

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 складання та зварювання таврової балки
складної форми**

Виконав: студент II курсу, групи 2121ст
спеціальності 131 Прикладна механіка за
освітньо-професійною програмою Інжині-
ринг зварювання та споріднених процесів
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Галайда Марк Юрійович

(прізвище та ініціали)



Керівник Матвієнко Максим Валентинович

(прізвище та ініціали)



Рецензент Лабарткава Андрій Володимирович

(прізвище та ініціали)

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 Галайда Марку Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології складання та зварювання таврової балки складної форми

керівник проекту Матвієнко М.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені розпорядженням ХННІ НУК від “04” 03 2024 року № 01

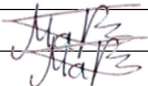
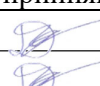
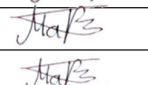
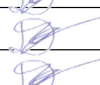
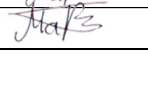
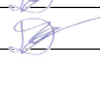
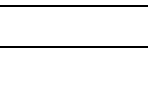
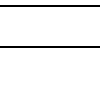
2. Строк подання студентом проекту 14 червня 2024р.

3. Вихідні дані до проекту Креслення виробу, Матеріал – сталь Ст3сп, Річна програма – 250 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальна характеристика конструкції, аналіз особливостей конструкції, опис матеріалу і його зварюваності, типові технології складання й зварювання; аналіз очікуваної структури зварних з'єднань, розрахунок режимів зварювання та термічних циклів. Технологічний процес виготовлення балки перекриття, вибір зварювальних матеріалів, зварювального устаткування; охорона праці, розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення: креслення виробу, розрахунок режимів зварювання, фазовий склад та механічні властивості металу зони термічного впливу, розрахунок термічного циклу, структура технологічного процесу, розрахунок собівартості виготовлення балки

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 11.03.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

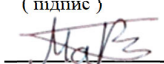
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вступ	29.03.24р.	
2.	Аналіз конструктивних особливостей, матеріалу балки та базового варіанту технології її виготовлення	29.03.24р.	
3.	Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань	15.04.24р.	
4.	Технологічний процес складання та зварювання конструкції	03.05.24р.	
5.	Охорона праці	15.05.24р.	
6.	Економічний розділ	01.06.24р.	
7.	Оформлення графічної частини	12.06.24р.	

Студент


(підпис)

Галайда М. Ю.
(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. Типові технології складання і зварювання двотаврової балки	11
Висновки, мета та завдання дипломного проекту	18
Розділ 2 Розрахунки технологічного процесу зварювання.....	7
2.1. Обґрунтування способів зварювання	20
2.2. Розрахунок режимів зварювання	21
2.3. Розрахунок термічних циклів зварювання	23
2.4. Аналіз отриманої структури.....	27
2.5. Розрахунок очікуваного фазового складу високотемпературних зон ЗТВ	27
2.5. Розрахунок зварювальних деформацій	30
Висновки.....	35
Розділ 3 Технологічний процес складання і зварювання конструкції	18
3.1. Принципова послідовність складання й зварювання.....	37
3.2. Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів.....	40
3.3. Обґрунтування вибору зварювального устаткування, його технічні характеристики	42
3.4. Контроль якості зварних швів.....	43
Висновки.....	45
Розділ 4 Охорона праці	57
4.1. Розрахунок місцевої вентиляції складально-зварювального цеху.....	47
4.2. Основні джерела шуму і захист від них.....	49
Висновки.....	50
Розділ 5 Розрахунок собівартості зварювальних робіт	89

5.1. Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску зварних балок	53
Висновки.....	56
Загальні висновки	57
Список літератури та використаних джерел	58

					ДП 131.2121ст.02.05 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

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

Так як в сучасному зведенні складів та торгівельних центрів одне з ведучих місць займає збирально-зварювальне виробництво, на частку якого приводиться 12-18% загальної трудомісткості або 45-50% обсягу робіт, то головний напрямок подальшого його удосконалювання полягає в комплексній механізації на базі застосування передової технології.

З цією метою створюються нові високопродуктивні зварювальні автомати, роботизовані комплекси і ділянки, модернізується і розробляється нове складально-зварювальне обладнання.

Мета дипломної роботи – розробка технології виготовлення зварної балки плит перекриття таврового перерізу, на підставі новітніх тенденцій в сфері складально-зварювального виробництва металоконструкцій.

					ДП 131.2121ст.02.05.01 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Галайда М.Ю.				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

Розглядувана в роботі таврова балка складної форми є балкою плит перекриття і основною несучою металоконструкцією (рис.1.1). Служить проміжною опорою для плит перекриття, що закривають обслуговуючу канаву поруч з гідравлічним пресом (ЗАТ НКМЗ). Плити перекриття після свого монтажу здатні сприймати навантаження 6т на 1м². Балка є відповідальним важко навантаженим вузлом, що працюють у важких умовах, який здійснює утримання плит перекриття і встановлюються на них вантажів. Дана балка має тавровий переріз. Габаритні розміри балки: 11,180х0,3х0,9 м.

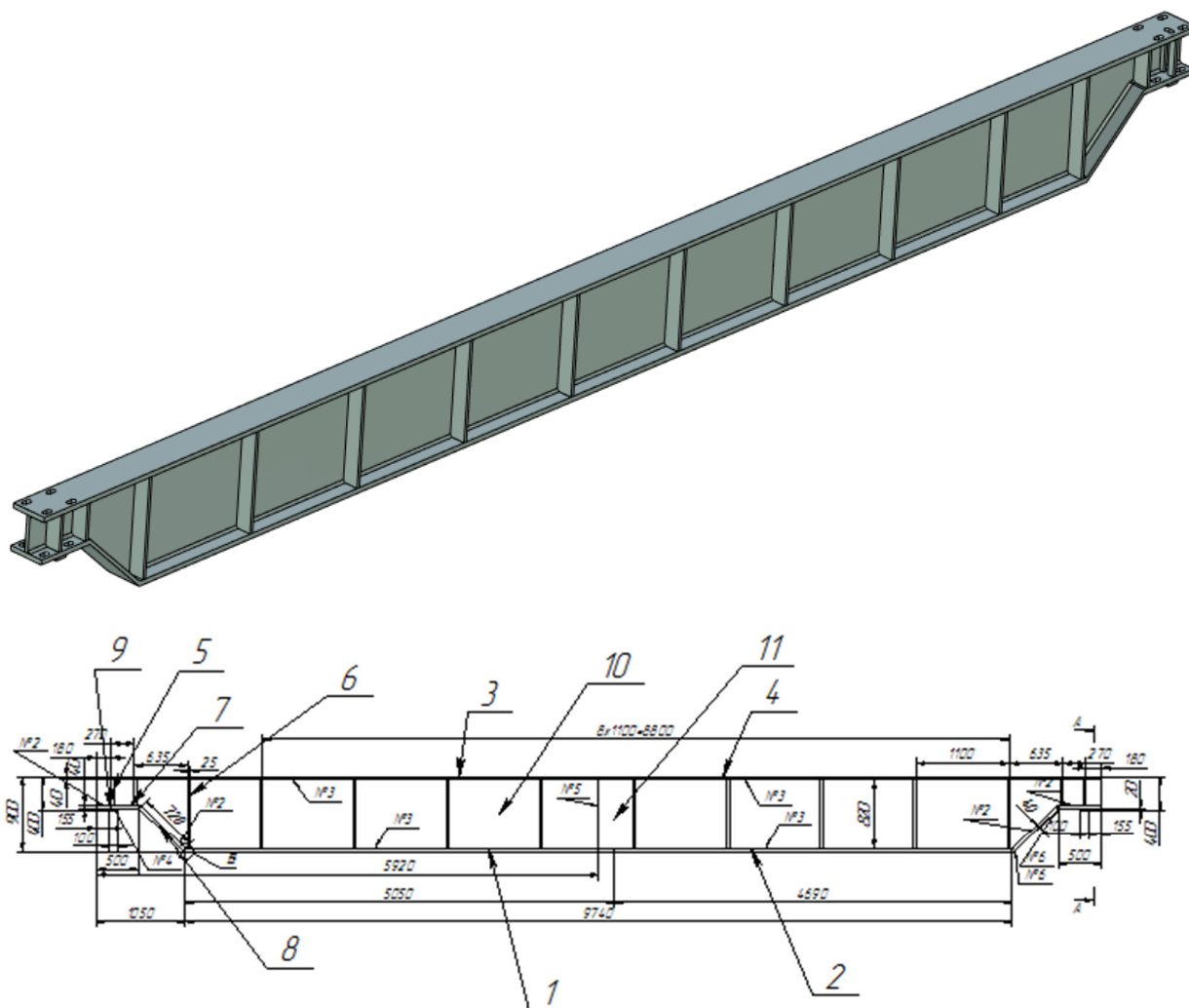


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд балки

Зм.				ДП 131.2121ст.02.05.01 ПЗ		Арк. 8
Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Балка складається з наступних складових елементів:

1 – полиця нижня $L = 4870$ мм, $B = 300$ мм $\delta = 40$ мм - 1 штука;

2 – полиця нижня $L = 4690$ мм, $B = 300$ мм $\delta = 40$ мм - 1 штука;

3 – полиця верхня $L = 6790$ мм, $B = 300$ мм $\delta = 40$ мм - 1 штука;

4 – полиця верхня $L = 5050$ мм, $B = 300$ мм $\delta = 40$ мм - 1 штука;

5 – ребро жорсткості $L = 300$ мм, $B = 135$ мм $\delta = 25$ мм - 8 штука;

6 – ребро жорсткості $L = 820$ мм, $B = 135$ мм $\delta = 25$ мм - 20 штука;

7 – плита $L = 500$ мм, $B = 300$ мм $\delta = 45$ мм - 2 штука;

8 – плита $L = 728$ мм, $B = 300$ мм $\delta = 45$ мм - 2 штука;

9 – пластик $L = 300$ мм, $B = 100$ мм $\delta = 20$ мм - 2 штука;

10,11 – вертикальна стінка $L = 5920$ мм, $B = 820/300$ мм $\delta = 30$ мм - 2 штуки.

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

Так як балка являє собою достатньо просту конструкцію, то вона придатна для механізованого виготовлення.

З огляду на складні умови роботи балки і високу відповідальність конструкцій, вона проектується і виготовляється в строгій відповідності з вимогами СНиП (Будівельні норми та правила) до основного і зварного матеріалів, технології зварювання, кваліфікації зварників, процесу контролю якості.

1.2. Характеристика основного матеріалу

При виготовленні зварних балок перекриття широко використовують низьковуглецеві низьколеговані сталі. Сумарний зміст легуючих елементів у цих сталях звичайно не перевищують 4%, а вуглецю -0,25%

Сталь відноситься до ферито-перлітного класу. Для виготовлення даної конструкції застосовується сталь Ст3пс5. Хімічний склад та механічні властивості сталі марки Ст3пс5 приведені у таблицях 1.1- 1.2.

					ДП 131.2121ст.02.05.01 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі марки Ст3пс5 по ГОСТ 27772-88

Марка	Зміст хімічних елементів. %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
Ст3пс5	≤0.22	0.05-0.15	≤0.65	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.05	≤0.04

Легуючі елементи, що вводяться в сталь, змінюють її механічні, хімічні і фізичні властивості. Основна мета легування сталі полягає в одержанні високих механічних властивостей, підвищенні стійкості сталі проти крихкого руйнування і забезпечення спеціальних властивостей. Перевагою легованих сталей є можливість зниження власної ваги, що веде до економії металу і коштів.

За своєю структурою сталь марки Ст3пс5 належить до феріто-перлітного класу. Вуглець негативно впливає на стійкість металу шва проти кристалізаційних тріщин і з цього погляду є шкідливим. З іншого боку, значне зниження вуглецю призводить до зниження механічних властивостей сталі. Із збільшенням вмісту вуглецю в сталі збільшується схильність до самозакалювання перехідної зони основного металу, що знаходиться поруч зі зварним швом. Чим більше вуглецю, тим різкіше відбувається загартування і перехідна зона стає більш крихкою. Зварне з'єднання з різкою зоною гарту з твердістю на 35-40% вище за твердістю основного металу схильне до утворення тріщин. Підвищення кількості вуглецю до 0,35-0,37% не викликає утворення тріщин при дуговому зварюванні підвищує механічні властивості [1].

Кремній зміцнює сталь але знижує ударну в'язкість. Марганець, у певних межах, знижує шкідливий вплив сірки, підвищує границю плинності. Нікель незначно зміцнює сталь, але позитивно впливає на пластичність, ударну в'язкість, збільшує опір крихкого руйнування. Хром позитивно впливає на холодостійкість. Ці легуючі елементи, розчиняючись у фериті і подрібнюючи перлітну складову, призводять до невеликого підвищення міцності.

Для оцінки зварюваності стали марки Ст3пс5 застосовуємо формулу [2]:

$$C_{\text{екв}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Cr}/5 + \text{Ni}/40 + \text{Cu}/13 + \text{V}/14 + \text{P}/2;$$

$$C_{\text{екв}} = 0,18 + 0,525/6 + 0,1/24 + 0,3/5 + 0,3/40 + 0,3/13 + 0,04/2 = 0,382$$

Так як $C_{\text{екв}} \approx 38\%$, то можна зробити висновок про те, що дана сталь має гарну зварюваність, це робить можливим застосування різних способів зварювання з відсутністю попереднього підігріву.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі марки Ст3пс5 [2]

Марка сталі		C245
Механічні властивості при розтязі	Тимчасовий опір R_m , МПа	370
	Границя плинності R_e , МПа	245
	Відносне подовження δ , %	25
Випробування на ударний вигин	Температура випробувань, °C	-20
	Робота удару для поздовжніх зразків min KV_L , Дж	49
	Робота удару для поперечних зразків тип KV_T , Дж	39
	KCU, Дж/см ²	-

1.3. Типові технології складання і зварювання двотаврової балки

Балки – це конструктивні елементи, що працюють в основному на поперечний вигин. Типи поперечних перерізів і розміри зварних балок досить різноманітні. Якщо навантаження прикладене в вертикальній площині, найчастіше використовують балки двотаврового перетину. При додатку навантаження в вертикальній і горизонтальній площинах, а також при дії крутного моменту більш доцільне використання балок коробчатого перерізу. Найбільш широке застосування мають двотаврові балки з поясними швами, що

з'єднують стінку з полками. Зазвичай такі балки збирають з трьох листових елементів. При складанні забезпечують симетрію і взаємну перпендикулярність полиць і стінки, притиснення їх один до одного і подальше закріплення прихопленням (рис. 1.2). Для цієї мети використовують складальні кондуктори (рис. 1.3) з відповідним розташуванням баз і притисків по всій довжині балки [3,4,6].

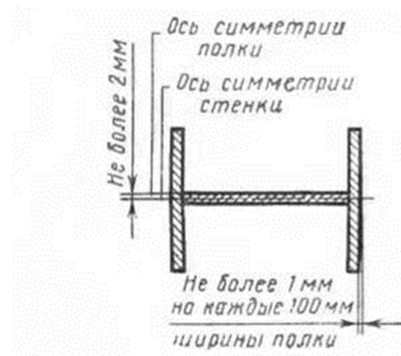


Рисунок 1.2 – Допуски на складання Н-образного перетину

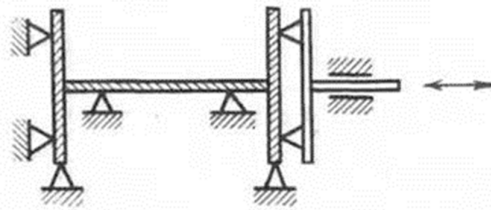


Рисунок 1.3. – Схема кондуктора для збирання двотаврової балки

На установках з самохідним порталом, (рис. 1.4, *а*) затискання та прихоплення здійснюють послідовно від перерізу до перерізу. Для цього портал *1* підводять до місця початку збірки (зазвичай це середина балки), включають вертикальні *2* і горизонтальні *3* пневматичні притискачі. Вони притискають стінку *4* до стелажу, а полиці *5* - до стінки балки. У зібраному перерізі ставлять прихоплення. Потім притискачі вимикають, портал переміщують уздовж балки на крок прихоплення, і операція повторюється. Вертикальні притискачі *2* дозволяють збирати балки значної висоти, не побоюючись втрати стійкості стінки від зусиль горизонтальних притискачів. При великих розмірах двотаврової балки її полка і стінки можуть бути складовими (рис. 1.4, *б,в*). Такі балки знайшли застосування при спорудженні прогонових будов автодорожніх мостів, для їх складання також може використовуватися установка зі складальним порталом, але з великою кількістю вертикальних притискачів *2* (рис. 1.4, *а*) [3,4,5,6].

При виготовленні двотаврових балок поясні шви звичайно зварюють автоматами під шаром флюсу. Прийоми і послідовність накладення швів можуть бути різними. Нахиленим електродом (рис. 1.5, *а,б*) можна одночасно зварювати два шва, однак є небезпека виникнення підрізу стінки або полки. Виконання швів «у човник» (рис. 1.5,*в*) забезпечує більш сприятливі умови їх формування і проплавлення, зате повертати виріб доводиться після зварювання кожного шву. Для цього використовують позиціонери – кантувачі [3,5,6].

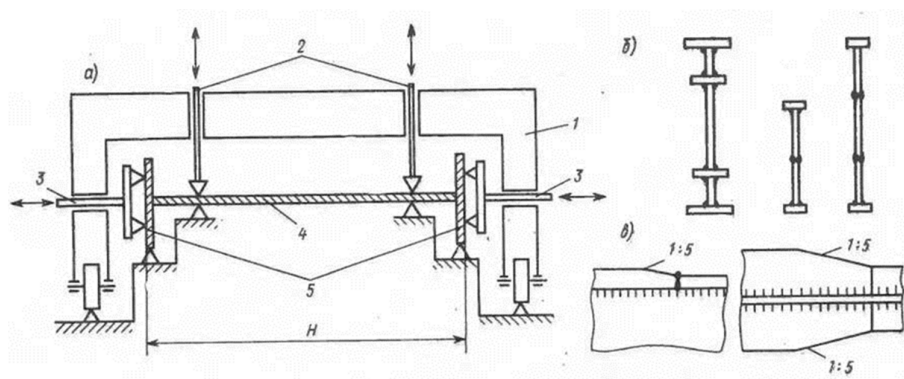


Рисунок 1.4 – Схема самохідного порталу для збирання двотаврових балок і конструктивне оформлення двотаврових балок великих розмірів

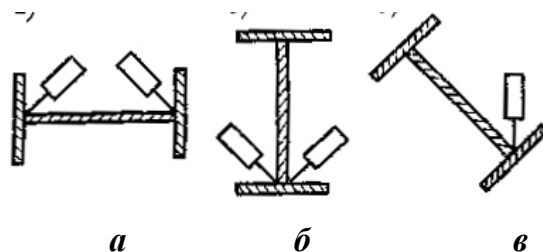


Рисунок 1.5 – Способи укладання швів при зварюванні балок

На рис. 1.6 приведено центровий кантувач. Попередньо зібрана на прихопленнях балка 2 закріплюється зажимами в задній 1 і передньої 3 бабках і за допомогою черв'ячної передачі 4 встановлюється в необхідне положення. Наявність рухомої задньої опори дозволяє зварювати в такому кантувачі балки різної довжини [3,5].

У тому випадку, якщо довжина балки велика і необхідно запобігти її прогину, можна між опорами розташувати опорні роз'ємні кільця. На рис. 1.7 показаний універсальний кантувач такого типу з рухомими опорами [3].

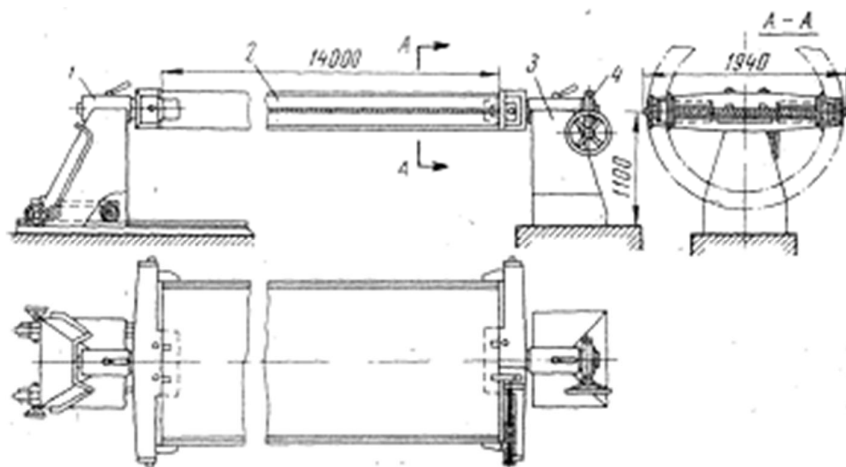


Рисунок 1.6 – Центровий кантувач для зварювання двотаврових балок

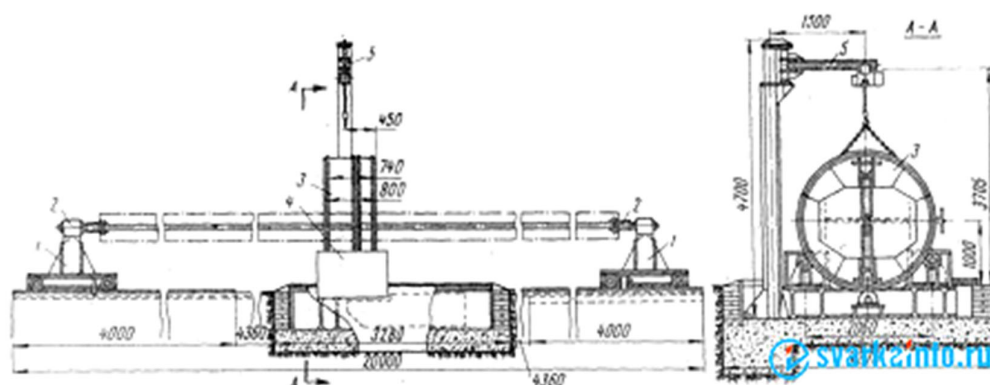


Рисунок 1.7 – Універсальний кантувач: 1 - рухливі опори; 2 - затискачі; 3 - поворотне кільце; 4 - приводний механізм; 5 - консольний кран

Для зварювання балок малої жорсткості можна використовувати кантувач з жорсткою рамою 1, що спирається на дві нерухомі опори 2 за допомогою цапф 3 (рис. 1.8). Досить простий ланцюговий кантувач (рис. 1.9). Він складається з декількох фасонних рам 5, на кожній з яких змонтовано дві ланцюгові зірочки (холоста 1 і ведуча 4) та холостий блок 6. Зварювальна балка 3 укладається на ланцюг 2, який провисає. Провідні зірочки мають загальний

приводний вал і забезпечують поворот балки в необхідне положення . Слід мати на увазі, що такий кантувач не забезпечує жорсткого та незмінного положення зварної конструкції, і тому, щоб уникнути зсуву зварювальної дуги з кромки деталі, зварювання доцільно проводити зварювальною головкою, яка переміщається безпосередньо по балці. У деяких випадках для зварювання балок зручні кантувачі на кільцях (рис. 1.10). Зібрана балка укладається на нижню частину кільця 1, відкидна частина 2 замикається за допомогою відкидних болтів 3, і балка закріплюється системою затискачів 4 [5,6].

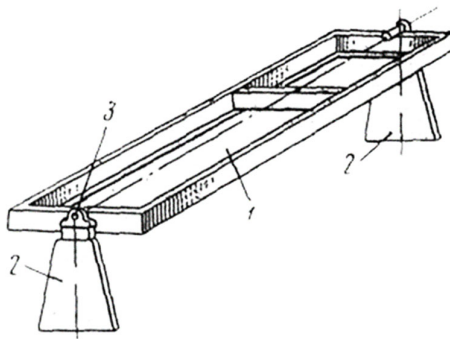


Рисунок. 1.8 – Схема кантувача з жорсткою рамою

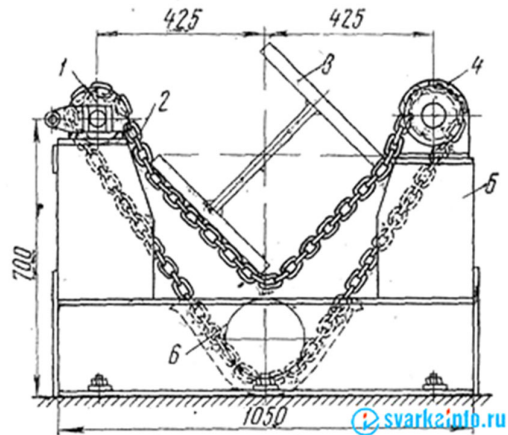


Рисунок 1.9 – Ланцюговий кантувач

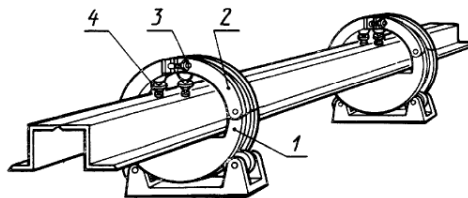


Рисунок 1.10 – Кантувач з кільцями

Розглянути складальні та зварювальні пристосування, хоча і підвищують продуктивність праці, в порівнянні із складанням-зварюванням на стелажі, проте допоміжний час (на установку елементів, їх закріплення, прихоплення, звільнення від закріплення, вилучення з складального пристосування, перенесення в зварювальне пристосування, закріплення і поворот в положення, зручне для зварювання, зняття готового виробу) залишається досить значним.

Зварні двотаврові профілі широко використовуються в будівництві і машинобудуванні, таврові профілі - в суднобудуванні. При виготовленні їх дрібними партіями заводи змушені використовувати примітивну малопродуктивне оснащення, і такі профілі обходяться порівняно дорого. Серійне виробництво зварних профілів в поточних лініях дозволяє підняти продуктивність праці і знизити вартість балок. Такі потокові лінії можуть оснащуватися або автоматизованими установками безперервної дії, або поруч спеціалізованих пристосувань і установок, послідовно виконують окремі операції за умови комплексної механізації всього технологічного процесу.

Прикладом установки першого типу може служити верстат СТС-138 для складання і зварювання таврових балок (рис. 1.11), принципова схема якого показано на рис. 1.12. Взаємне центрування заготовок, переміщення зі зварювальною швидкістю і автоматичне зварювання під флюсом обох швів здійснюються одночасно. Пристрій для притиснення стінки тавра до полиці складається з пневматичного циліндра і натискного ролика 3. Центрування елементів тавра проводиться чотирма парами роликів; з них дві пари 1 направляють пояс уздовж осі станини, а дві інші пари 2 утримують стінку вертикально і забезпечують її установку на середину полиці. Кожна пара має пристрій для регулювання відстані між ними в залежності від ширини полиці і товщини стінки. Рух зварного елемента здійснюється приводним опорним роликом 4. Плавна зміна швидкості подачі забезпечується варіатором. На цій установці можуть зварюватись прямі і криволінійні балки таврового перетину висотою від 60 до 600 мм. Кінці балки підтримуються роликами опорних візків 5 [3,5,6].

За таким же принципом працюють установки типу Pullmax, випущені за кордоном для виготовлення зварних балок таврового, двотаврового і коробчатого перерізів з висотою стінки 150-1500 мм і шириною полиць 50-500 мм. Установка Pullmax складається з рольганга живильника, обладнаного гідравлічними притискачами, зварювального стенду з двома або чотирма головками для зварювання під флюсом і відповідної кількості джерел постійного струму на 900

А кожен. Листові заготовки необхідного розміру закладаються, фіксуються і зварюються, проходячи машину зі швидкістю до 100 м / год. Установа обслуговується одним інженером і двома підсобними робітниками[5,6].

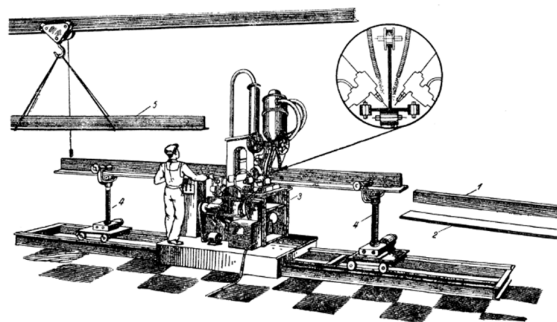


Рисунок 1.11 – Складання і зварювання таврових балок на верстаті «СТС»: (в колі - схема складання і зварювання у тавр)

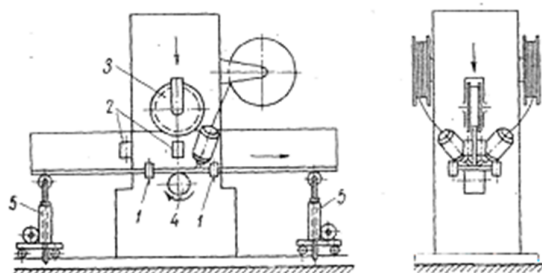


Рисунок 1.12 – Принципова схема верстата «СТС» для зварювання балок таврового профілю

Для подальшого розвитку установок безперервної дії великого значення набуло застосування зварювання струмом високої частоти (450 000 Гц). Так, за кордоном уже використовують установки для зварювання таврових, двотаврових і Н-подібних профілів з згорнутих в рулон стрічок або смуг. Наявне обладнання дозволяє виготовляти двотаврові балки з максимальною висотою стінки 457 мм. Подача смуг з трьох рулонів здійснюється таким чином, що полки підходять до крайки стінки під деяким кутом (рис. 1.13). Дві пари ковзаючі контактів забезпечують протікання зварювального струму уздовж поверхні елементів, що з'єднуються і через місце їх контакту під обтискними роликami. Розігрів полки відбувається на малу глибину, і тому ступінь опади невелика. У разі необхідності для полиць може використовуватися профільована стрічка, що має в середині

виступ для зварювання зі стінкою. Швидкість зварювання досягає 60 м / хв. Процес економічний і успішно конкурує з виготовленням балок прокаткою [5,6].

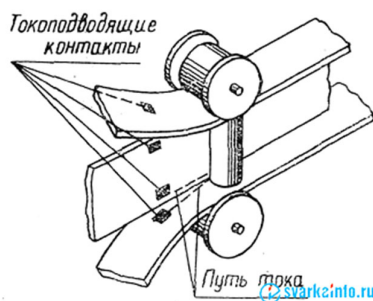


Рисунок 1.13 – Схема безперервного процесу виготовлення балки з трьох полос за допомогою ВЧ зварювання

Висновки, мета та завдання дипломного проекту

Аналіз сучасних технологій складання та зварювання балок і вивчення конструктивних особливостей балок, плит, перекриття двотаврового перетину показали, що в цілому дана балка є технологічною конструкцією, що дозволяє застосовувати механізовані способи складання та зварювання.

Тому метою даного проекту є розробка технології складання і зварювання балки перекриття, яка передбачає підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Вибрати раціональну послідовність і оптимальні способи зварювання і режим зварювання;
2. Виконати дослідження структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань;
3. Вибрати зварювальні матеріали й устаткування;
4. Розробити заходи з охорони праці при виконанні зварювальних робіт;
5. Розрахувати собівартість виконання зварювальних робіт при виконанні річної програми випуску балки, яка складає 250 шт.

					ДП 131.2121ст.02.05.02 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		Галайда М.Ю.			Розрахунки технологічного процесу зварювання	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевірів</i>		Матвієнко М.В.					<i>Аркушіє</i>
<i>Рецензент</i>							19
<i>Н. Контр.</i>						ХННІ НУК	
<i>Зав. каф.</i>		Єрмолаєв Г.В.					

2.1. Обґрунтування способів зварювання

Через те, що балки виготовляються з деталей різної товщини і довжини які знаходяться в різних просторових положеннях, необхідно застосовувати: механізоване зварювання в середовищі C_2 [3,7,8,9]. Для виготовлення верхньої і нижньої полиці використовуються складові елементи 3,4 – для верхньої та 1, 2 – для нижньої (см. розділ 1), товщиною 40 мм. Вертикальна стінка складається з деталей 9,10 (см. розділ 1), товщиною 30 мм. Для з'єднання цих деталей доцільно використовувати механізоване зварювання в захисних газах, у нижньому положенні, зі скосом крайок ГОСТ 14771-76, з'єднання С25 (рис. 2.1.).

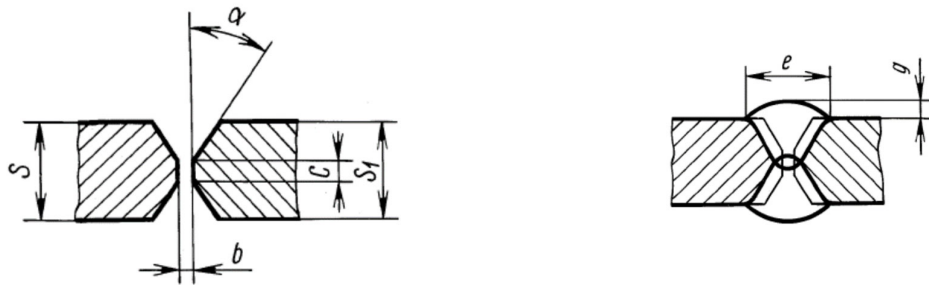


Рисунок 2.1 – Вид з'єднання і конструктивні розміри зварного стикового шва (ГОСТ 14771-76, С25)

Площа наплавленого металу для з'єднання С25 дорівнює 200 мм². Вертикальна стінка зварюється з верхньої і нижньої полицями у нижньому положенні за допомогою механізованого зварювання в C_2 ГОСТ 14771-76, Т8.



Рисунок 2.2 – Вид з'єднання і конструктивні розміри зварного таврового шва (ГОСТ 14771-76, Т8)

Площа наплавленого металу для з'єднання Т8 168 мм².

Плита 8 та 7 (см. розділ 1), товщиною 40 мм, зварюється зі стінкою за допомогою механізованого зварювання ГОСТ 14771-76, ТЗ-Δ20 (рис.2.3). Ребра жорсткості 6, 5 (см. розділ 1) зварюються з двотавровою балкою механізованим зварювання 14771-76, ТЗ-Δ10 (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Вид з'єднання і конструктивні розміри зварних таврового шва (ГОСТ 14771-76, ТЗ)

Площа наплавленого металу для з'єднання ТЗ-Δ20 складає 241 мм², а для з'єднання ТЗ-Δ10 дорівнює 57 мм².

Пластики 9 товщиною 20 мм зварюється з плитами 7 (см. розділ 1) за допомогою механізованого зварювання ГОСТ 14771-76 з'єднання Н1- Δ10

Нестандартні шви №6 типу С21 зварюються також механізованого зварювання ГОСТ 14771-76.

2.2. Розрахунок режимів зварювання

Розрахунок з'єднання С25 ГОСТ 14771-76 (рис. 2.1), ведеться за площею наплавленого металу.

Вихідними даними є товщина зварюваного металу і форма скосу крайок для стикового з'єднання. Параметри, що задаються: діаметр електрода d_e вибирається в залежності від товщини.

Вибираємо діаметр електродного дроту $d_e = 1,2$ мм [10].

Для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід знаходиться в межах від 30 до 70 мм² [10].

Для 1-го проходу $F_1 = 30$ мм², наступні шари $F_n = 45$ мм².

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

$$n = (F_n - F_1) / F_n + 1 = (200 - 30) / 45 + 1 = 4,77 \text{ (приймаємо 5 проходів)}$$

Розрахунок зварювального струму I , при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться згідно формули [10]:

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

де при механізованому зварюванні у CO_2 $j = 65 \dots 200 \text{ A/mm}^2$.

$$I_{св} = \left(\frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \right) \cdot 150 = 170 A$$

Приймаємо силу зварювального струму $I_{св} = 170 \pm 5 A$.

Розрахунок напруги на дузі, при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться згідно формули:

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

$$U_d = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \right) \cdot 170 + 1B = 27 B$$

Приймаємо $U_d = 27 \pm 1B$.

Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від площі наплавленого шару F_i (mm^2) і коефіцієнта наплавлення α_n . Для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19 \text{ г/А} \cdot \text{год}$. [10].

$$v_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{100 \cdot F_n \cdot \rho}$$

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

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,30 \cdot 7,8) = 13,8 \text{ м/год} = 0,38 \text{ см/с} \text{ – для першого проходу.}$$

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,45 \cdot 7,8) = 9,2 \text{ м/год} = 26 \text{ см/с} \text{ наступні шари.}$$

Розрахунок з'єднання Т8 ГОСТ 14771-76 (рис. 2.2), ведеться за площею наплавленого металу.

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 (F_n) і площі одного проходу (F_n, F_1):

$$n = (F_n - F_1) / F_{n+1} = (168 - 30) / 40 + 1 = 4,45 \text{ (приймаємо 5 проходів).}$$

Розрахунки аналогічні попереднім. Тому приймаємо:

$$I_{св} = 170 \pm 5 \text{ А.}$$

$$U_d = 27 \pm 1 \text{ В.}$$

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,30 \cdot 7,8) = 13,8 \text{ м/год} = 0,38 \text{ см/с} - \text{для першого проходів.}$$

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,40 \cdot 7,8) = 10,35 \text{ м/год} = 0,29 \text{ см/с} - \text{наступні шари.}$$

Розрахунок з'єднання ТЗ-Δ20 (рис. 2.3) $F = 241 \text{ мм}^2$:

Для 1-го проходів $F_1 = 30 \text{ мм}^2$, наступні шари $F_n = 45 \text{ мм}^2$.

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

$$n = (F_n - F_1) / F_{n+1} = (241 - 30) / 45 + 1 = 5,69 \text{ (приймаємо 6 проходів).}$$

Розрахунки аналогічні попереднім. Тому приймаємо:

$$I_{св} = 170 \pm 5 \text{ А.}$$

$$U_d = 27 \pm 1 \text{ В.}$$

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,30 \cdot 7,8) = 13,8 \text{ м/год} = 0,38 \text{ см/с} - \text{для першого проходів.}$$

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,45 \cdot 7,8) = 9,2 \text{ м/год} = 0,26 \text{ см/с} - \text{наступні шари.}$$

Розрахунок з'єднання ТЗ-Δ10 (рис. 2.3) $F = 57 \text{ мм}^2$.

Розрахунки аналогічні попереднім. Тому приймаємо:

$$I_{св} = 170 \pm 5 \text{ А.}$$

$$U_d = 27 \pm 1 \text{ В.}$$

$$v_{зв} = (19 \cdot 170) / (100 \cdot 0,57 \cdot 7,8) = 7,26 \text{ м/год} = 0,2 \text{ см/с}$$

2.3. Розрахунок термічних циклів зварювання

Розрахунок зварювального термоциклу виконується обов'язково, тому що термоцикл впливає на структуру і фізико-механічні властивості зварного шва і ЗТВ.

Якщо проплавлення металу здійснюється на всю товщину (стикове з'єднання, що зварюється за 1 – 2 проходи), то тіло розглядається як пластина, у протилежному випадку – як масивний виріб. При виконанні кутових швів та

наплавлювальних роботах як розрахункова схема тіла також вибирається масивний виріб [10,11].

При механізованих способах зварювання швидкість переміщення зварювального джерела досить велика (порівняно з ручним зварюванням), отже можна знехтувати розповсюдженням тепла уздовж напрямку руху джерела тепла. Розрахункові формули при цьому значно спрощуються. Так, при наплавленні на масивний виріб розрахунок температури в часі в будь-якій точці тіла виконується по формулі [11]:

$$T(r_o, t) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot v \cdot t} \cdot e^{\frac{-r_o^2}{4 \cdot a \cdot t}} + T_o$$

де t – час, що відраховується з того моменту, коли джерело перетинає площину, в якій знаходиться точка, що розглядається і має координати y_0, z_0 ; $r_o = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$ – відстань в площині, що розглядається від обраної точки до вісі переміщення джерела; q – ефективна теплова потужність дуги; T_o – температура підігріву = 0; $a = \lambda / c\gamma$ – коефіцієнт температуропровідності = 0,08 см³/з; λ – коефіцієнт теплопровідності, що для низьковуглецевих і низьколегованих сталей дорівнює: $\lambda = 0,38 - 0,42$ Дж/(см·с·К) ; $c\gamma$ – об'ємна теплоємність, $c\gamma = 4,9 - 5,2$ Дж/(см³ · К);

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги для багатошарового з'єднання С25 ГОСТ 14771-76:

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 170 \cdot 27 \cdot 0,75 = 3443 \text{ Дж/с.}$$

$$r_o = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma v_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 3443}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,26 \cdot 1350}} = 0,68 \text{ см}$$

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги для багатошарового з'єднання Т8 ГОСТ 14771-76:

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 2/3 \cdot 170 \cdot 27 \cdot 0,75 = 2295 \text{ Дж/с.}$$

$$r_o = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma v_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 2295}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,29 \cdot 1350}} = 0,52 \text{ см}$$

Таблиця 2.1. Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,68$ см.

t, c	T, °C	t, c	T, °C	t, c	T, °C
1	25278	10	689	19	338
2	6137	11	618	20	320
3	3216	12	560	25	253
4	2138	13	512	30	208
5	1591	14	472	35	177
6	1264	15	437	40	154
7	1047	16	408	45	137
8	892	17	382	50	123
9	777	18	359		

Таблиця 2.2. Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,52$ см

t, c	T, °C	t, c	T, °C	t, c	T, °C
1	7334	10	343	19	173
2	2403	11	309	20	164
3	1392	12	282	25	130
4	973	13	259	30	108
5	746	14	239	35	92
6	604	15	222	40	80
7	508	16	208	45	71
8	438	17	195	50	64
9	385	18	183		

Розрахунок температури A_{C3} .

$$A_{C3} = 910 - 230C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo = 910 - 230 \cdot 0,2 + 32 \cdot 0,1 - 25 \cdot 0,65 - 8 \cdot 0,3 - 18 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0 = 843 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Графіки залежності $T=f(t)$ зварного термічного циклу наведений на рис.2.4. Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі Ст3пс5 наведена на рис.2.5.

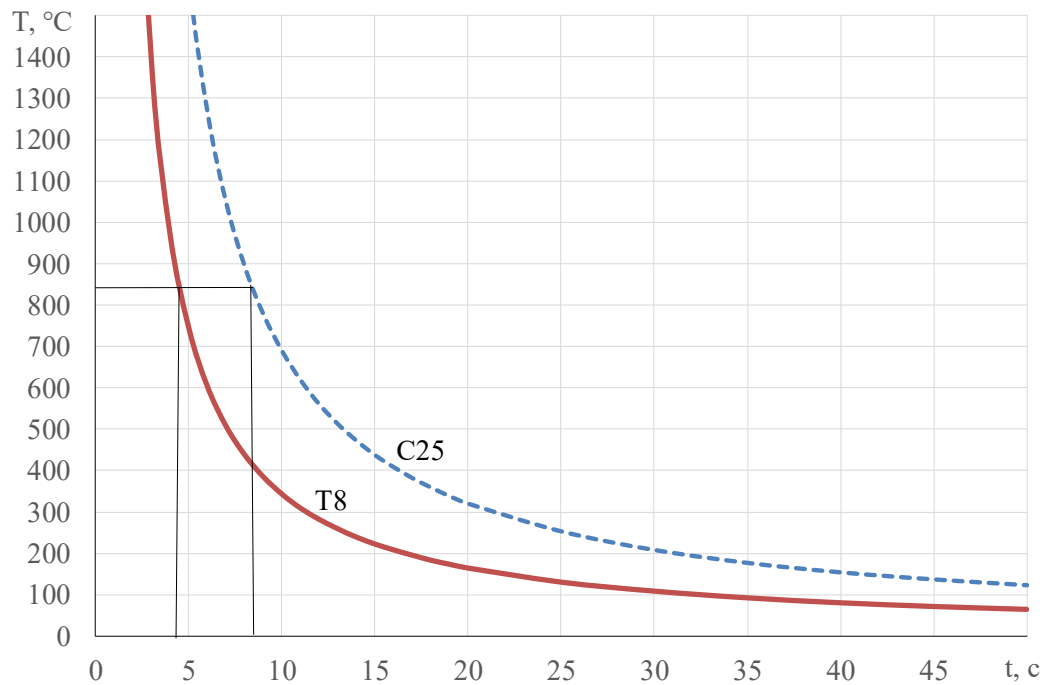


Рисунок 2.4 – Графік залежності $T=f(t)$ зварних термічних циклів

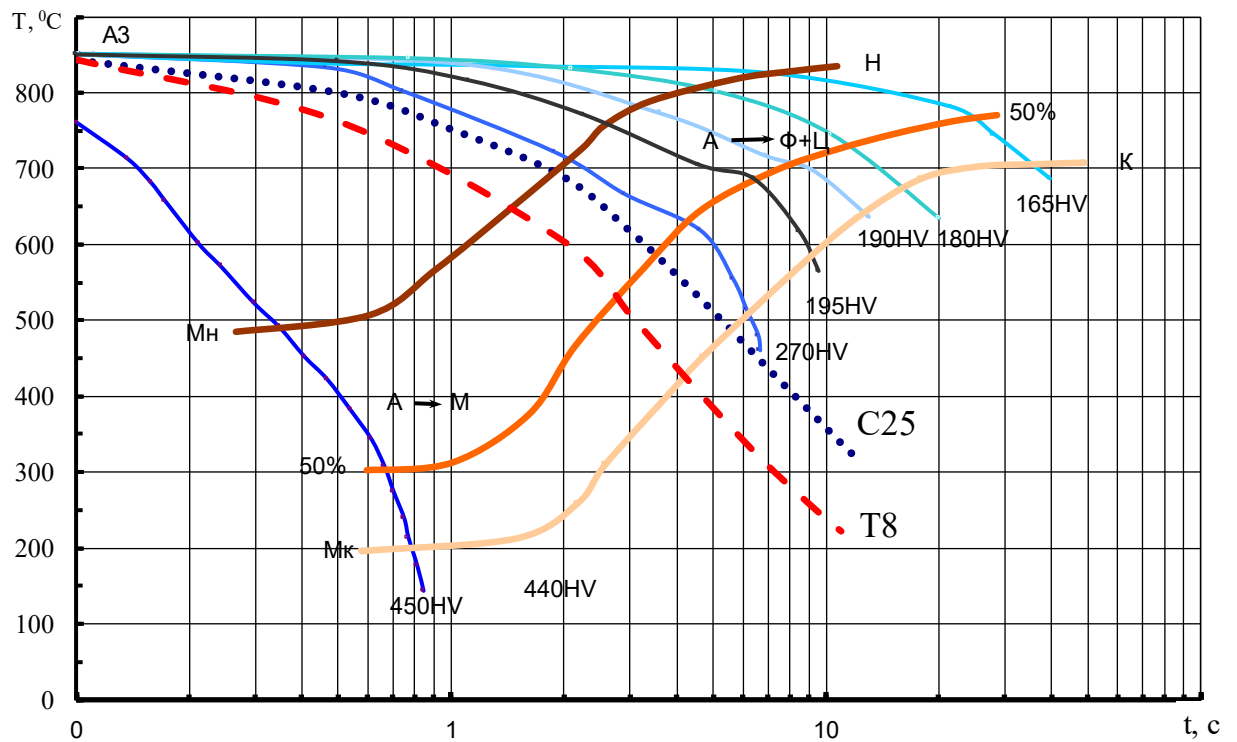


Рисунок 2.5 – Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі Ст3пс

2.4. Аналіз отриманої структури

В результаті розрахунку термоциклів при зварюванні таврових та стикових з'єднань і накладення їх на діаграму термодинамічного перетворення аустеніту була визначена очікувана структура зварних з'єднань.

Для стикового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється ферито-перлітна структура з діапазоном твердості по діаграмі термодинамічного перетворення аустеніту сталі Ст3пс 285 HV.

Для таврового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється структура 10% мартенситу та 90% (Ф+П) з діапазоном твердості по діаграмі термодинамічного перетворення аустеніту сталі Ст3пс 300 HV.

2.5. Розрахунок очікуваного фазового складу високотемпературних зон ЗТВ

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

Процентне співвідношення структурних складових в ЗТВ розраховується за такими формулами:

- кількість мартенситу

$$M(\tau) = 100 * \left[1 - F \left(\frac{\ln \tau - \ln \tau_m}{\ln S_m} \right) \right] \%,$$

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

$$\Phi(\tau) = \Phi_{\max} * \Phi\left(\frac{\ln \tau - \ln \tau_{\phi}}{\ln S_{\phi}}\right) \%$$

- загальна кількість фериту і перліту

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

- кількість бейніту

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

- Максимальна кількість фериту визначається за формулою:

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

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 стали наступним залежностям:

- $\ln \tau_m = -2.1 + 15.5C + 0.96Mn + 0.84Si + 0.65Cr + 0.74Mo + 0.55Ni + 0.3V + 4.0Al + 0.5W + 0.8Cu - 0.25Nb - 13.5C^2 - 0.8Si^2$
- $\ln S_m = 0.56 - 0.41C + 0.1Mn + 0.14Cr - 0.3Mo + 2.7Ti - 1.1Nb + 0.5Cu + 1.7C * Mo$
 $\ln \tau_{\phi} = 0.66 + 10C + 1.3Mn - 0.48Si + 1.3Cr + 1.5Mo + 0.8Ni - 1.4W + 3.5C * Mn - 50C * V - 5.9C^2 + 0.82Si^2$;
- $\ln S_{\phi} = 1.23 + 0.17Mn - 0.34Si + 0.3Cr - 0.5Mo + 0.31Ni + 0.09Nb - 0.43W - 0.3Cu$;
- $\ln \tau_{\phi+n} = 0.34 + 5.2C + 1.8Mn + 0.53Si + 0.33Cr + 2.9Mo + 0.86Ni + 1.5W + 1.0Cu - 60C * V - 5.1C^2 + 0.75Si^2$;
- $\ln S_{\phi+n} = 0.91 - 0.9C + 0.09Mn + 0.08Cr + 0.34Mo + 0.15Ni + 0.85V + 2.2Ti + 0.43W$

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

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

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

б) для однопрохідного зварювання листів:

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

де $c\gamma$ - об'ємна теплоємність.

Результати розрахунку складових структур для різних видів зварювання представлені в таблиці 2.3.

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

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

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

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

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

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

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

Отримані розрахункові дані зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.3 Складові структури в ЗТВ

Найменування	Стиковий С25	Тавровий Т8
Тривалість охолодження, с	8,57	4,35
Кількість мартенситу, %	-	-
Макс. кількість фериту, %	87	87
Кількість фериту, %	52	41
Кількість фериту та перліту, %	94	86
Кількість бейніту, %	6	14
Кількість перліту, %	42	45

Таблиця 2.4 Механічні властивості ЗТВ

Найменування	Стиковий С25	Тавровий Т3
Твердість НV	285	300
Тимчасовий опір, МПа	595	615
Границя плинності, МПа	389	413
Відносне подовження, %	25	23
Відносне звуження, %	56	51
Ударна в'язкість, МДж/м ²	0,98	0,97

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.

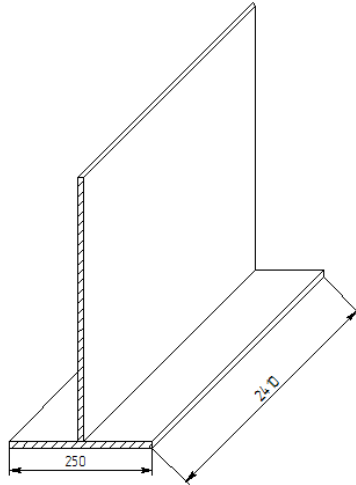


Рисунок 2.7. Умовна балка

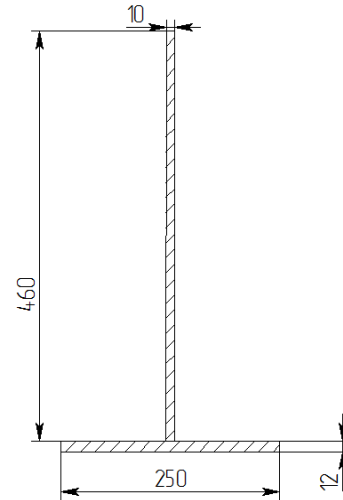


Рисунок 2.8. Геометричні характеристики

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:

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

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.

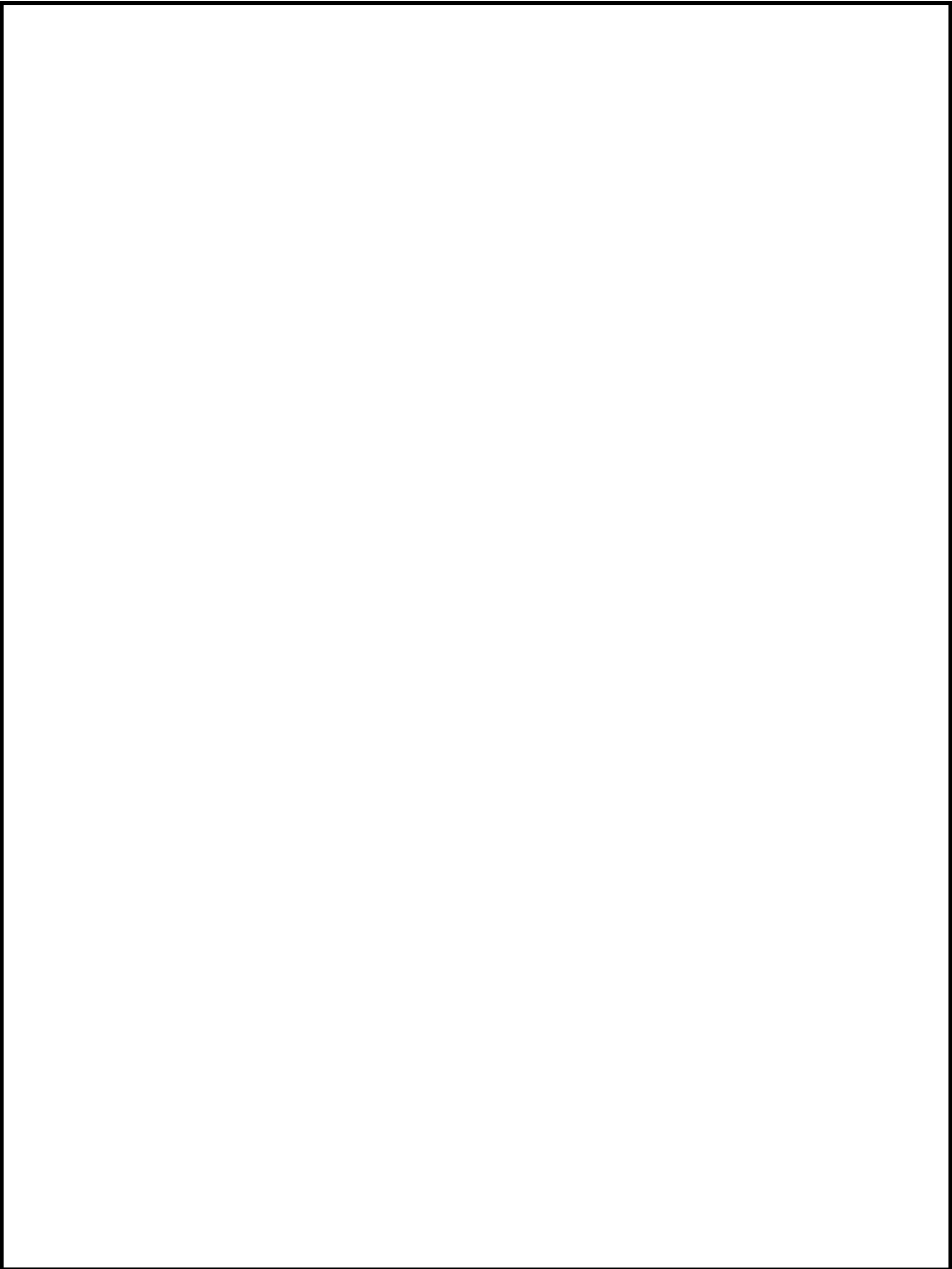
Висновки

1. Для виготовлення балка плит перекриття застосовується механізоване зварювання в CO₂. Обґрунтовано і розраховано режими механізованого зварювання в CO₂. Обґрунтовано необхідні типи зварних з'єднань.

2. Для стикового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється ферито-перлітна структура з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі Ст3пс 285 HV.

3. Для таврового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється структура 14% бейніту та 86% (Ф+П) з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі Ст3пс 300 HV.

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



					ДП 131.2121ст.02.05.03 ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний процес складання і зварювання конструкції				Літ.		Арк.	Аркушів		
Розробив		Галайда М.Ю.										36		
Перевірів		Матвієнко М.В.							ХННІ НУК					
Рецензент														
Н. Контр.														
Зав. каф.		Єрмолаєв Г.В.												

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 [12].

Прихоплення під час складання можуть використовуватись для закріплення заготівок між собою та тимчасового закріплення складального або складально-зварювального устаткування та пристроїв [12].

Кількість прихоплень, що закріплюють елементи складної форми може сягати до 10 на 1 п.м на звичайних конструкціях 1...2 на п.м [12].

3.1. Принципова послідовність складання й зварювання

1. Виготовлення верхньої полиці (деталь № 3,4 см. розділ 1):
 - 1) укласти на складальну плиту краном листи верхньої полиці
 - 2) зібрати конструкцію на прихопленнях;
 - 3)установлюються вивідні планки;
 - 4) здати під зварювання;
 - 5) виконати механізоване зварювання тип швів С25;
 - 6) візуально оптичний контроль;
 - 7) перекантувати верхню полицю;
 - 8) зачищення кореневого шву;
 - 9) зварювання;
 - 10) візуально оптичний контроль;
 - 11) 100% контроль швів гамографуванням;

12) видалити вивідні планки, зачистити зварні шви.

2. Виготовлення нижньої полиці (деталь № 1,2 см. розділ 1):

Нижня полиця зварюється аналогічно верхньої полиці.

3. Виготовлення вертикальної стінки (деталь № 10,11 см. розділ 1):

Стінка зварюється аналогічно верхньої полиці.

4. Складання та зварювання верхньої полиці зі стінкою:

1) укласти на складальну плиту краном верхню полицю;

2) виконуйте розмічування під встановлення вертикальної стіни та ребер жорсткості;

3) на верхню полицю, за допомогою крану, встановити стінку;

4) зібрати конструкцію на прихопленнях;

5) установлюються вивідні планки;

6) здати під зварювання;

7) виконати механізоване зварювання тип швів Т8;

8) візуально оптичний контроль;

9) видалити вивідні планки.

5. Складання та зварювання нижньої полиці з тавровою конструкцією:

1) укласти на складальну плиту краном нижню полицю;

2) виконуйте розмічування під встановлення вертикальної стіни та ребер жорсткості;

3) на нижню полицю, за допомогою крану, встановити таврову конструкцію стінкою у низ;

4) зібрати конструкцію за допомогою на прихоплення та притискачів;

5) установлюються вивідні планки;

6) здати під зварювання;

7) виконати механізоване зварювання тип швів Т8;

8) візуально оптичний контроль;

9) видалити вивідні планки.

6. Складання та зварювання двотавровою балки з плитами 7,8 (см. розділ 1):

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП. 131.2121ст.02.05.03 ПЗ

Арк
38

- 1) перекантувати двотаврову балку;
- 2) на стінку, за допомогою крану, встановити плити № 8;
- 3) зібрати конструкцію за допомогою на прихоплень та притискачів;
- 4)установлюються вивідні планки;
- 5) здати під зварювання;
- 6) виконати механізоване зварювання стінки з плитою, тип швів ТЗ-Δ20;
- 7) зварити плити № 8 з нижньої полицею за допомогою механізованого зварювання, тип швів нестандартний типу С21;
- 8) на стінку, за допомогою крану, встановити плити № 7;
- 9) зібрати конструкцію за допомогою прихоплень та притискачів;
- 10)установлюються вивідні планки;
- 11) здати під зварювання;
- 12) виконати механізоване зварювання стінки з плитою, тип швів ТЗ-Δ20;
- 13) зварити плиту № 7 плитою № 8 за допомогою механізованого зварювання, тип швів нестандартний типу С21;
- 14) візуально оптичний контроль;
- 15) видалити вивідні планки.

7. Складання та зварювання двотавровою балки з ребрами жорсткості 5,6 (см. розділ 1)

- 1) встановити ребра жорсткості згідно розмічуванню;
- 2) зібрати конструкцію за допомогою прихоплень;
- 3) здати під зварювання;
- 4) виконати механізоване зварювання тип швів ТЗ-Δ10;
- 5) візуально оптичний контроль.

8. Складання та зварювання платиків 9 (см. розділ 1) з двотавровою балкою

- 1) встановити платики на плити 7,8;
- 2) зібрати конструкцію за допомогою прихоплень;
- 3) здати під зварювання;
- 4) виконати механізоване зварювання тип швів Н1-Δ10;
- 5) візуально оптичний контроль.

					ДП. 131.2121ст.02.05.03 ПЗ	Арк 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виготовлену балку ґрунтують ґрунтом ВЛ-023, фарбують фарбою ЕП-755 та здають ВТК.

9. Ґрунтовка балки:

1) провести ґрунтовку балки відповідно до відомості ґрунтовки й СНиП 2.03.11-85.

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.

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 окислювання вуглецю в період кристалізації зварювальної ванни.

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

Третьою умовою є одержання металу шва з необхідною експлуатаційною міцністю.

Четвертою умовою є низька вартість і наявність зварювальних матеріалів [9].

При виготовленні ферми через середню протяжність швів застосовується зварювання у середовищі захисних газів. Для того щоб одержати якісний зварний шов необхідно правильно підібрати зварювальний дріт. За хімічним складом вони повинні бути максимально близькі до основного металу, також додатково легувати шов і попереджати вигоряння легуючих елементів. Для попередження

					ДП. 131.2121ст.02.05.03 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворення пір у зварних швах метал повинен містити не менш 0,2...0,4 % кремнію і марганцю.

Для всіх швів застосовують механізоване зварювання в С₂ та дріт Св-08Г2С. Хімічний склад зварювального дроту приведено у таблиці 3.1.

Механізоване зварювання у середовищі С₂ має ряд переваг і дозволяє виконати зварювання в різних просторових положеннях. При зварюванні відбувається вигорання легко окисних елементів, причому з електродного дроту елементи вигорають більш інтенсивно, ніж з основного металу. Вигорання компенсується правильним підбором зварювального дроту, підвищеним змістом розкислювачів, що знижує ймовірність виникнення пор у зварному шві. Цим умовам відповідає зварювальний дріт Св-08Г2С, що поставляється за ГОСТ 224670, хімічний склад приведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Хімічний склад дроту Св-08Г2С [13]

Вміст елементів, %						
C	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
0,07	2,03	0,9	0,2	0,04	0,026	0,03

Для встановлення прихоплень, усунення дефектів та виконання зварних швів малої протяжності 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.

Характеристика електродів УОНИ 13/45, типові механічні властивості та хімічний склад металу, наплавленого цими електродами наведено у табл. 3.2-3.4.

Таблиця 3.2 Характеристика електродів УОНИ 13/45 [13]

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

Таблиця 3.3 Типові механічні властивості металу шва наплавленого електродами УОНИ 13/45 [13]

Тимчасовий опір σ_b , МПа	Границя плинності σ_T , МПа	Відносне подовження δ_5 , %	Ударна в'язкість a_n , Дж/см ²
460	350	26	200

Таблиця 3.4. Хімічний склад наплавленого металу електродами УОНИ 13/45 [13]

Вміст елементів, %					
C	Mn	Si	Ni	S	P
0,09	0,57	0,23	0,2	0,025	0,027

3.3. Обґрунтування вибору зварювального устаткування, його технічні характеристики

Для механізованого зварювання в середовищі C_2 використовуємо напіваавтомат ПДГО-510 і джерело живлення до нього – випрямляч ВДУ-506С. Технічні характеристики ПДГО-510 та ВДУ-506С приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Технічні характеристики ПДГО-510 та ВДУ-506С

Фото	Характеристики	ВДУ-506С	ПДГО-510
	Напруга живильної мережі	3x380 В	27 В
	Частота	50 Гц	
	Номінальний зварювальний струм	500 А (60%)	-
	Межа регулювання зварювального струму	50-500 А	-
	Номінальна робоча напруга	46-50 В	-
	Напруга холостого ходу	85 В	-
	Швидкість подачі електродного дроту	-	120-1100 м/ч
	Діаметр електродного дроту сталевого	-	1,2-1,6 мм
	Діаметр електродного дроту порошкового	-	1,6-2,0 мм
	Потужність	40 кВА	-
	Габаритні розміри	600x740x920 мм	252x642x411 мм
	Маса	260 кг	15 кг

3.4. Контроль якості зварних швів

Контроль якості зварних швів здійснюється за ГОСТ 5.1093-78 на підставі результатів контролю: кваліфікації зварників, якості матеріалів, що зварюються й зварювальних, зварювального устаткування, інструмента й оснащення, якості зварних швів, обумовленого зовнішнім оглядом, вимірами, ультразвуком, радіографією, випробуванням швів на герметичність і непроникність.

До виконання зварювальних робіт допускаються атестовані зварники, що мають розряд відповідно до вимог основних положень і здали теоретичні і практичні экзамени за ОСТ 5.9126-84 відповідно до СНиП.

Матеріали, застосовувані для виготовлення балки, а також електроди, зварювальний дріт, захисні гази до використання у виробництві перевіряються ВТК на відповідність вимогам ГОСТів і основним положенням по зварюванню металів, вимогам СНиПів.

Важливим фактором одержання якісних зварних з'єднань є контроль якості складання під зварювання. Найбільш скрупульозно перевіряється відповідність кресленням зібраних деталей, вузлів, що збираються, правильність оброблення крайок під зварювання, чистота поверхні деталей.

У процесі виготовлення конструкції майстер контролює дотримання послідовності і правильності виконуваних швів, марок застосовуваних зварювальних матеріалів, зазначених у технологічному процесі зварювання. Для контролю якості зварних швів застосовуються наступні види контролю: зовнішній огляд і обмір, перевірка на проникність. Контроль якості зварних з'єднань зовнішнім оглядом і виміром геометрії шва виконується відповідно до ОСТ 5.9170-73. Контролю зовнішнім оглядом і вимірам піддаються всі закінчені шви, незалежно від категорії, по всій довжині з лицьової і зворотної сторони. Огляду підлягають як наплавлений метал, так і зона основного металу, що прилягає до нього, на відстані 100 мм від границь шва. Перед зовнішнім оглядом і виміром шви повинні бути очищені від шлаку, бризів і забруднення. При контролі зовнішнім оглядом оцінка якості виконується відповідно до ГОСТ 5.1093-78.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП. 131.2121ст.02.05.03 ПЗ

Арк.
43

При контролі зовнішнім оглядом у зварних швах не допускається наявність наступних дефектів:

- тріщин у металі шва й околшовної зони, пропіків, свищів, кратерів, напливів, протоків, місцевих скупчень пор і включень, невідповідність форми шва;
- окремих пор розміром більш 0,1 мінімальної товщини деталі, що зварюється, при товщині деталі до 20 мм і пор більше 2 мм, при товщині деталі більше 20 мм;
- підрізів основного металу глибиною до 1 мм, довжиною більш 15 мм і підрізів більш 1 мм будь-якої довжини. Сумарна довжина окремих підрізів глибиною до 1 мм, але довжиною менш 15 мм не повинна перевищувати 10% від довжини з'єднання;
- горбистості, лускатості величиною більш 2 мм;
- западання між валиками більш 1,5 мм;
- западання між швом і основним металом більш 3 мм, з'єднання з однобічним скосом крайок, і більше 2 мм для окремих типів з'єднання.

Для виміру зварних швів застосовувати: калібрметри, штангенциркуль, вимірник зварних швів, лінійку. Виміри зробити відповідно до інструкцій.

Також виконується вибірковий радіографічний контроль для відповідальних конструкцій; цим способом контролюється 10% швів. Виконання перевірки якості швів радіографічним методом виконується відповідно до ГОСТ 7512-82, ГОСТ 2305-73 і ОСТ 5.90095-77. Також використовується ультразвуковий контроль.

Контроль зварних з'єднань радіаційними методами заснований на зміні інтенсивності випромінювання рентгенівського і гамма-випромінювання в результаті проходження через контрольований матеріал. Інтенсивність випромінювання змінюється в залежності від товщини матеріалу. Основний метал має інші відбиваючі властивості, чим різні включення в металі шва, що і фіксується при даному методі контролю на фотоплівці.

Перевірка конструкції на непроникність виробляється за допомогою проби "гас на крейду", коли з нижньої сторони, або з однієї зі сторін, зварний шов

					ДП. 131.2121ст.02.05.03 ПЗ	Арк
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

намазується гасом, а з іншої сторони наноситься крейда. При неякісному шві на крейді будуть видні плями гасу. При цьому методі використовуються досить високі проникаючі властивості гасу.

Висновки

1. У даному розділі дипломного проекту описана принципова послідовність виготовлення балки. Для виконання усіх швів застосовується механізоване зварювання в середовищі $Ar + C_{2}$;
2. Обрано устаткування для механізованого зварювання - ПДГО-510 та ВДУ-506С;
3. Застосування обраної технології, устаткування і зварювальних матеріалів, методів контролю забезпечує необхідну якість виготовлення конструкції, що зварюється.

					ДП 131.2121ст.02.05.04 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Галайда М.Ю.			Охорона праці				Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевірів		Матвієнко М.В.									46	
Рецензент									ХННІ НУК			
Н. Контр.												
Зав. каф.		Єрмолаєв Г.В.										

4.1. Розрахунок місцевої вентиляції складально-зварювального цеху

Для виконання зварних таврових проб на робочому місці необхідне застосування місцевої вентиляції.

Переріз повітреприймного пристрою має форму кола: $d_0=0,3$ м.

Діаметр повітроводу визначимо за формулою:

$$d = \frac{F}{\pi d_0};$$
$$F = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Підставимо значення у формулу й одержимо:

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

Швидкість руху повітря у повітроприймачі дорівнює:

$$V_B = \frac{V_T l^2}{k d^2},$$

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.; $V_T = 0,5$ м/с; $l = 0,09$ м.

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

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

$$Q_H = V_B S_B \cdot 3600,$$

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:

$$Q_M = n \cdot Q_H,$$

де Q_H – кількість повітря для видалення шкідливих речовин від одного джерела, $\text{м}^3/\text{год}$; n – кількість джерел, що виділяють шкідливу речовину.

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

Схема місцевої вентиляції приведена на рис.4.1.

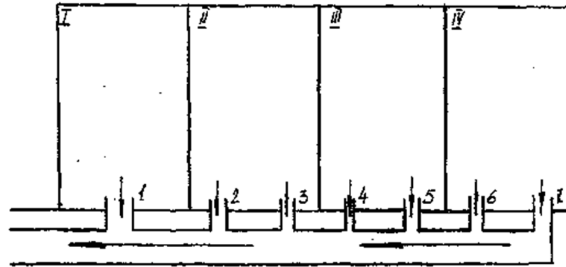


Рисунок 4.1 – Схема місцевої вентиляції

Діаметр на ділянці 1-2 визначається:

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

де Q_{1-2} кількість повітря, що проходить через ділянку 1- 2, $\text{м}^3/\text{год}$; V_B - швидкість руху повітря у повітроводі, $\text{м}/\text{год}$.

Втрати на тертя на ділянці 1-2 визначаються:

$$H_{тр} = \frac{\rho \lambda L V_B^2}{2d},$$

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:

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

Місцеві втрати на цій ділянці рівні:

$$H_M = \frac{\xi V_B^2 \rho}{2},$$

де $\xi = 1,2$ — коефіцієнт місцевого опору; $\rho = 1,226 \text{ кг}/\text{м}^3$ - щільність повітря.

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

Для прямолинійної ділянки 2- 3 утрати на тертя:

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

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:

$$R = \Sigma H / Q^2,$$

де ΣH – сума втрат у системі; Q – кількість повітря, необхідне для місцевої вентиляції.

Для очищення повітря приймаємо «Циклон» НИОГаз продуктивністю 1000 м³/год.

Утрати напору в «Циклоні» складають 6 кг/м², тоді втрати в системі дорівнюють:

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

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

4.2. Основні джерела шуму і захист від них

У сучасних умовах людина на виробництві піддається постійному впливу шуму. Найбільш значний по інтенсивності шум, 115- 125 дБ, виникає при пневматичному рубанні і зачищенні зварних швів корпусних деталей і конструкцій. При роботах у замкнутих судових відсіках рівень шуму підвищується до 125- 130 дБ. Трохи менше рівень шуму при роботі пневматичних зачисних машин, до 105 дБ, однак, у корпусних цехах при обробці відносно тонких листових конструкцій виникає структурний непостійний шум,

що досягає на робочих місцях 110- 120 дБ. Двигуни внутрішнього згорання, широко використовувані на судах, вироблений у приміщення шум, що складається із шумів механічного й аеродинамічного походження. Рівні звукового тиску при роботі дизеля, вимірювані на відстані 1 м від його контуру, складають 85- 100 дБ, але деякі рівні шуму випуску в деяких типів двигунів досягають 120- 130 дБ.

Необхідно вживати серйозні міри захисту працівників від шкідливого впливу шуму. Ці міри включають розробку шумобезпечної техніки і технологічних процесів, що виключають чи обмежують операції, застосування засобів і методів колективного й індивідуального захисту працюючих.

Велике значення для зменшення шкідливого впливу шуму на працівників має розробка раціональних технологічних процесів, наприклад, електрозварювання, пресування або кліпання деталей замість пневматичної клепки, газове чи верстатне стругання крайок замість пневматичного рубання.

Засоби колективного захисту знижують шум на шляху його поширення від джерела до захищеного об'єкта (людини) і в залежності від середовища підрозділяються на засоби, що зменшують передачу повітряного чи структурного шуму. За способом реалізації розрізняють засоби звукоізоляції, звукопоглинання, демпфформування і глушители шуму.

Основним способом захисту від шуму для робочих є використання засобів індивідуального захисту органів слуху. Це протишумові навушники, що закривають вушну раковину зовні; вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід чи прилягають до нього; протишумові шоломи і маски, а також протишумові костюми.

Висновки

1. Розрахункова система місцевої вентиляції на поточно-механізованій лінії дозволить здійснити захист зварників у процесі роботи від впливу шкідливих речовин, що виділяються при зварюванні, також підібрано необхідний

					ДП. 131.2121ст.02.05.04 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентилятор для системи вентиляції,

2. Визначили основні джерела шуму і виявили способи захисту від шуму для робітників.

					ДП. 131.2121ст.02.05.04 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП 131.2121ст.02.05.05 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок собівартості зварювальних робіт	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Галайда М.Ю.					52	5
Перевірів		Матвієнко М.В.				ХННІ НУК		
Рецензент								
Н. Контр.								
Зав. каф.		Єрмолаєв Г.В.						

5.1. Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску зварних балок

У даному розділі виконується розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску балок перекриття.

Розрахунок виконується для річного випуску балок у кількості 250 шт.

Вихідні данні розрахунку:

1.Річний об'єм продукції, м. п.	26550
2. Ціна дроту, грн. за кг	46
3. Витрати С ₂ на 1 м.п., л	1,85
4. Витрати дроту на 1 м.п., кг	0,45
5. Ціна 1 л. С ₂ , грн.	0,56
6. Витрати електроенергії на 1м.п. с.д. кВт/г	3,7
7. Ціна 1 кВт/г, грн.	5,6
8. Трудомісткість на 1м.п. н/а н.-г. [20]	0,23
9. Розряд робіт	4
10. Часова тарифна ставка, грн.	100
11. Рівень додаткових витрат, %	16
12. Норма амортизації, %	15
13. Норма витрат на поточний ремонт обладнання, %	5
14. Вартість зварювального обладнання, грн.	60000

Розрахунок витрат на електроенергію наведений в таблиці 5.1. Розрахунок витрат на основну заробітну плату приведений в таблиці 5.2. Розрахунок витрат на зварювальні матеріали приведені в таблиці 5.3. Розрахунок витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведений в таблиці 5.4. Розрахунок відрахувань від ЗП приведений в таблиці 5.5. Розрахунок витрат на амортизацію зварювального обладнання наведено у таблиці 5.6. Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання наведено у таблиці 5.7. Розрахунок цехових накладних витрат наведено

					ДП 131.2121ст.02.05.05 ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

у таблиці 5.8. Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати наведено у таблиці 5.9. Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні балок плит перекриття приведено у таблиці 5.10.

Таблиця 5.1 – Витрати на електроенергію

Найменування	Е.О. виміри	Розхід на річну програму	Річна програма в п.м.	Розхід на 1 п.м.	Ціна 1 кВт/г, грн.	Витрати на електроенергію, грн.
Електроенергія	кВт/г	98235	26550	3,7	5,6	550116

Таблиця 5.2 – Витрати на ОЗП

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма п.м.	Трудовісткість на річну програму, н-г	Часова тарифна ставка, грн.	Сума витрат ОЗП, грн.
Зварювання напіваавтоматом	0,23	Існуючий варіант		100	610650
		26550	6106,5		

Таблиця 5.3 – Витрати на зварювальні матеріали

Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Розхід на 1 п.м.	Річна програма, п.м.	Ціна одиниці, грн.	Розхід на річну програму, кг; л	Витрати на матеріал, грн.
Дріт	кг	0,45	26550	46	11947,5	549585
СО ₂	л	1,85	26550	0,56	49117,5	27505,8
Всього						577090,8

Таблиця 5.4 – Витрати на ДЗП

Сума витрат ОЗП, грн.	Рівень витрат на ДЗП, %	Сума витрат на ДЗП, грн.
610650	16%	97704

Таблиця 5.5 – Відрахування від З.П.

Сума витрат на ОЗП і ДЗП, грн.	Рівень відрахувань від ЗП, %	Сума відрахувань від ЗП, грн.
708354	22,0%	155837,88

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	60000	15	9000

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	60000	5	3000

Таблиця 5.8 – Розрахунок цехових накладних витрат

Сума витрат на основну зарплатню, грн.	Рівень витрат на цехові накладні витрати, %	Рівень затрат на цехові накладні витрати, грн.
610650	20	122130

Таблиця 5.9 – Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати

Сума витрат на основну зарплатню, грн.	Рівень витрат на основні загальнозаводські витрати, %	Сума витрат на загальнозаводські витрати, грн.
610650	18	109917

Таблиця 5.10 – Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні балок плит перекриття

	Показники	Одиниці вимірювання	Зміна витрат, грн.
1	Витрати на зварювальні матеріали	грн.	577090,8
2	Витрати на електроенергію	грн.	550116
3	Витрати на ОЗП	грн.	610650
4	Витрати на ДЗП	грн.	97704
5	Відрахування від ЗП	грн.	155837,88
6	Витрати на поточний ремонт	грн.	3000
7	Амортизаційні відрахування	грн.	9000
8	Цехові накладні витрати	грн.	122130
9	Загальнозаводські накладні витрати	грн.	109917
10	Загальна собівартість зварювальних робіт	грн.	1502517,68

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 1502517,68 грн., а однієї балки 6010 грн.

Загальні висновки

1. Аналіз сучасних технологій складання та зварювання балок і вивчення конструктивних особливостей балок, плит, перекриття двотаврового перетину показали, що в цілому дана балка є технологічною конструкцією, що дозволяє застосовувати механізовані способи складання та зварювання.

2. Для виготовлення балка плит перекриття застосовується механізоване зварювання в CO_2 . Обґрунтовано і розраховано режими механізованого зварювання в CO_2 . Обґрунтовано необхідні типи зварних з'єднань.

3. Для стикового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється ферито-перлітна структура з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі Ст3пс 285 HV.

4. Для таврового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється структура 14% бейніту та 86% (Ф+П) з діапазоном твердості по діаграмі термкінетичного перетворення аустеніту сталі Ст3пс 300 HV.

5. Описана принципова послідовність виготовлення балки. Для виконання усіх швів застосовується механізоване зварювання в середовищі CO_2 за допомогою наступного обладнання: напівавтомат - ПДГО-510 та випрямляч ВДУ-506С.

7. Застосування обраної технології, устаткування і зварювальних матеріалів, методів контролю забезпечує необхідну якість виготовлення конструкції, що зварюється.

8. Розрахункова система місцевої вентиляції на поточно-механізованій лінії дозволить здійснити захист зварників у процесі роботи від впливу шкідливих речовин, що виділяються при зварюванні, також підібрано необхідний вентилятор для системи вентиляції. Визначили основні джерела шуму і виявили способи захисту від шуму для робітників.

10. Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні зварних балок плит перекриття.

11. Загальна собівартість зварювання річної програми випуску виробів в кількості 250 шт. складає 1502517,68 грн.

					ДП 131.2121ст.02.05 ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

Список літератури та використаних джерел

1. **Кнорозов Б.В.** Технология металлов и материаловедение [Текст] / Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьяков и др. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с
2. ГОСТ 27772-88. Прокат стальных строительных конструкций. Общие технические условия. – С. 13.
3. **Николаев Г.А.** Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. Учеб. пособие для машиностроит. Вузов [Текст] / Г.А. Николаев и др.. – М., «Высш. школа», 1971. – 760 с.
4. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов [Текст] / Е.И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Ведеников и др.; Под общ. ред. Е.И. Беленя. – 6-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 560.
5. **Куркин С.А.** Технология, механизация и автоматизация производств сварных конструкций: Атлас: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов [Текст] / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
6. **Куркин С.А.** Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учеб. для вузов [Текст] / С.А. Куркин, Николаев Г.А. – М.: Высш. шк., 1991. – 398.
7. **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.– 432 с.
8. Справочник по сварке. Под редакцией инж. Е.В. Соколова. Том 1. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва, 1961. – 556 с.
9. .Справочник по сварке. Под редакцией инж. Е.В. Соколова. Том 2. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва, 1962. – 664 с.
10. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" [Текст] / С.В. Драган,

					ДП 131.2121ст.02.05 ПЗ	Лист
						58
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Г.В. Єрмолаєв, Ж.Г. Голобородько, М.В. Матвієнко, С.А. Лой, В.Я. Сагань. – Миколаїв : НУК, 2015. – 69 с.

11. **Лебедєв Ю.М.** Розрахунки теплових процесів при зварюванні: Методичні вказівки до виконання курсової роботи [Текст] / Ю.М. Лебедєв, В.Ф. Лебедєва, С.А. Лой. – Миколаїв: НУК, 2008. – 64 с.

12. **Бугаєнко Б.В.** Технологічні процеси зварювального виробництва: Методичні вказівки до виконання курсового проекту [Текст] / Б.В. Бугаєнко, В.Я. Сагань. – Миколаїв: НУК, 2010. – 53 с.

13. **Костін О.М.** Зварювальні матеріали: Навч. Посібник [Текст] / О.М. Костін. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.

14. **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.

					ДП 131.2121ст.02.05 ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

Анотація

Бакалаврська робота присвячена розробці технології виготовлення зварної балки плит перекриття таврового перерізу для металоконструкцій складських та торговельних будівель. Актуальність роботи обумовлена широким застосуванням зварних металоконструкцій у сучасному будівництві та необхідністю підвищення ефективності складально-зварювального виробництва.

У роботі проведено аналіз сучасних технологій складання та зварювання балок перекриття, а також досліджено конструктивні особливості балки таврового перерізу. Обґрунтовано застосування механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO_2) та розраховано параметри режимів зварювання.

Визначено структуру та твердість металу зварних з'єднань, що формуються при механізованому зварюванні сталі Ст3пс. Розроблено технологічний процес виготовлення балки, обрано необхідне зварювальне обладнання, зокрема напівавтомат ПДГО-510 та випрямляч ВДУ-506С.

У роботі також розглянуто питання охорони праці, виконано розрахунок системи місцевої вентиляції та заходів щодо зниження рівня шуму на виробництві. Проведено економічний розрахунок собівартості зварювальних робіт при виготовленні балок плит перекриття.

Ключові слова: зварна балка, плита перекриття, тавровий переріз, механізоване зварювання, CO_2 , металоконструкції, технологія зварювання, зварні з'єднання.

Abstract

The bachelor's thesis is devoted to the development of a manufacturing technology for welded T-beam floor slabs used in metal structures of warehouse and commercial buildings. The relevance of the work is determined by the wide application of welded metal structures in modern construction and the need to improve the efficiency of assembly and welding production.

The study analyzes modern technologies for assembling and welding floor beams and investigates the design features of a T-section beam. The use of mechanized welding in a carbon dioxide (CO_2) shielding gas environment is substantiated and the welding parameters are calculated.

The structure and hardness of welded joints formed during mechanized welding of St3ps steel were determined. A technological process for beam manufacturing was developed and the necessary welding equipment was selected, including the PDG -510 semi-automatic welding machine and the VDU-506S rectifier.

Occupational safety issues were also considered. A local ventilation system was designed and measures for noise reduction in the production environment were proposed.

An economic analysis of the welding process cost for manufacturing floor beams was carried out.

Keywords: welded beam, floor slab, T-section, mechanized welding, C_{2} welding, metal structures, welding technology, welded joints.