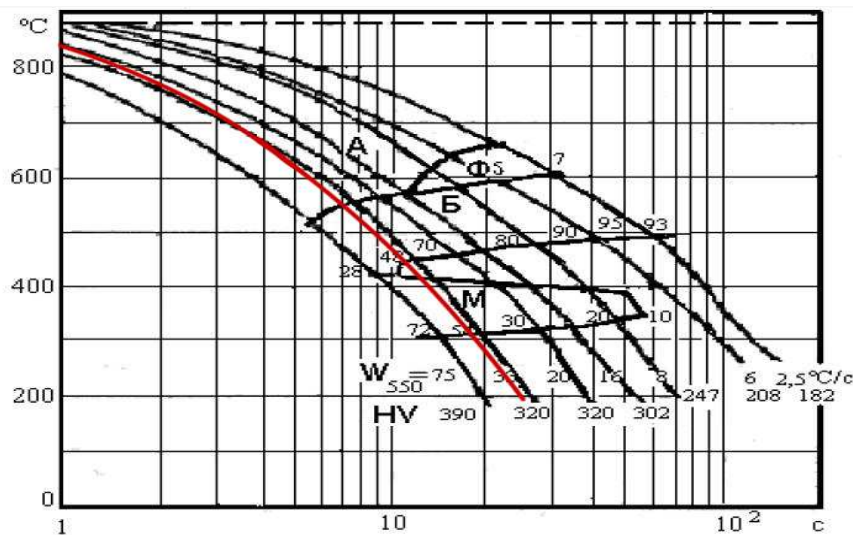
Структурні зміни в ЗТВ можна оцінити по діаграмах термодифузійного перетворення аустеніту. Така діаграма будується в координатах температура – час. Через великі діапазони даного часу його відкладають в логарифмічному масштабі.

Відлік часу при охолодженні аустеніту починається з моменту, коли температура металу досягне критичної точки А3. Вище за цю температуру аустеніт термодинамічно стійкий, нижче – аустенітний стан нестійкий і залежно від температурно-часових умов може зазнавати перлітне, бейнітне (проміжне) або мартенситне перетворення.

Типовий вид діаграми термокінетичного перетворення аустеніту для доевтектоїдної низьколегованої сталі 09Г2С наведена на рис. 2.8. Накладаючи на такі діаграми термічні цикли охолодження металу високотемпературних ділянок ЗТВ, можна судити про структурні зміни в зоні і передбачити механічні властивості найбільш слабкої ділянки зварного з'єднання.

Оцінку структурних змін у високотемпературних ділянках ЗТВ можна виконати і за швидкістю охолодження. Оскільки швидкість охолодження залежить від температури, визначають миттєву або середню швидкість охолодження при температурі 550 °С.

Аналіз проводиться по діаграмі термокінетичного перетворення аустеніту, де нанесені криві охолодження відповідних термічних циклів зварних з'єднань



(рис.2.8)

Рис.2.8 Визначення очікуваної структури металу ЗТВ за діаграмою

термокінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2С

При охолодженні по термічним циклам 1 і 2 структура зони термічного впливу змішана: бейнітно - мартенситна (Б+М); мартенсит має підвищену твердість, однак структура мартенситу голка та мало пластична, що може привести до виникненню тріщин.

Однак кількість мартенситу не перевищує 50%, а отримана твердість $HV=335$ од., що менше допустимої норми $[HV] = 350$ од. Отже зробивши висновок, отриманий результат можливо зарахувати.

2.5. Розрахунок зварювальних деформацій повздовжньої балки платформи скраповоза

Розрахунки зварювальних деформацій повздовжньої балки платформи (рис.2.6) виконують при розробці технологічного процесу з метою вибору найбільш раціонального варіанту який забезпечує можливість виготовлення конструкції в заданих допусках, визначення необхідності додаткових операцій правлення або обґрунтування інших технологічних заходів, які дозволяють зменшити відхилення форми і розмірів конструкції від заданих.

Окремий випадок виконання механічного навантажування-вібраційне навантажування, особливістю якого є чергування в металі півхвиль розтягу та стиску [6].

Залишкові напруження, деформації і переміщення, що утворюються при зварюванні внаслідок нерівномірного нагріву матеріалу конструкції, збільшують трудомісткість виготовлення і погіршують експлуатаційні характеристики виробу. Для обґрунтованого призначення конструктивних і технологічних заходів регулювання залишкових деформацій і напружень необхідно перш за все розрахувати їх очікувані величини на стадії проектування і розробки технологічного процесу [14].

Якщо очікувані величини деформацій перевищують допустимі значення, необхідно запропонувати або конструктивні зміни або на компенсацію деформацій.

Конструктивні заходи:

1. Зменшення частоти зварних з'єднань;
2. Симетричне розташування зварних з'єднань відносно центральних осей перерізу;
3. В якості технологічних заходів щодо зменшення деформацій необхідно:
 - строго слідкувати за розмірами зварних швів;
 - жорстке закріплення перед зварюванням;
 - надання балки протилежного вигину при зварюванні для зменшення можливого вигину.

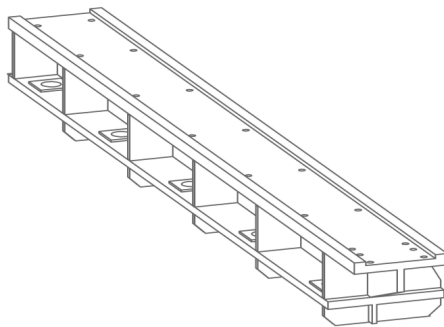


Рисунок 2.6 – Повздовжня балка

Геометричні характеристики балки у вигляді табл. 2.3

Таблиця 2.3. Розрахунок геометричних характеристик балки

Елемент	Ескіз і розміри, $см^2$	Площа від осі порівняння $F, см^2$	Відстань від осі порівняння $y, см$	Статичний момент, $F y, см^3$	Момент інерції $F y^2, см^3$	Власний момент інерції
					$см^4$	
1	2	3	4	5	6	7
п.1	40x4	160	28,5	4560	129960	213,3

п.2	50 x 4	200	0	0	0	266,7
с.3	3 x 24,5	73,5	14,25	1047,375	14925	3676,5
с.4	2 x 10	20	7	140	980	166,7
Сума	-	453,5	-	5467,375	150188,2	

Відстань ЦВ балки від осі порівняння обчислюється за формулою:

$$Z_0 = \sum Fz / \sum F \quad (2.20)$$

$$Z_0 = 5467,375/453,5 = 12,056 \text{ см; (положення ц.в.)}$$

Власний момент інерції балки:

$$I_x = (\sum i_x + F_{z2}) - Z_0^2 \cdot \sum F \quad (2.21)$$

$$I_x = 150188,2 - 12,056^2 \cdot 453,5 = 84273,3 \text{ см}^4$$

Розрахунок загальних зварювальних деформацій балки з урахуванням усіх швів, які зварюються на даному етапі виготовлення. Для цього визначаються всі шви, які викликають деформацію балки за рахунок поздовжньої та поперечної усадок.

Як параметри механічної дії зварних з'єднань на балку при розрахунку загальних зварювальних деформацій приймаються об'єми поздовжнього (для з'єднань уздовж балки) V_i і поперечного (для з'єднань поперек балки) W_j укорочення. Об'єми знаходяться з урахуванням теплофізичних властивостей матеріалу секції та параметрів режиму зварювання (погонної енергії q п і). На стадії проектування погонну енергію визначають за площею наплавленого металу в зварному з'єднанні.

Повздовжні шви № 1, № 5 (Т1)

$$L_{ш1} = 345,5 \text{ см}$$

Погонна енергія:

$$q_{n \text{ ш1}} = 19484,4 \text{ Дж/см};$$

$$V = - 0,335 \cdot \frac{\alpha}{c\rho} \cdot q_n \text{ см}^2 \quad (2.22)$$

де $c\rho$ – об'ємна теплоємність матеріалу пластини ; α – КЛТР

$$\frac{\alpha}{c\rho} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Дж} \text{ (для сталі 09Г2С)}$$

Об'єм поздовжнього укорочення:

$$V_{\text{ш1.1}} = -1 \cdot 10^{-6} \cdot 19484,4 \cdot 345,5 = -6,73 \text{ см}^3; \text{ (об'єм для одного шва № 1)}$$

$$V_{\text{ш1.1 заг.}} = -6,73 \cdot 1,15 = -7,74 \text{ см}^3; \text{ (об'єм від двох швів № 1)}$$

Об'єм від всіх поздовжніх швів:

$$\sum V_{\text{заг.}} = -7,74 \cdot 3 = -23,22 \text{ см}^3 \text{ (об'єм повздовжнього укорочення от всіх швів №1)}$$

Поперечні шви :

Для швів №2; №3; №4

$$q_n = 12989,6 \text{ Дж/см} ; S_n = 4 \text{ см}; S_p = 2 \text{ см}; L_{\text{ш}} = 185 \text{ см};$$

$$q_{nn} = k_n \cdot q_n$$

де k_n - коефіцієнт, який враховує ступінь прогрівання по товщині.

$$K_n = 2S_n / (2 S_n + S_p) \quad (2.23)$$

$$k_n = 2 \cdot 4 / 2 \cdot 4 + 2 = 0,8$$

$$q_{nn} = 0,8 \cdot 12989,6 = 10391,7 \text{ Дж/ см (енергія на нагрів пластини)}$$

$$\xi = \frac{\alpha}{c\rho} [0,25 + 0,75 k_s (0,1 + 0, k_{ж})] \quad (2.24)$$

$$k_s = > q_{nn} / S^2 = > 10391,7 / 4^2 = 650 \quad k_s = 0,05$$

де - $k_{ж}$ – коефіцієнт жорсткості = 1 ; k_s – коефіцієнт, який враховує ступінь прогрівання по товщині, ξ - емпіричний коефіцієнт; $\xi = 0,86 \cdot 10^{-6}$

Об'єм поперечного укорочення для шва № 2; №3; №4:

З урахуванням усіх перерахованих основних чинників величина об'єму поперечного укорочення може бути знайдена за формулою:

$$W = -\xi \cdot q_{nn} \cdot L_{ш}. \quad (2.25)$$

$$W_{ш2} = - 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot 10391,7 \cdot 185 = - 1,65 \text{ см}^3$$

$$W_{ш3} = W_2 = -1,65 \text{ см}^3$$

$$W_{ш4} = - 0,86 \cdot 10^{-6} \cdot 10391,7 \cdot 190 = - 1,7 \text{ см}^3$$

Шов 5

$$q_n = 12989,6 \text{ Дж/см} ; S_n = S_p = 2 \text{ см}; L_{ш} = 10 \text{ см};$$

$$q_{nn} = k_n \cdot q_n \quad q_{nn} = 0,67 \cdot 12989,6 = 8703 \text{ Дж/см}$$

$$k_n = 2S_n / (2 S_n + S_p) \quad k_n = 4/4+2=0,67$$

$$k_s = q_{nn} / S^2 \quad k_s = 8703 : 2^2 = 2175,75$$

$$k_s = 0,11$$

$$k_{ж} = 1 \quad (\text{шов не обмежений})$$

$$\xi = 3 \cdot 10^{-6} \cdot [0,25 + 0,75 \cdot 0,11(0,1 + 0,9 \cdot 1)] = 1 \cdot 10^{-6}$$

$$W_5 = - 1 \cdot 10^{-6} \cdot 8703 \cdot 10 = - 0,087 \text{ см}^3$$

Шов 6

$$q_n = 12989,6 \text{ Дж/см}; S_n = 3 \text{ см}; S_p = 2 \text{ см}; L_{ш} = 24,5 \text{ см};$$

$$k_n = 2 \cdot 3 / 2 \cdot 3 + 2 = 0,75$$

$$q_{nn} = 0,75 \cdot 12989,6 = 9742,2 \text{ Дж/см}$$

$$k_s = 9742,2 : 3^2 = 1082,5$$

$$k_s = 0,04$$

$$k_{ж} = 1$$

$$\xi = 3 \cdot 10^{-6} \cdot [0,25 + 0,75 \cdot 0,04(0,1 + 0,9 \cdot 1)] = 0,84$$

$$W_6 = -0,84 \cdot 10^{-6} \cdot 9742,2 \cdot 24,5 = -0,02 \text{ см}^3$$

$W_{\text{заг}} = -(1,65 + 1,65 + 1,7 + 0,087 + 0,2) = -5,287 \text{ см}^3$ - об'єм поперечного укорочення від всіх швів 2 - 6

Укорочення балки:

$$\Delta L = \frac{\sum V_{\text{заг}} + \sum W_{\text{заг}}}{F} \quad (2.26)$$

де $F = 453,5 \text{ см}^2$;

$$V_{\text{заг}} = -23,22 \text{ см}^3$$

$$W_{\text{заг}} = -5,287 \text{ см}^3$$

$$\Delta L = -23,22 + (-5,287) / 453,5 = 0,63 \text{ мм.}$$

Стрілка

прогину балки

При обчисленні ϕ необхідно дотримуватися правила знаків, уї можуть бути позитивними або негативними залежно від того, по яку сторону від ЦВ перерізу балки знаходиться ЦВ шва.

Стрілка прогину від кількох швів може бути знайдена за сумарним кутом повороту ϕ . При розташуванні швів по всій довжині балки.

$$\phi = \frac{\sum V_i y_i + \sum W_i y_i}{I} \quad (2.27)$$

$$f = \phi \cdot L / 8 \quad (2.28)$$

$L_{\text{бал.}} = 364 \text{ см}$ (довжина балки); $I = 84273,3 \text{ см}^4$ (осевий момент інерції)

1) Шов 1.1 => ; $V_1 = -7,74 \text{ см}^3$; $y_{1.1} = 14,4 \text{ см}$; $V_{1.1} y_{1.1} = -111,77 \text{ см}^4$

2) Шов 1.2 => ; $V_{1.2} = -7,74 \text{ см}^3$; $y_{1.2} = -10,6 \text{ см}$; $V_{1.2} y_{1.2} = 77,86 \text{ см}^4$

3) Шов 1.3 => ; $V_{1.3} = -7,74 \text{ см}^3$; $y_{1.3} = -14,06 \text{ см}$; $V_{1.3} y_{1.3} = 108,82 \text{ см}^4$

$\sum V_i y_i = 74,91 \text{ см}^4$ (для повздовжніх швів)

Для поперечних швів:

2)Шов №2 => ; $W_2 = -1,65$; $y_2 = 14,4$; $W_2 y_2 = -23,83 \text{ см}^4$

3)Шов №3 => ; $W_3 = -1,65$; $y_3 = -10,06$; $W_3 y_3 = 16,6 \text{ см}^4$

4)Шов №4 => ; $W_4 = -1,7$; $y_4 = -14,06$; $W_4 y_4 = 23,9 \text{ см}^4$

5)Шов №5 => ; $W_5 = -0,08$; $y_5 = -19,06$; $W_5 y_5 = 1,66 \text{ см}^4$

6)Шов №6 => ; $W_6 = -0,2$; $y_6 = 2,19$; $W_6 y_6 = -0,44 \text{ см}^4$

$\sum V_i y_i = 17,89 \text{ см}^4$

$\varphi = 74,91 + 17,89 / 84273,3 = 0,0011$ (кут повороту поперечних перетинів)

$f = 0,0011 \cdot 364 / 8 = 0,05 \text{ см} = 0,5 \text{ мм}$. : Допуск = $\pm 3 \text{ мм}$

Виходячи з результатів розрахунків, видно, що деформації є допустимими і не перевищують допуск, встановлений стандартом.

Висновки:

1. Для виготовлення балки обрано спосіб механізованого зварювання дротом Св-08Г2С у суміші газів $\text{Ar} + \text{CO}_2$

2. Проведено розрахунки двох типів з'єднання. Режими для ТЗ і Н1, $I_{\text{зв}} = 215 \text{ А}$; $U_{\text{зв}} = 29 \text{ В}$, для обох з'єднань однакові; $V_{\text{зв}} = 8,7 \text{ м/год}$, для Н1 = 30 м/год, м/год; погонна енергія $q_{\text{п}}$ для ТЗ = 19484 Дж/см, для Н1 = 5567 Дж/см.

3. Для усіх видів з'єднання при механізованому зварюванні утворюється бейнітно -

мартенситна (Б+М) структура . Твердість 335 HV, яка задовольняє вимогам.

4.Виконано розрахунок зварювальних деформацій повздовжньої балки платформи, показано що деформації не перевищують допуск, встановлений стандартом.

3. Технологічний процес виготовлення поздовжньої балки платформи скраповоза

3.1 Принципова послідовність складання та зварювання

Складання балки пропонується виконувати відповідно за структурною схемою, наведеній на рис. 3.1.

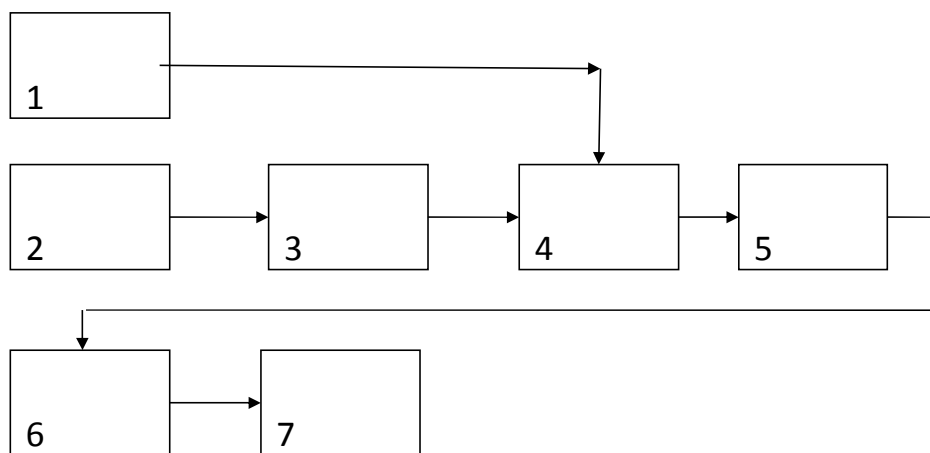


Рис.3.1. Структурна схема технологічного процесу виготовлення поздовжньої

балки: 1-пластина+нижня полиця; 2-стінка + верхня полиця; 3-ребра жорсткості + конструкція; 4-нижня полиця + пластини + конструкція; 5-нижня стінка + конструкція; 6-нижні ребра жорсткості + конструкція; 7-контроль якості.

Мета складання полягає в забезпеченні правильного взаємного розташування і закріплення складових зварної конструкції перед зварюванням. Для виконання складальних операцій слід використовувати плити для закріплення. Складання закінчується установкою прихоплень. Відкалібровані і очищені від окалини деталі з обробленими поздовжніми краями поступають на складальний пристрій [9].

Послідовність операцій складання наведена на рис. 3.2.

ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ БАЛКИ

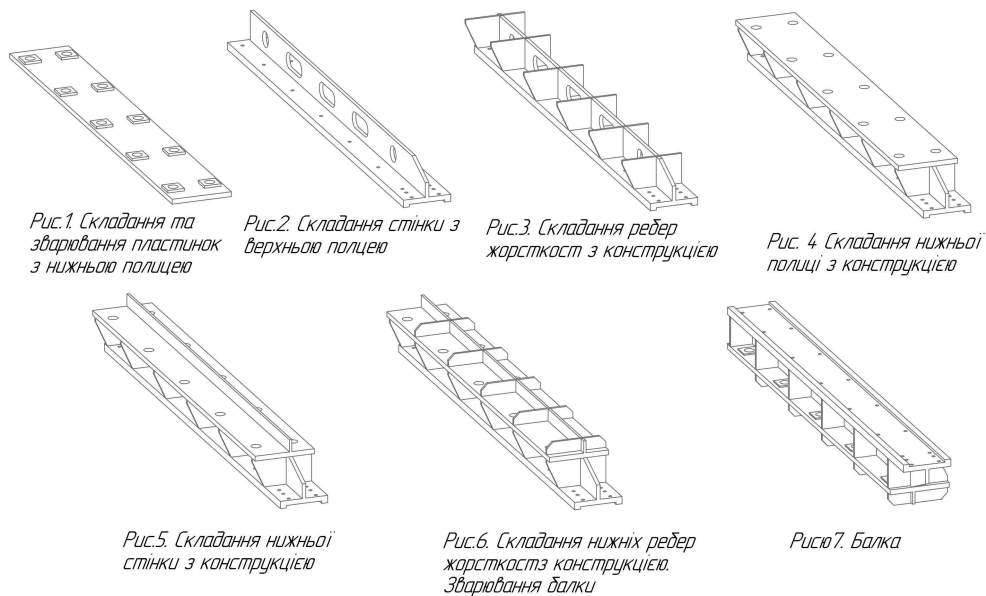


Рис. 3.2

3.2. Технологічна послідовність складання балки

При складанні балки всі елементи конструкції закріплюються на прихопленнях, які виконуються ручним дуговим зварюванням. На кожне з'єднання ставляться по 3-5 прихоплення довжиною 10 мм. Катет прихоплення має бути не менше 5мм – це необхідна умова для повного переплавлення прихоплення у процесі зварювання. Прихоплення виконуються апаратом для механізованого зварювання КП – 007.

Складання балки слід розпочинати зі складання пластинок з нижньою полицею (рис.3.2.Рис.1). Нижня полиця має розміри: (3640×500×20) мм; пластина(140×140×30)мм.

Подати нижню полицю на складальну плиту і за розміткою встановити і закріпити на прихоплення пластины.

Подати стінку з верхньою полицею(рис.3.2.Рис.2). Верхня полиця має розміри: (3940×400×40) мм; стінка(3940×145×30)мм.

Подати верхню полицю на складальну плиту , закріпити за допомогою струбцин, фіксаторів. Подати стінку на складальну плиту і за розміткою встановити і закріпити її на верхньої полиці за допомогою прихоплень .

Скласти ребра жорсткості (п.6; п.7) з конструкцією (рис.3.2.Рис.3.) Ребра жорсткості мають розміри: п.7 (245×290×30) мм; п.6 (245×190×30) мм. Подати ребра жорсткості на складальну плиту і за розміткою закріпити на прихоплення .

Скласти нижню полицю з конструкцією (рис.3.2.Рис.4.). Подати підвузол (нижня полиця з пластинами) на складальну плиту і за розміткою закріпить на прихоплення.

Скласти нижню стінку з конструкцією (рис. 3.2.Рис.5). Подати стінку нижню на складальну плиту і за розміткою закріпити на прихоплення.

Скласти нижні ребра жорсткості(п.8; п.9). з конструкцією (рис.3.2.Рис.6). Розміри нижніх ребер жорсткості : п.7 (290×110×20) мм; п.6 (190×110×20) мм. Подати ребра жорсткості на складальну плиту і за розміткою закріпити на прихоплення .

Після повного складання балка підлягає зварюванню. Вибір такої послідовності робіт пов'язаний з тим, що використання повного складання забезпечує підвищену жорсткість конструкції, що зменшує очікувані зварювальні деформації. Зварювання виконується в напрямку від середини балки до її країв чарунковим методом (при зварюванні ребер жорсткості послідовно зварити спочатку всі вертикальні шви з обох боків, потім горизонтальні в такому ж порядку). При необхідності кантування виробу потрібно враховувати, щоб більшість швів виконувалася у нижньому положенні. Зварювання таврових швів виконувати нахиленим електродом.

Зварювання механізоване в середовищі захисних газів (апаратом для механізованого зварювання КП – 007).

Зачищування швів виконати за допомогою пневмотурбінки.

Контроль якості швів та здавання балки ВТК є заключною операцією технологічного процесу.

Фарбування балки - ґрунтування (механізоване) – фарбопульт.

Фарбування балки – фарбування: емаль алкідна "Пилот" 2 – фарбопульт.

Здавання балки ВТК.

3.3. Обґрунтування вибору зварювального устаткування

До зварювального обладнання висуваються вимоги до якості та продуктивності технологічного процесу, надійності роботи, ергономічних показників обладнання, раціональної витрати матеріалів і електроенергії, мінімальної ціни обладнання [4].

Забезпечення високої якості зварних з'єднань вимагає:

- ✓ точного складання і фіксації зварюваних з'єднань в робочій зоні з врахуванням особливостей заготовки (відхилень від номінальних розмірів та форми, окалина, бризки металу тощо) і зварних деформацій;
- ✓ надійного захисту зварювальної ванни від впливу атмосфери шляхом подачі в зону зварювання захисного газу, флюсу, використання самозахисних зварювальних дротів, вакуумних камер і ін.;
- ✓ застосування прогресивних технологій (форсовані режими, багато дугове та багато електродне зварювання, стрічкові електроди і т.п.);
- ✓ забезпечення заданого положення і орієнтації джерела нагрівання відносно зварюваного з'єднання з компенсацією випадкових відхилень лінії з'єднання від розрахункового положення;
- ✓ підтримування заданих значень параметрів процесу зварювання або їх зміна за заданим законом з врахуванням випадкових відхилень параметрів з'єднання, підготовленого до зварювання, від номінальних значень;

Висока продуктивність досягається застосуванням механізації, автоматизації і роботизації зварювального виробництва. Автоматизація і роботизації зварювального виробництва. Автоматизація і роботизація є факторами суттєвого покращення якості і стабільності характеристик з'єднань.

Висока надійність зварювального обладнання, яка є одним з найважливіших факторів забезпечення якості зварного шва і продуктивності, досягається:

- ✓ забезпеченням стабільної роботи обладнання в умовах (залежно від методу зварювання) високої температури поблизу зони зварювання і зварного шва, потужного нестационарного магнітного поля, інтенсивного світлового випромінювання, розбризкування розплавленого металу, інтенсивного виділення пилу чи аерозолів;

- ✓ підвищення ресурсу роботи швидкозношуваних елементів;

- ✓ використанням сучасних засобів контролю стану і діагностики та усунення несправностей за рахунок швидкозмінних деталей, блоків та пристроїв;

Мінімізація вартості обладнання та вартості його технічного обслуговування досягається:

- ✓ мінімізацією витрати матеріалів на зварювальне обладнання і трудомісткості його виготовлення;

- ✓ вибором або створенням обладнання з оптимальним набором функцій для виконання певних задач (без надлишковості);

Для механізованого зварювання в захисному газі використовуємо комплектний зварювальний апарат КП -007 виробництва Каховського заводу електрозварювального устаткування.



Рис. 3.3. Комплектний зварювальний апарат КП-007

Таблиця 3.1 Технічні характеристики апарата КП-007

Параметри	Показники
Зварювальний струм, А	60-630
Діаметр дроту: суцільного/порошкового мм	1,2-2,0 / 0,8-2,0
Швидкість подавання дроту, м/год	120-1200
Регулювання швидкості подавання дроту	плавне
Маса касети з електродним дротом, кг	15
Витрати захисного газу, л/год	480-1400
Маса подавального механізму, кг	12,2

З джерел живлення для механізованого зварювання рекомендуються зварювальні випрямлячі виробництва Каховського заводу електрозварювального устаткування. Обираємо випрямляч марки КИУ 301 – універсальні зварювальні випрямлячі для комплектації зварювальних напівавтоматів і автоматів для зварювання в середовищі захисних газів і під флюсом, а також для ручного дугового зварювання, різання штучними електродами всіх типів на прямій і зворотній полярності. Технічна порівняльна характеристика випрямлячів наведена у таблиці 3.1.

Технічна характеристика зварювальних випрямлячів

Таблиця 3.1 Технічні характеристики випрямляча КИУ 301

Технічна характеристика	КИУ301
Номинальний зварювальний струм, А	315
Межі регулювання зварювального	

струму:	
спадна	50-315
жорстка	60-315
Споживана потужність, кВА	24
Напруга холостого ходу, В	72
Маса, кг	190

В дипломному проекті пропонується для зварювання балки використовувати комплектний зварювальний апарат КП – 007 і зварювальний випрямляч КИУ 301 українського виробництва.

3.4.Контроль якості зварних з'єднань.

1. Відділ технічного контролю оформлює звіт щодо якості зварних швів, де необхідно визначити причини, через які виникають дефекти швів; розробляються заходи щодо їх запобігання, виправлення цих дефектів.

2. Прийом зварних швів здійснюється відділом технічного контролю (ВТК) заводу на підставі результатів контролю:

- кваліфікація зварників;
- якість зварювальних та зварюваних матеріалів;
- зварювальне обладнання, інструменти, оснастка;
- окремих операцій складально – зварювальних робіт (якість зварювання, зварювальні технології);
- якість зварних швів, які контролюються зовнішнім оглядом, гаммаграфуванням, УЗК, випробування на непроникність і герметичність.

3. Контроль кваліфікацій зварників. Зварники сертифіковані відповідно до галузевих нормативних документів допускаються до виконання відповідальних зварювальних робіт. ВТК перевіряє наявність у зварників посвідчень. За відсутності сертифікату у зварника – він до роботи не допускається.

4. Контроль основного і зварювальних матеріалів:

- матеріали, що використовуються при виготовленні зварних конструкцій, до запуску у виробництво повинні перевірятися ВТК на відповідність вимогам технічних умов і стандартів;

- підготовка зварюваних і зварювальних матеріалів (очищення, знежирення, прожарювання) перевіряються ВТК на відповідність основним положенням щодо зварювання;

5. Контроль якості зварювального устаткування, інструментів, оснастки. Під час контролю стану зварювального устаткування необхідно визначити:

а) відповідність стану зварювального устаткування вимогам технічної документації з обслуговування;

б) здатність застосованим устаткуванням забезпечити режим зварювання, зазначені в технологічному процесі на виготовлення конструкції;

в) правильність підключення зварювального устаткування для забезпечення необхідної полярності зварювання;

г) завчасний метрологічний нагляд вимірювальних приладів;

- контроль стану зварювального устаткування виконується службою технічного контролю періодично, але не менше одного разу на квартал.

Контроль комплектності і полярності підключення устаткування на початку робочої зміни виконує виробничий майстер зі зварювання;

в процесі виконання зварювальних робіт правильність показань вимірювальних приладів зварювального устаткування переносними вимірювальними приладами не менше одного разу на квартал.

6. Контроль стану конструкції перед зварюванням і технології зварювання:

- ✓ безпосередньо перед зварюванням виробничий майстер проводить перевірку чистоти зварювальних поверхонь і передати їх майстру ВТК;
- ✓ в процесі зварювання конструкції, виробничий майстер зі зварювання і майстер ВТК контролюють:
- ✓ виконання технологічних вказівок стосовно зварювання, дотримання заходів щодо усунення деформацій, а також заходів, передбачених під час зварювання на відкритому повітрі;
- ✓ дотримання послідовності правильності виконання швів, передбачених змінами зварювання і технічною документацією;
- ✓ відповідність якості і стану зварювальних матеріалів стандартам і технічним умовам;
- ✓ у разі порушення заданої технології зварювання, невиконання вимог технологічних заходів, використання неперевірених матеріалів або не відповідних вимогам технологічної документації, служба технічного контролю або виробничий майстер повинні зупинити зварювальні роботи на конструкції, на якій виявлені порушення до їх усунення.

7. Контроль швів зовнішнім оглядом і вимірюваннями:

- зовнішньому огляду підлягають всі зварні шви на всій їх довжині з обох боків. Його виконують до контролю іншими методами;
- перед контролем зовнішнім оглядом і вимірюваннями зварні шви повинні бути очищені від шлаку, іншого забруднення;
- контролем вимірюванням визначається відповідність розмірів швів вимогам креслень;
- вимірювання здійснюються через кожний метр шва, але не менше одного вимірювання на кожному шві, а також в місцях, де зовнішнім оглядом установлені відхилення від допустимих розмірів;
- закінчені шви контролюються гаммографуванням або ультразвуком і, у разі необхідності, на герметичність та непроникність [9].

3.5. Можливі дефекти зварних з'єднань і способи виявлення, виправлення, запобігання.

До дефектів зварних з'єднань за ГОСТ 19232-73 відноситься невідповідність характеристик вимогам, що передбачені нормативами. Дефекти у швах призводять до зменшення міцності і зниження експлуатаційної надійності зварних конструкцій. Найпоширеніші дефекти: непровар, неповномірний шов, проплавлення, підрізи, пористість, тріщини.

Непровар – несплавлення металу шва з основним металом.

Неповномірний шов виходить у випадку, якщо глибина проплавлення менше запланованої. Такий дефект легко виправляється додатковим наплавленням або повторним зварюванням.

Проплавлення – повне розплавлення металу при якісному з'єднанні деталей. Причина – надлишок тепла при зварюванні. Пропалювання - часткове проплавлення основного металу з утворенням пустої порожнини. Найчастіше пропалювання спостерігаються при зварюванні тонкостінних деталей.

Підріз - виплавлення або вигорання металу по границях зварного шва. Підріз зменшує товщину металу і з'єднання і знижує міцність.

Пористість – наявність газів у зварному шві.

Тріщини у зварних швах з'являються під впливом високих внутрішніх напружень в основному і наплавленому металах. Наявність тріщин у зварних з'єднаннях - недопустиме.

Причини появи дефектів. Підрізи, напливи, пропалювання з'являються внаслідок надмірної сили струму і напруги на дузі, великого діаметру електроду, неправильного руху електроду в процесі зварювання, неправильного складання перед зварюванням, низької кваліфікації зварювальника.

Газові пори і свищі з'являються внаслідок:

- 1) брудного або іржавого основного або припадного металу;
- 2) вологих (електроду, флюсу, порошкового дроту);
- 3) підвищеного вмісту вуглецю в наплавленому металу;
- 4) довгої дуги при зварюванні;
- 5) частого відриву полум'я пальника;
- 6) поганого газового захисту;
- 7) пришвидшеного зварювання;
- 8) швидкого затвердіння наплавленого металу.

Шлакові включення можуть з'явитися внаслідок: а) недостатнього розкислення металу шва; б) тугоплавкості шлаків; в) поганого зачищення поверхні крайок і окремих шарів при багатошаровому зварюванні; г) затікання шлаків у зазори між крайками.

Тріщини у шві і у зоні термічного впливу можуть з'явитися внаслідок:

- а) підвищеної кількості наплавленого металу; б) неправильного вибору зварювальних матеріалів; в) підвищеного вмісту сірки, фосфору, вуглецю; г) наявності не проварів; д) зварювання без попереднього або супутнього підігріву.

Поверхнєве окислення може з'явитися внаслідок: а) окислювального полум'я; б) неправильного вибору режиму зварювання; в) тривалого нагрівання зварювальної ванни при температурі, що перевищує температуру плавлення металу.

Непровари можуть з'явитися внаслідок : а) неякісного очищення крайок; б) підвищеної швидкості зварювання; в) неправильного кута нахилу електрода або пальника; г) не центрованого напрямку дуги; д) занадто великого розміру діаметра електрода чи пальника.

Одержання високоякісних і надійних зварних з'єднань залежить від правильного обрання методів контролю зварних швів.

ВИСНОВКИ

1.Розроблено технологію складання та зварювання балки із застосуванням складального і зварювального обладнання та матеріалів.

2.Обрано зварювальне обладнання , яке забезпечить стійке горіння дуги при різних видах зварювання. Для механізованого зварювання в середовищі захисних газів пропонується використати механізм подачі КП – 007 з джерелом живлення КИУ – 301.

3.Зварювання виконується механізованим способом у суміші захисних газів ($\text{Ar} + 18 \% \text{CO}_2$), у якості зварювальних матеріалів для механізованого способу зварювання використано дріт Св-08Г2С , що дозволить істотно зменшити розбризкування електродного металу.

4. Охорона праці під час проведення зварювальних робіт при виготовленні повздожньої балки

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

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

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує.

Завдання охорони праці – звести до мінімальної ймовірності ураження або захворювання робітника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До небезпечних відносять виробничі фактори, вплив яких на робітника в певних умовах приведе до травми або раптового різкого погіршення здоров'я; до шкідливих – виробничі фактори, вплив яких на робітників певних умовах приведе до захворювання або зниження працездатності.

До небезпечних факторів відносять відкриті струмоведучі частини устаткування, деталі машин і механізмів, що рухаються, розпечені тіла, можливість падіння з висоти самого робітника або деталей і предметів, наявністю балонів, цистерн зі стислими або шкідливими речовинами і т.п. До шкідливих факторів відносять шкідливі домішки в повітрі, несприятливі метеорологічні умови, промениста теплова, недостатнє освітлення, вібрація, шум, ультразвук і інфразвук,

іонізуюче і лазерне випромінювання, електромагнітні поля, напруженість і тяжка праця, наявність шкідливих мікроорганізмів і т.п.

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

Нещасний випадок на виробництві – вплив на робітника небезпечного виробничого фактора при виконанні їм трудових обов’язків або завдання керівника робіт.

Вплив на людину шкідливого виробничого фактора може привести до професійного захворювання, наприклад, пневмоколіозу у шахтарів, що практично не зустрічається в побуті, а гостре респираторне захворювання може виникнути через несприятливі метеорологічні умови як на виробництві, так і в побуті. Результатом нещасного випадку є травма - ушкодження тканин організму і порушення його функцій зовнішнім впливом.

Виробнича санітарія – це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на робітника шкідливих виробничих факторів. До виробничої санітарії відносять гігієну праці (область профілактичної медицини, що вивчає умови збереження здоров’я на виробництві, і заходу, що сприяють цьому), а також технічні засоби: пристрої вентиляції, опалення, кондиціонування повітря, тепло-, газо- і водопостачання, каналізації, очищення і нейтралізації викидів шкідливих речовин в атмосферу і водойми, освітлення, захист людини від вібрації, шуму, дії шкідливих випромінювань і полів, санітарні і побутові спорудження .

Техніка безпеки – це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають впливу на робітника небезпечних виробничих факторів.

Пожежна і вибухобезпека – це система організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на профілактику і ліквідацію пожеж і вибухів, обмеження їх наслідків.

Застосування засобів колективного і індивідуального захисту є одним з найпоширеніших заходів попередження несприятливого впливу на робітника небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

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

14 жовтня 1992 року Верховною Радою України був прийнятий закон «Про охорону праці», де зазначений основний принцип державної політики в області охорони праці : »...комплексного рішення задач охорони праці на основі національних програм, з цих питань і з урахуванням інших напрямків економічної і соціальної політики , досягнень в області науки, техніки і охорони навколишнього середовища..., соціального захисту працівників повного відшкодування збитку особам, що постраждали від нещасних випадків на виробництві....., встановлення середніх нормативів по охороні праці для підприємств.»

Дійсний закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян по охороні їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності , регулює при участі відповідних державних органів відносини між підприємствами і працівниками з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, і встановлює єдиний порядок організаціям по охороні праці в Україні.

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при проведенні складально – зварювальних робіт і заходи щодо їх усунення

Виготовлення балки супроводжується комплексом небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Найбільш небезпечним шкідливим фактором практично для всіх способів дугового зварювання – є утворення і надходження в повітря робочої зони зварювальних аерозолів, що містять токсичні речовини. Хімічний склад, валові і питомі виділення зварювального аерозолу залежать від виду покриття електроду, хімічного складу дроту, діаметру дроту, виду захисного газу або флюсу або від режиму зварювання. Тривалий вплив на організм зварювальників аерозолем може

привести до виникнення таких професійних захворювань, як пневмоконіоз, пиловий бронхіт і інтоксикація металами і газами.

Для істотного зниження надходження зварювального аерозолю в повітря робочої зони необхідно комплексне сполучення технологічних і санітарних-технічних заходів. Тому, відповідно до вимог ДСТУ 2496-94, при розробці технологічних процесів дугового зварювання варто передбачати максимально можливу механізацію і автоматизацію процесу, при виборі зварювальних матеріалів-віддавати перевагу електродам, зварювальним дротам, флюсам і захисним газам, застосування яких супроводжується мінімальним виділенням шкідливих речовин, а також передбачати застосування засобів колективного захисту (системи загальної обмінної і місцевої вентиляції; відсоси, вбудовані у зварювальне устаткування).

З технологічних заходів найбільш прості – правильний вибір режимів зварювання і зварювальних матеріалів, що забезпечують мінімальне виділення аерозолю. Так в якості захисного газу рекомендуються гази зі зниженою окисною здатністю – газові суміші на основі аргону замість вуглекислого газу. Застосовувати малі діаметри зварювального дроту – інтенсивність утворення аерозолю від них знижується.

Для найбільш повного зниження зварювального аерозолю з робочої зони необхідно застосовувати ефективні місцеві відсоси (пальники з вбудованим відсосом, гнучкі надстінні відсоси, вентилятори із гнучким воздуховодом і фільтровентиляційні агрегати) у комбінації із загальною обмінною приточно-витяжною вентиляцією. Повітря, що виходить з виробничих приміщень в атмосферу повинно бути очищено від всіх шкідливих речовин, що утворюються при використанні способів зварювання.

Дугове зварювання, за винятком зварювання під флюсом, супроводжується оптичним випромінюванням в ультра фіолетових, видимих і інфрачервоних діапазонах, що багаторазово перевищує допустиму для ока величину. Інтенсивність оптичного випромінювання зварювальної дуги і його спектральні характеристики залежать від потужності дуги, способу зварювання, виду зварювальних матеріалів і

захисних газів. При відсутності засобів індивідуального захисту можливе враження органів зору (електорофтальмія, катаракта) і шкірних покривів (опіки та інше).

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

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

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом.

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

Шум на робочих місцях при дуговому зварюванні є чинником помірної інтенсивності. Джерела шуму – зварювальна дуга, джерела живлення і пневмоприводи. Рівень шуму від зварювальної дуги визначається стабільністю її горіння. Тому при зварюванні покритими електродами і іншими зварювальними матеріалами, у складі яких присутні елементи – стабілізатори дуги, рівень шуму не перевищує припустимі рівні звукового тиску. При зварюванні у вуглекислому газі, особливо дротом суцільного перерізу, що не відрізняється високою стабільністю горіння дуги, рівні звукового тиску залежно від режиму зварювання можуть бути на 4-25 дБ(А) більше припустимих значень.

Користуватися засобами індивідуального захисту (навушники) і т.д.

Розбризкування металу при зварюванні також наслідок нестабільного горіння дуги: при зварюванні у вуглекислому газі дротом суцільного перетину воно досягає 15%, істотно менше при використанні покритих електродів і порошкових дротів, відсутній зовсім при зварюванні під флюсом. Бризки, іскри і викиди розплавленого металу і шлаків при відсутності засобів захисту можуть бути причиною опіку шкірних покривів, травмування органів зору, а також підвищують небезпеку виникнення пожеж.

Небезпечним для життя людини вважається напруга більше 42 В змінного й 110 В постійного струму для приміщень зварювальних цехів і 12 В для особливо небезпечних умов (сирі приміщення, замкнуті металеві обсяги). Однак ці значення напруги є досить умовними, оскільки небезпека враження електричним струмом істотно залежить від індивідуальних особливостей організму і навколишніх умов. Наявність навіть малих кількостей алкоголю в крові різко знижує електричний опір тіла людини. Мокра або пітна шкіра має в багато разів більшу електропровідність, підвищуючи тим самим небезпеку враження струмом.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт забороняється вживати спиртні напої; користуватися тільки сухим і чистим спецодягом; дотримуватися правил електробезпеки.

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

Динамічна перенапруга пов'язана з виконанням важких допоміжних робіт: доставка на робоче місце заготівель, зварювальних матеріалів, підйом і перенесення

пристосувань, поворот вузлів, що зварюють. Такі навантаження приводять до стомленості зварювальників і погіршення якості зварювальних швів.

Для зниження навантажень варто застосовувати засоби механізації зварювання (зварювальні маніпулятори, позиціонери, роликові стенди і т.п.)

Слід зазначити, що крім зазначених небезпечних і шкідливих факторів при електродугових процесах відзначається іонізація повітря робочої зони з утворенням іонів обох полярностей. Причиною цього є електрична і термічна іонізація в результаті електродугового процесу, а також вплив ультрафіолетового випромінювання дуги на повітря. Підвищена або знижена концентрація негативно або позитивно заряджених іонів у повітрі робочої зони також може негативно сприяти на самопочуття і здоров'я робітників.

При дуговому зварюванні в захисних газах додатково з'являються небезпечні фактори (балони під тиском), які можуть стати причиною вибуху і пожежі.

4.2 Охорона навколишнього середовища.

Охорона навколишнього середовища і раціональне використання його ресурсів в умовах інтенсивного росту промислового виробництва стала однією з актуальних проблем сучасності.

XX століття закінчилося формуванням і зростанням глобальної кризи цивілізації в усіх напрямках – соціальному, духовному, демографічному, економічному, екологічному. Про це свідчать жорсткі сутички людини з навколишнім середовищем в усіх регіонах земної кулі. Науково-технічний прогрес, швидкість якого на декілька порядків перевищує швидкість створення біосферою нових видів організмів, які були б адаптовані до змінених людиною умов існування, породжує дедалі нові джерела збурення, тиску на біосферу, її забруднення, знищення природних ресурсів, катастрофічне зменшення біорозмаїття. А економіка, що керується силами і законами ринку активно втілює в життя все потужніші технології, які дедалі більше знищують довкілля. Результатом активного розвитку економіки стали непередбачувані швидкі загрозливі зміни клімату, повітря, ґрунти, поверхневі води перестали бути відновними ресурсами.

Цивілізація виникла в середині біосфери, є її частиною, і без біосфери існувати не може. Незважаючи на це, люди продовжують вести спосіб життя, що суперечить екологічним законам, сподіваючись на свою технічну могутність та наукові досягнення, які допоможуть вижити.

Тому в суспільстві різко зростає роль технічної екології, призначеної оцінювати ступінь шкоди, яка завдається природі та навколишньому середовищу та розробити інженерно-технічні засоби захисту, розвивати основи здійснення замкнутих та безвідходних технологічних циклів.

Необхідність охорони навколишнього середовища, відображена в законах нашої країни. Веховна Рада України прийняла закон України «Про охорону атмосферного повітря».. що спрямований на збереження атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини, а також запобігання шкідливого впливу на навколишнє середовище. Він визначає правові, організаційні основи в області охорони і використання атмосферного повітря.

Отже, можна сказати про кілька основних напрямків охорони біосфери, які в результаті ведуть до створення безвідходних технологій:

- ✓ Розробка і впровадження принципово нових технологічних процесів і систем, що працюють в замкненому циклі і дозволяють виключити утворення основної кількості відходів;
- ✓ Переробка відходів виробництва і споживання (вторинна сировина);
- ✓ Створення безстічних технологічних систем і водооборотних циклів на базі ефективних методів очищення стічних водоймів;
- ✓ Створення територіально-промислових комплексів із замкнутою структурою матеріальних потоків сировини і відходів у комплексі.

4.3. Розробка правил техніки безпеки при виконанні складально-зварювальних робіт

Основні вимоги по безпечному проведенню складально – зварювальних робіт повинні задовольняти систему стандартів безпеки праці, а також ДСТУ 2456-94 «Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки», ГОСТ 12.2.003 «Правила устройства электроустановок», ГОСТ 12.2.049 «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.2.007.8 «Правила технической эксплуатации установок потребителей».

Відповідальність за дотримання цих вимог покладається на керівника підрозділу, ділянки або цеху.

До складально – зварювальних робіт допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли спеціальне навчання і мають посвідчення на право проведення робіт і кваліфікаційну групу по техніці безпеки.

Кожен електрозварювальник при прийомі на роботу або при допуску до цієї роботи повинен пройти вступний інструктаж (загальний) з техніки безпеки і виробничої санітарії, а також інструктаж безпосередньо на робочому місці, який потрібно проводити при кожному переході на іншу роботу або при зміні умов праці. Крім того, повторний інструктаж необхідно проводити для всіх робітників не рідше одного разу в 3 місяці. Проведення інструктажу реєструється в спеціальному журналі.

Зварювальник повинен щорічно здавати іспит на знання техніки безпеки. Крім того, зварювальник повинен знати правила надання першої допомоги при ураженні електричним струмом, при опіках, отруєнні, тепловому ударі або механічному впливі, а також правила техніки безпеки.

Не рідше одного разу в рік зварювальник повинен проходити медичний огляд. При проведенні складально – зварювальних робіт електрозварювальник зобов'язаний дотримуватися правил техніки безпеки згідно місцевим нормативним документам, адміністрація підприємства створити умови для правильного і безпечного виконання цих робіт.

Складально – зварювальні роботи необхідно виконувати:

- В спецодязі, який складається з костюму виготовленого з брезенту з термостійким, іскростійким і вогнестійким просоченням (всесезонного (ТУ 17 України 14-15-94) або літнього(ТУ 17 України 14-15-94) варіанту), головного убору без козирка, робочих черевик або чобіт на діелектричній підшві, без металевих цвяхів та рукавиць за ДСТ 12.4.010;
- В сухому не загромадженому робочому місці з достатнім освітленням та з достатньою загальною і місцевою вентиляцією.

Забороняється:

- Працювати на несправній апаратурі, яка не відповідає техніки безпеки; застосовувати замість електропроводу рейки, труби, прутковий метал; працювати без спецодязі і інших засобів; працювати при недостатньому освітленні робочого місця; торкатися нагрітих зон голими руками;
- Вмикати наплавочну апаратуру, а потім рубильник;
- Видаляти флюс з валика, якщо шлакова корка ще не потемніла;
- Проводити очищення поверхні наплавленого металу, якщо шлакова корка ще не потемніла;
- Не сідати на зварювальні випрямлячі або апаратні шафи – це небезпечно для життя;
- Підключати до мережі і відключати від неї електрозварювальне устаткування, а також спостерігати за його станом у процесі експлуатації. Цим повинні займатися електромонтери, що мають кваліфікацію не нижче третього розряду і групу безпеки не нижче третього;
- Не допускати зберігання горючих матеріалів поблизу проведення наплавочних робіт;
- Залишати ввімкненою апаратуру на короткі відлучки;
- Розмовляти з іншими людьми при ввімкненому устаткуванні;

4.4. Розрахунок місцевої вентиляції складально-зварювального цеху

Для виконання зварних з'єднань у середовищі захисного газу $Ar + 18\% CO_2$ на робочому місці необхідне застосування місцевої вентиляції. «Ціклон»

Переріз повітроприймного пристрою має форму кола:

$$d_0 = 0,3 \text{ м.}$$

Діаметр повітроводу визначимо за формулою:

$$d = \frac{F}{\pi a_s} \quad (4.19)$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \quad (4.20)$$

Підставимо значення у формулу й одержимо:

$$d = \frac{3,14(0,3)^2}{4} * \frac{1}{2 * 3,14 \frac{0,3}{2}} = 0,075 \text{ м.}$$

Швидкість руху повітря у повітроприймачі дорівнює:

$$V_b = \frac{V_T l^2}{k d^2}, \quad (4.21)$$

де V_T - швидкість виділення шкідливих речовин у якій-небудь точці або перетині, м/с;

l – відстань точки, що обмежує швидкість руху потоку, від вхідного перерізу повітроприймача, м;

d – гідравлічний діаметр повітроприймача, м.

$$V_T = 0,5 \text{ м/с;}$$

$$l = 0,09 \text{ м.}$$

$$V_v = \frac{0,3 \cdot 0,09^2}{0,07 \cdot 0,075^2} = 6 \text{ м/с.}$$

Кількість повітря, необхідне для видалення шкідливих речовин одним пилогазоприймачем дорівнює:

$$Q_H = V_v S_v \cdot 3600, \quad (4.22)$$

де S_v – швидкість вхідного перерізу пилогазоприймача;

V_v – швидкість руху у повітроприймачі.

$$Q_H = 95 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Загальна кількість повітря, необхідна для місцевої вентиляції:

$$Q_M = n \cdot Q_H,$$

де Q_H – кількість повітря для видалення шкідливих речовин від одного джерела, $\text{м}^3/\text{год}$;

n – кількість джерел, що виділяють шкідливу речовину.

$$Q_M = 7 \cdot 95 = 665 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Схема місцевої вентиляції приведена на рис.4.1.

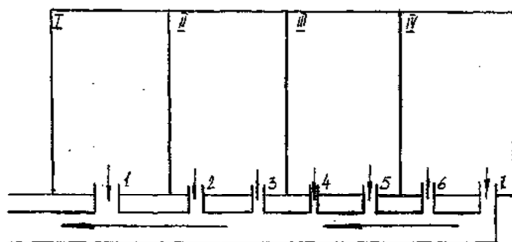


Рис. 4.1. Схема місцевої вентиляції

Діаметр на ділянці 1-2 визначається:

$$d_{1-2} = \sqrt{\frac{4Q_{1-2}}{3600\pi V_B}} = \sqrt{\frac{4*665}{3600*6*3,14}} = 0,2 \text{ м}, \quad (4.23)$$

де Q_{1-2} кількість повітря, що проходить через ділянку 1- 2, $\text{м}^3/\text{год}$;

V_B - швидкість руху повітря у повітроводі, $\text{м}/\text{год}$.

Втрати на тертя на ділянці 1-2 визначаються:

$$H_{\text{тр}} = \frac{\rho \lambda L V_B^2}{2d}, \quad (4.24)$$

де $\lambda = 0,03$ - коефіцієнт гідравлічних втрат;

L - довжина прямолінійної ділянки, м ;

$L_{1-2} = 8 \text{ м}$.

$L_{2-3} = 3 \text{ м}$.

Звідси одержимо:

$$H_{\text{тр}} = \frac{1,226*0,03*8*6^2}{2*0,2} = 26,5 \text{ кгс} / \text{м}^2 = 265 \text{ Па}.$$

Місцеві втрати на цій ділянці рівні:

$$H_{\text{м}} = \frac{\xi V_B^2 \rho}{2}, \quad (4.25)$$

де $\xi = 1,2$ — коефіцієнт місцевого опору;

$\rho = 1,226 \text{ кг}/\text{м}^3$ - щільність повітря.

$$H_{\text{м}} = \frac{0,03*1,226*6^2*3}{2} = 265 \text{ Па}.$$

Для прямолінійної ділянки 2- 3 утрати на тертя:

$$H_{\text{м}} = \frac{0,03*1,226*6^2*3}{2*0,2} = 100 \text{ Па}.$$

Аналогічно визначимо втрати напору на всіх інших ділянках, отримані втрати просумуємо:

$$\Sigma = 109,5 \text{ кгс/м}^2 = 1095 \text{ Па.}$$

Вибираємо вентилятор ВНИИСТО серії ЗВР № 2, його дані:

$$Q = 1000 \text{ м}^3/\text{год}, N = 1 \text{ кВт}, H = 92 \text{ кг/м}^2, \eta = 0,55.$$

Коефіцієнт R у вентиляторній мережі дорівнює:

$$R = \Sigma H / Q^2, \quad (4.26)$$

де ΣH – сума втрат у системі;

Q – кількість повітря, необхідне для місцевої вентиляції.

Для очищення повітря приймаємо «Циклон» НИОГаз продуктивністю $1000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Утрати напору в «Циклоні» складають 6 кг/м^2 , тоді втрати в системі дорівнюють:

$$\Sigma H = 268,5 + 6 = 274,5 \text{ Па.}$$

$$R = 274,5 / 665^2 = 6,2 \cdot 10^{-4}.$$

Висновок

1. В даному розділі дипломного проекту проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально - зварювальних робіт балки. Для забезпечення роботи в цеху слід вибирати такі технологічні процеси, при яких мінімальна кількість шкідливих речовин; використовувати необхідні засоби колективної та індивідуального захисту; виконувати вимоги санітарних норм; дотримуватись норм техніки безпеки.

2. Своєчасне виконання норм техніки безпеки, а також контроль над їх виконанням при правильній організації праці, значно знижує травматизм, професійні захворювання, а головне підвищує продуктивність праці.

5. Розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення повздовжньої балки платформи

У даному розділі дипломного проекту виконується розрахунок собівартості виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні повздовжньої балки в кількості 10 шт.

Таблиця 1.1. Вихідні дані:

Найменування показника	Значення
Річний обсяг продукції, шт.	10
Ціна 1 кг електродного дроту, грн.	54
Ціна 1 м ³ захисного газу, грн.	66,7
Ціна 1 кВт-год електроенергії, грн.	1,8855
Тарифна ставка оплати праці складальника, Гст, грн./н-год.	88
Тарифна ставка оплати праці зварника, Гст, грн./н-год.	81
Тарифна ставка оплати праці контролера, Гст, грн./н-год.	60
Ціна устаткування, грн: Випрямляча зварювального КИУ-301 Подавального механізму апарата для механізованого зварювання КПП-007	53000 10500
Довжина швів, см	43,44
Площа наплавки швів, см ²	0,605
Щільність металу, г/см ³	7,8
Коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів для зварювання, k	1,02
Потужність холостого ходу джерела струму, кВт	2,5
ККД зварювального посту	0,5
Коефіцієнт, що враховує допоміжний час, K _д	1,2
Коефіцієнт, що враховує підготовчो-заклучний час, K _{п-з}	1,04
Коефіцієнт обслуговування робочого місця, K	1,13
Коефіцієнт використання зварювального посту, K _п	0,6
Зварювальний струм, А:	215

Напруга на дузі, В:	29
Швидкість зварювання, м/год:	8,66

Технологічна собівартість C_T складається з витрат на основний матеріал, зварювальні матеріали C_M , на електроенергію C_e , на оплату праці $C_{пр}$, амортизаційні відрахування C_a та відрахування на поточний ремонт обладнання C_p . тобто:

$$C_T = C_M + C_e + C_{пр} + C_a + C_p \quad (5.1)$$

Витрати на кожний з матеріалів C_{Mi} визначається за формулою [8]

$$C_{Mi} = \Pi_{Mi} \times \Pi_{\text{Mi}}, \quad (5.2)$$

де Π_{Mi} – потреби в і-тому матеріалі; Π_{Mi} – ціна 1 кг даного матеріалу.

5.1 Затрати на зварювальні матеріали

Ці затрати визначаються в залежності від витрат. Для кожного типу зварного шва і кожного методу зварювання існують свої норми витрат матеріалів. Крім того, при визначенні кількості потрібних матеріалів враховуються і неминучі при веденні зварювання втрати.[16]

Розрахунок витрат зварювального дроту

$$H_i = G \cdot K \quad (5.3)$$

де G - маса металу, наплавленого на 1 м зварного шва; K - коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати зварювальних матеріалів.

Ця формула дозволяє зрозуміти, скільки зварювальних матеріалів буде потрібно на один метр шва:

Вага наплавленого металу, кг:

$$G_H = F_H \cdot \gamma \cdot l_{ш} \quad (5.4)$$

де F_H – площа поперечного перерізу шва, см^2 ; γ – щільність металу -7,8 г/см^3

$l_{ш}$ - довжина шва

Для зварних з'єднань № 1; №2; ГОСТ(14779-76)

$$l_{ш} = 43,44 \text{ мм}^2 = 4344 \text{ см}$$

$$F_H = 60,5 \text{ мм}^2$$

$$G_H = 20,5 \text{ кг}$$

Витрата дроту, кг:

$$G_{\text{др.}} = G_n \cdot k;$$

де k – коефіцієнт витрати дроту; $k = 1,02$;

$$G_{\text{др.}} = 20,5 \cdot 1,02 = 20,91 \text{ кг.}$$

Витрата захисного газу, кг:

$$H_r = Q_r \times G_{\text{пр.}} \quad (5.5)$$

де Q_r – питома витрата газу на 1 м шва. (0,8 від витрати електродного дроту);

$$H_r = 0,8 \cdot 20,91 = 16,73 \text{ м}^3 \text{ - на 1 м зварного шва.}$$

Захисна газова суміш.

Вартість - ціна $6 \text{ м}^3 = 400$ грн. тобто 1 м^3 суміші ($A_r + 18\% \text{CO}_2$) 66,7 грн.

Затрати на суміш

$$C_r = H_r \cdot C_g \quad (5.6)$$

де H_r – витрата газу за 1 п.м, C_g – ціна за 1 м^3 .

$$C_r = 3,35 \cdot 66,7 = 223,45 \text{ грн.}$$

5.2 Затрати на технологічну електроенергію:

$$C_e = W \cdot C_e \quad (5.7)$$

де W – повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год;

C_e – вартість 1 кВт-год. електроенергії, грн.

Витрати електроенергії визначаємо на 1 пог. м шва

$$W = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + W_0 (\tau_1 - \tau) \quad (5.8)$$

де U_d – напруга дуги, В; I_z – зварювальний струм, А; η - ККД зварювального поста;

W_0 – потужність, що витрачається джерелом живлення під час холостого ходу; τ –

час горіння дуги (основний час) ; $\tau_1 = \tau / K_p$. – повний (оперативний) час

зварювання з урахуванням коефіцієнта K_p . використання зварювального поста

(орієнтовано для зварювання у цехових умовах $K_p = 0,5 \dots 0,8$).

$$U_d = 29 \text{ В}; \quad I_z = 215 \text{ А}; \quad \eta = 0,5; \quad V_{\text{зв.}} = 8,66 \text{ м/год.};$$

$$\tau = L_{\text{ш}} / V_{\text{зв.}}; \quad (5.9)$$

$$\tau = 5,02 \text{ год. (час горіння дуги)}$$

Приймаємо $K_{\text{н.}} = 0,65$; $W_0 = 2,5 \text{ кВт.}$

$$\tau_1 = 5,02 / 0,65 = 7,72 \text{ год.}$$

$W = (29 \cdot 215 / 0,5 \cdot 1000) \cdot 5,02 + 2,5 (7,72 - 5,02) = 62,6 + 6,75 = 69,35$ кВт-год на 1 пог. м шва

$W_{зв} = 69,35 \cdot 43,44 = 3012,56$ кВт-год.

Таблиця 5.2 Витрати ресурсів та матеріалів.

$l_{ш}$ см.	F_n см	G_n кг	$G_{др.}$ кг	H_r м ³	WкВт/год
4344	0,605	20,5	20,91	16,73	3012,56

Витрати на 1 виріб :

Дрогу вартість = 54 грн/кг; $C_{др} = C_{др} \cdot \text{вар.}; C_{др} = 20,91 \cdot 54 = \underline{1129,14}$ грн.

Газу вартість = 60 грн. за 1 м³. $C_r = H_r \cdot \text{вар.}; C_r = 16,73 \cdot 60 = \underline{1003,8}$ грн.

Електроенергія $C_{e/e} = W \cdot \text{вар.}; C_{e/e} = 3012,56 \cdot 1,8855 = \underline{5680,18}$ грн.

Заробітна плата

Складання:

Таврове $T_p = (0,19 H + 0,26) \cdot (0,01435 + 0,58)$, де:

H- висота стінки, мм.; S-товщина листа, мм..

$T_p = (0,19 \cdot 0,245 + 0,26) \cdot (0,01435 + 0,58) = 0,31 \cdot 1,152 = 0,36 \cdot 1,15 = \underline{0,414}$ (н-ч)-на 1м.

шва; $0,414 \cdot 7,58$ (довжина 2-х таврових швів)=3,14 н-ч

Інші шви: (див. табл.. норміров.)

Ребра: $0,34 \cdot 6 = 2,04$; $0,3 \cdot 6 = 1,8$; $0,27 \cdot 6 = 1,62$; $0,3 \cdot 6 = 1,8$; Сума=7,26 н-ч.

Пластины: $0,42 \cdot 10 = \underline{4,2}$ н-ч

$T_{p.з} = 3,14 + 7,26 + 4,2 = \underline{14,6}$ н-ч

Вартість складання: $\Gamma_{скл} = 88$ грн/год;

$C_{скл} = [1,1 \dots 1,15] \cdot T_p \cdot \Gamma_{скл} \cdot 1,22$; $C_{скл} = 1,1 \cdot 14,6 \cdot 88 \cdot 1,22 = \underline{1724,2}$ грн

Зварювання: $\Gamma_{зв} = 81$ грн.

$T_{p.зв} = L_{шв} \cdot T_0 \cdot k_d \cdot k_3 \cdot k$; $k_d = 1,2$; $k_3 = 1,04$; $k = 1,13$;

$T_0 = m / V_{зв}$; де m- кількість проходів; $T_0 = 1 / 8,66 = \underline{0,1155}$

$T_{p.зв} = 43,44 \cdot 0,1155 \cdot 1,2 \cdot 1,04 \cdot 1,22 = \underline{7,64}$ н-ч

Вартість зварювання: $C_{зв} = 1,1 \cdot 7,64 \cdot 81 \cdot 1,22 = \underline{830,48}$ грн

Контроль 1 см – 2 хв. (для кутових швів); $\Gamma_{зв} = 60$ грн.; $43,44 \cdot 2 = 86,88$ хв=1,448

н-ч

Вартість контролю: $C_k = 1,1 \cdot 1,448 \cdot 60 \cdot 1,22 = \underline{116,6}$ грн

Затрати на рік

$$C_{\text{др}} = 1129,14 \cdot 10 = 11291,4 \text{ грн.}; C_{\text{г}} = 1003,8 \cdot 10 = 10038 \text{ грн.}; C_{\text{м}} = \underline{21324,9 \text{ грн}}$$

$$C_{\text{е/е}} = 5680,18 \cdot 10 = \underline{56801,8 \text{ грн.}}$$

$$C_{\text{обор}} = 1724,2 \cdot 10 = 17242 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{зв}} = 830,48 \cdot 10 = 8304,8 \text{ грн}$$

$$C_{\text{к}} = 116,6 \cdot 10 = 1166 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{пр}} = \underline{26712,8 \text{ грн.}}$$

Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування від кожного виду обладнання C_{ai} та відрахування на поточний ремонт C_{pi} визначаються за наступними формулами:

$$C_{ai} = \frac{\Sigma B_i \times H_{ai}}{100} \quad (5.10)$$

$$C_{pi} = \frac{\Sigma B_i \times H_p}{100}, \quad (5.11)$$

де B_i , H_{ai} , H_p – вартість, норма амортизаційних відрахувань та норма витрат на поточний ремонт обладнання.

$$C_{a \text{ киу}} = \frac{53000 \cdot 14}{100} = 7420 \text{ грн.} / 7 \text{ років} = 1060 \text{ грн. за рік};$$

$$C_{a \text{ кп}} = \frac{10500 \cdot 14,5}{100} = 1522,5 \text{ грн.} / 7 \text{ років} = 217,5 \text{ грн. за рік};$$

$$\Sigma C_a = C_{a \text{ киу}} + C_{a \text{ кп}}$$

$$\Sigma C_a = 1060 + 217,5 = 1277,5 \text{ грн.}$$

$$1277,5 / 10 = 127,75 \text{ грн. на один виріб}$$

Ремонт:

$$C_{p \text{ киу}} = \frac{53000 \cdot 15}{100} = 7950 \text{ грн.} / 7 \text{ років} = 1135,7 \text{ грн. за рік};$$

$$C_{p \text{ кп}} = \frac{10500 \cdot 15}{100} = 1575 \text{ грн.} / 7 \text{ років} = 225 \text{ грн. за рік}$$

$$\Sigma C_p = 1135,7 + 225 = 1360,7 \text{ грн.}$$

$1360,7 / 10 = 136,7$ грн. на один виріб

Технологічна собівартість розраховується за формулою (5.1)

$C_T = 21329,4 + 56801,8 + 26712,8 + 1277,5 + 1360,7 = \underline{107482,2}$ грн.

Таблиця 5.3 Розрахункові показники технологічної собівартості складально-зварювальних робіт при виготовленні балок

	Показники	Одиниці вимірювання	Величина
1	Річна програма	шт.	10
2	Затрати на матеріали	грн.	21329,4
3	Затрати на електроенергію	грн.	56801,8
4	Затрати на ЗП	грн.	26712,8
5	Затрати на поточний ремонт	грн.	1360,7
6	Амортизаційні відрахування	грн.	1277,5
7	Собівартість одного виробу	грн.	10478,22
8	Собівартість випуску річної програми	грн.	107482,2

Висновки:

1. Виконано розрахунок собівартості виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні повздовжньої балки скраповозу.

2. Собівартість річної програми випуску виробів в кількості 10 шт. складає 107482,2грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена технологія виготовлення повздовжньої балки платформи скраповозу яка забезпечує розробку технології складання и зварювання поздовжньої балки скраповоза, яка забезпечує підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції.
2. Вибрано спосіб зварювання і зварювальні матеріали: механізоване зварювання у суміші захисних газів Аргон+18%CO₂, дріт суцільного перерізу СВ-08Г2С діаметром 1,4 мм.
3. Виконано розрахунок режимів зварювання і встановлено : для ТЗ і Н1, $I_{зв} = 215$ А; $U_{зв} = 29$ В, для обох з'єднань однакові; $V_{зв} = 8,7$ м/год, для Н1 = 30 м/год, м/год; погонна енергія q_p для ТЗ= 19484 Дж/см, для Н1=5567 Дж/см.
4. Розрахунок термічного циклу показав, що утворюється ферліто-перлітна+ бейніт структура з твердістю 335 HV.
5. Розрахунки зварювальних деформацій повздовжньої балки платформи показали, що прогин є допустимим і не перевищує встановлений стандартом підприємства.
6. Розроблена описана принципова послідовність виготовлення повздовжньої балки платформи скраповозу, що зменшує очікувані зварювальні деформації.
7. Для виконання зварювання в суміші захисних газів $Ar + 18\% CO_2$ запропоновано використати механізм подачі зварювального апарата КП-007 з джерелом живлення КИУ-301.
8. Проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально - зварювальних робіт повздовжньої балки платформи скраповозу, підібрано необхідний вентилятор для системи вентиляції марки «Циклон».
9. Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску поперечної балки платформи скраповозу..

Показано, що загальна собівартість зварювання річної програми випуску виробів в кількості 10 шт. складає - 17837,40грн. (4703,61грн. – 1 виріб).

Список використаних джерел

1. Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/6-51176.html>
2. Автоматичне дугове зварювання під флюсом. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naurok.com.ua/avtomatichne-dugove-zvaryuvannya>.
3. Акулов А.И. Технология и оборудование, сварки плавлением [Текст] / А.И Акулов, Г.И. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
3. Бугаєнко, Б.В. Технологічні процеси зварювального виробництва: Методичні вказівки до виконання курсового проекту [Електронний ресурс] / Б.В. Бугаєнко, В.Я. Сагань. – Миколаїв : НУК, 2010. – 53 с.
4. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартиформ. – Введен 01.07.1977.
5. Багрянский К.В Теория сварочных процессов./ К.В. Багрянский, З.А. Добротина., К.К Хренов., Вища школа, 1976.- 424с.
6. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. Справочное издание. Под ред. Э.Л. Макарова: Металлургия, 1991.- 528с.
7. Драган, С.В. Технологія зварювання судових корпусних конструкцій (проектування і організація). Навч. посібник [Текст] / С.В. Драган, Ж.Г. Голобородько, І.В. Сімутенков. – Миколаїв: НУК, 2017. – 328 с.
8. Основы технологии сварки низколегированных высокопрочных сталей. Курс лекций. Квасницкий В.Ф., Ермолаев Г.В.
9. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Изд. третье, переработанное. / Г.А. Николаев, С.А. Куркин, В.А. Винокуров М.: Машгиз. 1983.-344с.
11. Глизманенко, Д.Л. Сварка и резка металлов. Издание 8-е, дополненное. М.: Высшая школа, 1975.- 448с.
12. Фролов В.В..Теория сварочных процессов. М.: Высшая школа.1988. - 559с.

13. Інженерія поверхні. Підручник. / К.А.Ющенко, Ю.С.Борисов, В.Д.Кузнецов, В.М. Корж. Київ. Наукова думка.2007. -559с.

14. Напруження та деформації при зварюванні і паянні: підручник / Л.М Лобанов, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький [та ін.]; за заг. ред. Л.М Лобанова [Текст] – Миколаїв: НУК, 2016. – 248 с.

15. Куркин С.А., Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций. Атлас. / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. М.: Машиностроение.1989.-327с.

16. Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. Посібник.- Миколаїв: НУК, 2004.-225 с.

