

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 поперечної балки
платформи скраповозу зі сталі 09Г2***

Виконав: студент 2127ст. групи

_____ ***Терліченко Л.І.***

(підпис)

Керівник роботи:

доцент Бугасько 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 Терліченко Любов Іванівна

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології складання і зварювання поперечної балки платформи скраповозу зі сталі 09Г2

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

Затверджені наказом ректора № _____ від «___» _____ 2021р.

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: креслення поперечної балки платформи скраповозу, основний матеріал сталь 09Г2, річна програма випуску 10шт.

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

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 поперечної балки платформи скраповоза.

5. Перелік презентаційних матеріалів креслення поперечної 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 поперечної 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	20.02.2021р.	
2.	Розрахунок технології зварювання	05.03.2021р.	
3.	Технологічний процес виготовлення поперечної балки платформи скраповоза	15.04.2021р.	
4.	Охорона праці під час проведення зварювальних робіт поперечної балки	29.04.2021р.	
5.	Розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення поперечної балки платформи скраповоза	03.06.2021р.	
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Студент

(підпис)

Терліченко Л.І.

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Драган С.В.

(ПІБ)

Анотація

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

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

Дипломний проєкт 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 поперечної балки платформи скраповоза;
- охорона праці під час проведення зварювальних робіт;
- розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення поперечної балки платформи скраповоза у кількості 10 шт.

Annotation

This graduation project highlights the problem of developing technology for assembly and welding of the suport column of the shop floor made of steel 09G2

The purpose of the thesis is to develop a technology for assembly and welding of the suport column of the shop floor, 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 the suport column of the shop floor;
4. labor protection during welding;
5. calculation the cost of assembly of welding work during manufacture of the suport column of the shop floor in amount of 10 p.

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення.....	8
1.1. Загальна характеристика поперечної балки платформи скраповоза.....	9
1.2. Характеристика матеріалу та його зварюваності	13
1.3. Аналіз технологій складання і зварювання аналогічних конструкцій.....	17
1.4 Висновки та задачі дипломного проекту.....	20
Розділ 2. Розрахунки технології зварювання.....	22
2.1. Обґрунтування способів зварювання	23
2.2. Розрахунок режимів зварювання	27
2.3 Розрахунок термічного циклу зварювання та визначення очікуваної структури зварних з'єднань	32
2.4. Розрахунок зварювальних деформацій поперечної балки платформи скраповоза.....	38
Висновки.....	43
Розділ 3. Технологічний процес виготовлення поперечної балки платформи скраповоза.....	44
3.1. Принципова послідовність складання та зварювання.....	45
3.2. Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів.....	48
3.3. Обґрунтування вибору зварювального устаткування, складально-зварювальних пристроїв.....	51
3.4. Можливі дефекти зварних з'єднань. Контроль якості зварювання та виправлення дефектів.....	54
Висновки.....	59
Розділ 4. Охорона праці під час проведення зварювальних робіт	60
Висновки.....	72
Розділ 5. Розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення поперечної балки платформи скраповоза.....	74
Висновки.....	79

Загальні висновки.....	80
Література.....	82
Перелік графічної частини.....	83

ВСТУП

Зварювання – один із провідних технологічних процесів, який широко застосовується в різних галузях господарства. Ефективність машин, енергетичних установок, багатьох інших виробів значною мірою визначають конструкційні матеріали, що постійно вдосконалюються та створюються їх нові марки і класи. У судно - та машинобудуванні розширюється застосування високоміцних та високолегованих сталей, сплавів алюмінію, титану, міді тощо як в однорідних, так і в різнорідних сполученнях. Успішне використання цих матеріалів забезпечується розвитком зварювального виробництва. Подальше підвищення ефективності зварювального виробництва може бути досягнуте як за рахунок удосконалення існуючих способів зварювання, так і застосування нових.

На виробництві використовується безліч різних машин і пристосувань і пристроїв. На металургійних підприємствах для транспортування скрапу, металолому використовують залізничні скраповози. Скраповоз - це рамна металева конструкція, обладнана дизельною установкою, яка передає момент, що крутить на залізничні колеса за допомогою гідроприводу. Рама обладнана чотирма ваговими тензометричними датчиками, на які встановлена приймальна чаша для знімного кошика для завалки скрапу. Свідчення від датчиків передаються як на вагове табло з/д скаповоза, так і на дистанційний екран, розташований для безпеки, у віддаленні від зони вантаження. Скраповози переміщуються по залізних рейках КР 120 і справляються за допомогою радіозв'язку шихтовиками дільниці.

Машини та механізми для металургійних процесів використовуються виключно на виробництві, і мають вузькоспеціалізоване призначення. Їх вартість досить висока проте металургійна промисловість - прибутковий напрямок, тому обладнання себе окупає.

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

1. Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення

1.1. Загальна характеристика поперечної балки платформи скраповоза

На металургійних підприємствах доставку совків з брухтом з шихтових відділень здійснюють скраповозами (рис. 1.1).



Рис. 1.1 Загальний вигляд скраповоза

Одна з конструкцій скраповозу наведена на рис. (1.2). Скраповоз - самохідний візок, зварювальна рама 2 якої за допомогою амортизації пристрій спирається на дві двоколісні візки 3. Кожен візок складається з рами, в якій змонтовані два ходових колес 4 і механізм пересування, пов'язаний з обома колесами. Джерелом живлення електродвигунів цих механізмів здійснюють через пристрій струмоприймача, що включає бугель 5 з кареткою 6, на якій закріпленні бугельні струмоприймачі. При русі візка з бугелем і кареткою, струмоприймачі ковзають по струмопровідним шинам 7, покладеним в траншеї, що йде уздовж рейкового шляху, по якому рухається скраповоз.[1]

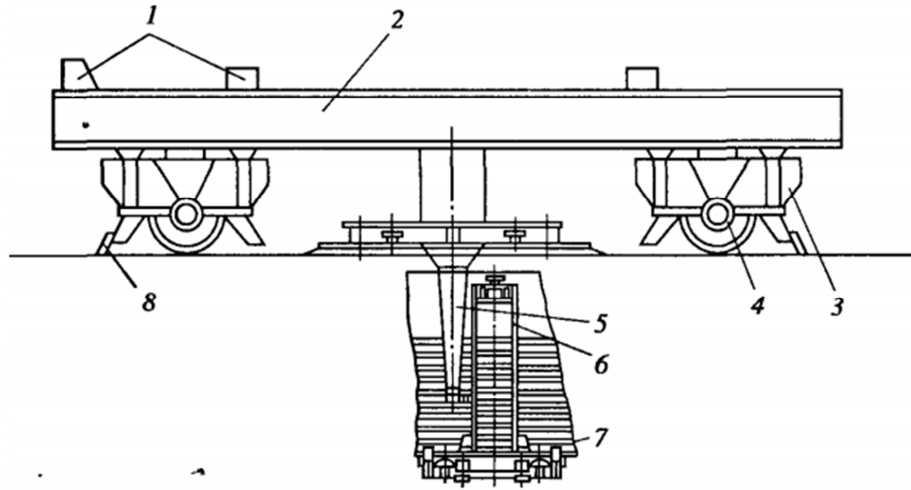


Рис. 1.2 – Самохідний скраповіз вантажопідйомністю 350т 1– упори для встановлення совків (10 шт); 2 – зварна рама; 3 – скребки для очищення рейок від сміття бризок металу і шлаку; 4 – скати; 5- металічна стрічка перекриття щілини тролейного тунелю; 6 – пристрій для укладання стрічки 5; 7 – бугель; 8 – каретка-вузли струмоприймача; 9 – електродвигун; 10-редуктор з гальмом.

Поперечна балка платформи скраповозу коробчатого перетину це -

зварна конструкція з металевих пластин, зварених між собою з утворенням замкнутого контура, без діафрагми. Перевага застосування балки коробчатого перетину полягає в тому, що метал балки більш повно працює при різного роду згинах, маючи при цьому порівняно невелику масу - 441,66кг.

Конструкція повинна витримувати гранично допустимі навантаження протягом розрахункового терміну служби, забезпечити довговічність і надійність, передбачити можливість технічного огляду, ремонту і контролю металу в з'єднанні.

Поперечна балка (рис.1.3) має наступні характеристики:

- довжина - 2765 мм;
- висота - 315 мм;
- ширина - 322 мм;
- матеріал балки – сталь 09Г2.

До складу балки входять:

- плита – лист товщиною 40 мм;
- десять ребер жорсткості - лист товщиною 14 мм;

- дві бокові стінки - лист товщиною 16 мм;
- верхня полиця - лист товщиною 10 мм.

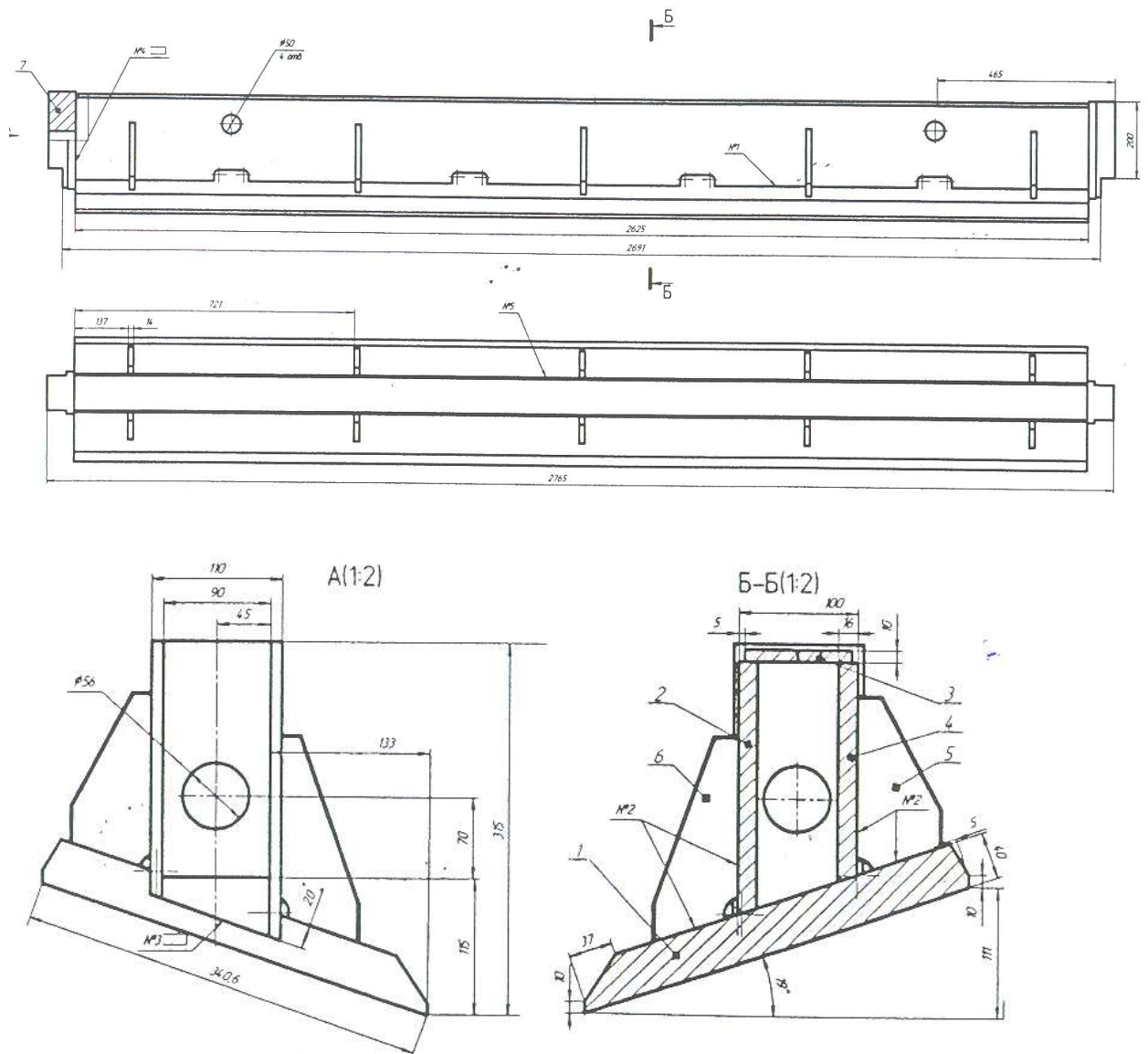


Рис. 1.3 Загальний вид поперечної балки платформи скраповозу.

Типи і розміри зварних з'єднань балки задані конструктором. Деякі типові зварні з'єднання показані на рис. (1.4 -1.8)

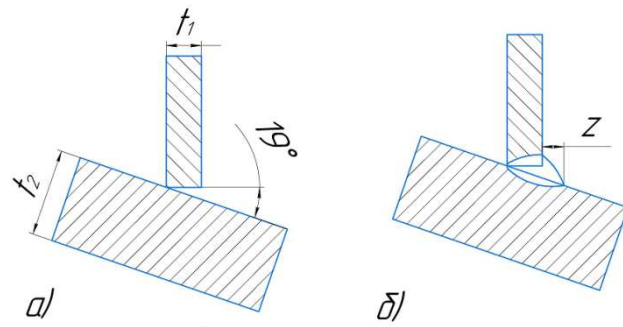


Рис.1.4. З'єднання № 1 а) – складання, б-зварне з'єднання Т1 (ГОСТ 23518-79)

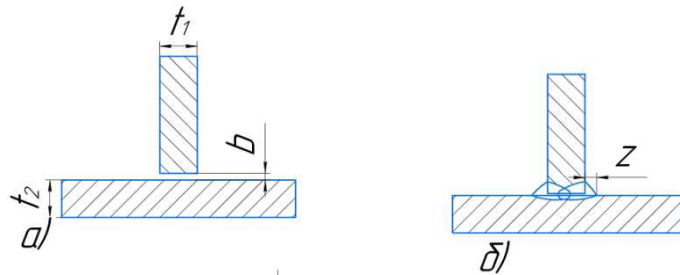


Рис.1.5. З'єднання № 2 а) – складання, б-зварне з'єднання ТЗ(ГОСТ 14771-76)

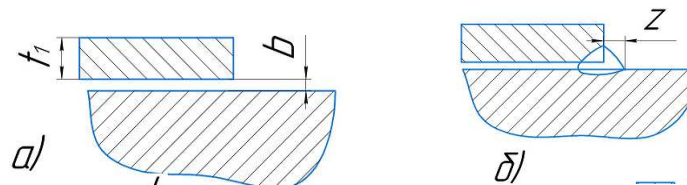


Рис.1.6 З'єднання № 3 а) – складання, б-зварне з'єднання Н1(ГОСТ 14771-76)

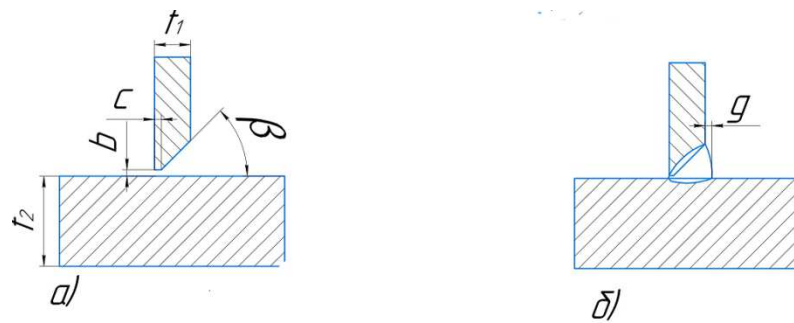


Рис.1.7 З'єднання № 4 а) – складання, б-зварне з'єднання Т6 (ГОСТ 14771-76)



Рис.1.8 З'єднання № 5 а) – складання, б-зварне з'єднання Т1(ГОСТ 14771-76)

В табл. 1.1 вказані конструктивні елементи зварних з'єднань згідно з ГОСТ 14771-76 (Дугове зварювання в захисних газах) [2] та ДСТУ ISO9692- 1 (Зварювання і споріднені процеси) [3]

Таблиця 1.1 Конструктивні елементи зварних з'єднань.

З'єднання	t_1 , мм	t_2 , мм	b , мм	c , мм	β , град.	z , мм	e , мм	g , мм
№1	16	40	–	–	–	10	–	–
№2	16	16	0 – 2	–	–	6	–	–
№3	16	–	0 – 2	–	–	10	–	–
№4	16	40	0 – 2	–1 – 2	35 – 60–	–	16	1 – 2
№5	<i>продовжки</i>	40	–	–	–	8	–	–

1.2 Характеристика матеріалу та його зварюваності

Сталь 09Г2- низьколегована конструкційна сталь з низьким вмістом легувальних компонентів. Має високу пластичність і задовільну зварюваність. Виробляється у вигляді листів, гнутих профілів, сортового і фасонного прокату. Знаходить широке застосування в якості будівельного і конструкційного матеріалу і використовується в основному без термообробки.[4]

Маркування сплаву вказує на те, що в сталі 09Г2 середня масова частка вуглецю лежить в межах 0,09% (табл. 1.2). Кількість марганцю досягає майже 2%. Таким чином 09Г2 є низьколегваною марганцевистою сталлю. Розкиснюється вона алюмінієм (0,02...0,06%). Малий вміст шкідливих домішок дозволяє класифікувати її як якісну сталь.

Таблиця 1.2. Хімічний склад сталі 09Г2, % мас., ГОСТ 19281

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 09Г2 флокенонечутлива і не схильна до відпускнуї крихкості. Вона має сприятливе поєднання міцності, пластичності, в'язкості і холодостійкості. Як і більшість марганцевистих сталей, в порівнянні зі звичайними залізовуглецевими сплавами не має особливих антикорозійних якостей. Але при цьому характеризується високими механічними властивостями (табл.1.2).

Сталь 09Г2 також:

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

Аналоги сталі 09Г2 в міжнародній практиці: Великобританія - 68F62H5;
Німеччина – 7Mn, G8Mn7; КНР – 09Mn2; Польща – 09G2.

Таблиця 1.2. Фізико-механічні властивості сталі 09Г2

Марка	Тимчасовий опір σ_b , МПа	Границя плинності σ_T , МПа	Відносне подовження δ , %	Ударна в'язкість, Дж/см ²		
				при $t = +20^{\circ}\text{C}$	при $t = -20^{\circ}\text{C}$	при $t = -40^{\circ}\text{C}$
09Г2	500	350	≥ 21		≥ 40	≥ 30

Прокат із такої сталі застосовується при виробництві промислових і будівельних конструкцій різної форми й розміру. При цьому висока механічна міцність марки вможливорює створення більш тонких виробів, ніж із інших сталей. Із сталі 09Г2 виготовляють парові котли, різноманітні труби для транспортування газів і рідин (нафта, вода, природний газ), нафтогазове обладнання, сталь широко використовується в машинобудуванні, сільськогосподарському машинобудуванні. Термостійкість сталі дозволяє її використовувати в широкому спектрі температур, від -70°C до $+450^{\circ}\text{C}$.

Зварювання може виконуватися без підігріву, і з попереднім підігріванням до $100-120^{\circ}\text{C}$. 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.

Технологія зварювання низьколегованих сталей повинна забезпечити певний комплекс вимог, основними з них є забезпечення надійності і довговічності конструкції (особливо з термічно зміцнені сталі, зазвичай використовуваних при виготовленні відповідальних конструкцій). Важливою вимогою при зварюванні сталі – забезпечення рівномірності зварного з'єднання з основним металом і відсутністю дефектів в зварному шві. Для цього механічні властивості металу шва і прилеглої зони не повинні бути нижчими допустимих властивостей основного металу. Однак наявність в ній легувальних елементів обумовлює можливість появи гартівних структур в зоні термічного впливу, що при несприятливому поєднанні інших чинників може викликати зменшення стійкості її до утворення холодних тріщин. Легувальні елементи можуть знизити також стійкість швів до утворення гарячим тріщинам, посилити або, навпаки, послабити наслідки перегрівання на схильність до крихкого руйнування металу в зоні термічного впливу та шві.

Таким чином, при зварюванні низьколегованих сталей отримання якісного зварного з'єднання викликає деякі труднощі і потребує застосування певних технічних прийомів. Протяжність ділянок зони термічного впливу, де відбулась помітна зміна властивостей основного металу під дією термічного циклу зварювання, залежить від способу зварювання, складу і товщини металу, конструкції зварного з'єднання, режиму 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, припадоного 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 біляшовної зони гартівних структур на ділянках перегріву повної і неповної рекристалізації. Швидкість охолодження металу шва залежить і визначається режимами зварювання, товщиною листів, що зварюються, характером охолодження металу шва і від величини погонної енергії.

Шви, зварені на низьковуглецевих сталях усіма способами зварювання, володіють задовільною стійкістю шляхом проти утворення кристалізованих тріщин, це обумовлено вмістом вуглецю і легуючих елементів в необхідних кількостях. При надлишку легуючих елементів може підвищитися ймовірність утворення кристалізованих тріщин в металі шва, але низьколеговані сталі добре зварюються усіма способами зварювання плавленням.[5]

За своєю структурою сталь 09Г2 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 крихкого руйнуванню.

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

Важливою перевагою сталі 09Г2 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 та 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

Для виготовлення поперечної балки платформи скраповоза можливе використання декількох типових технологій.

Поперечна балка платформи відноситься до конструктивного елементу, працюючого в основному на поперечний вигин. Типи балок поперечних перерізів і розміри зварних балок досить різноманітні. Якщо навантаження докласти в вертикальній площині, найчастіше використовують балки двотаврового перерізу. При положенні навантаження в вертикальних і горизонтальних площинах, а також при дії крутного моменту більш доцільно використання балок коробчатого типу, і тому знаходять широке використання в конструкціях кранових мостів. При великій довжині таких балок полки і стінки зварюють стиковими з'єднаннями з декількох листових елементів.

Найбільш широке застосування мають двотаврові балки з поясними швами, з'єднують стінку з полками. Зазвичай такі балки складаються із трьох листових елементів. При складанні потрібно забезпечити симетрію і взаємну перпендикулярність полки і стінки, притиснення їх один до одного і подальше закріплення прихватками. Для цієї мети використовують складальні кондуктори з відповідними розташуванням баз і притискачів по всій довжині балки. На установках з самохідним порталом затискання та прихватку здійснюють послідовно від перетину до перетину. [6]

Зварні елементи коробчатого перерізу знайшли застосування в якості стрижнів ферм залізничних мостів. Для фарбування внутрішньої порожнини в одній або двох горизонтальних листах роблять перфорацію, тобто овальні отвори, рівномірно розташовані уздовж поздовжньої осі (рис. 1.9).

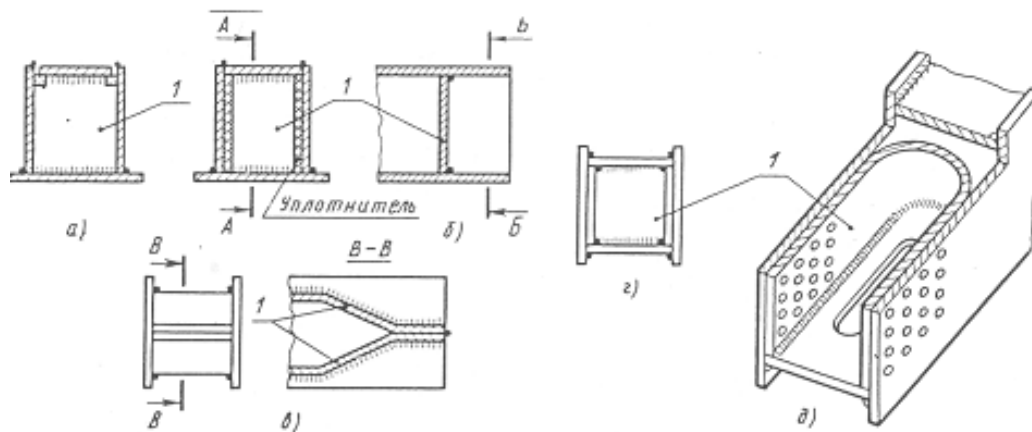


Рис. 1.9 Поперечні перетини зварних коробчастих елементів

Елементи не мають діафрагм, що ускладнює їх складання, з цього в серійному виробництві для їх складання використовують спеціальні кондуктори

(рис. 1.10), які фіксують деталі по зовнішньому контуру. Крім того, з метою запобігання гвинтоподібного викривлення зварювання здійснюють накладенням двох симетрично розташованих в одній площині кутових швів нахиленими електродами. Для цього використовують дводугові трактори типу ТС-2ДУ.

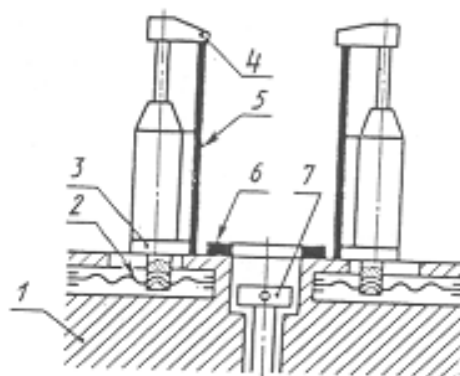


Рис. 1.10 Схема кондуктора для складання стрижнів коробчатого перерізу

На рамі за допомогою ходових гвинтів пересувають упори з пневмопритиском, для закріплення стінки. Овальні отвори в листі дозволяють використовувати підставки. Послідовність операції показана на рис.1.11. Після установки нижнього перфорованого и двох бокових листів (рис. 1.11,а) через

отвори в нижньому листі вводять підставку і повертають її на 90° . Підставка має розтискні кулачки, за допомогою яких бокові листи притискають до опорним стійкам. Потім трактором з нахиленими електродами виконують першу пару внутрішніх швів, і по міру руху трактора висувні підставки автоматично забираються до корпусу пристосування (рис.1.11,в).

Після цього упори з притисками розсовують, підставки підіймають на рівень нижньої кромки другого горизонтального листа, встановлюють верхній лист (рис.1,11,г), повертають упорні стійки з притисками і дводуговим трактором зварюють зовнішню пару швів (рис.1,11,д). Зварювання другої пари зовнішніх та внутрішніх швів виконують поза кондуктором також дводуговим трактором (рис.1.11.е).

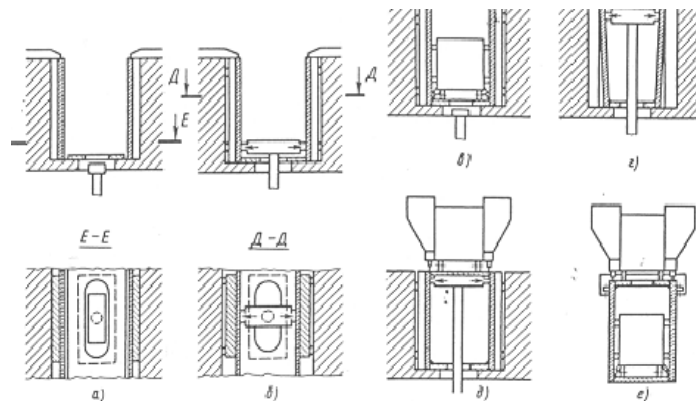


Рис.1.11 Послідовність виготовлення елементів коробчатого перерізу

При зварюванні герметично закритих стрижнів коробчатого перерізу шви виконують зовні. Герметизація досягається установкою всередині коробки поблизу кінцівок стрижня діафрагм заглушок (див. рис. 1.11, а,б) відгинаючи обох горизонтальних листів (див. рис. 1.11,в) до їх з'єднання одним з другим або установкою вигнутих підковоподібних листових заглушок (див.рис.1.11, г,д), які слугують одночасно компенсаторами перетину, ослабленого отворами під болти.

Аналіз наведеної технології показав, що послідовність складання поперечної балки скраповоза може бути аналогічною, але з урахуванням особливостей конструктивного оформлення зварних з'єднань. Крім того, у розглянутій технології використовується автоматичне зварювання. В балці скраповоза доцільно використовувати механізоване зварювання, тому що складний поперечний переріз

балки обумовлює підвищені зварювальні деформації. В цьому випадку слід забезпечити надійне жорстке закріплення елементів балки до зварювання, і це вимагає зміну послідовності складання балки. Другим недоліком існуючої технології є застосування механізованого зварювання в CO₂. Як відомо [3], головним недоліком цього способу є підвищене розбризкування металу і, відповідно, додаткові затрати на зварювальний дріт та зачищення виробу після зварювання від бризок.

1.4. Висновки та задачі дипломного проєкту

Аналіз сучасних технологій складання та зварювання і вивчення балок коробчатого перерізу, конструктивних особливостей поперечної балки платформи скраповозу показали, що в цілому дана балка є технологічною конструкцією, що дозволяє застосувати механізовані способи зварювання.

Виходячи з цього і для досягнення мети проєкту необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити раціональну послідовність складання і зварювання поперечної балки платформи скраповоза;
2. Вибрати способи зварювання поперечної балки;
3. Вибрати зварювальні матеріали;
4. Розрахувати режими зварювання;
5. Визначити очікувану структуру зварних з'єднань;
6. Розрахувати зварювальні деформації;
7. Вибрати зварювальне устаткування
8. Розрахувати собівартість складальних і зварювальних робіт виготовлення поперечної балки;
9. Розглянути питання щодо охорони праці та техніки безпеки під час виготовлення поперечної балки платформи скраповоза.

2. Розрахунок технології зварювання

2.1 Обґрунтування способів зварювання

Виходячи з того, що сталь 09Г2 має задовільну зварюваність, для виготовлення поперечної балки платформи скраповозу можливе застосування різних дугових способів зварювання. При виборі способу зварювання необхідно враховувати вартість зварювальних матеріалів і продуктивність зварювання, конструктивні особливості зварних з'єднань. Для даної конструкції можливе застосування будь-якого способу дугового зварювання.

Ручне електродугове зварювання покритим електродом

Процес зварювання здійснюється шляхом розплавлення зварювальною дугою крайок основного і електродного металу та покриття електроду. Утворюється зварювальна ванна 3 (рис. 2.1) - суміш розплавленого основного і припадочного металу та покриття електроду. Взаємодія шлаку і розплавленого

металу забезпечує високу якість металу шва, захищає його від впливу газів повітря. Надмірний тиск газів, що виділяються із обмазки електроду, захищає зварювальну ванну від впливу газів повітря. Після кристалізації розплавленого металу утворюється шов. В дипломному проекті пропонується, даний вид зварювання використати для виконання прихоплень. Схема ручного зварювання електродом, що плавиться, наведена на рис. 2.1 [7].

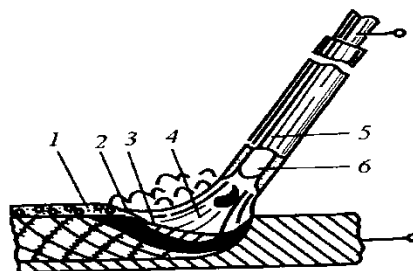


Рис. 2.1. Схема ручного дугового зварювання покритим електродом:

1-затверілий шлак; 2-зварювальна ванна; 3- шар розплавленого шлаку;

4- дуга; 5- електродне покриття; 6- металевий стрижень.

Ручне дугове зварювання покритими електродами залишається одним з найпоширеніших методів зварювання і широко використовуються при виготовленні зварних конструкцій з можливістю виконання зварювання коротких швів в різних просторових положеннях і важкодоступних місцях, а також під час складання конструкцій до зварювання.

З викладеного видно, що головним недоліком ручного дугового зварювання є низька продуктивність та підвищена трудомісткість виконання робіт, тому цей спосіб недоцільно використовувати в даному проєкті.

Автоматичне зварювання під флюсом

Зварювання під флюсом - найпоширеніший спосіб механізованого дугового зварювання плавким електродам.

Застосування автоматичного зварювання під флюсом сприяє скороченню ручної праці, поліпшенню якості зварного з'єднання і підвищенню продуктивності праці. Суть зварювання під флюсом полягає в застосуванні непокритого зварювального дроту і гранульованого флюсу, що насипається перед дугою шаром товщиною 30...50 мм. Збудження і підтримка дугового розряду виконується автоматично зварювальною голівкою, що за допомогою механізму подачі 1 (рис. 2.2) безупинно подає в зону дуги зварювальний дріт 2 у міру його плавлення. Дуга 10 горить між кінцем електрода і виробом. Дуга по стику переміщається самохідним зварювальним візком (або виріб переміщається відносно нерухомої зварювальної голівки). Під дією тепла дуги плавляться електродний дріт і метал виробу, що зварюється, а також частина флюсу 5, що прилягає до дуги. В області горіння дуги утворюється порожнина 9 (газовий міхур), обмежена у верхній частині оболонкою розплавленого флюсу, а в нижньої - зварювальною ванною 8. Газовий пухир заповнений парами металу, флюсу і газами. Дуга трохи відхиляється від вертикального положення убік, протилежний напрямкові зварювання. Під впливом тиску дуги рідкий метал 8 відтискується також убік, протилежний напрямкові зварювання. Під електродам утворюється кратер з тонким шаром розплавленого металу. Основна маса розплавленої суміші металу та флюсу займає простір від кратера до поверхні шва, розташовуючись нахиленим шаром. Розплавлений флюс

взаємодіє з розплавленим металом, очищає, розкислює і легує його та унаслідок значно меншої густини спливає на поверхню розплавленого металу шва і покриває його щільним шаром. В міру поступального руху електрода проходить затвердіння металевої і шлакової ванн з утворенням зварного шва 7, покритого твердою шлаковою кіркою 6 [8].

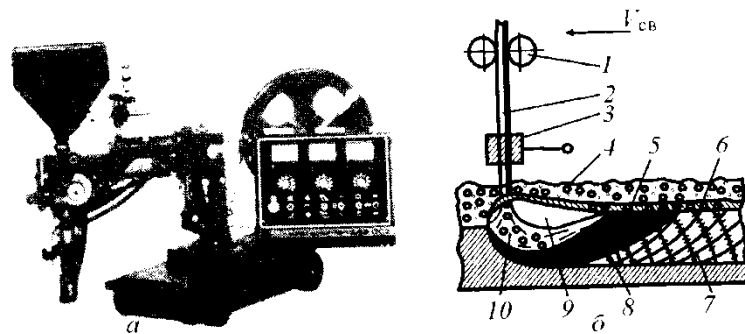


Рис. 2.2. Автомат АДФ-1202 (а) і схема процесу автоматичного дугового зварювання під флюсом (б)

Основна маса розплавленої суміші металу та шлаку займає простір в хвостовій частині зварювальної ванни. Шлак має меншу густину ніж метал, спливає на поверхню металу шва і взаємодіє з розплавленим металом: розкиснює, рафінує, легує метал шва і таким чином покращує властивості зварного з'єднання. Шлак покриває метал шва щільним шаром і таким чином захищає розігрітий метал від взаємодії з газами повітря та зменшує швидкість його охолодження. По мірі переміщення зварювальної дуги метал і шлак кристалізується, утворюється шов 7 і шлакова кірка 6. Слід зазначити те, що цим способом можна зварювати нижні з'єднання балки.

Зварювання в середовищі захисних газів 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.

Як джерело живлення, використовуються зварювальні випрямлячі, які повинні мати жорстку або пологоспадну зовнішні вольт-амперні характеристики. Така характеристика забезпечує автоматичне відновлення заданої довжини дуги при її порушеннях, наприклад, через коливання руки зварювальника.

Зараз є широкий вибір зварювальних електродних дротів для зварювання в захисних газах. Розрізняється за хімічним складом, діаметром. Вибір хімічного складу електродного дроту залежить від матеріалу виробу і від типу захисного газу, що застосовується. Хімічний склад електродного дроту повинен бути близьким до хімічного складу основного металу. Діаметр електродного дроту залежить від товщини основного металу, типу зварного з'єднання і положення зварювання.

Основне призначення захисного газу – запобігання прямого контакту повітря з металом зварювальної ванни, електродом і дугою. Захисний газ впливає на стабільність горіння дуги, форму зварного шва, глибину проплавлення і міцність зварного шва.

Області застосування. Процеси зварювання МИГ або МАГ підходять для зварювання всіх звичайних металів, таких як нелеговані та низьколеговані сталі, нержавіючі сталі, алюміній і деякі інші кольорові метали. Більш того, цей процес зварювання може бути використаний у всіх просторових положеннях. Завдяки своїм численним перевагам зварювання МИГ і МАГ знайшли широке застосування в багатьох областях промисловості.

Отже, порівнявши усі недоліки та переваги, приведених способів зварювання, можна стверджувати, що для поперечної балки більш доцільне використовувати механізоване дугове зварювання в суміші захисних газів з центральним подаванням захисного газу в комбінації з електродом суцільного перерізу.

Цей спосіб зварювання має ряд переваг. Він забезпечує якісне формування зварних з'єднань. високу продуктивність зварювання (в 2,5 рази вищу, ніж при ручному дуговому зварюванні покритими електродами), мінімальне розбризкування електродного металу (коефіцієнт втрат електродного металу не перевищує 5%),

вузьку зону термічного впливу. Зварювання в захисних газах забезпечує виконання зварних з'єднань у будь-якому просторовому положенні швів. Крім того, зварювання в захисних газах дає можливість зварювальнику спостерігати за формуванням зварного з'єднання. Висока якість захисту зони зварювання дає можливість виконувати багатопрохідні шви без зачищування попереднього шару наплавленого металу.

2.2 Розрахунок режимів зварювання

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.

Зварне з'єднання № 2. ДСТУ ISO 9692-1-4.1.3 / (ГОСТ 14771-76) ТЗ

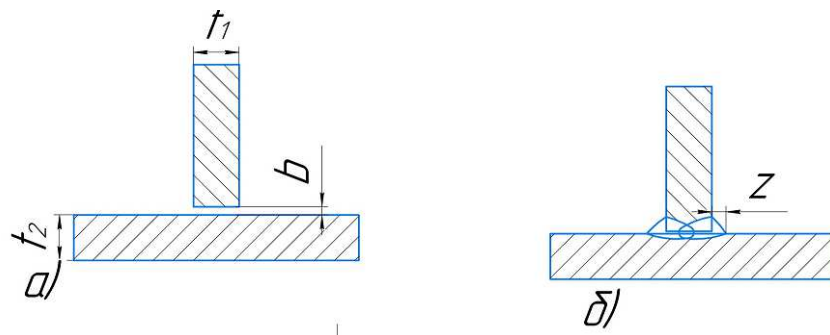


Рис. 2.3: а- складання; б- зварне з'єднання

Характеристика зварного з'єднання ТЗ : $t_1 = 16$ мм; $t_2 = 16$ мм; $b = 0-2$ мм; $k = 6$ мм, без скосу кромek двостронній, механізоване зварювання в середовищі захисного газу [5].

Просторове положення – нижнє.

Для зварного з'єднання розрахунок режимів зварювання виконується за площею наплавленого металу в наступній послідовності:

$$t1 \rightarrow d_e \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow F_n \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{др}$$

Параметри, що задаються:

- діаметр електрода d_e вибирається в залежності від товщини зварювальних деталей або катета;

діаметр дроту - $d_e = 1,4$ мм;

Параметри, що розраховуються:

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

$$I_{зв} = (\pi d_e^2 / 4) \cdot j \quad (2.2)$$

де j - допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e . Приймаємо $j = 159$ А/мм²

$$I_{зв} = (3,14 \cdot 1,4^2 / 4) \cdot 159 = 245 \text{ А}$$

- 2) Напруга на дузі для зварювання в захисному газі :

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} I_{зв} \pm 1, \text{ В} \quad (2.3)$$

де d_e підставляється в мм.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,4}} \cdot 245 \pm 1 = 29 \text{ В}$$

- 3) Повна площа наплавленого металу F_n (мм²) визначається геометрією зварного з'єднання, а площа F_i шару наплавленого металу - способом зварювання. Для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід знаходиться в межах від $F_1 = 30 \dots 70$ мм²

$$F_n = \sum F_i$$

$$F_1 = 0,75 \cdot e \cdot g, \text{ мм}^2 \quad (2.4)$$

$$F_1 = 0,75 \cdot 8,5 \cdot 2 = 12,75 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = k^2 / 2, \text{ мм}^2 \quad (2.5)$$

$$F_2 = 6^2 / 2 = 18 \text{ мм}^2$$

$$e - k \sqrt{2} = 8,5 \text{ мм.}$$

$g - (1,5 \dots 2)$. Приймаємо $g = 2 \text{ мм}$.

$$F_H = k^2 / 2 + 0,75 \cdot k \sqrt{2} \cdot g \quad (2.6)$$

$$F_H = 6^2 / 2 + 0,75 \cdot 8,5 \cdot 2 = 30,75 \text{ мм}^2$$

Повна площа наплавленого металу $F_H = 30,75 \text{ мм}^2$.

Зварне з'єднання № 2 пропонується виконати за один прохід, тому що $k < 8 \text{ мм}$.

4) Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від площі наплавленого шару $F_i (\text{мм}^2)$ і коефіцієнта наплавлення α_H для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_H = 19 \text{ г/А} \cdot \text{год}$. $\alpha_H = \alpha_p (1 - \psi)$

розраховується як:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_H \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_i}, \text{ м/год.}, \quad (2.7)$$

де γ – густина металу електродного дроту, для сталі $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

α_H - коефіцієнт наплавлення для зварювання у вуглекислому газі, $\alpha_H = 19 \text{ г/А} \cdot \text{год}$.

$$V_{зв} = \frac{19 \cdot 245}{7,8 \cdot 30} = 19,8 \text{ м/ год, або } 0,55 \text{ см/с;}$$

5) Знайдену швидкість необхідно порівняти з рекомендованою: для

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

при автоматичному і $10 \dots 35 \text{ м/год}$. - при механізованому зварюванні.

Швидкість подачі дроту:

$$V_{\partial p} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{36}}{\gamma \cdot \pi \cdot d_e^2}, \text{ м/год.} \quad (2.8)$$

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 $\alpha_p = (8,3 + 0,22 \cdot I_{36} / d_e) \cdot 10^{-4}$;

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

приймаємо α_p – 20 г/А·год

$$V_{\text{др}} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 245}{7,8 \cdot 3,14 \cdot 1,4^2} = 408 \text{ м/год.}$$

6) Продуктивність наплавлення розраховується як:

$$G_H = \alpha_H I_{36} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/год} \quad (2.9)$$

$$G_H = 19 \cdot 245 \cdot 10^{-3} = 4,65 \text{ кг/год.}$$

7) Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{36} \cdot U_{\partial} \cdot \eta}{V_{36}}, \text{ Дж/см,} \quad (2.10)$$

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

$$q_n = \frac{245 \cdot 29 \cdot 0,7}{0,55} = 9\,042 \text{ Дж/см}$$

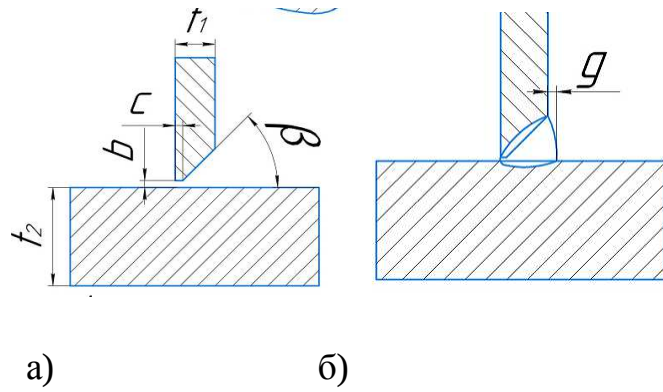


Рис. 2.4: а- складання; б- зварне з'єднання

Характеристика зварного з'єднання Т6 : $t_1 = 16$ мм; $t_2 = 40$ мм; $b = 0-2$ мм;

$c = 1-2$ мм; $k = 6$ мм, $\beta = 35-60$ град; $e = 16$ мм; $g = 1-2$ мм; одностороннє зі скосом однієї кромки, механізоване зварювання в середовищі захисного газу $Ar + 18\%CO_2$. Просторове положення – нижнє.

Розрахунок режимів зварювання з'єднання № 4 виконується за схемою зварного з'єднання № 2.

Параметри, що задаються:

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

Параметри, що розраховуються:

2) Силу зварювального струму $I_{зв}$, А розраховуємо за формулою (2.2), прийняв $j = 159$ А/мм²

$$I_{зв} = (3.14 \cdot 1,4^2 / 4) \cdot 159 = 245 \text{ А}$$

2) Напругу на дузі розраховуємо за формулою (2.3)

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1.4}} \cdot 245 \pm 1 = 29 \text{ В}$$

Повну площу наплавленого металу F_H (мм²) визначаємо за формулами:

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 \quad (2.$$

$$F_1 = t_1 \cdot b \quad (2.12)$$

$$F_1 = 16 \cdot 2 = 32 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{(t_1 - c)^2}{2} \cdot \operatorname{tg} \beta (45^\circ) \quad (2.13)$$

$$F_2 = \frac{(16 - 2)^2}{2} \cdot 1 = 98 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 0,75 \cdot (t_1 - c + b) \cdot g \quad (2.14)$$

$$F_3 = 0,75 \cdot (16 - 2 + 2) \cdot 1,85 = 22 \text{ мм}^2$$

$$\text{де } g = 1,85, \quad t_1 = 16; \quad g = 0,15 \cdot 16 - 0,55 = 1,85$$

$$F_H = 32 + 98 + 22 = 152 \text{ мм}^2$$

$$\text{Повна площа наплавленого металу } F_H = 152 \text{ мм}^2$$

Зважаючи на те, що повна площа складає 152 мм², а для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід знаходиться в межах від $F_1 = 30$ до 70 мм², зварювання слід виконати за декілька проходів. Зварювання I проходу пропонується виконати за режимом, що забезпечує наплавлення шва площею 50 мм². Решту металу шва наплавити за n проходів.

Розрахунок кількості проходів виконується за формулою:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_i} + 1 \quad (2.15)$$

$$n = \frac{151,31 - 50}{50} + 1 = 3$$

приймаємо $n = 3$ проходи

4) Швидкість зварювання $V_{зв}$ розраховуємо за формулою (2.7)

$$V_{зв} = \frac{19 \cdot 245}{7,8 \cdot 50} = 11,9 \text{ м/год.}$$

$$V_{зв} = 11,9 \text{ м/год.}, \text{ або } 0,33 \text{ см/с}$$

5) Швидкість подачі дроту розраховуємо за формулою (2.8)

$$V_{др.} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 245}{7,8 \cdot 3,14 \cdot 1,4^2} = 408 \text{ м/год.}$$

6) Продуктивність наплавлення розраховується за формулою (2.9)

$$G_n = 19 \cdot 245 \cdot 10^{-3} = 4,65 \text{ кг/год.}$$

7) Погонна енергія розраховується за формулою (2.10)

$$q_n = \frac{245 \cdot 29 \cdot 0,7}{0,33} = 15\,071 \text{ Дж/см}$$

Таблиця 2.1 Розрахункові режими зварювання ($d_e = 1,4 \text{ мм}$)

ДСТУ ISO9692-1	ГОСТ 14779- 76	Ізв, А	U _д , В	V _{зв} , м/год	V _{др} , м/год	q _п , ДЖ/см	Кількість проходів
4.1.3	ТЗ- Δ8	245	29	19,8	408	9042	1
1.9.1	Т6			11,9		15 071	3

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

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

вибору режимів зварювання (і як слідує з цього – режимів нагріву і охолодження) залежить якість зварного з'єднання. Необхідність в розрахунку термічного циклу зварювання виникає у разі потреби пересвідчитись у не утворенні дефектів металургійного походження, а також з метою визначення рівня зварних напружень і деформацій в металі шва і зоні термічного впливу. Характер появи цих та інших дефектів в значній мірі залежить від структурних перетворень, які проходять під час зварювання і навіть протягом значного часу після зварювання. Внаслідок цих перетворень матеріал змінює свої властивості і хімічний склад, що в свою чергу, у випадках неправильної технології чи невірному виборі зварювальних матеріалів, призводить до появи вищезгаданих дефектів.

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

Під час процесу просування температурного поля вздовж стику циклічно змінюється температура різних його точок у часі. Термічні цикли точок, розташованих на різних відстанях від осі руху однакові, але зміщені в часі. У більш віддалених точках температура підвищується повільніше і тому пізніше досягає максимальних значень.

Термічний цикл зварювання характеризується наступними параметрами:

- максимальна температура $T_{\max}$;
- швидкість нагрівання і охолодження ω_0

Ці параметри залежать від теплофізичних властивостей металу, що зварюється, способу і режиму зварювання, конфігурації виробу, умов охолодження та інше.

Розрахунки термічних циклів зварювання для зварних з'єднань № 2 (ISO 9692-1-4.1.3) та № 4 ДСТУ ISO 9692-1-1.9.1 при механізованому зварюванні в

захисному газі Ar + 18% CO₂, що нагріваються до температури $T_{\max} = 1350^{\circ}$, виконуються за схемою наплавлення на масивний виріб.

Таблиця 2.2 Вихідні дані для розрахунків

Найменування величини	Значення
Товщина зварюваних листів t_1, t_2 см	0,16; 0,40
Зварювальний струм $I_{зв}$, А	245
Напруга дуги U_{δ} , В	29
Швидкість зварювання $V_{зв}$, см/с	0,55 (0,33)
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 , $\text{см}^2/\text{с}$	0,08
Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/см К	0,4
Коефіцієнт тепловіддачі α , Дж/см ² с К	0,003
Об'ємна теплоємність $c\gamma$, Дж/см ³ К	5,0

Примітка. В дужках дані для з'єднання № 4

Розрахуємо ефективну теплову потужність нагрівання виробу як

$$q = I_{зв} \cdot U_{\delta} \cdot \eta \quad (2.16)$$

Для з'єднань № 2 і № 4

$$q = 245 \cdot 29 \cdot 0,8 = 5684 \text{ Дж};$$

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

$$r^0 = \sqrt{\frac{0,368 \times q}{\frac{\pi}{2} \times V_{зв} \times c\gamma \times T_{\max}}} \quad (2.17)$$

Для з'єднань № 2 і № 4

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

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

$$T(r_0, t) = \frac{q}{2\pi\lambda Vt} \exp\left(-\frac{r_0^2}{4at}\right) \quad (2.18)$$

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

Таблиця 2.2. Зміна температури в часі в точці $y_0 = 1,29$ см

t, с	T, °C	
	(шов № 2)	(шов № 4)
1,00	1345	1350
1,50	1286	1342
2,00	1155	1315
2,50	1030	1286
3,00	922	1209
3,50	833	1129
4,00	757	1053
4,50	693	984
5,00	639	922
6,00	552	816
7,00	485	730
8,00	433	660
9,00	391	601
10,00	356	552

15,00	246	391
20,00	188	302
25,00	152	246
30,00	127	207
40,00	96	158
50,00	77	127
60,00	64	107
70,00	55	92
80,00	49	80
90,00	44	72
100,00	39	64

Для того, щоб мати можливість проаналізувати структурні перетворення, 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:

$$A_{c3} = 910 - 229C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo + 117V - 24Cu + 7W - 120B \quad (2.19)$$

$$A_{c3} = 910 - 229 \cdot 0,12 + 32 \cdot 0,32 - 25 \cdot 1,4 - 8 \cdot 0,30 - 18 \cdot 0,30 - 24 \cdot 0,3 = 843 \text{ } ^\circ\text{C}$$

За результатами розрахунку побудуємо графіки термічного циклу для з'єднань № 2 і № 4 (рис. 2.3 і рис. 2.4)

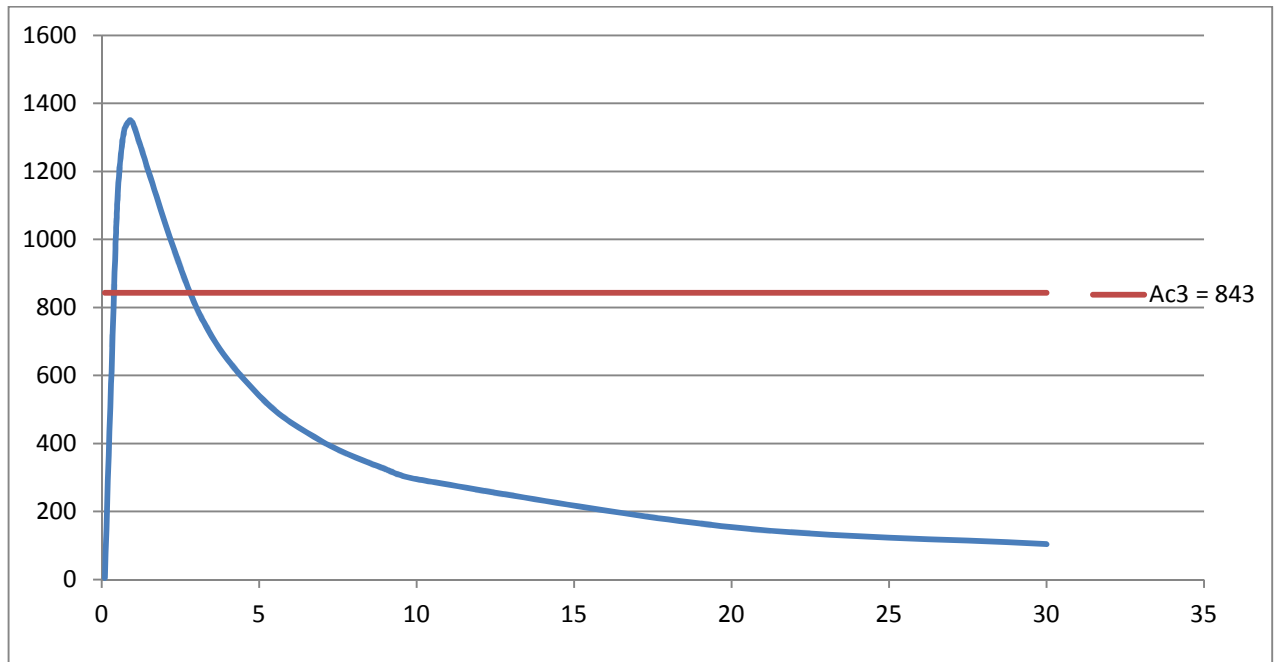


Рис. 2.3 – Термічний цикл механізованого зварювання в середовищі захисного газу для зварного з'єднання № 2 (Т3)

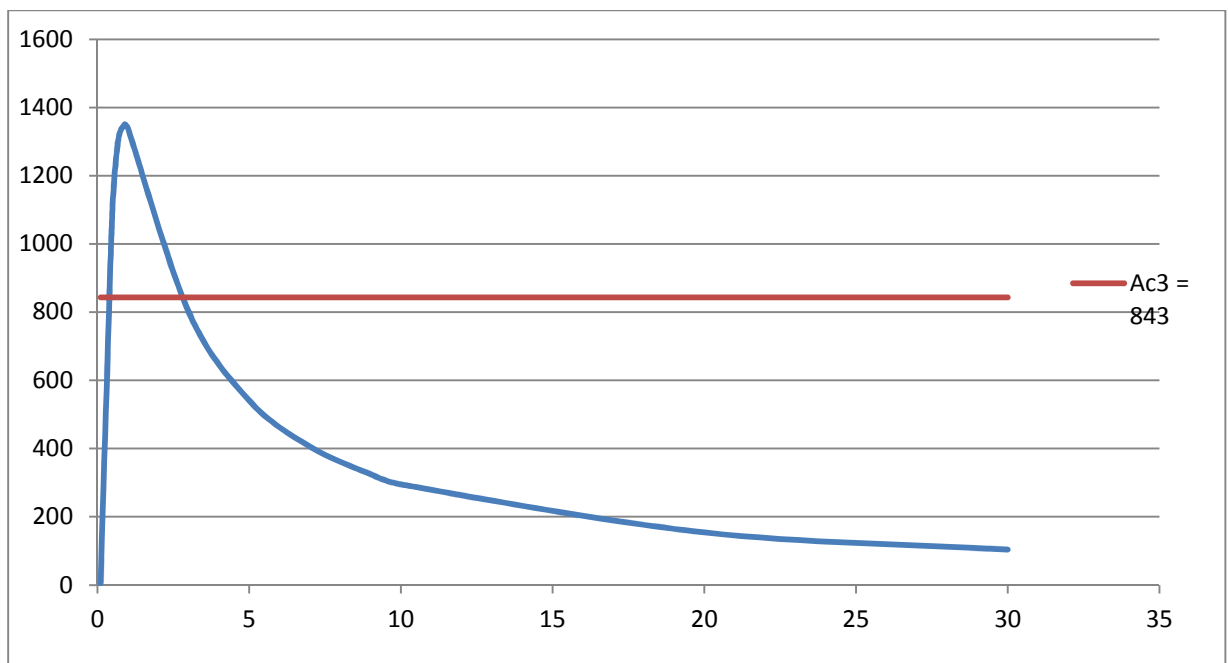


Рис. 2.4 – Термічний цикл механізованого зварювання в середовищі захисного газу для зварного з'єднання № 4 (Т6).

Для знання структурних перетворень в ЗТВ при зварюванні сталі 09Г2 необхідно мати в своєму розпорядженні дані по кінетиці перетворення аустеніту цієї сталі, одержаних в умовах дії зварювальних термодиформацийних циклів. Структурні зміни в ЗТВ можна оцінити по діаграмах термокінетичного 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 [9].

Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту для доєвтектоїдної низьколегованої сталі 09Г2 наведена на рис. 2.5. Накладаючи на цю діаграму термічні цикли охолодження металу високотемпературних ділянок ЗТВ (рис. 2.3 та рис. 2.4), можна судити про структурні зміни в зоні і передбачити механічні властивості найбільш слабкої ділянки зварного з'єднання.

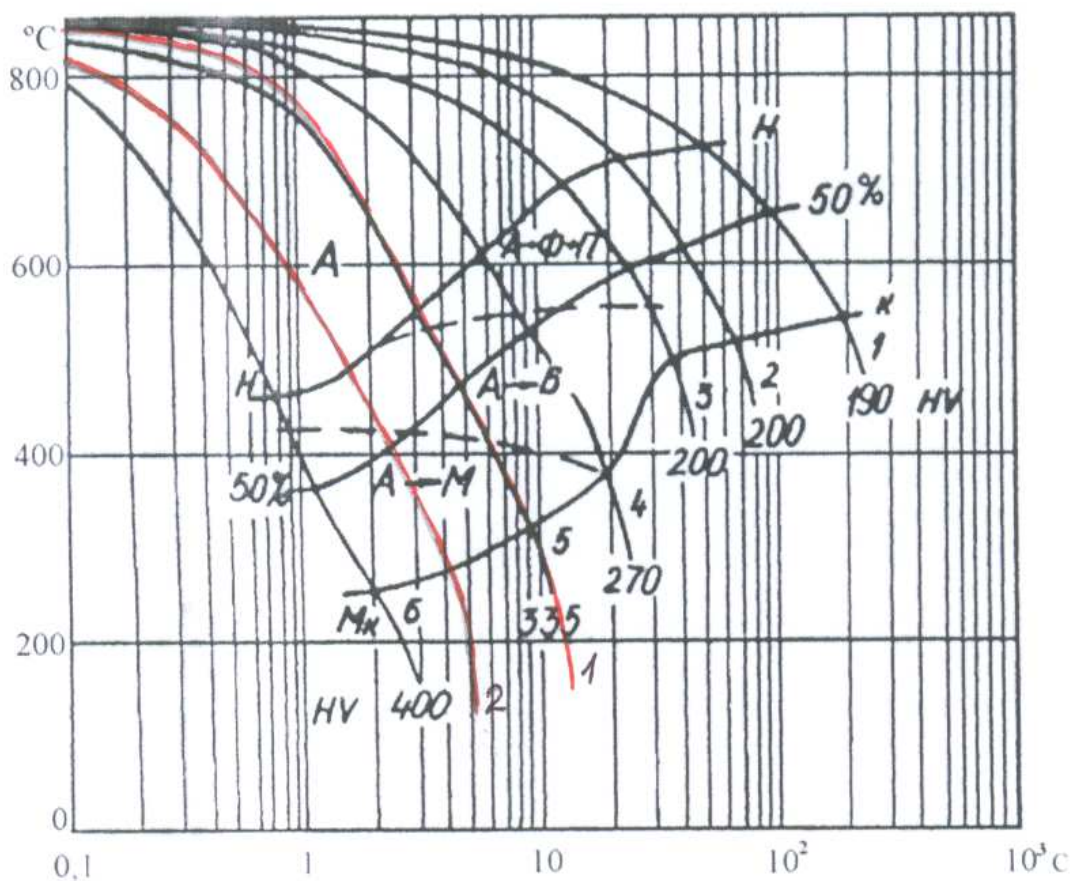


Рис. 2.5. Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2

1- Зварне з'єднання № 2 (ТЗ), 2- зварне з'єднання № 4 (Т6).

Як видно з рис 2.5, при охолодженні структура зони термічного впливу змішана: бейнітно - мартенситна (Б+М) з твердістю металу HV для шва № 2 -335 HV для

шва № 4 – 340 HV.

Отримана твердість металу знаходиться в межах $HV=335$ од., що менше допустимої норми $[HV] = 340$ од. Отже зробивши висновок, отриманий результат можливо зарахувати.

Для усіх видів з'єднання при механізованому зварюванні утворюється ферліто-перлітна + бейніт структура з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2 $HV = 335...340$.

2.5. Розрахунок зварювальних деформацій поперечної балки платформи скраповоза

Розрахунки зварювальних деформацій поперечної 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.

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 [10].

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. Застосування зварних з'єднань з мінімальним об'ємом наплавленого металу.

4. 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.

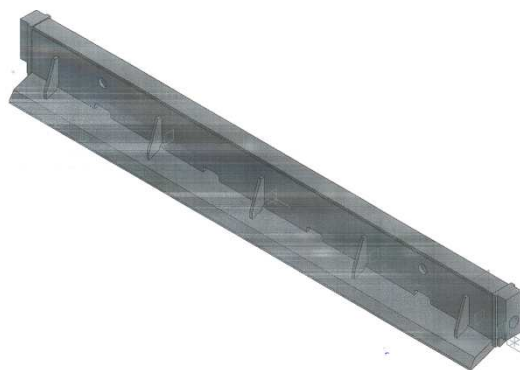


Рис. 2.6 – Поперечна балка

метричні 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 $z, см$	Статичний момент, $F z, см^3$	Момент інерції $F z^2, см^3$	Власний момент інерції
					$см^4$	
1	2	3	4	5	6	7
п.1	11 x 1	11	21,5	236,5	5084,75	0,917
п.2	34 x 4	136	0	0	0	181,33

с.3	1,6 x 19	30,4	11,5	349,6	4020,4	914,53
с.4	1,6 x 19	30,4	11,5	349,6	4020,4	914,53
Сума	-	207,8	-	935,7	15136,8 6	

Відстань ЦВ балки від осі порівняння обчислюється за формулою:

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

$$Z_0 = 935,7/207,8 = 4,5\text{см};$$

Власний момент інерції балки:

$$I_x = (\sum i_x + Fz^2) - Z_0^2 \cdot \sum F \quad (2.21)$$

$$I_x = 15136,86 - 4,5^2 \cdot 207,8 = 10928,91 \text{ см}^4$$

Розрахунок загальних зварювальних деформацій балок 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_{pi}). На стадії проектування погонну енергію визначають за площею наплавленого металу в зварному з'єднанні [11].

Повздовжні шви № 1, № 5

$$F_{n1} = 60,5 \text{ см}^2 \quad F_{n5} = 40,4 \text{ см}^2 \quad L_{ш1} = L_{ш2} = 262,5 \text{ см}$$

Погонна енергія:

$$q_{п ш1} = 19736 \text{ Дж/см};$$

$$q_{п ш5} = 12997 \text{ Дж/см};$$

$$V = - 0,335 \cdot \frac{\alpha}{c_p} \cdot q_{п} \text{ см}^2 \quad (2.22)$$

де c_p – об'ємна теплоємність матеріалу пластини ; α – КЛТР

$$\frac{\alpha}{c_p} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Дж} \text{ (для сталі 09Г2)}$$

Об'єм поздовжнього укорочення:

$$V_{ш1} = -1 \cdot 10^{-6} \cdot 19736 \cdot 262,5 = -5,18 \text{ см}^2; \text{ або } -10,36 \text{ см (два шва № 1)}$$

$$V_{ш5} = -1 \cdot 10^{-6} \cdot 29976 \cdot 262,5 = -3,4 \text{ см}^2; \text{ або } -6,8 \text{ см (два шва № 5)}$$

Об'єм від всіх поздовжніх швів:

$$\sum V_{заг.} = -10,36 + (-6,8) = - 17,16 \text{ см}^3$$

Поперечні шви :

Шов 2.1

$$q_{п} = 9042 \text{ Дж/см} ; S_{п} = 1,6 \text{ см}; S_{р} = 1,4 \text{ см}; L_{ш} = 19 \text{ см};$$

$$q_{пп} = k_{п} \cdot q_{п}$$

де $k_{п}$ - коефіцієнт, який враховує ступінь прогрівання по товщині.

$$k_{п} = 2S_{п} / (2 S_{п} + S_{р}) \quad (2.23)$$

$$k_{п} = 2 \cdot 1,6 / 2 \cdot 1,6 + 1,4 = 0,7$$

$$q_{пп} = 0,7 \cdot 9042 = 6329,4 \text{ Дж/ см}$$

$$\xi = \frac{\alpha}{c_p} [0,25 + 0,75 \text{ ks (0,1 + 0, кж)}] \quad (2.24)$$

$$k_s = > q_{пп} / S^2 = > 6329,4 / 1,6^2 = 2472,4$$

де - k_j – коефіцієнт жорсткості = 1 ; k_s – коефіцієнт, який враховує ступінь прогрівання по товщині, ξ - емпіричний коефіцієнт; $\xi = 0,91 \cdot 10^{-6}$

Об'єм поперечного укорочення для шва 2.1:

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

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

$$W_{ш\ 2.1} = - 0,91 \cdot 10^{-6} \cdot 6329,4 \cdot 19 = - 0,11 \text{ см}^3$$

$$\text{Для 4-х швів 2.1} - 0,22 \text{ см}^3$$

Шов 2.2

$$q_{п} = 9042 \text{ Дж/см} ; S_{п} = 4 \text{ см}; S_{р} = 1,4 \text{ см}; L_{ш} = 6,5 \text{ см};$$

Поперечне укорочення знаходимо за формулою 2.25:

де для шва 2.1 урахуванні основні чинники - $k_{п} = 0,85$; $q_{пп} = 7685,7 \text{ Дж / см}$; $k_s = 0,02$; $k_j = 1$; $\xi = - 0,795 \cdot 10^{-6}$

$$W_{ш\ 2.2} = - 0,795 \cdot 10^{-6} \cdot 7685,7 \cdot 6,5 = - 0,04 \text{ см}^3$$

$$\text{Для 4-х швів 2.2} = - 0,092 \text{ см}^4$$

$$W_{заг.} = - 0,92 = (-0,253) = - 0,345 \text{ см}^4$$

Укорочення балки:

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

$$\text{де } F = 207,8 \text{ см}^2$$

$$\Delta L = \frac{-17,16 + (-0,345)}{207,8} = - 0,84 \text{ мм}$$

Стрілка прогину балки

При обчисленні ϕ_i необхідно дотримуватися правила знаків, y_i 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.

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

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

$$1) \text{ Шов 1 } \Rightarrow ; V_1 = -10,36 \text{ см}^3; y_1 = -2,5 \text{ см}; V_1 y_1 = 25,9 \text{ см}^4$$

$$2) \text{ Шов 5 } \Rightarrow ; V_5 = -6,8 \text{ см}^3; y_5 = 16,5 \text{ см}; V_5 y_5 = -122,2 \text{ см}^4$$

$$\sum V_1 y_1 = 25,9 - 122,2 = -96,3 \text{ см}^4$$

$$3) \text{ Шов 2.1 } \Rightarrow ; V_{2.1} = -0,22 \text{ см}^3; y_{2.1} = 7 \text{ см}; W_{2.1} y_{2.1} = -1,54 \text{ см}^4 \quad W_{2.1} = -1,771$$

$$4) \text{ Шов 2.2 } \Rightarrow ; V_{2.2} = -0,08 \text{ см}^3; y_{2.2} = -2,5 \text{ см}; W_{2.2} y_{2.2} = -0,2 \text{ см}^4 \quad W_{2.2} = 0,23$$

$$\sum W_i y_i = -1,54 - 1,771 + 0,2 + 0,23 = -2,881 \text{ см}^4$$

Кут повороту крайнього перетину:

$$\phi = \frac{-96,3 + (-2,881)}{10928,91} = 0,0081$$

$$f = 0,0081 \cdot 262,5 / 8 = 0,26 \text{ см} = 2,6 \text{ мм}$$

$$\underline{\text{Допуск} = \pm 3 \text{ мм}}$$

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

Висновки:

1. Для виготовлення балки застосовується механізоване зварювання в середовищі захисного газу.

2. Розрахунок режимів зварювання виконані за площею поперечного перерізу наплавленого металу F_n . В дипломному проєкті проведено розрахунки двох типів з'єднання. Режими для ТЗ, Т6 подібні, $V_{зв}$ для ТЗ – 19,8 м/год, для Т6-11,9 м/год; погонна енергія $q_{п}$ для ТЗ- 9042 Дж/см, для Т6-15071дж/см.

3. Для усіх видів з'єднання при механізованому зварюванні утворюється ферліто-перлітна + бейніт структура з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2 НV. НV для шва № 2 -335 НV для шва № 4 – 340 НV.

4. Розрахунки зварювальних деформацій поперечної балки платформи показали, що деформації є допустимими і не перевищують допуск, встановлений стандартом.

3. Технологічний процес виготовлення поперечної балки платформи скраповоза

3.1 Принципова послідовність складання та зварювання

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань і мінімальних зварювальних деформацій балки в проєкті пропонується метод повного складання і наступного зварювання металоконструкції на базі нижньої плити (рис. 3.1).

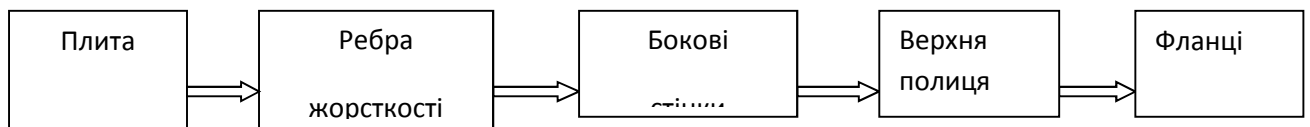


Рис. 3.1. Технологічна схема складання поперечної балки платформи скраповоза.

Плита має товщину 40 мм, є достатньо жорсткою і тому вибрана в якості опорної бази для складання всієї конструкції.

Мета складання полягає в забезпеченні правильного взаємного розташування і закріплення складових зварної конструкції перед зварюванням. Для виконання складальних операцій використовують складальне або складально-зварювальне устаткування і пристрої. В першому випадку використання пристроїв закінчується після установки прихоплень. У випадку використання складально-зварювального устаткування конструкція звільняється від пристроїв лише після зварювання. Складально-зварювальне устаткування може слугувати для фіксування заготівок, зменшення деформацій у наслідок жорсткого закріплення, для виконання попереднього зворотного очікуваним деформаціям вигину і т.п.

Виходячи із зазначеного, складання балки слід розпочинати з цієї плити (рис. 3.2).

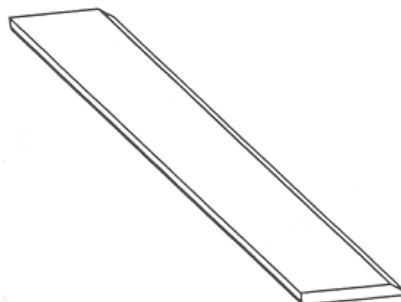


Рис.3.2 Плита

Плита виставляється на стенді і за розміткою на неї виставляються ребра жорсткості (рис.3.3). Ребра жорсткості в даному випадку виконують функції підтримки жорсткої конструкції та служать фіксаторами для бокових стінок. Виставленні ребра жорсткості закріплюються на прихопленнях, які виконуються ручним дуговим зварюванням. На кожне з'єднання ставляться по 3 прихоплення довжиною 10 мм. Катет прихоплення має бути не менше 5мм – це необхідна умова для повного переплавлення прихоплення у процесі зварювання.

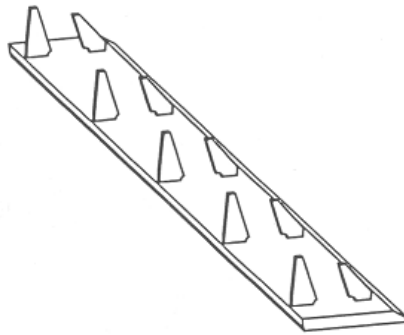


Рис. 3.3 Складання ребер жорсткості з плитою

Після проведення контролю ВТК вузол складається далі. Виставляються дві бокові стінки (рис. 3.4). Бокові стінки знаходяться під кутом по відношенню до плити завдяки тому, що встановленні ребра жорсткості автоматично забезпечують кут нахилу бокових стінок до плити. Бокові стінки закріплюються також на прихопленнях.

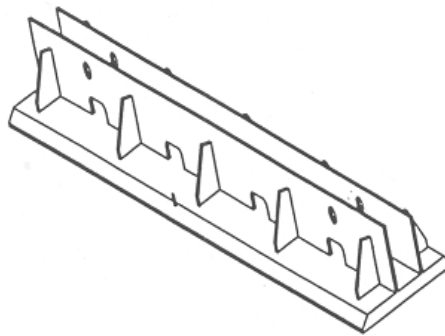


Рис. 3.4 Складання стінок з конструкцією проводки

Наступним етапом є встановлення верхньої полиці (рис. 3.5). Верхня полиця також закріплюється до стінок на прихопленнях.

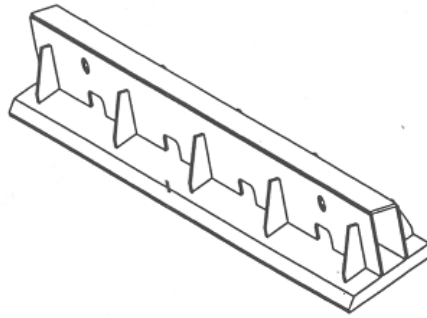


Рис. 3.5 Складання полиці з конструкцією балки

На останньому етапі виставляється фланці (рис.3.6).

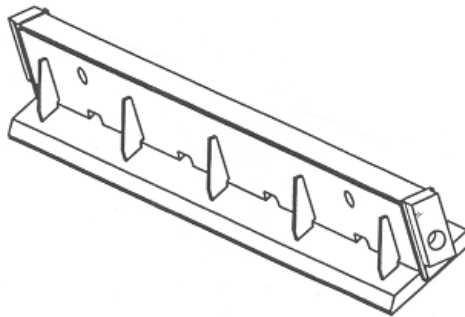


Рис. 3.6 Встановлення фланців

Розрахунок трудомісткості складання:

$$T_p = (0,19H + 0,26) \cdot (0,0143 \cdot s + 0,58)$$

$$T_p = (0,19 \cdot 0,2 + 0,26) \cdot (0,0143 \cdot 10 + 0,58) = 0,22 \text{ (н-год)} \cdot 0,7 = 0,154 \text{ н-год. на 1 м шва;}$$

$$T_{p \text{ заг. (тав)}} = 0,154 \cdot 2 \cdot 2,625 = 0,811 \text{ норма часу}$$

$$T_{p \text{ сб. (шви)}} = 10 \cdot 0,19 + 0,81 + 0,21 \cdot 2 = 3,13 \text{ н-год;}$$

$$T_{p \text{ скл. заг.}} = 0,811 + 3,13 = 3,94 \text{ н-год.}$$

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 з кантуванням виробу таким чином, щоб більшість швів виконувалася у нижньому положенні.

Розрахунок трудомісткості зварювання розраховуються за формулою:

$$T = L_{ш} \cdot T_o \cdot k_d \cdot k_z \cdot k \quad (3.1)$$

$$T_o = m / V_{зв}$$

де: m – кількість проходів; k_d – коефіцієнт, що враховує додатковий час; k_z – коефіцієнт, що враховує умови виконання роботи; k – коефіцієнт обслуговування робочого місця.

$$T_{o \text{ шов } \text{№}4} = 3/11,9 = 0,252 ; T_{зв} = 0,22 \cdot 0,252 \cdot 1,2 \cdot 1,04 \cdot 1,13 = 0,07 \text{ (н-год.)}$$

$$T_{o \text{ шви } \text{№} 1,2,3,5} = 1 / 19,8 = 0,051; T_{зв} = 17,08 \cdot 0,051 \cdot 1,2 \cdot 1,04 \cdot 1,13 = 1,23 \text{ (н-год.)}$$

$$T_{\text{звар. для всіх швів}} = 1,30 \text{ (н-год.)}$$

3.2.Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

На механічні і фізико-хімічні властивості металу шва істотно впливає його хімічний склад. Тому для одержання властивостей, що задовольняють вимогам надійності і якості конструкцій дуже важливим є правильний вибір зварювальних матеріалів [12].

Першою умовою при виборі зварювальних матеріалів для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей є одержання щільних без пористих швів. Основною причиною пороутворення є насичення металу шва воднем і азотом, і уповільнення реакції окиснювання вуглецю в період кристалізації зварювальної ванни.

Другою умовою при виборі зварювальних матеріалів є одержання металу шва з високою технологічною міцністю, тобто не схильному до утворення гарячих тріщин.

Третьою умовою є одержання металу шва з необхідною експлуатаційною міцністю.

Четвертою умовою є низька вартість і наявність зварювальних матеріалів.

При виготовленні поперечної балки зважаючи на середню протяжність швів в дипломному проекті пропонується використовувати механізоване дугове зварювання у середовищі захисних газів :

Зварювання в захисних газах порівняно з іншими способами має ряд переваг, з яких головні наступні:

- наявність сприятливих умов для візуального, у тому числі і дистанційного, спостереження за процесом та широкий діапазон робочих параметрів режиму зварювання;
- можливість ведення процесу з періодичною зміною електричних параметрів (імпульсно-дугове зварювання);
- легкість здійснення процесу зварювання в різних просторових положеннях;
- вірогідність варіювання складу захисного газу; використання для зварювання широкої номенклатури матеріалів, у тому числі кольорових металів і їхніх сплавів;
- широка можливість механізації й автоматизації процесу, у тому числі із застосуванням робототехніки;
- висока культура виробництва та сприятливі гігієнічні умови праці зварників.

Завдяки відзначеним перевагам спосіб дугового зварювання в захисних газах найбільш широко використовують у промисловості. Суміш захисних газів $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ забезпечує краще формування металу шва та менше розбризкування, поліпшує форму провару та зменшує випромінювання дуги порівняно зі зварюванням в чистому аргоні або у чистому вуглекислому газі.

Фізико-хімічні показники 82% Ar і 18% CO₂ вказані в таблицях 3.1 і 3.2

Таблиця 3.1 Склад двоокису вуглецю

Показник	Норма	
	Вищий сорт	Перший сорт
Об'ємна частка CO ₂ > 25 не менша	99,8	99,5
Масова частка водяних парів при температурі 20°C і тиску 101,3кПа, г/ см не більша	0,037	0,184

Таблиця 3.2 Склад аргону, вищий сорт

Показник	Норма
Вміст Ar, %, не менше	99,99
Вміст O ₂ , %, не більше	0,001
Вміст N ₂ , %, не більше	0,008
Вміст водяних парів, г/ см, при нормальних умовах (20° Сі 760мм. рт. ст	0,01
Ar при 760 мм рт. ст. і температурі не вище	-58
Вміст CO ₂ і вуглеводнів в сумі, %, не більше	0.001

Для того щоб одержати якісний зварний шов необхідно правильно підібрати зварювальний дріт. За хімічним складом він повинен бути максимально близьким до основного металу, також додатково легувати шов і попереджати вигорання

легуючих елементів. Для попередження утворення пір у зварних швах метал дроту повинен містити не менш 0,2...0,4 % кремнію і марганцю.

Для всіх швів застосовується механізоване зварювання дротом Св-08Г2С у суміші захисних газів Ar + 18% CO₂. Хімічний склад зварювального дроту приведений у табл. 3.3, механічні властивості наплавленого металу – в табл. 3.4.

Таблиця 3.3. Хімічний склад зварювального дроту (ГОСТ 224670)

Марка дроту	Вміст елементів, %						
	C	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
Св-08Г2С	0,1	2,03	0,9	0,2	0,04	0,026	0,03

Таблиця 3.4. Механічні властивості металу, наплавленого дротом Св-08Г2С

σ _т , МПа	σ _в , МПа	δ, %	Ударна в'язкість KCV, Дж/см ²	
			-20 С°	+20 С°
≥390	≥490	21 - 23	70	130

На підставі проведеного аналізу можна стверджувати, що зварювальний дріт Св-08Г2С відповідає зазначеним вище умовам, його доцільно використовувати в комбінації із сумішшю захисних газів Ar + 18% CO₂ під час зварювання балки.

Для встановлення прихоплень, усунення дефектів та виконання зварних швів малої протяжності в дипломному проєкті пропонується використовувати електроди УОНИ 13/45, що призначені для зварювання відповідальних конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей, коли до металу швів пред'являють підвищені вимоги по пластичності і ударної в'язкості [11].

Характеристика електродів УОНИ 13/45 наведена у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 Характеристика електродів УОНИ 13/45

Параметр	Значення
покриття електродів	основне
коефіцієнт наплавки	9,5 г/А·год
продуктивність наплавки (для діаметра 3,0 мм)	1,3 кг/год
витрати електродів на 1 кг наплавленого металу	1,6 кг

3.3 Обґрунтування вибору зварювального устаткування, складально-зварювальних пристроїв.

Для механізованого зварювання в суміші захисних газів $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ використовуємо комплектний апарат для механізованого зварювання зварювальний ПДГО-510 з джерелом живлення ВДУ-506С (рис 3.7). Складається з механізму подачі електродного зварювального дроту ПДГО-510 і універсального зварювального джерела ВДУ-506С. Ця комплектація є однією з найбільш популярних і користується великим попитом у більшості зварників.



Рис. 3.7. Загальний вид зварювального апарата ПДГО-510 з ВДУ-506С

ПДГО-510 – потужний 4-х роликовий механізм подачі дроту в поєднанні з гальмівним пристроєм і плавним електронним регулюванням швидкості і зварювальної напруги з панелі управління автомату забезпечує високоякісне зварювання. Механізм подачі стискається з універсальним зварювальним джерелом ВДУ-506С і призначений для високопродуктивного механізованого зварювання проводки в середовищі захисних газів і сумішей на постійному струмі. Технічна характеристика наведена у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 Технічні характеристики ПДГО-510

Параметри	Показники
Зварювальна напруга, В	16-40
Зварювальний струм, А	40-500
Споживна потужність, Вт	не більше 150
Діаметр зварювального дроту, мм	0,8-2,00

Швидкість подачі електродного дроту, м/год	120-1500
Маса (без дроту),кг	18 кг
Габаритні розміри, мм	725 x295 x 450
Температура навколишнього середовища, °С	від - 40 до 40

Випрямляч зварювальний ВДУ-506С призначений для комплектації напівавтоматів дугового зварювання, і так само для ручного дугового зварювання покритими електродами (режим ММА). Випрямляч також призначений для автоматичного зварювання плавким електродним дротом в середовищі захисних газів на постійному струмі (режим MIG/MAG) може бути використаний як джерело зварювальної напруги в складі зварювальних автоматів, роботів. Технічна характеристика наведена у табл. 3.7.

Основними особливостями джерела живлення ВДУ-506С є:

- плавне регулювання зварювального струму в режимі ММА і зварювальної напруги в режим MIG/MAG;
- поліпшені динамічні властивості зварювального процесу;
- універсальний, так як має два види зовнішніх характеристик, жорсткі та падаючі;
- легке запалювання і стійке горіння дуги.

Таблиця 3.7 Технічні характеристики ВДУ-506С

Параметри	Режим	
	ММА	MIG - MAG
Напруга мережі живлення, В	380	
Частота живильної мережі, Гц	50	
Зварювальний струм, А	500	

Зварювальна напруга, В	46	50
Номінальний режим роботи, ПН, %	60	
Найменший зварювальний струм, А	50	60
Найбільший зварювальний струм, А	500	
Споживна потужність при номінальному струмі, кВА	40	
Маса ,кг	225	
Габаритні розміри, мм	840 x 505 x 685	

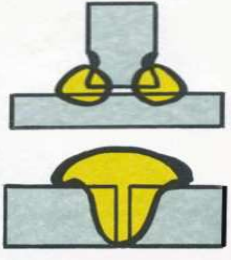
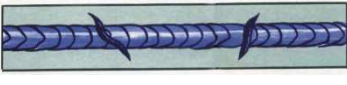
3.4. Можливі дефекти зварних з'єднань. Контроль якості зварювання та виправлення дефектів

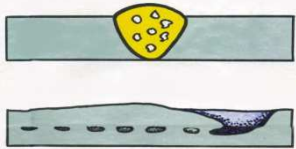
Якість продукції залежить від того, чи відповідає конструкція вимогам експлуатації. Завданням контролю є встановлення показників які визначають якість, бо будь-які відхилення від заданих нормативними документами параметрів з'єднань при зварюванні, що утворилися внаслідок порушення вимог зварювальних матеріалів, підготовки, складання і зварювання деталей, термічної та механічної обробки зварних з'єднань й конструкції в цілому – є дефектами зварних з'єднань.

Всі дефекти, що можуть утворитися при зварюванні поперечної балки, та причини їх утворення наведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 Характерні дефекти зварювання і причини їх утворення

Зовнішні дефекти		
Фото	Назва	Причини утворення
	Дефекти форми і розмірів шва	Різниця ширини та висоти шва на всьому його протязі.

	Зовнішня пористість	Насиченість воднем, азотом та іншими газами; брудного або іржавого основного або присадного металу; швидкого затвердіння наплавленого металу.
	Пори у вигляді ланцюга	Брудного або іржавого основного або присадного металу; підвищеного вмісту вуглецю в наплавленому металу; довгої дуги при зварюванні; поганого газового захисту; пришвидшеного зварювання; швидкого затвердіння наплавленого металу.
	Усадочна раковина	Скорочення об'єму рідини, що утворюється в литві вільних від металу порожнини,
	Шлакові включення	Недостатнє розкиснення металу шва; тугоплавкість шлаків; погане зачищення поверхні крайок і окремих шарів при багатошаровому зварюванні; затікання шлаків у зазори між крайками.
	Підрізи, Напливи	Надмірна сила струму і напруги на дузі, великий діаметр електрода, неправильний рух електрода в процесі зварювання, неправильне складання перед зварюванням, низька кваліфікація зварювальника.
  	Тріщини: поздовжні поперечні розгалужен	Порушення суцільності, викликане місцевим розривом шва, підвищена кількість наплавленого металу; неправильний вибір зварювальних матеріалів; підвищений вміст сірки, фосфору, вуглецю; наявності непроварів

	ня в зоні термічного впливу	
Внутрішні дефекти		
	Непровари	Неякісне очищення крайок; підвищена швидкість зварювання ; неправильний кут нахилу електрода або пальника; нецентрований напрямок дуги ; завеликий діаметр електрода чи розмір пальника.
	Пори	Інтенсивне газоутворення
	Тріщини	Високі внутрішніх напруження; підвищена маса наплавленого металу; неправильний вибіру зварювальних матеріалів; підвищений вмісту сірки, фосфору, вуглецю; наявність не проварів.
	Шлакові включення	Велика швидкість зварювання, забруднення кромки, погане очищення від шлаку поверхні швів між шарами.

Одержання високоякісних і надійних зварних з'єднань залежить від правильно обраних методів контролю зварних швів.

Контроль якості зварних з'єднань передбачає наступні заходи.

1. Відділ технічного контролю оформлює звіт щодо якості зварних швів, де визначають 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:

- кваліфікації зварників;
- якості основного та зварюваних матеріалів;
- зварювального обладнання, інструменту, оснастки;
- складально - зварювальних робіт (якість зварювання, зварювальні технології);
- якості зварних швів.

3. Контроль кваліфікацій зварювальників. Зварювальники сертифіковані відповідно до галузевих нормативних документів допускаються до виконання відповідальних зварювальних робіт. ВТК перевіряє наявність у зварювальників посвідчень. За відсутності сертифікату у зварювальника 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 режими 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 зварюваних поверхонь і передачу їх майстру ВТК;

- в процесі зварювання конструкції, виробничий майстер зі зварювання і майстер ВТК контролюють:

- а) виконання технологічних вказівок стосовно зварювання, дотримання заходів щодо усунення деформацій, а також заходів, передбачених під час зварювання на відкритому повітрі;

- б) дотримання послідовності правильності виконання швів, передбачених змінами зварювання і технічною документацією;

- в) відповідність якості і стану зварювальних матеріалів стандартам і технічним умовам;

- у разі порушення заданої технології зварювання, невиконання вимог технологічних заходів, використання неперевіраних 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.

Поперечна балка платформи скраповозу підлягає наступним методам контролю:

- зовнішній огляд - 100%;

- ультразвуковий контроль – 30 %

Розрахунок трудомісткості контролю:

$$T_{рк} = 2 \cdot 17,22 = 34,44 \text{ хв.} = 0,57 \text{ (н-ч.)}$$

Оцінку дефектів зварювальних швів поперечної балки здійснюється згідно DIN TN ISO 5817. [13]

Візуальний огляд

Контроль якості зварних з'єднань балки зовнішнім оглядом і виміром геометрії шва виконується відповідно до ГОСТ Р ИСО 17637-2014 (візуальний контроль з'єднань виконаних зварюванням плавленням) [14].

Зовнішній огляд балки проводиться на всіх стадіях зварювального виробництва:

- зовнішньому огляду підлягають всі зварні шви на всій їх довжині з обох боків балки.
- перед контролем зовнішнім оглядом і вимірюваннями зварні шви повинні бути акуратно 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.

Ультразвуковий метод

Ультразвуковий контроль проводиться за ГОСТ 14782-86 «Контроль неруйнівний [15]. З'єднання зварні. Методи ультразвукові», який дозволяє здійснювати ультразвукову діагностику якості зварних з'єднань, виявляти і документувати ділянки підвищеного вмісту дефектів, класифікуючи їх за типами та розмірами.

Метод ґрунтується на здатності (<20кГц) проникати в матеріал і відбиватися від поверхні подряпин та інших несу цільностей. Штучно створена, направлена діагностична хвиля проникає в контрольоване з'єднання і при виявленні дефекту відхиляється від свого нормального поширення. Оператор реєструє відхилення на екрані приладу і описує характеристику визначеного дефекту.

Висновки:

1. Розроблена принципова послідовність виготовлення поперечної балки платформи скраповозу. Для виконання основних швів застосовується механізоване зварювання в середовищі захисного газу $Ar + 18\% CO_2$ зварювальним дротом Св-08Г2С. Для встановлення прихоплень, усунення дефектів та виконання зварних швів малої протяжності використовуються електроди з основним покриттям УОНИ 13/45.
2. Для механізованого зварювання в середовищі захисних газів пропонується використати механізм подачі зварювального апарата ПДГО-510 з джерелом живлення ВДУ-506С.
3. Для контролю якості зварювання рекомендовані методи зовнішнього огляду швів (100 %) та ультразвуковий контроль (30 %).

4. Охорона праці під час проведення зварювальних робіт

Охорона праці і техніка безпеки на виробництві регламентуються правовою основою законодавства України: Конституцією України, Кодексом законів про працю, законами "Про охорону праці", "Про пожежну безпеку", "Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення" та іншими нормативно-правовими актами з охорони праці. У систему технічних нормативів щодо безпечної роботи при проведенні зварювальних робіт входять різні нормативно-технічні документи: державні стандарти, будівельні норми, технічні регламенти, санітарно-гігієнічні нормативи, правила і норми пожежної безпеки, різні технічні умови, інструкції, методичні рекомендації. Сюди також відносять переклади закордонних стандартів, міжнародних стандартів ISO, IEC, EN, APL, ASME та ін.

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 [16].

Вплив на людину шкідливого виробничого фактора може привести до професійного захворювання, що практично не зустрічається в побуті, а гостре респіраторне 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.

Основні вимоги з охорони праці:

1. Роботодавець забезпечує проведення попереднього (під час прийняття на роботу) та періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників згідно з вимогами Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій.
2. Працівники повинні проходити навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
3. Працівники, що виконують електрозварювальні роботи на висоті, повинні пройти навчання і перевірку знань відповідно до Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті.

4. Не допускається залучення жінок до робіт, визначених у Переліку важких робіт та робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок.
5. Не допускається залучення неповнолітніх до робіт, визначених у Переліку важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх.
6. Роботодавець повинен забезпечити стан пожежної безпеки відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні.
7. Для всіх приміщень, будинків та зовнішнього устаткування має бути визначено категорію щодо вибухопожежної та пожежної безпеки відповідно до вимог Норм визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.
8. Експлуатацію вогнегасників необхідно здійснювати відповідно до вимог Правил експлуатації вогнегасників.
9. Роботодавець забезпечує проведення розслідування і ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій згідно з Порядком проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві.
10. Роботодавець повинен забезпечити безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд відповідно до Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд, затвердженого наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України і Державного комітету України по нагляду за охороною праці.
11. Використання зварювального обладнання та контрольно-вимірювальних приладів, які є джерелами іонізуючого випромінювання, повинно здійснюватися з дотриманням Вимог та умов безпеки (ліцензійні умови) провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України.
12. Роботодавець повинен забезпечити працівників питною водою, якість якої повинна відповідати Державним санітарним нормам та правилам «Гігієнічні

вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10), затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України.

13. У виробничих приміщеннях зварювальних цехів, де проводяться роботи зі шкідливими речовинами (кислотами, лугами), для промивання очей і шкіри повинні бути передбачені душі і фонтанчики.

14. Оброблення поверхонь виробничих приміщень повинно унеможливлювати накопичення пилу, поглинання парів та газів і дозволяти систематичне прибирання поверхонь вологим способом.

15. Сигнальні кольори і знаки безпеки у виробничих і складських приміщеннях повинні відповідати вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників.

16. Освітлення робочих місць повинно відповідати проектній документації, затвердженій в установленому порядку.

До системи охорони праці і проведення безпечних зварювальних робіт входять:

- вимоги до виробничих приміщень;
- вимоги до виробничого устаткування, його розміщення та організації робочих місць;
- вимоги до вихідних матеріалів, заготовок;
- вимоги до зберігання і транспортування матеріалів, заготовок, готових виробів і відходів виробництва;
- вимоги до персоналу;
- вимоги до застосування засобів індивідуального захисту;
- відповідальність за порушення встановлених правил.

Техніка безпеки під час виконання зварювальних робіт поперечної балки

Виготовлення проводки супроводжується комплексом небезпечних і шкідливих виробничих факторів, технологічні процеси яких несприятливо впливають на умови роботи й здоров'я зварників.

Безпека зварювальних робіт у значній мірі залежить від рівня професійної майстерності зварника, його знань та вмінь, а також від стану обладнання й виробничих приміщень. Тому суворе та неухильне дотримання всіх правил техніки безпеки і виробничої санітарії, розуміння причин, що викликають небезпеку, а також необхідних заходів щодо їх попередження дозволить безпечно

виконувати зварювальні роботи й зберегти здоров'я зварників. Правила техніки безпеки під час виконання зварювальних робіт та експлуатації зварювального обладнання регламентовані Державними стандартами.

До виконання зварювальних робіт допускаються спеціально навчені та дипломовані робітники віком не молодше 18 років.

Вимоги до обладнання та приміщень

1. Зварювальні роботи повинні проводитися у призначених для цього приміщеннях (лабораторіях, дільницях, цехах), які відповідають "Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий", "Противопожарным нормам строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест", "Правилам техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах" і т. ін.

2. Зварювальні робочі місця та дільниці повинні бути ізольовані від незварювальних, які знаходяться у тому ж приміщенні, шляхом установа спеціальних загорож (кабін), щитів або ширм з азбестової тканини. Обов'язково повинні бути передбачені проходи шириною не менше 1 м.

3. У місцях виконання зварювальних робіт заборонено використання та зберігання вогнебезпечних матеріалів (бензин, ацетон, спирт тощо).

4. Зварювальні приміщення мають бути освітлені загальними світильниками. При цьому освітленість має становити: не менше 50 лк, якщо використовуються лампи накаливання, та 150 лк при люмінесцентних джерелах світла. Стационарно встановлені світильники місцевого освітлення повинні живитися напругою не

більше 36 В, а для переносного освітлення – не більше 12 В (особливо при зварюванні всередині замкнених просторів: резервуарах, котлах, цистернах, відсіках суден тощо).

Вимоги до проведення електрозварювальних робіт

Під час виконання електрозварювальних робіт слід знати ряд положень.

1. Струми силою до 0,01 А не небезпечні для життя, але викликають болісні відчуття; струми силою 0,1 А та більше – смертельні. Дія як змінного, так і постійного струму однаково шкідлива для організму людини. У мережах змінного струму навіть при ідеальній ізоляції інших фаз доторкання до однієї з них є небезпечним, тому що крім витоку струму, який має активний характер дії на людину, ще є ємнісний струм відносно до землі. Тому дуже важливою є вимога щодо надійності ізоляції всіх струмоведучих частин зварювального обладнання та його заземлення. Якість ізоляції та заземлення слід періодично перевіряти.
2. Підключення електрозварювального обладнання здійснюється від спільного щита, електропускова апаратура виконується у вигляді рубильників закритого типу або кнопкових станцій та магнітних пускачів. Під час виконання ремонтних робіт або профілактичних оглядів на щитах необхідно встановлювати попереджувальні таблички.
3. Під час роботи в особливо небезпечних та замкнених приміщеннях зварювальні установки повинні мати електричне блокування, що забезпечує автоматичне відключення зварювального кола при торканні електрода зі зварювальним виробом та автоматичне зниження напруги до 12 В.
4. Усі маховички, рукоятки, кнопки і т. ін., до яких зварник доторкається у процесі зварювання, повинні виготовлятися з діелектричного матеріалу.

У разі ураження електричним струмом слід надати першу допомогу: звільнити постраждалого від дії електроструму, винести на відкрите місце, де є свіже повітря, зробити штучне дихання, накласти пов'язку.

Вентиляція.

Під час зварювальних робіт виділяються токсичні речовини, що містяться в електродних покриттях та флюсах, випаровуються гази і тому з метою забезпечення безпечних умов праці необхідна вентиляція приміщень.

Ефективність вентиляції визначається граничнодопустимою концентрацією шкідливостей у повітрі й складає не більше: зварювального пилу 4 мг/м³; з'єднань марганцю 0,3 мг/м³; з'єднань хрому 0,1 мг/м³.

Таблиця 4.1. Сумарне виділення шкідливих речовин при зварюванні, г/кг

Вид зварювання	Найменування і марка зварювального матеріалу	Пил	Гази	
		Мп	СО	НВ
Зварювання в СО ₂	Дріт Св-08Г2С	0,5	14	-

Для видалення зварювального пилу та газів установлюється місцева витяжна вентиляція, яка видаляє шкідливості безпосередньо у місця їх утворення.

Зварювання всередині замкнених просторів без витяжної вентиляції не допускається.

Окрім місцевої вентиляції, зварювальні цехи та приміщення обладнуються загальнообмінною вентиляцією. Витягування здійснюється з верхньої зони приміщення, приплив повітря повинен здійснюватися у робочу зону на незварювальних ділянках.

Індивідуальні засоби захисту. Найбільш поширеними засобами індивідуального захисту зварників та їх допоміжних робітників від різних виробничих шкідливостей є спецодяг, спецвзуття та запобіжні пристрої.

До спецодягу належать: брезентовий костюм (куртка й штани), брезентові рукавиці, нарукавники (під час зварювання у стельовому положенні).

Спецвзуття повинне захищати стопи ніг від забиття та опіків. Під час електрозварювання використовують взуття на гумовій підшві.

Для захисту обличчя та очей від випромінювання і бризок розплавленого металу використовують щитки зі світлофільтрами, а при газовому зварюванні –

окуляри. Шоломи та щитки звичайно виготовляються з фібри – матеріалу, який не пропускає ультрафіолетові промені, має малу теплопровідність та не підпалюється від іскор.

Помічники електрозварників та сумісно з ними працюючі залежно від умов праці повинні бути забезпечені щитками й масками або окулярами. При зачищуванні зварних швів від зайвого наплавленого металу очі захищають окулярами.

Під час електродугового зварювання з метою електроізоляції зварника від виробу використовують гумові килимки, наколінники та підлокотники.

Для захисту органів дихання від потрапляння в них зварювального пилу, газів тощо як індивідуальні засоби захисту використовують респіратори типу "Лепесток", "Астра" та ін., які являють собою півмаску, що надягається на рот та ніс зварника. В особливо небезпечних випадках використовують протигази або спеціальні дихальні прилади.

Розрахунок місцевої вентиляції складально-зварювального цеху [17].

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

Переріз повітроприймного пристрою має форму кола:

$$d_0 = 0,3 \text{ м.}$$

Діаметр повітроводу визначимо за формулою:

$$d = \frac{F}{\pi d_0} \quad (4.1)$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \quad (4.2)$$

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:

$$V_B = \frac{V_T l^2}{k d^2}, \quad (4.3)$$

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.

$$V_T = 0,5 \text{ м/с};$$

$$l = 0,09 \text{ м.}$$

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

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

$$Q_H = V_B S_B * 3600, \quad (4.4)$$

де S_B – швидкість вхідного перерізу пилогазоприймача;

V_B – швидкість руху у повітроприймачі.

$$Q_H = 95 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Загальна кількість повітря, необхідна для місцевої вентиляції:

$$Q_M = n * Q_H,$$

де Q_H – кількість повітря для видалення шкідливих речовин від одного джерела, м³/год;

n – кількість джерел, що виділяють шкідливу речовину.

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

Схема місцевої вентиляції приведена на рис.4.1.

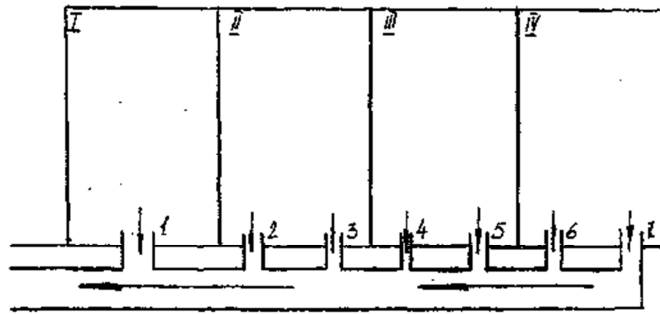


Рис. 4.1. Схема місцевої вентиляції

Діаметр на ділянці 1-2 визначається:

$$d_{1-2} = \sqrt{\frac{4Q_{1-2}}{3600\pi V_b}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 665}{3600 \cdot 6 \cdot 3,14}} = 0,2 \text{ м}, \quad (4.5)$$

де Q_{1-2} кількість повітря, що проходить через ділянку 1- 2, м³/год;

V_b - швидкість руху повітря у повітроводі, м/год.

Втрати на тертя на ділянці 1-2 визначаються:

$$H_{тр} = \frac{\rho \lambda L V_b^2}{2d}, \quad (4.6)$$

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:

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

Місцеві втрати на цій ділянці рівні:

$$H_M = \frac{\xi V_B^2 \rho}{2}, \quad (4.7)$$

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

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

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

Для прямолінійної ділянки 2- 3 втрати на тертя:

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

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:

$$R = \Sigma H / Q^2, \quad (4.8)$$

де ΣH – сума втрат у системі;

Q – кількість повітря, необхідне для місцевої вентиляції.

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

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

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

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

Охорона навколишнього середовища при проведенні складально-зварювальних робіт.

За прийнятою в екологічному менеджменті класифікацією зварювальне виробництво належить до суттєвих джерел можливого забруднення довкілля на різних стадіях виробництва продукції: підготовка матеріалів, зварювальні процеси, випробовування і заключні технологічні операції [18].

Ці процеси супроводжуються забрудненням атмосфери, ґрунту та води. У статті визначено основні завдання поліпшення стану навколишнього середовища. Розроблено технологічні і санітарно-технічні системи захисту працюючих і довкілля від шкідливих речовин у складі зварювальних аерозолів.

Зварювання – один із технологічних процесів, що широко застосовується в різноманітних галузях промисловості. Обсяг виробництва зварних металічних конструкцій у всьому світі становить сотні мільйонів тонн на рік, що створює певну шкідливу дію на навколишнє середовище. За прийнятою в екологічному менеджменті класифікацією зварювальне виробництво належить до суттєвих джерел можливого забруднення довкілля на різних стадіях виробництва продукції: підготовка матеріалів (збереження, теплова обробка, очищення, різання, підготовка кромки до зварювання), зварювальні процеси, випробування (хімічні, фізичні, радіографічні, магнітні, гідравлічні, проникаюча здатність) і заключні технологічні операції (травлення, теплова обробка, фарбування виробів). Ці процеси супроводжуються забрудненням атмосфери, ґрунту та води. Разом з тим за екологічними наслідками зварювальне виробництво не можна віднести до найбільш забруднюючих видів діяльності, оскільки в ньому останнім часом почали застосовувати відповідні запобігаючи екологічні заходи.

Визначено такі основні напрямки поліпшення стану навколишнього середовища в наслідок зварювального виробництва:

- зменшити екологічні наслідки зварювального виробництва на довкілля за повним циклом виробництва продукції;
- створити екологічно чисті технології зварювання та споріднених технологій;

- забезпечити екологічну безпеку рециклінгу зварних конструкцій і споруд після вичерпання їх експлуатаційного ресурсу;
- скоротити споживання енергії і пошук шляхів застосування її нових джерел;
- зменшити кількість відходів у виробництві зварювальних матеріалів та зварних конструкцій;
- здійснити екологічно безпечну утилізацію відходів (зварювальних аерозолів, що накопичуються в системах очищення повітря, недогарків зварювальних електродів, шлаку), пакувальної тари і конструкцій, що демонтуються;
- поліпшити санітарно-гігієнічні характеристики зварювальних матеріалів та ін.;
- підвищити вимоги до безпеки і більш ефективного захисту здоров'я зварників та операторів безпосередньо на робочих місцях, а також усього персоналу;
- включити використання матеріалів, які включено до «чорного та сірого списку» міжнародних стандартів серії ISO 14000.

Висновок:

1. В даному розділі дипломного проекту проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально - зварювальних робіт поперечної балки платформи скраповозу. 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, також підібрано необхідний вентилятор для системи вентиляції «Циклон».
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 поперечної балки платформи скраповоза

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

Вихідні данні розрахунку:

1.Річний об'єм продукції, шт.	10
2. Ціна дроту, грн. за кг	40
3. Витрати суміші (Ar + 18%CO ₂) на 1м.п., м ³	3,35
4. Витрати дроту на 1 м.п., кг.	0,45
5. Ціна 1м ³ суміші Ar + 18%CO ₂ , грн.	66,7
6. Витрати електроенергії на 1м.п. с.д. кВт/г	13,37
7. Ціна 1 кВт/г, грн.	1,89
8. Трудомісткість складальних робіт на 1 шт., н.-год.	3,94
9. Трудомісткість зварювальних робіт на 1 м.п.н-год.	1,30
10. Трудомісткість контрольних робіт на 1 м.п. н-год.	0,57
11. Годинна тарифна ставка контролера, грн.	60
12. Годинна тарифна ставка складальника, грн.	87
13. Годинна ставка зварювальника, грн.	80
14. Норма амортизації, %	13
15. Норма витрат на поточний ремонт обладнання, %	15
16. Вартість зварювального обладнання, грн.	78000

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

$$C_{Mi} = \Pi_{Mi} \cdot \Pi_{Mi} \quad (5.2)$$

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 [19].

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, $l_{ш} = 100 \text{ см}$.

Для зварного з'єднання № 4 (ДСТУ ISO 4063-131/ГОСТ 14779-76)

$$F = 224 \text{ мм}^2 ;$$

$$l_{ш} = 110 \cdot 2 = 220 \text{ мм} = 0,22 \text{ м} ;$$

Для зварних з'єднань № 1, 2, 3, 5 (ДСТУ ISO 4063-131). /ГОСТ 14779-76)

$$F_H = 30,75 \text{ мм}^2 = 0,31 \text{ см}^2$$

$$l_{ш} = 17,08 \text{ м}$$

$$l_{ш \text{ в.з.}} = 17,08 + 0,22 = 17,28 \text{ м} = 1728 \text{ см}$$

Вага наплавленого металу, кг:

$$G_H = F_H \cdot \gamma \cdot 100$$

$$G_H = 0,31 \cdot 7,8 \cdot 100 = 239,85 \text{ гр.} = 0,24 \text{ кг. на 1 м зварного шва};$$

$$G_{H \text{ вз.}} = 0,31 \cdot 7,8 \cdot 1728 = 4144 \text{ г} = 4,1 \text{ кг.}$$

Витрата дроту, кг:

$$G_{\text{др.}} = G_H \cdot k;$$

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

$$G_{\text{др.}} = 4,1 \cdot 1,02 = 4,182 \text{ кг.}$$

Витрата захисного газу, кг;

$$H_G = Q_G \times G_{\text{др.}} \quad (5.5)$$

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

$$H_G = 0,8 \cdot 4,182 = 3,35 \text{ м}^3 \text{ - на 1 м зварного шва.}$$

Затрати на зварювальні матеріали.

Зварювальний дріт :

$$C_{\text{др.}} = G_{\text{др.}} \cdot C_{\text{ц.}} \quad (5.6)$$

де $G_{\text{др.}}$ - витрата дроту, кг; $C_{\text{ц.}}$ – ціна за 1 кг.

$$C_{\text{др.}} = 4,182 \cdot 40 = 167,28 \text{ грн.}$$

Захисна газова суміш.

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

Затрати на суміш

$$C_G = H_G \cdot C_{\text{г.}} \quad (5.7)$$

де H_G – витрата газу за 1 п.м, $C_{\text{г.}}$ – ціна за 1 м^3 .

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

5.2 Затрати на технологічну електроенергію:

$$C_e = W \cdot C_{\text{е.}} \quad (5.8)$$

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

$C_{\text{е.}}$ – вартість 1 кВт-год. електроенергії, грн.

Витрати електроенергії визначаємо на 1 пог. м шва

$$W = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + W_0 (\tau_1 - \tau) \quad (5.9)$$

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) ; $\tau_1 = \tau / K_{\text{п.}}$ – повний (оперативний) час зварювання

з урахуванням коефіцієнта $K_{п.}$ використання зварювального поста (орієнтовано для зварювання у цехових умовах $K_{п.} = 0,5 \dots 0,8$).

$U_{д} = 29В$; $I_{з} = 245А$; $\eta = 0,5$; $V_{зв.} = 19,8$ м/год.

$$\tau = L_{ш} / V_{зв.}; \quad (5.10)$$

$\tau = 17,28 / 19,8 = 0,86$ год. (час горіння дуги)

Приймаємо $K_{п.} = 0,5$; $W_0 = 2,5$ кВт.

$\tau_1 = 0,86 / 0,65 = 1,32$ год.

$$W = \frac{29 \cdot 245}{0,5 \cdot 1000} \cdot 0,86 + 2,5 (0,32 - 0,086) = 13,37 \text{ кВт-год на 1 пог. м. шва}$$

$C_{e/e} = 13,37 \cdot 1,8855 = 25,21$ грн. на 1 м шва;

$C_{e \text{ заг.}} = 25,21 \cdot 17,28 = 435,63$ грн.

5.3. Витрати на основну заробітну плату виконавця будь-якої i -ої технологічної операції $C_{прі}$ розраховуються за формулою:

$$C_{з.п.і} = [(1,1 \dots 1,15) \cdot T_p \cdot \Gamma_{ст}] \cdot 1,22 \quad (5.11)$$

де T_p – трудомісткість виконання (складання, зварювання, зачищення, контроль, тощо) зварного виробу, н-год; $\Gamma_{ст}$ – середня годинна тарифна ставка робітника відповідної професії, грн./год.

Повні витрати на заробітну плату для виконання кожної i -ої операції мають бути розраховані з урахуванням рівня додаткової зарплати і відрахувань від заробітної плати, а загальні витрати на оплату виробничих працівників визначаються як

$$C_{пр} = \sum_i^n C_{прі}^n, \quad (5.12)$$

де $C_{прі}^n$ - повні витрати на заробітну плату для виконання i -ої операції, n – число операцій технологічного процесу.

Складання

$\Gamma_{ст} = 87$ грн.

$C_{скл.} = 1,1 \cdot T_p \cdot \Gamma_{ст} \cdot 1,22$

$C_{скл.} = 1,1 \cdot 3,94 \cdot 87 \cdot 1,22 = 460$ грн.

Зварювання

$\Gamma_{ст} = 80$ грн.

$C_{зв.} = 1,1 \cdot 1,30 \cdot 80 \cdot 1,22 = 132,1$ грн.

Контроль якості зварювання

$\Gamma_{ст} = 60$ грн.

$C_{контр.} = 1,1 \cdot 60 \cdot 0,57 \cdot 1,22 = 45,9$ грн.

Взагалі затрати на заробітну плату на 1 виріб:

$C_{праці} = C_{скл.} + C_{зв.} + C_{ск.} \quad C = 460 + 132,1 + 45,9 = 638$ грн.

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

$$C_{ai} = \frac{\Sigma B_i \times H_{ai}}{100} \quad (5.13)$$

$$C_{pi} = \frac{\Sigma B_i \times H_p}{100}, \quad (5.14)$$

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

$C_{a \text{ ВДУ}} = \frac{60000 \cdot 14}{100} = 8400$ грн. / 7 років = 1200 грн. за рік;

$C_{a \text{ ПДГО}} = \frac{18000 \cdot 14,5}{100} = 2610$ грн. / 7 років = 372,9 грн. за рік;

$\Sigma C_a = C_{a \text{ ВДУ}} + C_{a \text{ ПДГО}}$

$\Sigma C_a = 1200 + 372,9 = 1572,9$ грн.

Ремонт:

$C_{р \text{ ВДУ}} = \frac{60000 \cdot 15}{100} = 9000$ грн. / 7 років = 1285,7 грн. за рік;

$C_{р \text{ ПДГО}} = \frac{18000 \cdot 15}{100} = 2700$ грн. / 7 років = 385,7 за рік;

$\Sigma C_r = 1285,7 + 385,7 = 1671,4$ грн.

Технологічна собівартість 1 виробу:

$C_{т} = 390,73 + 430,58 + 638 + 1572,9 + 1671,4 = 4703,61$ грн.

Річної програми

$C_{т} = 3907,30 + 4305,8 + 6380 + 1572,9 + 1671,4 = 17837,40$ грн.

Розрахункові показники собівартості складально-зварювальних робіт при виготовленні балок приведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Розрахункові показники технологічної собівартості складально-зварювальних робіт при виготовленні поперечних балок скраповозу

	Показники	Одиниці вимірювання	Величина
1	Річна програма	шт.	10
2	Затрати на матеріали	грн.	3907,30
3	Затрати на електроенергію	грн.	4305,8
4	Затрати на ЗП	грн.	6380
5	Затрати на поточний ремонт	грн.	1671,4
6	Амортизаційні відрахування	грн.	1572,9
7	Собівартість одного виробу	грн.	4703,61
8	Собівартість випуску річної програми	грн.	17837,40

Висновки:

1. Виконано розрахунок собівартості виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні поперечної балки скраповозу.
2. Собівартість річної програми випуску виробів в кількості 10 шт. складає 17837,40грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена технологія і мета виготовлення поперечної балки платформи скраповозу.

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 : режими для зварного з'єднання № 2 (ТЗ) та зварного з'єднання № 4 (Т6) подібні - сила зварювального струму - 245А; напруга на дузі – 29В; швидкість подачі дроту – 408 м/год; різниця швидкість зварювання для ТЗ – 19,8 м/год, для Т6-11,9 м/год; погонна енергія q_p для ТЗ- 9042 Дж/см, для Т6-15071дж/см.

4. Розрахунок термічного циклу показав, що утворюється ферліто-перлітна+ бейніт структура з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2 НV для шва № 2 - 335 НV для шва № 4 – 340 НV.

5. З розрахунків зварювальних деформацій поперечної балки платформи видно, що деформації є допустимими і не перевищують допуск ± 3 мм.

6. Розроблена описана принципова послідовність виготовлення поперечної балки платформи скраповозу, що зменшує очікувані зварювальні деформації.

7. Для виконання зварювання в суміші захисних газів Ar + 18% CO₂ запропоновано використати механізм подачі зварювального апарата ПДГО-510 з джерелом живлення ВДУ-506С.

8. Проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні складально - зварювальних робіт 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).

ЛІТЕРАТУРА:

2. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. Дата введения 1977-07-01.
3. ДСТУ ISO 9692-1: 2014 Сварка и родственные процессы. Рекомендации по подготовке сварных соединений. Часть 1. Ручная дуговая сварка в защитном газе, газовая сварка.
4. <https://metinvest-smc.com/ua/steel>
5. Кнорозов Б.В., Технология металлов и материаловедение./ Б.В.Кнорозов, Л.Ф.,Усова А.В. Третьяков и др.- М.: Металлургия, 1987. – 904 с.
6. Куркин, С.А. Технология. Механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас: учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / С. А. Куркин, В. М. Ховов, А. М. Рыбачук. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
7. Голобородько, Ж.Г. Основи технології дугового зварювання суднових конструкцій: навчальний посібник / Ж.Г. Голобородько, С.В. Драган, В.В. Квасницький; під заг. ред. С.В. Драгана. – Миколаїв: НУК, 2013. – 380 с.
8. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб. для вузов / А.И.Акулов, Г.А.Бельчук, В.П. Демянцевич – М.: Машиностроение, 1977 – 432с.
9. Ю.М.Лебедев, Розрахунки теплових процесів при зварюванні: методичні вказівки до виконання курсової роботи. / Ю.М. Лебедев, В.Ф. Лебедева, С.А. Лой. - Миколаїв: НУК, 2007.– 64 с.
10. Махненко, В.І. Напруження та деформації при зварюванні. Навчальний посібник. / В.І. Махненко, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, А.В. Лабарткава. – Миколаїв: НУК, 2011. - 226с.
11. Л. М. Лобанов, Напруження та деформації при зварюванні і паянні. / Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, О.В. Махненко, Г.В.Єгоров, А.В.Лабарткава.- Підручник – Миколаїв: НУК, 2016.-335с.
- 12.Костін, О.М. Зварювальні матеріали: навчальний посібник / О.М. Костін. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.
13. DIN EN ISO5817 Сварка. Сварные соединения, выполненные сваркой

плавлением на сталях, никеле, титана и их сплавах (кроме лучевых процессов)- нормы оценки дефектов, 2003.

14. ГОСТ Р ИСО 17637-2014 Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением, 2016.

15. ГОСТ 14782-86 Международный стандарт. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые, 2016.

16. Щедролосєв, О.В. Методичні рекомендації до виконання розділу “Охорона праці” у бакалаврських випускних роботах (проектах) / О.В. Щедролосєв, Г.В. Додонова, А.М. Мозговий, В.В. Савельєв. – Миколаїв: НУК, 2012. – 28 с.

17. Коваль В.И. Разработка и расчёт систем вентиляции. Методические указания к дипломному проектированию / В.И. Коваль. – Николаев: НКИ, 1990. – 37 с.

18. <http://eco.com.ua/content/ekologichni-problemi-u-zvaryuvalnomu-virobnitstvi>

19. Драган, С.В. Технологія зварювання судових корпусних конструкцій (проектування і організація). Навч. Посібник / С.В. Драган, ЖюГ. Голобородько, Ш.В. Сімутєнков. – Миколаїв: НУК, 2017.-328с.

Перелік графічної частини

Позиція	Найменування	Кількість листів
1	Креслення поперечної балки	1
2	Зварні з'єднання поперечної балки скраповоза	1
3	Розрахунок площі поперечного перерізу швів	1
4	Розрахунок режимів зварювання поперечної балки	1
5	Розрахунок термічного циклу зварювання	1
6	Розрахунок зварювальних деформацій поперечної балки платформи скраповоза	1
7	Технологія виготовлення поперечної балки платформи	1
8	Розрахунок собівартості зварювальних робіт з річною програмою 10шт.	1

