

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут
Кафедра зварювання

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри



к.т.н., проф. НУК Г.В. Єрмолаєв

«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти **«бакалавр»**

на тему: **Розробка технології виготовлення будівельної несучої балки**

Виконав: студент V курсу, групи 5121зш
спеціальності 131 Прикладна механіка за
освітньо-професійною програмою Інжині-
ринг зварювання та споріднених процесів
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Тон Костянтин Геннадійович

(прізвище та ініціали)



Керівник

Матвієнко Максим Валентинович

(прізвище та ініціали)



Рецензент

Лабарткава Андрій Володимирович

(прізвище та ініціали)

Херсон-Миколаїв - 2024 р.

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Факультет _____ суднобудівний _____
Кафедра _____ зварювання _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ бакалавр _____
Спеціальність _____ 131 Прикладна механіка _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів
(шифр і назва)

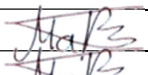
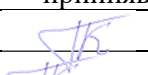
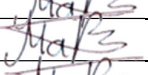
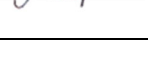
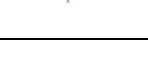
ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми
доц. В.В. Спіхтаренко
“ _____ ” _____ 2024 року

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

студенту Тону Костянтину Геннадійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології виготовлення будівельної несучої балки
керівник проекту Матвієнко Максим Валентинович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені розпорядженням ХННІ НУК від 10.10.2023 року №19
2. Строк подання студентом проекту 09 січня 2024р.
3. Вихідні дані до проекту креслення виробу, матеріал 09Г2С, річна програма 250 шт.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальна характеристика конструкції, опис матеріалу і його зварюваності, типові технології складання й зварювання; обґрунтування вибору способів зварювання, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу, розрахунок очікуваних характеристик механічних властивостей зони термічного впливу, Загальний технологічний процес складання та зварювання; обґрунтування вибору зварювальних матеріалів, обґрунтування вибору зварювального обладнання; методи контролю якості та випробування, розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення: креслення виробу, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу, фазовий склад та механічні властивості металу зон зварного з'єднання, техніко-економічні показники, структура технологічного процесу

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Матвієнко М.В., к.т.н., доцент		
2	Матвієнко М.В., к.т.н., доцент		
3	Матвієнко М.В., к.т.н., доцент		
4	Матвієнко М.В., к.т.н., доцент		
5	Матвієнко М.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 12.10.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вступ	28.10.2023р.	
2.	Аналіз конструктивних особливостей, матеріалу балки та базового варіанту технології її виготовлення	11.11.2023р.	
3.	Розрахунки технологічного процесу зварювання	18.11.2023р.	
4.	Технологічний процес складання та зварювання балки	25.11.2023р.	
5.	Охорона праці	01.12.2023р.	
6.	Розрахунок собівартості зварювальних робіт	22.12.2023р.	
7.	Оформлення графічної частини	09.01.2024р.	

Студент


(підпис)

Тон К.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Матвієнко М.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1 Аналіз конструктивних особливостей, матеріалу балки та базового варіанту технології її виготовлення	8
1.1 Загальна характеристика конструкції	8
1.2. Характеристика основного матеріалу	9
1.3. Основні технології складання і зварювання	13
Висновки, мета та завдання дипломного проекту	14
Розділ 2 Розрахунки технологічного процесу зварювання	7
2.1. Призначення типів і розмірів зварних з'єднань	16
2.2. Розрахунок режимів зварювання	17
2.3. Розрахунок термічного циклу зварювання	21
2.4. Розрахунок очікуваного фазового складу високотемпературних зон ЗТВ	23
2.5. Розрахунок зварювальних деформацій	27
Висновки	32
Розділ 3 Технологічний процес складання і зварювання конструкції	18
3.1. Принципова послідовність складання й зварювання	34
3.2. Вибір зварювальних матеріалів	35
3.3. Вибір зварювального обладнання	37
3.4. Контроль якості зварних швів	40
Висновки	44
Розділ 4 Охорона праці	57
4.1 Аналіз потенційно небезпек і шкідливих чинників при виготовленні балки	47
4.2 Розрахунок природного освітлення	52
Висновки	54
Розділ 5 Розрахунок собівартості зварювальних робіт	89
Висновки	59

Загальні висновки	60
Список літератури та використаних джерел	61

					ДП 131.5121зш.02.05 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

У бакалаврській роботі розглянуто технологію виготовлення зварної консольної балки зі сталі 09Г2С. Проаналізовано роль зварювання як одного з провідних технологічних процесів у сучасному машинобудуванні та обґрунтовано доцільність застосування зварних конструкцій.

Виконано аналіз конструкції балки та обрано раціональні типи зварних з'єднань відповідно до нормативних документів. Розраховано режими механізованого зварювання в середовищі захисних газів, визначено параметри зварювального процесу.

Проведено розрахунок термічного циклу та проаналізовано структуру зони термічного впливу. Встановлено формування ферито-бейнітної структури з твердістю близько 240 HV. Оцінено зварювальні деформації, які знаходяться в межах допустимих значень.

Розроблено технологічний процес складання і зварювання балки, обрано зварювальні матеріали та обладнання. Виконано економічний розрахунок, який показав, що собівартість виготовлення однієї балки становить 691,33 грн, що підтверджує ефективність запропонованих рішень.

Ключові слова: зварювання, консольна балка, сталь 09Г2С, механізоване зварювання, зона термічного впливу, зварні з'єднання, зварювальні деформації, технологічний процес, економічна ефективність

ABSTRACT

The bachelor's thesis considers the manufacturing technology of a welded cantilever beam made of 09G2S steel. The role of welding as a key technological process in modern engineering is analyzed, and the advantages of welded structures are substantiated.

The beam design is analyzed and appropriate types of welded joints are selected according to standards. Welding parameters for mechanized gas-shielded welding are calculated and justified.

The thermal cycle is analyzed and the structure of the heat-affected zone is determined. A ferrite-bainite structure with a hardness of about 240 HV is expected. Welding deformations are evaluated and found to be within acceptable limits.

A technological process for assembly and welding is developed, and suitable welding materials and equipment are selected. Economic calculations show that the cost of manufacturing one beam is 691.33 UAH, confirming the efficiency of the proposed technology.

Keywords: welding, cantilever beam, 09G2S steel, mechanized welding, heat-affected zone, welded joints, welding deformations, technological process, economic efficiency

					ДП 131.5121зш.02.05 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Зварювання - є одним з ведучих технологічних процесів обробки металів. Більшість переваг зварювання забезпечили його широке використання у виробництві суден, турбін, літаків, мостів, реакторів, і інших конструкцій. Визначенні основні напрямки розвитку зварювального виробництва в нашій країні заміна литих, кованих, конструкцій економічними - зварювальними; будівництво спеціалізованих підприємств для централізованого виготовлення зварювальних конструкцій; впровадження зносостійкого наплавлення деталей машин і механізмів; розширення виробництва зварювальних матеріалів; впровадження високопродуктивних методів автоматичного зварювання.

Зварювання широко застосовується в основних галузях використовуючи металопрокат, оскільки різко скорочує витрату металу, термін виконання робіт і трудомісткість процесів.

Перевага зварних конструкцій у цей час не викликає сумнівів. Застосування дає не тільки економію металу (20-30% менше клепки, 50% менше лиття), часу і робочої сили, зменшення витрат на устаткування цехів по виготовленню металоконструкцій, поліпшення умов праці і дозволяє вирішити ряд завдань по створенню принципово нових конструкцій. Зварювання зменшити витрати на одиницю продукції, скоротити тривалість виробничого циклу, підвищити якість виробів. Для досягнення поставлених цілей розробляються довгострокові програми, які дозволяють підсилити роль інтенсивних факторів у розвитку економіки зварювального виробництва, прискорити ріст продуктивності праці, підвищити ефективність зварювального виробництва.

					ДП 131.5121зш.02.05 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП 131.5121зш.02.05.01 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Тон К.Г.				Аналіз конструктивних особливостей, матеріалу балки та базового варіанту технології її виготовлення	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Матвієнко М.В.						7	
Рецензент						ХННІ НУК		
Н. Контр.								
Зав. каф.	Єрмоласв Г.В.							

1.1 Загальна характеристика конструкції

У будівельних конструкціях в якості несучих елементів застосовуються сталеві балки. Залежно від призначення вони можуть бути двотавровими, кутовими, виконаними з швелерів, або труб. Будівництво великих споруд не обходиться без зварних балок. Висота стінки серійних зварних балок доходить до 1500 мм при ширині полиці - до 800 мм.

При індивідуальному будівництві вигідніше виготовити зварні балки, наближені до розрахунковим розмірами, які вимагають значно менше металу. Економія металу при застосуванні зварних балок замість прокату досягає 30%. Балки необхідні при будівництві промислових будівель, мостів, тунелів, каркасних швидко будинків і інших споруд. Балки бувають з паралельними гранями полиць і з ухилом граней.

Дана конструкція, являє собою консольну балку з ухилом однієї грані полки, яка має одну точку опори (рис.1.1). Може експлуатуватися в різних кліматичних зонах і піддається дії статичних навантажень.

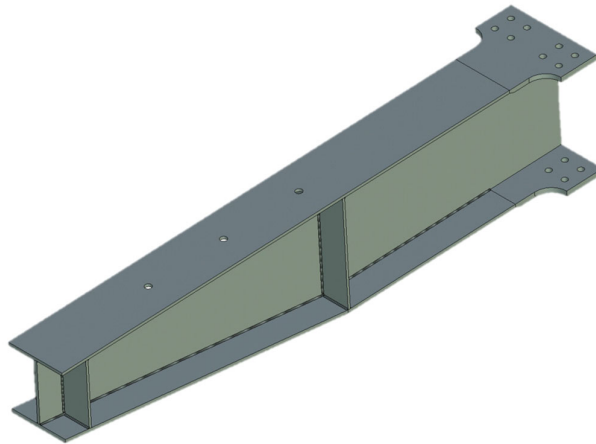


Рисунок 1.1. Зовнішній вигляд конструкції

Габаритні розміри 2400x500x250 мм. Загальна маса конструкції 240 кг. Балка складається з верхньої і нижньої полок об'єднаних стінкою, ребрами жорсткості й кріпильних пластин. Товщина полок і стінки 12 мм, ребер жорсткості 10 мм, кріпильних пластин 20 мм. При виготовленні застосовується

ДП 131.5121зш.02.05.01 ПЗ					Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

листовий прокат завтовшки 10-12 мм зі сталі 09Г2С. Основні зварні шви в конструкції таврові.

Для будівельних сталевих конструкцій можна визначити технологічність, як сукупність властивостей, які проявляються у можливості мінімальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу при виготовленні, транспортуванні, монтажі та експлуатації.

Дана конструкція досить технологічна, так як деталі виготовляється з листового прокату товщиною 10 - 12 мм з використанням машин термічного різання, при зварюванні відсутні замкнуті контури.

1.2. Характеристика основного матеріалу

Сталь марки 09Г2С (вітчизняні аналоги 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С). Сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій, марка сталі 09Г2С широко застосовується при виробництві труб і іншого металопродукату. Використання в промисловості: різні деталі і елементи зварних металоконструкцій, які працюють при температурі від -70 до + 425°C під тиском. Вид поставки: сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 19281-73, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-97. Лист товстий ГОСТ 19282-73, ГОСТ 5520-79, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19904-90. Смуга ГОСТ 103-2006, ГОСТ 82-70. Поковки і ковани заготовки ГОСТ 1133-71.

Розшифровка марки 09Г2С: Позначення 09Г2С означає, що в сталі присутній 0,09% вуглецю, оскільки 09 йде до букв, далі йде буква «Г» яка означає марганець, а цифра 2 - процентний вміст до 2% марганцю. Далі слідує буква «С», яка означає кремній, але оскільки після С цифри немає - це означає вміст кремнію менше 1%. Таким чином, розшифровка 09Г2С означає, що перед нами сталь яка має 0,09% вуглецю, до 2% марганцю, і менше 1% кремнію і оскільки загальна кількість добавок коливається в районі 2,5% то це низьколегована сталь.

					ДП 131.5121зш.02.05.01 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура критичних точок: $A_{c1} = 725^{\circ}\text{C}$, $A_{c3} (A_{cm}) = 860^{\circ}\text{C}$, $A_{r3} (A_{rcm}) = 780^{\circ}\text{C}$, $A_{r1} = 625^{\circ}\text{C}$. Зварюваність без обмежень. Способи зварювання: РДЗ, АДЗ під флюсом і з газовим захистом.

Найчастіше прокат з даної марки сталі використовується для різноманітних будівельних конструкцій завдяки високій механічній міцності, що дозволяє використовувати більш тонкі елементи ніж при використанні інших сталей. Стійкість властивостей в широкому температурному діапазоні дозволяє застосовувати деталі з цієї марки в діапазоні температур від -70 до $+450^{\circ}\text{C}$. Також добра зварюваність дозволяє виготовляти з листового прокату цієї марки складні конструкції для хімічної, нафтової, будівельної, суднобудівної та інших галузей. Застосовуючи загартування і відпустку виготовляють якісну трубопровідну арматуру. Висока механічна стійкість до низьких температур також дозволяє з успіхом застосовувати труби з 09Г2С на півночі країни.

Також марка широко використовується для зварних конструкцій. Зварювання може проводитися як без підігріву, так і з попереднім підігрівом до $100-120^{\circ}\text{C}$. Так як вуглецю в сталі мало, то зварювання її досить просте, причому сталь не гартується і не перегрівається в процесі зварювання, завдяки чому не відбувається зниження пластичних властивостей або збільшення її зернистості. До плюсів застосування цієї сталі можна віднести також, що вона не схильна до відпускнуї крихкості і її в'язкість не знижується після відпустки. Вищенаведеними властивостями пояснюється зручність використання 09Г2С від інших сталей з великим вмістом вуглецю або присадок. Для зварювання 09Г2С можна застосовувати будь-які електроди, призначені для низьколегованих і маловуглецевих сталей, наприклад Е42А і Е50А. Якщо зварюються листи товщиною до 10 мм, то зварювання проводиться без розбирання крайок. При використанні багат шарового зварювання застосовують каскадне зварювання з струмом силою 40-50 ампер на 1 мм електрода, щоб запобігти перегріву місця зварювання. Після зварювання рекомендується прогріти виріб до 650°C , далі протримати при цій же температурі 1 годину на кожні 25 мм товщини прокату, після чого виріб охолоджують на повітрі або в гарячій воді - завдяки цьому в

					ДП 131.5121зш.02.05.01 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зварному виробі підвищується твердість шва і усуваються зони напруженості. Хімічний склад і механічні властивості сталі 09Г2С наведені в табл. 1.1 і табл. 1.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі 09Г2С

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0,5-0,8
Мідь (Cu), не більше	0,30
Миш'як (As), не більше	0,08
Марганець (Mn)	1,3-1,7
Нікель (Ni), не більше	0,30
Фосфор (P), не більше	0,035
Хром (Cr), не більше	0,30
Азот (N), не більше	0,008
Сірка (S), не більше	0,040

Таблиця 1.2. Механічні властивості сталі 09Г2С

Термообробка, стан поставки	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	$\delta_{5\%}$
Сортовий і фасонний прокат	<10	345	490	21
Листи й смуги (зразки поперечні)	10-20	325	470	21

Основними характеристиками зварюваності сталей є їх схильність до утворення тріщин і механічні властивості зварного шва. За зварюваність сталі підрозділяють на чотири групи:

- 1 - хороша зварюваність;
- 2 - задовільна зварюваність;
- 3 - обмежена зварюваність;
- 4 - погана зварюваність.

До групи 1 відносять сталі, зварювання яких може бути виконано без підігріву до зварювання і в процесі зварювання і без наступної термообробки. Але застосування термообробки не виключається для зняття внутрішніх напружень.

До групи 2 відносять переважно стали, при зварюванні яких в нормальних виробничих умовах тріщини не утворюються, а також стали, які для запобігання тріщин потребують попереднього нагрівання, стали, які необхідно піддавати попередній і подальшій термообробці.

До групи 3 відносять стали, що схильні до утворення тріщин в звичайних умовах зварювання. Їх попередньо піддають термообробці і підігрівають. Більшість сталей цієї групи термічно обробляють і після зварювання.

До групи 4 відносять стали, що найбільш важко зварюються і схильні до утворення тріщин. Зварюють обов'язково з попередньою термообробкою, підігрівом в процесі зварювання і наступною термообробкою.

Знижувати зварюваність можуть шкідливі домішки, якщо зміст їх перевищує норму. Шкідливі домішки можуть погіршувати зварюваність навіть і при середньому вмісті, що не виходить за норму, якщо вони утворюють місцеві скупчення, наприклад внаслідок ліквації. Шкідливими для зварювання елементами в низьковуглецевій сталі можуть бути вуглець, фосфор і сірка, причому остання, особливо схильна до ліквації з утворенням місцевих скупчень. Негативний вплив на зварюваність може надавати також засміченість металу газами і неметалевими включеннями. Засміченість металу шкідливими домішками залежить від способу його виробництва, і про неї частково можна судити з маркування металу: сталь підвищеної якості зварюється краще, ніж сталь звичайної якості відповідної марки; сталь мартенівська краще, ніж сталь бесемерівську, а сталь мартенівська спокійна - краще, ніж кипяча.

При виготовленні відповідальних зварних виробів зазначені відмінності в зварюваності низьковуглецевих сталей повинні обов'язково прийматися до уваги і враховуватися при виборі марки основного металу.

Застосовувана для складання і зварювання конструкції сталь 09Г2С ставитися до низьколегованих сталей і має хорошу зварюваність.

Існує цілий ряд методик оцінки зварюваності. Одна з них – оцінка зварюваності за еквівалентом вуглецю.

Визначення зварюваності сталі з урахуванням її хімічного складу визначається за формулою:

					ДП 131.5121зш.02.05.01 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_e = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + (C_r + M_o + V)/10 \quad (1.1)$$

де С, Мn, Ni, Cr, Мо, V -% -ий вміст компонентів в стали.

$$C_e = 0.12 + \frac{1.7}{20} + \frac{0.3}{15} + (0.3)/10 = 0.26$$

З урахуванням товщини металу поправка до еквіваленту вуглецю розраховується за формулою:

$$N = 0005 \cdot S \cdot C_e, \quad (1.2)$$

де N - поправка до еквіваленту вуглецю; S - товщина зварюваного металу; C_e - еквівалент вуглецю; 0,005 - до коефіцієнт товщини.

Повний еквівалент вуглецю розраховується за формулою:

$$C_{екв} = C_e (1 + 0,005 \cdot S) \quad (1.3)$$

$$C_{екв} = 0,26 (1 + 0,005 \cdot 12) = 0,28 < 0,45$$

Стали, у яких C_e = 0,2...0,45%, добре зварюються, не вимагають попереднього підігріву і наступної термообробки.

1.3. Основні технології складання і зварювання

Залежно від обсягів виробництва дані балки можуть виготовлятися із застосуванням різних технологій. Зварні двотаврові профілі широко використовують в будівництві і машинобудуванні, таврові профілі - в суднобудуванні. При виготовленні їх дрібними партіями в основному використовують примітивне малопродуктивне оснащення, і такі профілі обходяться порівняно дорого. Серійне виробництво зварних профілів в поточних лініях, а також з застосуванням роботизованих комплексів, дозволяє підняти продуктивність праці і знизити вартість балок. Такі потокові лінії можуть оснащуватися або автоматизованими установками безперервної дії, або спеціалізованими пристосуваннями і установками, що послідовно виконують

окремі операції за умови комплексної механізації всього технологічного процесу.

У зв'язку з тим, що дана балка випускається невеликими партіями, то застосування поточкових ліній і роботизованих комплексів для її складання і зварювання недоцільно. Найбільш оптимальною буде технологія, що передбачає застосування простого оснащення і механізованого зварювання в середовищі захисних газів. На першому етапі приварюють вузли кріплення до полиць, далі проводять на стенді або складальній плиті складання стінки балки з полками на прихоплюваннях, проводять механізоване зварювання в середовищі захисних газів стінки до полиць. Далі проводиться установка ребер жорсткості і їх приварювання.

Висновки, мета та завдання дипломного проекту

1. Дана конструкція являє собою консольну балку з габаритними розмірами 2400x500x250 мм і масою 240 кг.

2. Виготовляється з листової сталі 09Г2С товщиною від 10 до 12 мм.

3. Сталь 09Г2С має хорошу зварюваність, не потребує попереднього підігріву.

4. Застосування поточкових ліній і роботизованих комплексів для складання і зварювання консольної балки недоцільно.

Виходячи з цього, метою даного дипломного проекту є розробка технології складання і зварювання консольної балки, яка забезпечує технологічність процесу і необхідну якість продукції. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Призначити типи і розміри зварних з'єднань.

2. Розрахувати режими зварювання.

3. Проаналізувати структуру і властивості зварних з'єднань.

4. Розрахувати зварювальні деформації.

5. Обрати зварювальні матеріали та обладнання.

ДП 131.5121зш.02.05.01 ПЗ					Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

					ДП 131.5121зш.02.05.02 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунки технологічного процесу зварювання			Літ.		Арк.	Аркуші	
Розробив		Тон К.Г.									15	
Перевірів		Матвієнко М.В.										
Рецензент												
Н. Контр.												
Зав. каф.		Єрмолаєв Г.В.										

2.1. Призначення типів і розмірів зварних з'єднань

При виготовленні даної конструкції застосовуватися два типи зварних швів: стикові і таврові. Стикові шви застосовуються при приварюванні вузлів кріплення до полиць балки. Таврові шви застосовуються при приварюванні ребер жорсткості і стінки до полиць.

Типи і розміри зварних з'єднань конструкції призначаються або розраховуються виходячи з діючих на них навантажень з урахуванням мінімальної та максимальної товщини деталей, що з'єднуються і округлюються до цілих. Для сполучних з'єднань (що не передають навантаження) призначаються мінімальні розміри за рекомендаціями норм і стандартів. Робочі з'єднання (що передають зусилля з одного елемента конструкції на інший) при відсутності заданої величини навантаження проектується виходячи з умови рівномірності з основним металом [1].

Так як, зварюються деталі різної товщини, і вони знаходяться в різних просторових положеннях, то при виготовленні балки застосовуються різні види зварювання: механізоване зварювання в захисному газі CO_2 і ручне дугове зварювання.

З урахуванням того, що вузли кріплення балки, які приварюються до полиць, мають невелику протяжність і деталі мають різну товщину, то доцільно використовувати механізоване зварювання в захисних газах. За ГОСТ 14771-76 вибираємо тип з'єднання С8 (Рис. 2.1).

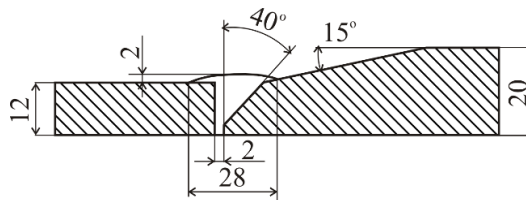
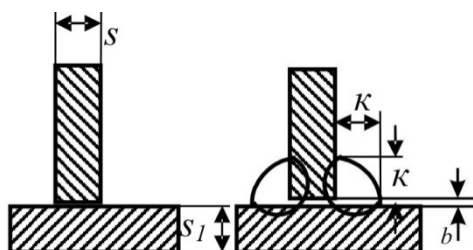


Рисунок 2.1. Вид з'єднання і конструктивні розміри зварного стикового шва
ГОСТ 14771-76, С8

З урахуванням невеликої довжини балки 2500 мм, і наявності вигину однієї полиці, для приварки стінки балки до полиць доцільно застосувати механізоване зварювання в середовищі захисних газів. З урахуванням того, що балка не піддається динамічним навантаженням, і зварні шви служать для передачі навантаження по ГОСТ 14771-76 вибираємо тип з'єднання ТЗ (Рис. 2.2).

Для приварювання ребр жорсткості використовуємо тип з'єднання ТЗ по ГОСТ 14771-76, а шви під гострими і тупими кутами виконаємо по ГОСТ 23518-79 з'єднання ТЗ (Рис. 2.3.).



$S = 10 \text{ мм}; S_1 = 12 \text{ мм}; k = 5 \text{ мм}; b = 0 \pm 1,5$

Рисунок 2.2. Вид з'єднання і конструктивні розміри зварного стикового шва ГОСТ 14771-76, ТЗ

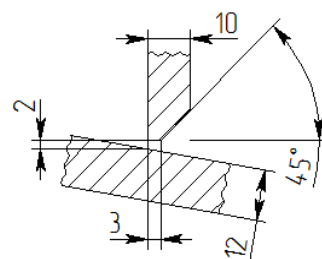


Рисунок 2.3. Вид з'єднання і конструктивні розміри зварного таврового шва ГОСТ 23518-79, ТЗ

2.2. Розрахунок режимів зварювання

Для з'єднання С8 розрахунок режиму зварювання будемо робити по площі наплавленого металу.

В основу вибору діаметра електродного дроту покладені ті ж принципи, що і при виборі діаметра електрода при ручного дугового зварювання табл. 2.1.

Таблиця. 2.1 Залежність s , від діаметра електродного дроту d_e [7].

Товщина s , мм	1 ... 2	3 ... 6	6 ... 24
Діаметра електродного дроту d_e	0,8 ... 1,0	1,2 ... 1,6	2,0

Для з'єднання С8 по ГОСТ 14771-76, обираємо діаметр електродного дроту $d_e = 1,2 \text{ мм}$.

Повна площа наплавленого металу визначається геометрією з'єднання (Рисунок 2.4.). Виходячи з розрахунку площа наплавленого металу дорівнює $F_H = 220 \text{ мм}^2$.

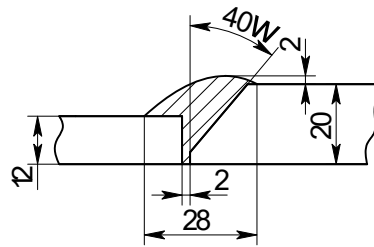


Рисунок 2.4. Площа наплавленого металу з'єднання С8 по ГОСТ 14771-76

При механізованому зварюванні площа, що наплавляється за один прохід перебуває в межах від 30 до 70 мм^2 .

Для 1-го проходу $F_1 = 30 \text{ мм}^2$, наступні шари $F_n = 40 \text{ мм}^2$.

Кількість проходів залежить від площі наплавленого металу за все з'єднання (H) і площі одного проходу (F_n, F_1):

$$n = (F_H - F_1) / F_n + 1 \quad (2.1)$$

$$n = (220 - 30) / 40 + 1 = 5,75 \text{ (прийmemo 6 проходів)}$$

Розрахунок зварювального струму при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться згідно формули:

$$I_{зв} = \left(\frac{\pi d_e^2}{4} \right) \cdot j, A \quad (2.2)$$

де при зварюванні в CO_2 $j = 110 \dots 130 \text{ A} / \text{мм}^2$.

$$I_{зв} = \left(\frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \right) \cdot 120 = 136 \text{ A}$$

Приймаємо струм зварювання $I_{зв} = 135 \pm 5 \text{ A}$.

Розрахунок зварювального напруги при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться згідно формули:

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

$$U_d = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{1}}, 2 \right) \cdot 136 + 1B = 27 \text{ В}$$

Приймаємо напруга на дузі $U_d = 27 \pm 1 \text{ В}$.

Швидкість подачі електродного дроту, м / год, розраховується за формулою:

$$v_{\pi} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \rho} \quad (2.4)$$

де α_p - коефіцієнт розплавлення дроту, г / А · год

Для зварювання в середовищі вуглекислого газу коефіцієнти розплавлення α_p і наплавлення α_n необхідно розраховувати за такими формулами:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{ce}^{(0,32)} \cdot L_s^{(0,38)} \cdot d^{(-0,64)} \quad (2.5)$$

де виліт електрода $L_e = 10 \cdot d_e = 1,2 \cdot 10 = 12 \text{ мм}$.

Значення α_p розраховується за формулою:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{зв}}{d_e}$$

$$\alpha^b = 1'51 \cdot 1320'35 \cdot 150'38 \cdot 1'5-0'et = 1e \text{ г/А·год}$$

$$v_{\pi} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 136}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 246 \text{ м/год}$$

Швидкість зварювання, м/год, розраховується за формулою

$$v_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{100 \cdot F_n \cdot \rho} \quad (2.6)$$

де α_n - коефіцієнт наплавлення, г/А·год;

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi) \quad (2.7)$$

де ψ – коефіцієнт потер металу на угар і розбризкування. При зварюванні в CO_2 $\psi = 0,1 \dots 0,15$; F_n - площа поперечного перерізу одного валика, см^2 .

$$\alpha_n = 16 \cdot (1 - 0,125) = 14, \text{ г/А·год}$$

$$v_{зв} = \frac{14 \cdot 135}{100 \cdot 0,40 \cdot 7,8} = 6 \text{ м/год} = 0,17 \text{ см/с}$$

Для з'єднання ТЗ по ГОСТ 14771-76, обираємо діаметр електродного дроту $d_{др} = 1,2 \text{ мм}$.

Площа шару наплавленого металу повна визначається катетом зварювального шва (Рис. 2.2).

$$F_{\text{н}} = \frac{1}{2} K^2 = \frac{1}{2} 5^2 = 12,5 \text{ мм}^2$$

Приймаємо 13 мм².

Розрахунок зварювального струму при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться згідно формули (2.2):

$$I_{\text{зв}} = \left(\frac{3,14 \cdot 1,20^2}{4} \right) \cdot 120 = 136 \text{ А}$$

Приймаємо струм зварювання $I_{\text{зв}} = 135 \pm 5 \text{ А}$.

Розрахунок зварювального напруги при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться згідно формули (2.3):

$$U_{\text{д}} = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{1}}, 2 \right) \cdot 136 + 1\text{В} = 27 \text{ В}$$

Приймаємо напруга на дузі $U_{\text{д}} = 27 \pm 1\text{В}$.

Швидкість подачі електродного дроту, м/год, розраховується за формулою (2.4):

$$\alpha_{\text{р}} = 1,21 \cdot 135^{0,32} \cdot 12^{0,38} \cdot 1,2^{-0,64} = 16 \text{ г / А} \cdot \text{год}$$

$$v_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 136}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 246 \text{ м/год}$$

Швидкість зварювання, м / год, розраховується за формулою (2.6):

$$\alpha_{\text{н}} = 16 \cdot (1 - 0,125) = 14, \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

$$v_{\text{зв}} = \frac{14 \cdot 136}{100 \cdot 0,13 \cdot 7,8} = 16,0 \text{ м/год} = 0,46 \text{ см / с}$$

З ГОСТ 23518-79, ТЗ обираємо діаметр електродного дроту $d_{\text{е}} = 1,2 \text{ мм}$.

Площа шару наплавленого металу повна визначається геометрією:

$$F_{\text{н}} = 56 \text{ мм}^2.$$

При механізованому зварюванні площа, що наплавляється за один прохід може перебувати в межах від 30 до 70 мм².

Для 1-го проходу $F_1 = 30 \text{ мм}^2$, наступні шари $F_{\text{н}} = 40 \text{ мм}^2$.

Кількість проходів залежить від площі наплавленого металу ($F_{\text{н}}$) і площі одного проходу ($F_{\text{п}}$):

$$n = (F_{\text{н}} - F_1) / F_{\text{п}} + 1$$

$$n = (56-30) / 40 + 1 = 1,65 \text{ (прийmemo 2 проходи)}$$

$$I_{зв} = \left(\frac{3,14 \cdot 1,20^2}{4} \right) \cdot 120 = 136 \text{ А}$$

Приймаємо струм зварювання $I_{зв} = 135 \pm 5 \text{ А}$.

Розрахунок зварювального напруги при зварюванні дротом суцільного перетину:

$$U_d = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{1}}, 2 \right) \cdot 136 + 1В = 27 \text{ В}$$

Приймаємо напруга на дузі $U_d = 27 \pm 1В$.

Швидкість подачі електродного дроту:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 135^{0,32} \cdot 120^{0,38} \cdot 1,2^{-0,64} = 16 \text{ г / А} \cdot \text{год}$$

$$v_n = \frac{4 \cdot 16 \cdot 136}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 246 \text{ м/год}$$

Швидкість зварювання:

$$\alpha_n = 16 \cdot (1 - 0,125) = 14 \text{ , г/А} \cdot \text{год}$$

$$v_{зв} = \frac{14 \cdot 136}{100 \cdot 0,3 \cdot 7,8} = 7 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 0,2 \text{ см/с}$$

2.3. Розрахунок термічного циклу зварювання

Для визначення попередньої структури зони термічного впливу зробимо розрахунок термічного циклу зварювання для з'єднання типу С8 по ГОСТ 14771-76.

Розрахунок термічного циклу зварювання проводиться за методикою, описаної в технічній літературі [8].

Для однопрохідної зварювання зміна максимальної температури в напрямку, перпендикулярному осі переміщення джерела (для пластин) визначається за формулою.

$$T_m = \frac{0,484 \cdot q}{c_j \cdot s \cdot v \cdot 2 \cdot y_0} \quad (2.8)$$

де q - ефективна теплова потужність дуги; v - швидкість зварювання; s - товщина металу; $c_j = 5 \text{ Дж/см}^3$ - об'ємна теплоємність; $\alpha = 0,08 \text{ см}^3/\text{с}$ - коефіцієнт

температури віддачі; b - коефіцієнт, враховуючий тепловіддачу в навколишнє середовище ; y_0 - відстань до даної точки.

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги:

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta \quad (2.9)$$

$$q = 136 \cdot 27 \cdot 0,75 = 2754 \text{ Дж/с}$$

Визначимо коефіцієнт температуровіддачі:

$$b = \frac{2\alpha}{c_j \cdot s} \quad (2.10)$$

де $\alpha = (2 \dots 4) \cdot 10^{-3}$ - коефіцієнт теплообміну, s - товщина металу;

$$b = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 1.2} = 0,001 \text{ Дж / см}^2 \text{сек}$$

Відстань до розглянутої точки y_0 визначається за формулою:

$$y_0 = \frac{0,484 \cdot q}{2c_j \cdot s \cdot v \cdot T_m} \quad (2.11)$$

де $T_m = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$y_0 = \frac{0,484 \cdot 2754}{2 \cdot 5 \cdot 1.2 \cdot 0.17 \cdot 1350} = 0,6 \text{ см.}$$

Знаючи всі складові, знайдемо максимальну температуру в точці $y_0 = 0,6 \text{ см}$.

$$T_m = \frac{0,484 \cdot 2754}{5 \cdot 1.2 \cdot 0.17 \cdot 2 \cdot 0.6} = 1090 \text{ }^\circ\text{C}$$

Зміну температури в часі в будь-якій точці можна розрахувати за формулою:

$$T(t) = \frac{q}{v_{зв} s \sqrt{4\pi\lambda c_j t}} \cdot \exp\left[-\frac{y_0^2}{4\alpha t}\right] \quad (2.12)$$

Результати розрахунку представлені в табл.2.1.

Таблиця 2.1. Зміна температури в часі в точці $y_0 = 0,2 \text{ см}$

t, c	T, °C	t, c	T, °C	t, c	T, °C	t, c	T, °C
1	874	8	827	15	645	30	474
2	1085	9	792	16	628	35	441
3	1069	10	761	17	611	40	414

4	1017	11	733	18	596	50	372
5	962	12	708	19	582	100	266
6	912	13	685	20	569	150	218
7	867	14	664	25	515		

Розрахунок температури A_{C3} для сталі 09Г2С:

$$A_{C3} = 910 - 230C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo = 910 - 230 \cdot 0,12 + 32 \cdot 0,65 - 25 \cdot 1,5 - 8 \cdot 0,3 - 18 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0 = 860 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.13)$$

Графік залежності $T = f(t)$ зварювального термічного циклу наведено на Рисунок 2.5.

Діаграма термічного перетворення аустеніту сталі 09Г2С приведена на Рисунок 2.6.

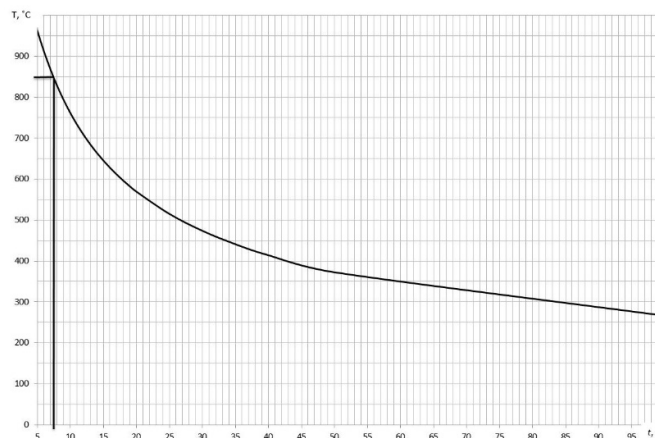


Рисунок 2.5. Графік залежності $T = f(t)$ зварювального термічного циклу

2.4. Розрахунок очікуваного фазового складу високотемпературних зон ЗТВ

Прогнозування фазового складу високотемпературних ділянок ЗТВ здійснюється для сталей, що містять не більше: 0,4% C; 2% Mn; 0,8% Si; 2% Cr; 1% Mo; 1,5% Ni; 0,3% V; 0,06% Ti; 0,06% Al; 0,1% Nb; 0,5% W; 0,5% Cu.



- кількість мартенситу

де $F(x)$ - інтегральна функція нормального розподілу; τ - тривалість охолодження в інтервалі температур від 850 до 500°C; τ_m - тривалість охолодження, відповідає структури металу з 50% вмістом мартенситу; S_m - константа, що характеризує крутизну падіння кривої вмісту мартенситу в міру збільшення тривалості τ ;

- кількість фериту

- загальна кількість фериту і перліту

$$[\Phi + \Pi](\tau) = 100 * F \left(\frac{\ln \tau - \ln \tau_{\phi+n}}{\ln S_{\phi+n}} \right) \quad (2.16)$$

- кількість бейніта

$$B(\tau) = 100 - M(\tau) - [\Phi + \Pi](\tau) \% \quad (2.17)$$

- Максимальна кількість фериту визначається за формулою:

$$\Phi_{\max} = 100 \left[1 - \frac{(C - 0.02)}{(0.81 - 0.11Mn - 0.05Mo)} \right] \% \quad (2.18)$$

Формули дійсні для термічних циклів, які забезпечують значення τ від 5 до 200 °C.

Параметри τ_m , S_m , $\tau_{\phi+n}$, $S_{\phi+n}$, τ_ϕ , S_ϕ розраховуються в залежності від хімічного складу сталі наступним залежностям:

- $\ln \tau_m = -2.1 + 15.5C + 0.96Mn + 0.84Si + 0.65Cr + 0.74Mo + 0.55Ni + 0.3V + 4.0Al + 0.5W + 0.8Cu - 0.25Nb - 13.5C^2 - 0.8Si^2$ (2.19)

- $\ln S_m = 0.56 - 0.41C + 0.1Mn + 0.14Cr - 0.3Mo + 2.7Ti - 1.1Nb + 0.5Cu + 1.7C * Mo$ (2.20)

- $\ln \tau_\phi = 0.66 + 10C + 1.3Mn - 0.48Si + 1.3Cr + 1.5Mo + 0.8Ni - 1.4W + 3.5C * Mn - 50C * V - 5.9C^2 + 0.82Si^2$; (2.21)

- $\ln S_\phi = 1.23 + 0.17Mn - 0.34Si + 0.3Cr - 0.5Mo + 0.31Ni + 0.09Nb - 0.43W - 0.3Cu$; (2.22)

- $\ln \tau_{\phi+n} = 0.34 + 5.2C + 1.8Mn + 0.53Si + 0.33Cr + 2.9Mo + 0.86Ni + 1.5W + 1.0Cu - 60C * V - 5.1C^2 + 0.75Si^2$; (2.23)

- $\ln S_{\phi+n} = 0.91 - 0.9C + 0.09Mn + 0.08Cr + 0.34Mo + 0.15Ni + 0.85V + 2.2Ti + 0.43W$ (2.24)

Час охолодження τ визначають з термічних циклів ЗТВ, розрахованих за формулами теорії поширення теплоти при зварюванні. Зокрема для швидкого руху джерел: за формулою:

а) при наплавленні на масивний виріб

$$\tau = \frac{q}{2\pi\lambda v} * \left(\frac{1}{500 - T_0} - \frac{1}{850 - T_0} \right), \quad (2.25)$$

де q - ефективна теплова потужність зварювального джерела нагріву; λ - коефіцієнт теплопровідності; T_0 - початкова температура виробу.

б) для однопрохідного зварювання листів:

$$\tau = \frac{q^2}{4\pi\lambda c\gamma\nu^2\delta^2} * \left[\frac{1}{(500 - T_0)^2} - \frac{1}{(850 - T_0)^2} \right], \quad (2.26)$$

де $c\gamma$ - об'ємна теплоємність.

Результати розрахунку складових структур для різних видів зварювання представлені в таблиці 2.2.

Механічні властивості ЗТВ у залежності від структурного стану і режиму охолодження визначають по наступним емпіричним формулам:

$$HV = M(\tau) * (309 + 494 * C + 622 * C^2 + 17,7 * Mn) + B(\tau) * (234 + 122 * C) + [\Phi + \Pi](\tau) * (98 + 275 * C + 15,4 * Mn); \quad (2.27)$$

$$\sigma_{\text{с}} (\text{МПа}) = M(\tau) * (798 + 3215 * C) + B(\tau) * (590 + 960 * C + 39,7 * Mn + 200 * V) + [\Phi + \Pi](\tau) * (297 + 1360 * C + 60 * Mn + 140 * V); \quad (2.28)$$

$$\sigma_{0,2} (\text{МПа}) = M(\tau) * (662 + 1610 * C) + B(\tau) * (500 + 460 * C + 120 * C^2 + 150 * V) + [\Phi + \Pi](\tau) * (187 + 926 * C + 47 * Mn + 90 * V); \quad (2.29)$$

$$\delta (\%) = M(\tau) * (12,2 - 67 * C^2 - 1,5 * Mn + 0,76 * \ln \tau) + B(\tau) * (21,3 - 35,6 * C - 4 * Mn - 5 * V + 1,84 * \ln \tau) + [\Phi + \Pi](\tau) * (36,5 - 127 * C + 153 * C^2 - 1,16 * Mn + 0,66 * \ln \tau); \quad (2.30)$$

$$\psi (\%) = M(\tau) * (48,5 - 158 * C - 116 * C^2 + 0,98 * \ln \tau) + B(\tau) * (53,3 - 132 * C + 103 * C^2 - 5,1 * Mn - 10 * V + 3,4 * \ln \tau) + [\Phi + \Pi](\tau) * (65,4 - 88 * C - 82 * C^2 - 6,7 * Mn + 18 * V + 0,6 * \ln \tau); \quad (2.31)$$

$$KCU (\text{Дж}/\text{м}^2) = M(\tau) * (1,06 - 2,8 * C + 1,3 * C^2 - 0,081 * Mn + 0,05 * \ln \tau) + B(\tau) * (1,3 - 1,6 * C - 0,08 * Mn) + [\Phi + \Pi](\tau) * (1,47 - 1,8 * C + 0,8 * C^2 - 0,076 * Mn - 0,045 * \ln \tau). \quad (2.32)$$

Отримані розрахункові дані зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.2 Складові структури в ЗТВ

Найменування	Тавровий ТЗ
Тривалість охолодження, с	18,2
Кількість мартенситу, %	-
Макс. кількість фериту, %	87
Кількість фериту, %	17
Кількість фериту та перліту, %	49
Кількість бейніту, %	51
Кількість перліту, %	32

Таблиця 2.3 Механічні властивості ЗТВ

Найменування	Тавровий ТЗ
Твердість HV	243
Тимчасовий опір, МПа	615
Границя плинності, МПа	427
Відносне подовження, %	23
Відносне звуження, %	56
Ударна в'язкість, МДж/м ²	0,98

2.5. Розрахунок зварювальних деформацій

Деформації в зварних конструкціях є результатом наявності внутрішніх напружень, які можуть викликатися різними причинами.

До неминучих причин, що сприяють виникненню напружень і деформацій, відносяться такі, без яких процес обробки відбуватися не може. До цих причин при зварюванні відносять нерівномірний нагрів, кристалізаційну усадку швів, структурні зміни металу шва і колошовної зони і т. д.

До причин, що призводять до виникнення напружень і деформацій, відносяться такі, без яких процес зварювання може відбуватися. До таких причин при зварюванні відносять неправильні рішення конструкції зварних вузлів (близьке розташування швів, їх часте перетинання, неправильно вибраний тип з'єднання і т.д.), застосування застарілої техніки і технології зварювання (невірно обрані способи накладення шарів і діаметр електрода, не дотримуються

режими зварювання і т. д.), низька кваліфікація зварника, порушення геометричних розмірів зварних швів і т. д.

Кристалізаційна усадка металу шва викликається тим, що при охолодженні метал шва зменшується в об'ємі, але оскільки одночасно шов має жорсткий зв'язок з відносно холодним основним металом, його усадка викликає появу внутрішніх напружень.

Кристалізаційна усадка незакріпленого зразка призведе лише до його вкорочення. Якщо ж усадка матиме місце або в умовах жорсткого закріплення деталей, що зварюються, або в умовах нерівномірного (неоднакового) нагрівання, то в цьому випадку в конструкції і після охолодження утворюються внутрішні напруги, викликаючи її деформацію. У процесі зниження температури в жорстко закріпленої деталі будуть виникати сили розтягування, які прагнуть її розірвати.

Залишкові напруження при зварюванні виникають в результаті появи термопластичних деформацій, які утворюються від нерівномірного розподілу температури у виробі. Такі деформації бувають пружні і пружно-пластичними.

За напрямом в тілі власні напруження можуть бути одноосьовими - лінійними, двохосьовими - площинними і триосьовими - об'ємними.

При розгляді процесу виникнення деформацій при зварюванні слід враховувати, що в процесі охолодження стали змінюються її фізичні і механічні властивості.

Зварні конструкції в результаті появи деформацій в зварних з'єднаннях можуть змінити свої розміри і зазнати загальних деформацій. Останні можуть бути про поздовжніми і поперечними, деформаціями згину, скручування і втрати стійкості.

В результаті поздовжніх і поперечних деформацій відбувається скорочення елементів по довжині і ширині. Ці деформації утворюються при симетричному укладанні зварних швів.

Деформації вигину утворюються при несиметричному розташуванні зварних швів в конструкціях і супроводжуються поздовжнім скороченням

елементів - поздовжньої усадкою швів і поперечним скороченням - поперечної усадкою швів. Цей вид деформації в практиці зустрічається досить часто.

Деформації скручування утворюються внаслідок несиметричного розташування швів в поперечних перетинах елементів і зустрічаються відносно рідко.

Деформації втрати стійкості викликаються стискаючими напруженнями, які утворюються в процесі нагрівання і охолодження виробів.

Зварювальні деформації виникають в результаті поздовжньої і поперечної усадки, що виникає в процесі охолодження металу шва. Зварювальні деформації можуть перевищувати допустимі значення, тому необхідно визначити їх очікувану величину.

Для деформації викликаних приваркою полки до стінки виділимо умовну балку (Рис. 2.7.). Розрахунок деформацій робимо за методикою, описаної в [9].

Визначення абсолютного обсягу поздовжнього укорочення (V_1):

$$V_1 = -v \cdot l = -1.08 \cdot 10^{-6} \cdot q_l \cdot l \quad (2.33)$$

де q_l - погонна енергія, Дж /см; l - довжина балки, см.

Для зварювання профілю використовують механізоване зварювання в CO_2 , його режими: $U_d = 27V$, $I = 136A$, $v = 0,41 \text{ см / с}$.

$$V_1 = -1,08 \cdot 10^{-6} \cdot 6717 \cdot 241 = -1,75 \text{ см}^3.$$

Другий шов при послідовній зварювання за рахунок часткового перекриття зон деформацій збільшує обсяг поздовжнього укорочення менше ніж в два рази. Коефіцієнт збільшення можна приблизно прийняти $m_{1,2} = 1,3$. Тоді обсяг поздовжнього укорочення від двох швів буде:

$$V_{1,2} = m_{1,2} \cdot V_1 \quad (2.34)$$

$$V_{1,2} = 1,3 \cdot -1,75 = -2,28 \text{ см}^3$$

Усадочна сила для двостороннього шва:

$$P = 21,6 \cdot q_p \cdot m_{1,2} \quad (2.35)$$

$$P = 21,6 \cdot 6717 \cdot 1,3 = 188613,4 \text{ Н} = 189 \text{ кН}$$

Поздовжнє скорочення нейтральної осі:

$$\Delta l = V_{1,2} / F, \quad (2.36)$$

де $F = 46 + 30 = 76 \text{ см}^2$ - площа поперечного перерізу балки.

$$\Delta l = -2,28/76 = -0,03 \text{ см} = 0,3 \text{ мм}.$$

Визначимо площу поперечного перерізу умовної балки (Рис. 2.8.) й його момент інерції.

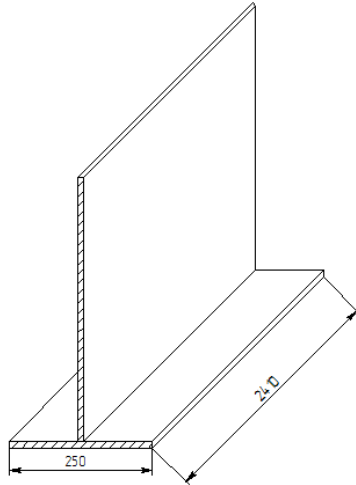


Рисунок 2.7. Умовна балка

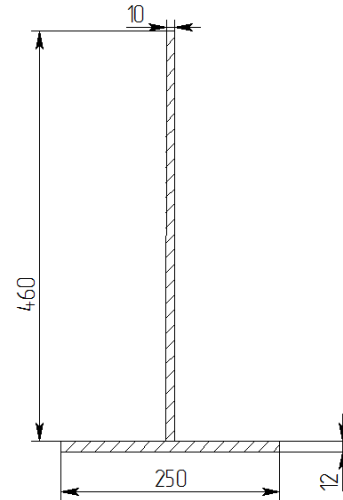


Рисунок 2.8. Геометричні характеристики

Таблиця 2.2. Визначення моменту

№	деталь	Розміри	$F, \text{см}^2$	$Z_i, \text{см}$	$S_i, \text{см}^3$	$I_{yi}, \text{см}^4$	$I_{oi}, \text{см}^4$
1	Полиця	46x1,0	46	0,6	27,6	17	8111
2	стінка	25x1,2	30	24,2	726	17569	4
Σ		-	76	-	753,6	17586	8115

Відстань від центру маси и перетину:

$$z_0 = \frac{\sum S}{\sum F}; \quad (2.37)$$

де $\sum S$ - сума статичний момент; $\sum F$ - площа перетину

$$z_0 = \frac{753,6}{76} = 9,92 \text{ см}.$$

Власний момент інерції перетину балки :

$$I_y = \sum I_{yi} + \sum I_{oi} - F \cdot z_0^2, \quad (2.38)$$

$$I_y = 17586 + 8115 - 76 \cdot 9,92^2 = 18222$$

Відстань між осями шва і перетину балки:

$$z = z_0 - b_{\text{п}} \quad (2.39)$$

$$z = 9,92 - 1,2 = 8,72 \text{ см.}$$

Кут повороту кінців балки можна визначити за формулою:

$$\varphi = \frac{V_{1,2} \cdot z}{I_y}, \quad (2.40)$$

$$\varphi = \frac{-2,28 \cdot 8,72}{18222} = -0,001.$$

Визначаємо стрілку прогину балки :

$$f = \frac{\varphi \cdot l}{8}, \quad (2.41)$$

$$f = -0,001 \cdot 241/8 = -0,03 \text{ см.}$$

У стінки балки напруги сумуються внаслідок дії стиснення усадковою силою P і згинального моменту $M = P (z_0 - t_2)$. Напруження від дії сили стиснення розподілені рівномірно по всьому перетину балки, від вигину-розтягування вище від нейтральної осі балки і стиснення нижче від неї. Визначаємо їх величину за формулою:

$$\sigma = \frac{P_{\text{yc}}}{F} + \frac{M_{\text{yc}} \cdot y}{I} \quad (2.42)$$

На нейтральній осі балки $y_0 = 0$, тоді

$$\sigma_0 = P_{\text{yc}} / F \quad (2.43)$$

$$\sigma_0 = -189 / 76 = -2,49 \text{ кН/см}^2 = -25 \text{ МПа}$$

На верхньому краї стінки $y_1 = h + t_2 - z_0 = 46 + 1,2 - 9,9 = 37,3 \text{ см}$. Тоді напруження складаються:

$$\sigma_1 = -189/76 + (-189 \cdot (9,9 - 1,2) \cdot (-37,3)) / 18222 = 21,6 \text{ кН/см}^2 = 216 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_1 \leq \sigma_{\text{т}}/1,15$$

$$216 \leq 300/1,15$$

$$216 \leq 260 - \text{умова виконується.}$$

В полці балки діють напруження стиснення, оскільки вона розташована нижче від нейтральної осі балки на відстані $y_2 = z_0 - t_2/2 = 9,9 - 1,2/2 = 9,3 \text{ см.}$

Величина цих напружень:

$$\sigma_2 = -189/76 + (-189 \cdot (9,9 - 1,2) \cdot (9,3)) / 18222 = -25,6 \text{ кН/см}^2 = -256 \text{ МПа}$$

$$\sigma_1 \leq \sigma_T / 1,15$$

$$216 \leq 300 / 1,15$$

256 ≤ 260- умова виконується.

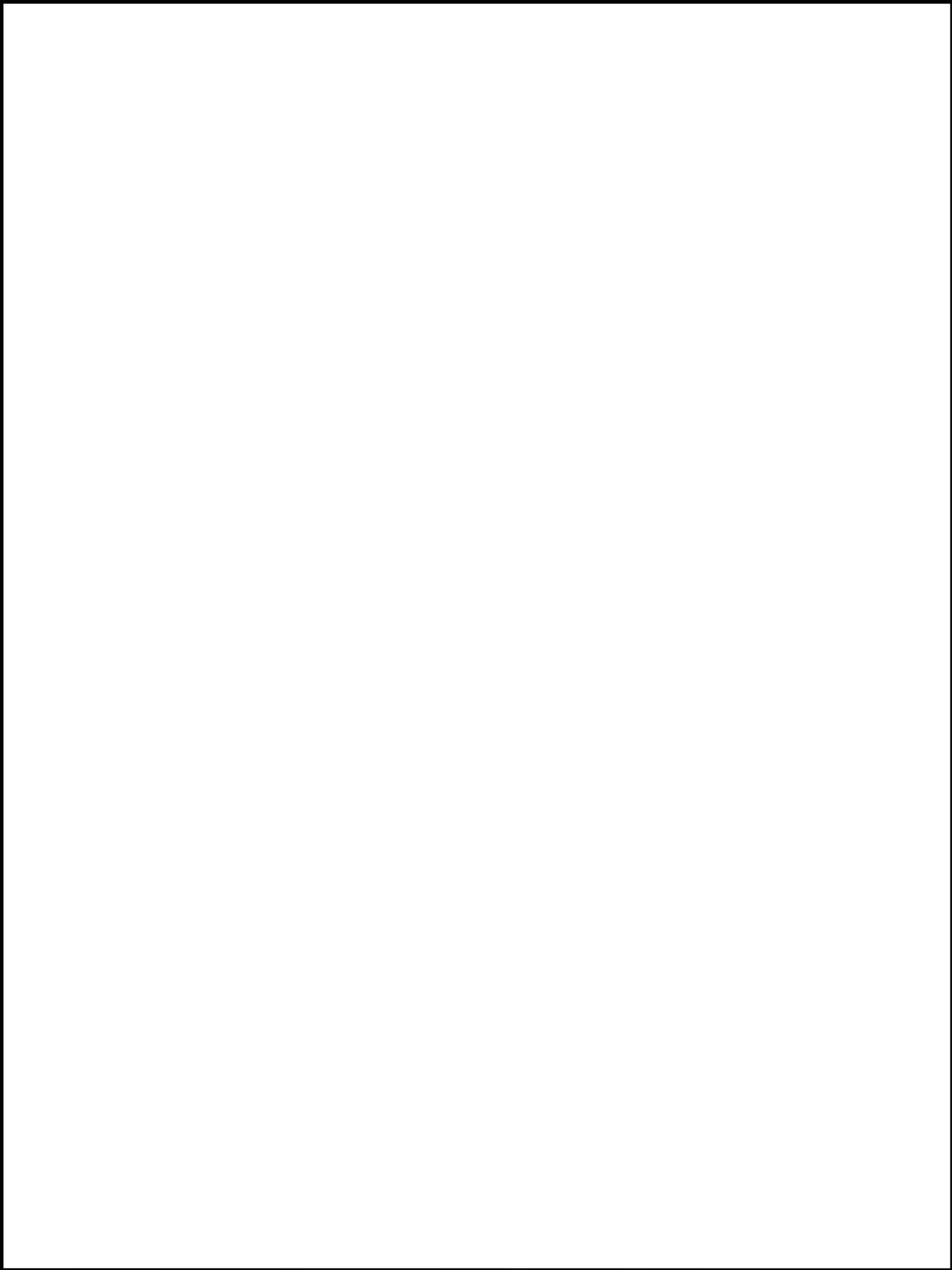
Висновки

1. На підставі аналізу конструкції обрані типи зварних з'єднань: для стикового шва тип з'єднання С8 по ГОСТ 14771-76, при приварюванні стінки балки до полиць застосовується з'єднання Т3 по ГОСТ 14771-76, приварювання ребер жорсткості здійснюється по ГОСТ 14771-76 і ГОСТ 23518-79 з'єднання Т3.

2. Розраховані режими механізованого зварювання в середовищі захисних газів. Приварювання вузлів кріплення до полиць здійснюється на струмі $I_{зв} = 135 \pm 5 \text{ А}$, $U_d = 27 \pm 1 \text{ В}$, швидкість подачі електродного дроту 246 м/год., швидкість зварювання 0,17 см/с.

3. Розрахований термічний цикл зварювання і проведено аналіз очікуваної структури зони термічного впливу. Накладення кривої охолодження на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту стали 09Г2С показало, що після зварювання очікується ферито-бейнітна структура з твердістю 240HV.

4. Розраховані очікувані зварювальні деформації від приварювання стінки до полиці. Стрілка прогину знаходиться в межах допуску.



					ДП 131.5121зш.02.05.03 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Тон К.Г.				Технологічний процес складання і зварювання конструкції	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Матвієнко М.В.						33	
Рецензент						ХННІ НУК		
Н. Контр.								
Зав. каф.	Єрмолаєв Г.В.							

3.1. Принципова послідовність складання й зварювання

Дана консольна балка конструктивно складається з наступних деталей (Рис. 3.1): 1 - пластини кріплення 2 шт.; 2 - верхня полиця 1 шт.; 3 - стінка; 4, 5 - нижня полиця; 6 - ребро жорсткості 2 шт.; 7 - ребро жорсткості 2 шт.

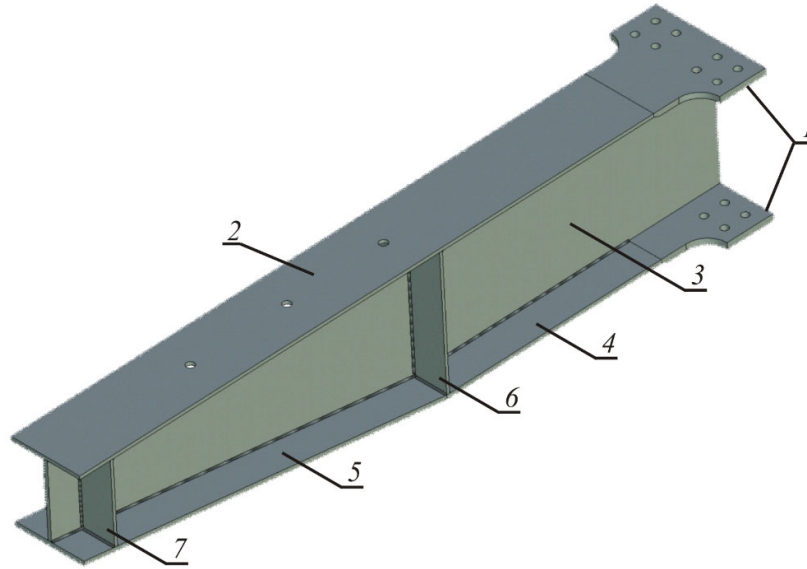


Рисунок 3.1 - Зовнішній вигляд консольної балки

У зв'язку з невеликою протяжністю швів, не більше 2,5 м, а також наявності зламу полки і ребр жорсткості дану конструкцію доцільно виготовляти з застосуванням механізованого зварювання в середовищі захисних газів.

Для виготовлення конструкції пропонується наступна принципова технологія складання і зварювання.

На першому етапі вузли кріплення 1 приварюються до деталей полки 2 і 4 за такою технологією:

1. На складально-зварювальний пристрій укласти деталі 1 і 2;
2. Зібрати згідно з кресленням;
3. Закріпити електропріхоплюванням.
4. Перевірити якість складання і відповідність зварювальних зазорів ГОСТу.
5. Провести приварювання деталі 1 до деталі 2 механізованим зварюванням в середовищі вуглекислого газу.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП. 131.5121зш.02.05.03 ПЗ

Арк.
34

6. Перевірити якість зварювання.
7. Повторити пункти 1-6 для деталей 1 і 4.
8. Нанести лінії розмітки для установки деталі 3, 6 і 7.
9. По лінії розмітки встановити деталь 3 на зібраний вузол з деталей 1 і 2.
10. Закріпити електропріхоплюванням.
11. По лінії розмітки встановити вузол з деталей 1 і 4 і деталь 5 на стінку (3).
12. Закріпити електропріхоплюванням.
13. Перевірити якість складання і відповідність зварювальних зазорів ГОСТу
14. Провести приварювання деталей 1,2,4,5 до деталі 3. Тип з'єднання ТЗ.
15. Встановити ребра жорсткості, деталі 6 і 7 по лініях розмітки.
16. Провести приварювання ребер жорсткості до стінки і полкам балки.
17. Перевірити якість зварювання.
18. Кантувати виріб
19. Провести приварювання деталей 1,2,4,5 до деталі 3 із зворотного боку.
20. Встановити ребра жорсткості, деталі 6 і 7 по лініях розмітки.
21. Провести приварювання ребер жорсткості до стінки і полкам балки.
22. Перевірити якість зварювання.

3.2. Вибір зварювальних матеріалів

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

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

					ДП. 131.5121зш.02.05.03 ПЗ	Арк 35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другою умовою при виборі зварювальних матеріалів є отримання металу шва, що має високу технологічну міцність, тобто несхильність утворення гарячих тріщин.

Третьою умовою є отримання металу шва з необхідної експлуатаційної міцністю.

Для зварювання балки застосовують механізоване зварювання в вуглекислому газі.

Цей спосіб має ряд переваг і дозволяє виконати зварювання в різних просторових положеннях. Однак, одним з недоліків даного способу є вигорання легкоокислюваних елементів, причому з електродного дроту елементи вигорають більш інтенсивно, ніж з основного металу. Вигорання компенсується правильним підбором зварювального дроту, підвищенням вмісту розкислювачів, що знижує ймовірність утворення пор в зварному шві.

Цим умовам відповідає зварювальний дріт Св-08Г2С-О.

Зварювальний дріт суцільного перетину для дугового зварювання електродом, що плавиться випускають по ГОСТ 2246-70 "Дріт сталевий зварювальний. Технічні умови". Стандарт передбачає виготовлення 76 марок дроту, в тому числі: 6 марок низьковуглецевої, 30 марок легованої і 40 марок високолегованої. Крім того, існують десятки марок сталевий зварювального дроту, які випускають в невеликих кількостях за окремими технічними умовами.

Дріт Св-08Г2С, що випускається по ГОСТ 2246-70, містить більшу кількість кремнію, марганцю і вуглецю по порівнянню з дротами для зварювання в активних захисних газах (МАГ-зварювання) марок G3Si1, G4Si1 (ДСТУ ISO 14341). Дріт Св-08Г2С менш технологічна і, як правило, не забезпечує сталості хімічного складу по довжині.

Стан поверхні електродного дроту впливає на її корозійну стійкість, вміст газів і шкідливих домішок в зварних швах, зусилля прошовування і надійність струмопроводу.

Удосконалення електродного дроту багато в чому пов'язане з бажанням поліпшити стан її поверхні. Для цього застосовують очистку, обміднення, електролітно-плазмову обробку та інші технології виготовлення дроту.

Нанесення мідного покриття вже кілька десятиліть є основним напрямком поліпшення поверхневих властивостей електродного дроту. Встановлено, що за порівняння з необмідненим дротом час від моменту першого торкання обмідненої дроту до встановлення стабільного процесу зварювання скорочується в 2-3 рази, а кількість "помилкових" торкань дротом поверхні основного металу скорочується з 3-4 до 1-2.

При зварюванні обмідненої дротом рівень втрат металу на розбризування менше на 20-40% по порівняння з дротом, що має технологічну мастило або іржу.

Типовий хімічний склад дроту Св-08Г2С-О наведено в таблиці 3.1, а механічні властивості металу шва в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 Хімічний склад дроту Св-08Г2С-О

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P	Mo	As	Al	N
0,05-0,11	1,80-2,10	0,70-0,95	0,20	0,25	0,20	0,010	0,015	0,15	0,08	-	0,008

Таблиця 3.2 Механічні властивості металу шва

Тимчасовий опір розриву, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²	Границя плинності, МПа
530-680	20	47	460

3.3. Вибір зварювального обладнання

Відповідно до встановленого технологічним процесом вибирають зварювальне обладнання. Основними умовами вибору служать:

- Технічна характеристика зварювального устаткування, що відповідає прийнятій технології;
- Найменші габарити і вага;
- Найбільший ККД і найменше споживання електроенергії.

Основною умовою при виборі зварювального устаткування є тип виробництва.

Так, при одиничному і дрібносерійного виробництва з економічних міркувань необхідно більш дешеве зварювальне обладнання - зварювальні трансформатори, випрямлячі або зварювальні напівавтомати, віддають перевагу обладнанню, що працює в середовищі захисних газів з джерелом живлення - випрямлячами.

Для підбору раціональних типів обладнання слід користуватися новітніми даними довідкової та інформаційної літератури, каталогами та проспектами по зварювальній техніці, в яких наведені технічні характеристики джерел живлення, зварювальних напівавтоматів і автоматів.

Для механізованого зварювання в середовищі захисних газів використовуємо напівавтомат ПДГ-421 і джерело живлення до нього - зварювальний випрямляч ВДГ-401.

Випрямляч зварювальний ВД Г-401 призначений для комплектації напівавтоматів дугового зварювання.

переваги :

- Плавноступінчасте регулювання зварювальної напруги.
- Жорстка зовнішня характеристика.
- Низький рівень пульсації вихідної напруги за рахунок застосування керованого дроселя насичення.
- Дистанційне регулювання зварювального струму за допомогою пульта.
- Наявність розетки 36В для живлення підігрівача газу (на вимогу замовника).
- Клас ізоляції Н.
- Безпечні струмові роз'єми.
- Надійність роботи і простота обслуговування.

Технічні характеристики зварювального випрямляча ВДГ-401 наведені в таблиці 3.3, зовнішній вигляд на рисунку 3.2.

Таблиця 3.3 Технічні характеристики зварювального випрямляча ВДГ-401

Напруга живильної мережі, В	Номинальний зварювальний струм, А (ПВ,%)	Межі рег. звар. струму, А	Кількість ступенів регул.	Напруга х/х, В	Споживана потужність, кВт	Габаритні розміри, мм	маса, кг
3х380	400 (60) 320 (100)	80 - 500	3	67	29,5	606х700х620	175

Напіваавтомат призначений для механізованого зварювання, на постійному струмі плавким електродним дротом в середовищі захисних газів в комплекті з джерелами зварювання .

ПДГ-421 (с 4 роликів механізмом, що подає) забезпечує стабільну подачу дроту, якісне зварювання на відстані до 30 метрів від джерела при будь-якому розташуванні зварювальних кабелів.

Переваги :

- Малогабаритний і полегшений механізм подачі для роботи в умовах обмеженого простору;
- Плавне регулювання вихідної напруги зварювального джерела і швидкості подачі електродного дроту з механізму, що подає;
- Забезпечує стабілізацію швидкості подачі зварювального дроту і зворотний зв'язок по напрузі на двигуні подачі зварювального дроту, що дозволяє отримати якісне зварювання на відстані до 30 метрів від зварювального джерела;
- Стабільна швидкість подачі зварювального дроту при довжині шлейфу пальника 3... 5 м і вигинах шлейфу;
- Застосування 4-х роликів механізму подачі, забезпечує підвищену тягове зусилля і можливість роботи з пальниками довжиною до 5м;
- Автоматичне управління газовим трактом, зварювальним джерелом і механізмом, що подає за допомогою кнопки на пальнику;
- Шестерним зачеплення що подає й притискного роликів;
- Тарованого зусилля притискного пристрою;

- Можлива установка цифрової індикації зварювального струму і напруги по додатковому замовленню.
- Забезпечує установку касети (діаметром 200 мм) з дротом вагою 5 кг;
- Жорстка і ударостійка конструкція корпусу, що подає.

Технічні характеристики зварювального напівавтомата ПДГ-421 наведені в таблиці 3.4, зовнішній вигляд на рисунку 3.3.

Таблиця 3.4 Технічні характеристики зварювального напівавтомата ПДГ-421

Напруга живильної мережі, В	Діаметр дроту, мм	Швидкість подачі дроту, м/год	Розмір, мм/місткість, кг касети	Роз'єм зварювального пальника	Габаритні розміри, мм	маса, кг
27	0,8-1,4	60-960	200/5	штирьовий	490x185x295	12



Рисунок 3.2. Зовнішній вигляд зварювального випрямляча ВДГ-401

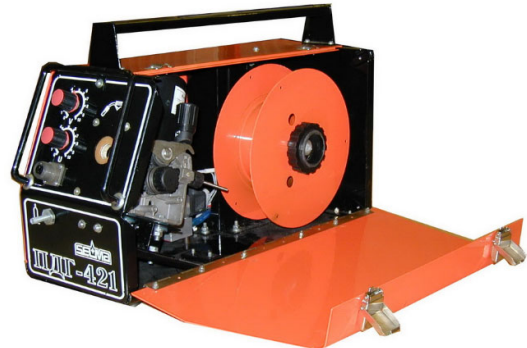


Рисунок 3.3. Зовнішній вигляд зварювального напівавтомата ПДГ-421

3.4. Контроль якості зварних швів

Контроль якості зварних швів балок здійснюється згідно з Посібником по методам контролю якості зварних з'єднань металевих конструкцій і трубопроводів, виконуваних у будівництві (СНиП III-18-75).

					ДП. 131.5121зш.02.05.03 ПЗ	Арк 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До виконання зварювальних робіт допускаються атестовані зварювальники, що мають розряд відповідно до вимог основних положень і здали теоретичні та практичні іспити відповідно до Правил атестації зварників державного комітету України по нагляду за охороною праці.

Матеріали, що застосовуються для виготовлення балок, а також електроди, зварювальний дріт, захисні гази для використання у виробництві перевіряються ОТК на відповідність вимогам ГОСТів.

Важливим фактором отримання якісних зварних з'єднань є контроль якості складання під зварювання. Ретельно перевіряється відповідність кресленням зібраних деталей і вузлів, правильність розбирання крайок під зварювання, чистота поверхні деталей.

В процесі виготовлення конструкції майстер контролює дотримання послідовності і правильності виконуваних швів, марок застосовуваних зварювальних матеріалів, зазначених в технологічному процесі зварювання. Для контролю якості зварних швів застосовуються такі види контролю: зовнішній огляд і обмір, ультразвукова дефектоскопія.

Контролю зовнішнім оглядом і вимірюваннями піддаються всі закінчені шви, незалежно від категорії, по всій довжині з лицьової та зворотної сторони. Огляду підлягає наплавлений метал, зона основного металу, що прилягає до нього, на відстані 100 мм від кордонів шва. Перед зовнішнім оглядом і вимірюванням, шви повинні бути очищені від шлаку, бризок і забруднення. При контролі зовнішнім оглядом оцінка якості виконується відповідно до ГОСТ 5.1093-78.

При контролі зовнішнім оглядом в зварних швах не допускається наявність таких дефектів:

- Тріщин в металі шва і колошовній зоні, пропалів, свищів, кратерів, напливів, місцевих скупчень пір і включень, невідповідність форми шва;
- Окремих пір розміром більше 0,1 мінімальної товщини деталі, що зварюється, при товщині деталі до 20 мм і пір більше 2 мм, при товщині деталі більш 20 мм ;

					ДП. 131.5121зш.02.05.03 ПЗ	Арк 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Підрізів основного металу глибиною до 1 мм, довжиною понад 15 мм і підрізів більш 1 мм будь-якої довжини. Сумарна довжина окремих підрізів глибиною до 1 мм й довжиною менше 15 мм не повинна перевищувати 10% від довжини з'єднання;

- Горбистість, величиною понад 2 мм ;
- Западиння між валиками понад 1,5 мм ;
- Западиння між швом і основним металом більш 3 мм, для з'єднання з одностороннім скосом кромки, і більш 2 мм для окремих типів з'єднання.

Для вимірювання зварних швів застосовують калібрметри, штангенциркуль, вимірювачі зварних швів, лінійку. Вимірювання проводять згідно інструкцій.

Ультразвуковий метод контролю призначений для виявлення в швах стикових, кутових, таврових і напусткових зварних з'єднань несправів, тріщин, несплавлень, пор і шлакових включень, розміри яких знаходяться в межах чутливості методу. Характер дефектів і їх дійсні розміри не визначаються.

Ультразвуковий метод контролю здійснюється відповідно до вимог ГОСТ 14782-76, ГОСТ 20415-82 і з урахуванням діючих галузевих стандартів на ультразвуковий контроль.

Ультразвуковому контролю підлягають зварні з'єднання з повним проплавленням зварювальних елементів, що задовольняють вимогам дефектоскопічності, коли:

- Співвідношення ширини валика (розмірів катетів в кутових, таврових і напусткових) в стикових з'єднаннях і товщини металу в поєднанні забезпечує можливість проникання всього перерізу шва акустичної віссю ультразвукового променя;
- Є вільний доступ до колошовної зони (зони контролю) контрольованої ділянки шва з обох сторін одній площині стикового з'єднання і з'єднання внахлест і з однією з площин таврового з'єднання;

- З протилежного поверхні листів в зоні контролю відсутні приварені монтажні елементи, а також вм'ятини, подрізи, "підпали" і бризки металу, які можуть привести до віддзеркалень від них ультразвукових коливань;

- Радіус кривизни зварювальних листів в будь-якому перетині не менш 500мм.

Ультразвуковий контроль проводять після виправлення дефектів, виявлених при зовнішньому огляді та вимірюванні з'єднання, а також після термічної обробки. Необхідність контролю після термічної обробки обмовляється в технічній документації на контроль.

Ультразвуковий контроль може здійснюватися слідом за зварюванням після охолодження металу в зоні переміщення перетворювача нижче 60°C.

Для забезпечення нормальних умов роботи дефектоскопіста, що обумовлюють надійність і достовірність контролю, останній повинен проводитися, як правило, при температурі не нижче 5°C.

Ультразвукову дефектоскопію поєднують з методами рентгено- та гамаграфування для контролю зварних швів, якщо необхідно:

- уточнити розміри і характер виявлених ультразвуком дефектів;
- підвищити надійність і об'єктивність контролю шляхом вибіркового просвічування ділянок, в яких за даними ультразвукової дефектоскопії відсутні неприпустимі дефекти;
- перевірити кваліфікацію дефектоскопіста при ультразвуковому контролі.

Оцінку якості зварних з'єднань за даними ультразвукового контролю слід проводити відповідно до нормативно-технічної документацією на виріб, затвердженої в установленому порядку.

Основними вимірюваними характеристиками виявленого дефекту є:

- 1) еквівалентна площа дефекту S_e або амплітуда U_d луна-сигналу від дефекту з урахуванням виміряного відстані до нього;
- 2) координати дефекту в зварному з'єднанні;
- 3) умовні розміри дефекту;

					ДП. 131.5121зш.02.05.03 ПЗ	Арк 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) умовне відстань між дефектами;
- 5) кількість дефектів на певній довжині з'єднання.

Вимірювані показники, використовувані для оцінки якості конкретних сполук, повинні зазначатися в технічній документації на контроль, затвердженої в установленому порядку.

Висновки

- 1. Запропоновано принципову технологія складання і зварювання консольної балки.
- 2. Обрані зварювальні матеріали, що забезпечують необхідні механічні властивості зварних з'єднань.
- 3. Обрано сучасне зварювальне обладнання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП. 131.5121зш.02.05.03 ПЗ

Арк
44

					ДП 131.5121зш.02.05.04 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Тон К.Г.				Охорона праці		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Матвієнко М.В.							45	
Рецензент							ХННІ НУК		
Н. Контр.									
Зав. каф.	Срмолаєв Г.В.								

Верховна Рада України 14 жовтня 1992 р. прийняла Закон України "Про охорону праці". Цей закон визначає основні положення по реалізації Конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі їхньої трудової діяльності, регулює при участі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи, організації чи уповноваженим органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Специфічною особливістю українського закону, що регламентує правову основу охорони праці, є високий рівень прав і гарантій працівникам.

У Законі України "Про охорону праці" задекларовані основні принципи державної політики в області охорони праці:

- пріоритет життя і здоров'я працівників стосовно результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- обов'язковий соціальний захист працівників, повне відшкодування збитку особам які постраждали від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань;
- використання економічних методів керування охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці;
- комплексне рішення задач охорони праці на підставі національних програм з цих питань і з урахуванням інших напрямків економічної і соціальної політики, досягнень в області науки і техніки й охорони навколишнього середовища;
- установлення єдиних нормативів по охороні праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їхньої діяльності;
- здійснення навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- співробітництво і проведення консультації між роботодавцями і профспілками (представниками трудових колективів) при прийнятті рішень про охорону праці;

- міжнародне співробітництво в області охорони праці, використання світового досвіду організації роботи з поліпшенням умов і підвищення безпеки праці.

Для реалізації цих принципів була створена Національна Рада з питань безпечної життєдіяльності при кабінеті Міністрів України, Держнаглядохоронпраці, Національний науко-дослідний інститут праці, учбово-методичний Центр Держнаглядохоронпраці. Розроблені і реалізуються національна, галузеві, регіональні і виробничі програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці виробничого середовища. В обласних, районних, міських органах виконавчої влади функціонують служби охорони праці [10].

4.1 Аналіз потенційно небезпек і шкідливих чинників при виготовленні балки

При виготовленні балки існує можливість небезпечних впливів на працівників цеху у зв'язку з наступними факторами:

- поразка електричним струмом при дотику людини до струмоведучих частин електричного ланцюга;
- поразка променями електричної дуги очей і відкритої поверхні шкіри;
- опіки від крапель розплавленого металу і шлаку при зварюванні і різці;
- отруєння шкідливими газами, що виділяються при зварюванні і при забрудненні пилом і випарами різних речовин;
- дія шуму;
- травми пов'язані із складальними і транспортними операціями;
- травмонезбезпечність від роботи підйомно-транспортного устаткування.

4.1.1 Пожежобезпека. Застосування відкритих дуг, наявність бризг рідкого металу й шлаків при зварюванні підвищує небезпеку виникнення пожеж.

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Також небезпека виникнення пожеж може виникнути через необережне поводження з вогнем при виробничих процесах, порушень правил перевезення легкозаймистих вантажів і зберігання небезпечних матеріалів, несправності електропроводки, самозаймання матеріалів, незадовільного стану вентиляційних систем.

Для визначення потреби в протипожежному устаткуванні й первинних засобах розроблені спеціальні норми. На механізованій ділянці необхідно встановити вогнегасники ОХП-10 і ящики з піском (кожні 200 м), а також вуглекислотні вогнегасники ОУ-5.

З персоналом повинен проводитися щомісячний інструктаж з пожежної безпеки з оцінкою й розписом, інструктуємих у спеціальному журналі відповідно до ДНАОП 0.00-4.12-99 „Типове положення про навчання з питань охорони праці” [10].

4.1.2 Запобігання небезпеки поразки електричним струмом. При виконанні наплавочних робіт по зварювальному ланцюгу протікає струм, величина якого сягає 370 А при напрузі до 35В.

У результаті дії електричного струму на організм можуть бути ушкоджені:

- нервова система (електричний удар);
- шкірний покрив (опік, металізація шкіри, механічні ушкодження).

Людина починає відчувати вплив минаючого через нього струму при величині 0,6-1,5 мА, з частотою 50Гц і постійного струму 5-7мА.

З метою зменшення небезпеки поразки електричним струмом необхідно дотримання наступних заходів відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів": надійна ізоляція всіх проводів, зв'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги, будова герметично закритих пристроїв, що включають заземлення корпусів зварювальних апаратів. Заземленню підлягають: корпуси джерел живлення, апаратного ящика, допоміжне електричне устаткування. Підключенням, відключенням і ремонтом зварювального устаткування займається тільки черговий електромонтер. Працівникам забороняється виконувати ці роботи.

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

У джерелах живлення застосовують автоматичні вимикачі високої напруги, які у момент холостого ходу розривають зварювальний ланцюг і подають на електродотримач напругу 12В [15].

Робота повинна проводитись в справному сухому спецодязі і рукавицях.

4.1.3 Запобігання небезпеки поразки променями електричної дуги.

Зварювальна дуга є джерелом променів широкого спектру від інфрачервоних до ультрафіолетових, яскравість яких може викликати опік незахищених очей при опроміненні їх протягом всього 10-15 секунд. Більш тривалий вплив випромінювання дуги може привести до ушкодження кришталика ока і втрати зору.

Вплив випромінювання дуги шкідливий не тільки для зварників, але й для близько розташованих робітників - складальників, механіків-монтажників. Для запобігання небезпечної поразки ока обов'язкове застосування захисних стекол у зварників і встановлення непрозорих ширм та щитів для захисту оточуючих

НАОП 1.4.10-1.04-86 "Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах".

Захисні стекла, вставлені в щитки та маски, зовні закривають простим склом для захисту їх від бризг розплавленого металу. Щитки виготовляють з ізоляційного матеріалу - фібри, фанери і за формою і розмірами вони повинні цілком захищати обличчя і голову зварника.

При виконанні зварювання необхідно виконувати всі правила техніки безпеки

згідно НАОП 1.4.10-1.04-86 "Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах", ОСТ 5.9823-80 "Роботи електрозварювальні. Вимоги безпеки".

4.1.4 Запобігання небезпеки поразки бризками розплавленого металу і шлаку. Бризки розплавленого металу, що утворюються при зварюванні, мають температуру до 1800°C, при якій одяг з будь-якої тканини руйнується. Для захисту від таких бризг відповідно до нормативних документів НАОП 1.4.74-2.23-87

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОСТ 5.0496-87 "Засоби індивідуального захисту працюючих. Порядок забезпечення" звичайно використовують спецодяг (штани, куртку, рукавиці) із брезентової тканини або шкіри.

Куртки при роботі не слід вправляти в штани, а взуття повинно мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не попадали у середину, тому що в цьому випадку можливі тяжкі опіки [10].

4.1.5 Запобігання отруєнню шкідливими газами й аерозолями, що виділяються при зварюванні. Висока температура дуги (4000°C - 5000°C) незмінно приводить до того, що частина зварювального дроту, покриття, флюсів переходить у газоподібний стан. Ці пари, потрапляючи в атмосферу цеху, конденсуються і перетворюються в аерозоль конденсації, частки якого по дисперсності наближаються до димів і легко попадають у дихальну систему зварників. Ці аерозолі представляють головну професійну небезпеку праці зварників (ДСТ 12.1.007-76 "Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки").

Поряд з пилом в разі дугового зварювання також утворюються і виділяються газоподібні продукти. Для уловлювання зварювального аерозолу потрібно встановити місцеві відсмоктувачі у виді витяжної шафи, вертикальної чи похилої панелі рівномірного відсмоктування, столи, в яких відсмоктувач знаходиться під решіткою та ін. При зварюванні на стапелі застосовують переносну вентиляційну установку (ПВУ) з місцевим відсмоктуванням газів.

Якщо в цеху витрата зварювальних матеріалів перевищує $0,2 \text{ г/ч}$ на 1м^3 об'єму будівлі, повинна бути влаштована механічна загальнообмінна витяжна вентиляція (НАОП 1.4.74-4.08-78 "Вентиляція й опалення суднобудівних цехів").

4.1.6 Методи і засоби захисту від шуму. Сильний шум шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності людини. Шум у 30-40дБА в нічний час може з'явитися серйозним фактором, який турбує оточуючих. Зі збільшенням рівня до 70дБА і вище шум може робити значний вплив фізичний вплив на людину, приводячи до видимих змін у її організмі. Під впливом шуму, що

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищує 85-90дБА, у першу чергу знижується слухова чутливість на високих частотах. При дії шуму дуже високих рівнів (більш 145дБА) можливий розрив барабанної перетинки.

Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності різних видів.

Засоби захисту від шуму підрозділяють на засоби колективного й індивідуального захисту. Міри відносного зниження шуму варто передбачити на стадії проектування промислових об'єктів і устаткування.

Особливу увагу варто звертати на винос гучного устаткування в окреме приміщення. Що дозволяє зменшити число працівників працюючих в умовах підвищеного шуму і здійснювати міри щодо зниження шуму з мінімальними витратами засобів, устаткування і матеріалів. Боротьба із шумом у джерелі його виникнення - найбільш діючий спосіб боротьби із шумом. Створюються малошумні механічні передачі, розроблюються способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах. Акустичні засоби захисту від шуму підрозділяються на засоби звукоізоляції, звукопоглинання і глушители шуму.

Сутність методу звукоізоляції полягає в тім, що об'єкт, випромінюючий шум, або декілька найбільш гучних об'єктів розташовується окремо, ізольовано від основного, менш гучного обладнання в окремому приміщенні, із звукоізольованою стіною або перегородкою. Звукоізоляція досягається також шляхом розташування оператора в спеціальній кабіні, звідки він спостерігає і керує технологічним процесом.

Звукопоглинання досягається за рахунок переходу коливальної енергії в теплоту, внаслідок втрат натертя в поглиначі звуку. Звукопоглинальні матеріали і конструкції, призначені для поглинання звуку ж у приміщеннях із джерелом, так і в сусідніх приміщеннях. Втрати на тертя найбільш значні в пористих матеріалах, які внаслідок цього і використовуються для звукопоглинання.

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Глушители шуму застосовуються в основному для зниження шуму в різних аеродинамічних установках.

У праці боротьби із шумом використовують глушители різних конструкцій, вибір яких залежить від конкретних умов кожної установки, спектра шуму і необхідного рівня ступеня зниження шуму.

Глушители розділяються на абсорбційні, реактивні і комбіновані. Абсорбційні глушители, що містять звуковбирний матеріал, поглинають звукову енергію, що надійшла в них, а реактивні відбивають її назад до джерела. У комбінованих глушителях відбувається ж поглинання так і відображення звуку [10].

4.1.7 Запобігання травм, зв'язаних із складанням і транспортними операціями (травм механічного характеру). Основні причини травм при складанні і зварюванні: відсутність транспортних засобів, несправність такелажних пристосувань, несправний інструмент (кувалди, молотки, гайкові ключі, зубила і т. і.), відсутність захисних окулярів при зачищенні металоконструкцій, відсутність або великий знос спецодягу й інших захисних засобів. Міри безпеки в цьому випадку наступні: усі зазначені засоби й інструменти варто періодично перевіряти, такелажні роботи повинні виконувати особи, які пройшли спеціальний інструктаж і підготовку, від робітників необхідно вимагати дотримання всіх правил техніки безпеки, включаючи роботу в спецодязі, рукавицях, використання засобів індивідуального захисту і т. і [15].

Загальні вимоги техніки безпеки при переміщенні вантажів на підприємствах викладені в ГОСТ 12.3.0.20-80 "Процеси переміщення вантажів на підприємствах. Загальні вимоги безпеки".

4.2 Розрахунок природного освітлення

Для усунення випадків травмування працівників внаслідок недостатнього освітлення розрахуємо природне освітлення для виробничого приміщення з боковим одностороннім освітленням.

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приміщення розташоване в IV поясі світлового клімату. Довжина приміщення $A = 16$ м. Глибина приміщення $B = 11$ м. Розрахункова точка A знаходиться від зовнішньої стіни на відстані $l = 10$ м. Робочою поверхнею є стіл висотою $0,8$ м. Відстань від робочої поверхні до верха вікон $h_i = 4,7$ м. Засклення вікон подвійне в дерев'яних плетіннях. Внутрішня обробка приміщення світла (середньозважений коефіцієнт відбиття стелі, стін, підлоги). Будинків, що стоять навпроти і сонцезахисних пристроїв немає. Зорова робота виконується в точці A , середньої точності з найменшим розміром розрізнення від $0,5$ до 1 мм (IV розряд). Визначити розміри вікон, необхідні для виконання роботи IV розряду в точці A (Рис. 4.1).

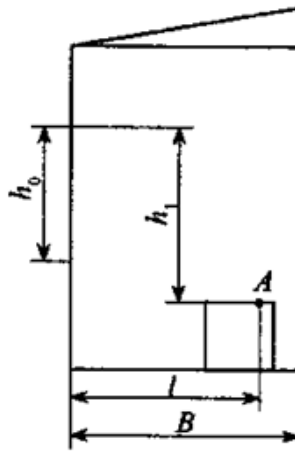


Рисунок 4.1 План виробничого приміщення

Рішення

Знаходимо нормоване значення КПО для IV розряду зорової роботи і III – світлового пояса. Для бокового освітлення. У зв'язку з тим, що приміщення знаходиться в IV світловому поясі, визначаємо

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot c \cdot m \quad (4.1)$$

де c – коефіцієнт сонячного клімату дорівнює $0,7$; m – коефіцієнт світлового клімату, дорівнює $0,9$;

$$e_H^{IV} = 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 0,9\%$$

Визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання τ_0 :

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (4.2)$$

де $\tau_1 = 0,8$ – коефіцієнт світлопропускання матеріалу; $\tau_2 = 0,65$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в плетіннях світлопрорізу; $\tau_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях; $\tau_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях; $\tau_5 = 1$ – коефіцієнт, що враховує витрати світла в захисній сітці, встановленій під ліхтарями.

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,52$$

$$\frac{b}{h} = \frac{11}{4,7} = 2,34; \frac{a}{b} = \frac{16}{11} = 1,45; \frac{l}{b} = \frac{10}{11} = 0,9$$

Визначаємо площу вікон S_v м², їхні розміри і число, що дозволять у точці А виконувати роботу IV розряду:

$$S_b = \frac{S_n \cdot \epsilon_n \cdot K_z \cdot \eta_v \cdot K_b}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_i}, \quad (4.3)$$

де S_n – площа підлоги, $S_n = 16 \cdot 11 = 176 \text{ м}^2$, $K_b = 1,2$ коефіцієнт запасу; $\eta_v = 9,5$ – світлова характеристика вікна; $K_z = 1$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будинками, що стоять навпроти; $r_i = 2$ – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення і підстильного шару, що прилягає до будинку.

$$S_b = \frac{176 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 9,5 \cdot 1}{100 \cdot 0,52 \cdot 2} = 17 \text{ м}^2$$

Задаємо висоту вікна $h_v = 4$ м, знайдемо загальну ширину вікон b_v :

$$b_v = \frac{S_b}{h_v} = \frac{17}{4} = 4,25 \text{ м} \quad (4.4)$$

Приймаємо загальну ширину вікон 4,25 м.

На основі проведеного розрахунку встановлюємо, що для освітлення даного виробничого приміщення необхідно встановити 2 вікна висотою 4 м та шириною 2 м.

Висновки

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Проведено аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів при виготовленні балки розроблені заходи щодо їх усунення або зниження відповідно до нормативних вимог.

2) Виконано розрахунок природного освітлення цеху, за результатами якого виражається доцільність встановлення двох вікон з шириною 2 м і висотою 4 м кожне.

					ДП. 131.5121зш.02.05.04 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП 131.5121зш.02.05.05 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок собівартості зварювальних робіт ХННІ НУК			
Розробив		Тон К.Г.						
Перевірів		Матвієнко М.В.						
Рецензент								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Єрмолаєв Г.В.						
					Літ.		Арк.	Аркушів
							56	5

В даному розділі розрахована калькуляційна собівартість виготовлення консольної балки. При розрахунку враховувалися тільки зварювальні роботи, для річної програми 250 шт.

Вихідні дані розрахунку:

1. Річний обсяг продукції, м.п.	4400
2. Ціна дроту, грн. за кг	15
3. Витрати CO ₂ на 1 м.п., л ³	1, 00
4. Витрати дроту на 1 м.п., кг	0,45
5. Цена 1 л . CO ₂ , грн.	1,5
6. Витрати електроенергії на 1м.п., кВт/год.	3,7
7. Ціна 1 кВт/год. , грн.	3
8. Трудомісткість на 1м.п., н.- год	0,23
9. Розряд робіт	3
10. Часова тарифна ставка, грн.	50
11. Рівень додаткових витрат, %	16
12. Норма амортизації, %	15
13. Норма витрат на поточний ремонт обладнання ,%	5
14. Вартість зварювального обладнання , грн.	35000

Розрахунок витрат на електроенергію наведено в таблиці 5.1. Розрахунок витрат на основну заробітну плату наведено в таблиці 5.2. Розрахунок витрат на зварювальні матеріали наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.1 Витрати на електроенергію

Найменування	Од. виміру	Витрата на річну програму	Річна програма в п.м.	Витрата на 1 п.м.	Ціна 1 кВт / год, грн.	Витрати на електроенергію, грн.
електроенергія	кВт / год	16280	4400	3,7	3	48840

Таблиця 5.2 Витрати на ОЗП

Найменування	Вартість 1 п.м.	Річна програма п.м.	Трудовісткість на річну програму, н-ч	Годинна тарифна ставка, грн.	Сума витрат на ОЗП, грн.
зварювання напіваавтоматом	0,23	4400	1012	50	50600

Таблиця 5.3 Витрати на зварювальні матеріали

найменуванн я матеріалу	Одиниц я виміру	Витрат а на 1 п.м.	Річна програма , п.м.	Ціна одиниці , грн.	Витрата на річну програму , кг; л	Витрати на матеріали , грн.
Дріт	кг	0,45	4400	15	1980	29700
СО ₂	л	1,00	4400	1,5	4400	6600

Розрахунок витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведено в таблиці 4 .4. Розрахунок відрахувань від ЗП наведено в таблиці 4 .5.

Таблиця 5.4 Витрати на ДЗП

Сума витрат ОЗП, грн.	Рівень витрат на ДЗП,%	Сума витрат на ДЗП, грн.
50600	16%	8096

Таблиця 5.5 Відрахування від З.П.

Сума витрат на ОЗП і ДЗП, грн.	Рівень відрахувань від ЗП,%	Сума відрахувань від ЗП, грн.
58696	37,5%	22011

Розрахунок витрат на амортизацію зварювального обладнання наведені в таблиці 5.6. Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання наведені в таблиці 5.7. Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт під час виготовлення балки показані в таблиці 5.8.

Таблиця 5.6 Витрати на амортизацію зварювального обладнання

Найменування обладнання	Початкова вартість, грн.	норма амортизації, %	Сума витрат на амортизацію, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	35000	15	5250

Таблиця 5.7 Витрати на поточний ремонт обладнання

Найменування обладнання	Вартість обладнання, грн.	Норма витрат на поточний ремонт, %	Сума витрат на поточний ремонт обладнання, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	35000	5	1750

Таблиця 5.8 Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт під час виготовлення балки

№	Показники	Витрати, грн.
1	Витрати на матеріали, грн.	36300
2	Витрати на електроенергію, грн.	48840
3	Витрати на ОЗП, грн.	50600
4	Витрати на ДЗП, грн.	8096
5	Відрахування від ЗП, грн.	22011
6	Витрати на поточний ремонт, грн.	1750
7	Амортизаційні відрахування, грн.	5250
9	Загальна собівартість зварювальних робіт, грн.	172847

Висновки

1. Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт під час виготовлення зварної балки. Вартість матеріалів і вартість робіт зі складання та розмітці не враховувалася.

2. Собівартість виготовлення 250 консольних балок становить 172847 грн., а однієї балки 691,33 грн.

					ДП 131.5121зш.02.05.05 ПЗ	Лист
						60
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні висновки

- 1) Дана конструкція являє собою консольну балку з габаритними розмірами 2400x500x250 мм і масою 240 кг.
- 2) Виготовляється з листової сталі 09Г2С товщиною від 10 до 12 мм. Сталь 09Г2С має хорошу зварюваність, не потребує попереднього підігріву.
- 3) Застосування потокових ліній і роботизованих комплексів для складання і зварювання консольної балки недоцільно.
- 4) На підставі аналізу конструкції обрані типи зварних з'єднань: для стикового шва тип з'єднання С8 по ГОСТ 14771-76 , при приварюванні стінки балки до полиць застосовується з'єднання Т3 по ГОСТ 14771-76, приварювання ребер жорсткості здійснюється по ГОСТ 14771-76 і ГОСТ 23518- 79 з'єднання Т3.
- 5) Розраховані режими механізованого зварювання в середовищі захисних газів. Приварювання вузлів кріплення до полиць здійснюється на струмі $I_{зв} = 135 \pm 5$ А, $U_{д} = 27 \pm 1$ В, швидкість зварювання 0,17 см/с.
- 6) Розрахований термічний цикл зварювання і проведено аналіз очікуваної структури зони термічного впливу. Накладення кривої охолодження на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі 09Г2С показало, що після зварювання очікується ферито-бейнітна структура з твердістю 240HV.
- 7) Розраховані очікувані зварювальні деформації від приварювання стінки до полиці. Стрілка прогину знаходиться в межах допуску.
- 8) Запропоновано принципову технологія складання і зварювання консольної балки.
- 9) Обрані зварювальні матеріали, що забезпечують необхідні механічні властивості зварних з'єднань. Обрано сучасне зварювальне обладнання.
- 10) Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт під час виготовлення зварної балки. Вартість матеріалів і вартість робіт зі складання та розмітці не враховувалася.
- 11) Собівартість виготовлення 250 консольних балок становить 172847 грн., а однієї балки 691,33 грн.

					ДП 131.5121зш.02.05 ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

Список літератури та використаних джерел

1. **Єрмолаєв, Г.В.** Міцність зварних з'єднань: підручник. [Текст] / Г.В. Єрмолаєв. – Миколаїв: НУК, 2007. – 220 с.
2. **Шебеко, Л.П.** Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки: Учебник для техн. училищ. [Текст] / Л.П. Шебеко. – М.: Высш. школа, 1981. – 354 с.
3. Справочник по сварке. [Текст] / Под ред.. инж. Е.В. Соколова. Том 1. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва, 1961. – 426 с.
4. .Справочник по сварке. [Текст] / Под редакцией инж. Е.В. Соколова. Том 2. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва, 1962. – 398 с.
5. **Николаев, Г.А.** Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. Учеб. пособие для машиностроит. вузов. [Текст] / Г.А. Николаев и др. – М.: Высш. школа, 1971. – 354 с.
6. **Акулов, А.И.** Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 343 с.
7. **Кривов, Г.О.** Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
8. **Лебедєв, Ю.М.** Розрахунки теплових процесів при зварюванні: методичні вказівки до виконання курсової роботи. [Текст] / Ю.М. Лебедев, В.Ф. Лебедева, С.А. Лой. - Миколаїв: НУК, 2007.– 64 с.
9. **Махненко, В.І.** Напруження та деформації при зварюванні: навчальний посібник. [Текст] / В.І. Махненко, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, А.В. Лабарткава. – Миколаїв: НУК, 2011. – 240 с.
10. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92 р.; №2694//Ліга -Закон.

					ДП 131.5121зш.02.05 ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

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

12. **Тубальцев, А.М.** Виробниче освітлення та його розрахунок: навчальний посібник [Текст] / А.М. Тубальцев. - Миколаїв: УДМТУ, 2001. - 84 с.

					ДП 131.5121зш.02.05 ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

