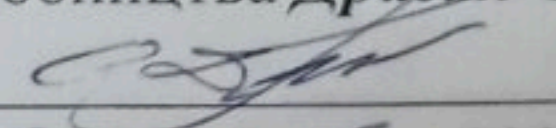


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва

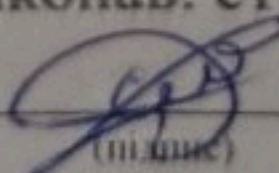
«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри зварювального
виробництва *Драган Є.В.*


« 23 » 06 2026 р.

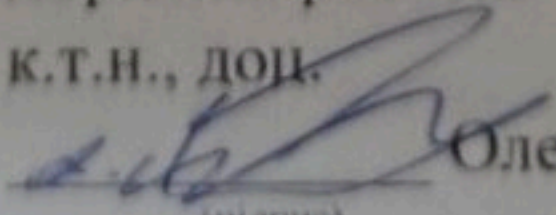
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: *Розробка технології виготовлення зчійної шарнірної серезжки трактора зі сталі s355k2w*

Виконав: студент групи 4127ст3


(підпис) Сергій ДОВБНЯ

Керівник роботи:

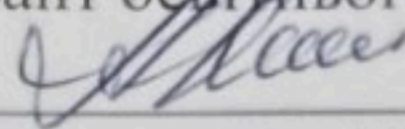
к.т.н., доц.

(підпис) Олександр ЛАБАРТКАВА

Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми



(підпис)
«23» 06 2026 р.

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

Студенту Сергію Довбня

1. Тема роботи: Розробка технології виготовлення зчіпної шарнірної сережки трактора зі сталі s355k2w

Керівник роботи к.т.н., доцент Олександр Лабарткава

Затверджені наказом ректора № 39 від «05» 05 2026 року

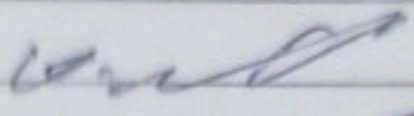
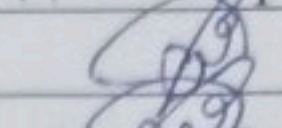
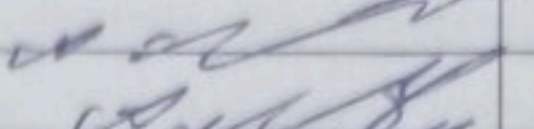
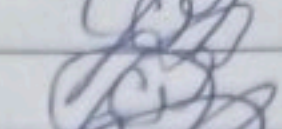
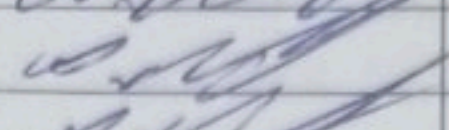
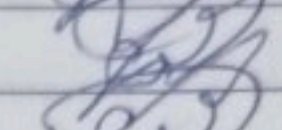
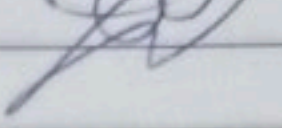
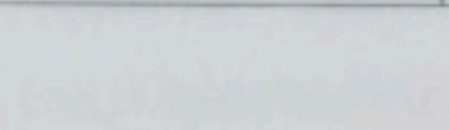
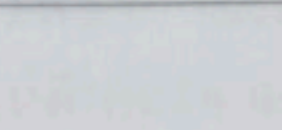
2. Термін подання роботи: 24.05.25

3. Вихідні дані по роботі: Креслення виробу, матеріал S355K2W, річна програма 100 шт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів): 1. Аналіз конструкції, технології виготовлення та зварювання; 2. Вибір способу, режимів зварювання та дослідження структури зварювальних з'єднань; 3. Розробка технології складання та зварювання; 4. Охорона праці та навколишнього середовища; 5. Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску.

5. Перелік презентаційних матеріалів: креслення виробу, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу зварювання, технологія виготовлення, розрахунок собівартості зварювальних робіт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Лабарткава О.В.		
2.	Лабарткава О.В.		
3.	Лабарткава О.В.		
4.	Лабарткава О.В.		
5.	Лабарткава О.В.		

7. Дата видачі завдання 20.02.2026

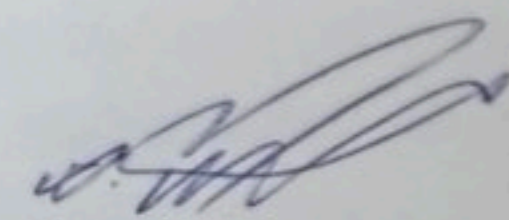
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз конструкції та можливих варіантів її виготовлення	16.03.2026	
2.	Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань	02.04.2026	
3.	Технологічний процес складання та зварювання повітрозбірника	15.04.2026	
4.	Охорона праці	28.05.2026	
5.	Економічна оцінка проекту	28.05.2026	

Студент


 (підпис)
Сергій Довбня
(ПІБ)

Керівник роботи


 (підпис)
Олександр ЛАБАРТКАВА
(ПІБ)

Анотація

Сучасний розвиток машинобудування та будівельної галузі потребує виготовлення надійних і довговічних металоконструкцій, які працюють у складних умовах експлуатації. Одним із основних технологічних процесів їх виготовлення є зварювання, яке забезпечує міцне і герметичне з'єднання деталей. Від правильного вибору способу зварювання, зварювальних матеріалів та режимів значною мірою залежить якість і експлуатаційна надійність конструкції.

Актуальність даної роботи полягає у вдосконаленні технології складання та зварювання виробу з метою підвищення якості зварних з'єднань, зниження трудомісткості та собівартості виробництва, а також забезпечення безпечних умов праці.

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

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології складання та зварювання тракторної зчіпної шарнірної сережки.

Задачі:

1. Вибрати раціональну послідовність складання та зварювання тракторної зчіпної шарнірної сережки
2. Вибрати спосіб зварювання та розрахувати режими зварювання.
3. Виконати дослідження структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань.
4. Вибрати зварювальні матеріали й устаткування;
5. Розрахувати собівартість виконання зварювальних робіт.

Складено проектну технологію складання та зварювання виробу, в якій зварювальні операції з використанням механізоване зварювання у суміші захисного газу.

Запропоновано заходи щодо захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що супроводжують впровадження проектної технології.

Загальна собівартість зварювання річної програми випуску виробів в кількості 100 шт. складає 80930,65грн.

Ключеві слова: балка, серга, сталь S355K2W, режими зварювання, термічний цикл зварювання, собівартість зварювання.

Abstract

The modern development of mechanical engineering and the construction industry requires the production of reliable and durable metal structures that operate under complex service conditions. One of the main technological processes in their manufacture is welding, which ensures strong and airtight joints of parts. The quality and operational reliability of the structure largely depend on the correct selection of the welding method, welding materials, and welding parameters.

The relevance of this work lies in improving the technology of assembly and welding of the product in order to enhance the quality of welded joints, reduce labor intensity and production costs, and ensure safe working conditions.

The qualification work consists of an introduction, five chapters of the main part, conclusions, and a list of references.

The objective of this qualifying thesis is the development of an assembly and welding process for a tractor coupling hinged lug.

Tasks:

To select a rational sequence of assembly and welding for the tractor coupling hinge shackle.

To select a welding method and calculate the welding parameters/modes.

To perform a study of the structure and properties of the obtained welded joints.

To select welding materials and equipment.

To calculate the cost of performing the welding works.

A design technology for assembling and welding the product has been developed, in which welding operations are performed using mechanized welding in a shielding gas mixture.

Measures have been proposed to protect against hazardous and harmful production factors accompanying the implementation of the designed technology.

The total cost of welding the annual production program of 100 units amounts to 80930,65 UAH.

Keywords: Beam, bracket (ear), S355K2W steel, welding modes, welding thermal cycle, welding cost.

					131.4127ст3.03.05.ПЗ										
Ізм	Лист	№ документа	Підпис	Дата											
Студент		Довбня С.В.			Зміст				Лит		Лист		Листів		
Керівник		Лабарткава О.В.										2		3	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова						
Зав.кафед		Драган С.В.													

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТА МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ	
1.1. Загальна характеристика зварної конструкції - сережки.	
1.2. Характеристика сталі S355K2W та її зварюваності.....	
1.2.1 Особливості зварювання низьколегованих сталей	
1.2.2 Особливості зварювання сталі S355K2W	
1.3. Аналіз технології складання та зварювання балок.....	
Висновки та завдання дипломного проекту	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ І ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ	
2.1. Характеристика зварних з'єднань; типи та розміри зварних з'єднань.	
2.2. Обґрунтування способу зварювання.	
2.3. Розрахунок режимів зварювання	
2.4. Розрахунок термічного циклу зварювання та визначення очікуваної структури зварних з'єднань.	
2.5. Аналіз отриманої структури	
Висновки	
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ	
3.1. Принципова послідовність складання та зварювання сережки.	
3.2. Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів	
3.3. Обґрунтування вибору зварювального обладнання	
3.4. Контроль якості зварювання	
Висновки	

РОЗДІЛ 4. Охорона праці під час проведення зварювальних робіт

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

4.2. Охорона навколишнього середовища.....

4.3. Забруднення навколишнього середовища при проведенні складально-зварювальних робіт.....

Висновки

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ РІЧНОЇ ПРОГРАМИ ВИПУСКУ

Висновки

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

					131.4127ст3.03.05.ПЗ	Лист
						4
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.03.05.ПЗ									
Ізм	Лист	№ документа	Підпис	Дата										
Студент		Довбня С.В.			ВСТУП				Лит		Лист		Листів	
Керівник		Лабарткава О.В.									1		2	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова					
Зав. кафедр		Драган С.В.												

ВСТУП

Сучасний розвиток машинобудування та будівельної галузі потребує виготовлення надійних і довговічних металоконструкцій, які працюють у складних умовах експлуатації. Одним із основних технологічних процесів їх виготовлення є зварювання, яке забезпечує міцне і герметичне з'єднання деталей. Від правильного вибору способу зварювання, зварювальних матеріалів та режимів значною мірою залежить якість і експлуатаційна надійність конструкції.

Актуальність даної роботи полягає у вдосконаленні технології складання та зварювання виробу з метою підвищення якості зварних з'єднань, зниження трудомісткості та собівартості виробництва, а також забезпечення безпечних умов праці.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології складання та зварювання тракторної зчіпної шарнірної сережки.

					131.4127ст3.03.05.ПЗ	Лист
						6
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.03.05.01.ПЗ		
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата			
Студент	Довбня С.В.				Аналіз особливостей конструкції та можливих варіантів її виготовлення		
Керівник	Лабарткава О.В.						
Консульт							
Зав.кафед	Драган С.В.						
					Лит	Лист	Листів
						1	
					НУК ім. Адм. Макарова		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТА МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

1.1. Загальна характеристика зварної конструкції - сорежки

Сорежка є конструктивним елементом стрижневого типу, що працює переважно на осьові зусилля. Для сприйняття навантажень у вертикальній площині оптимальними є двотаврові балки. У випадках, коли конструкція зазнає впливу у вертикальній та горизонтальній площинах, а також крутних моментів, доцільним стає застосування балок коробчастого перерізу. Саме тому вони набули поширення в конструкціях кранових мостів. За значної довжини такі балки виготовляють зварними: полиці та стінки з'єднують стиковими швами з окремих листових заготовок [1].

Найпоширенішими є двотаврові балки, у яких полиці з'єднані зі стінкою поясними швами. Конструкція таких балок зазвичай складається з трьох листових елементів. У процесі складання необхідно дотримуватись симетрії та взаємної перпендикулярності полиць і стінки, забезпечуючи їх щільне прилягання з наступним фіксуванням прихоплюванням. Для цього застосовують складальні кондуктори з базовими та затискними елементами, розташованими по всій довжині балки. На установках із самохідним порталом затискання та прихоплення виконують послідовно, починаючи від середини балки до її кінців. Поясні шви при виготовленні таких балок зварюють переважно автоматичним зварюванням під шаром флюсу [2].

Сорежка належить до балок коробчастого перерізу. Такі балки є технологічно складнішими у виготовленні порівняно з двотавровими, проте мають значно вищу жорсткість при крученні. Саме тому вони широко застосовуються в конструкціях мостових кранів та ферм. За значної довжини цих балок заготовки полиць і стінок з'єднують стиковими швами з кількох листових елементів [3].

Балки коробчатого перерізу бувають з діафрагмами і без них.

Призначення типів та розмірів зварних з'єднань.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварні з'єднання є основним видом нероз'ємних з'єднань. Вони утворюються шляхом локального нагрівання матеріалу деталей до розплавленого або пластичного стану. Залежно від способу формування з'єднання розрізняють зварювання плавленням (без прикладання зовнішньої сили) та зварювання тиском (із прикладанням зовнішньої сили).

Зварні з'єднання є нерухомими, нероз'ємними та напруженими. Передача навантаження між елементами відбувається безпосередньо через зварний шов, міцність якого має бути приблизно рівною міцності основного металу конструкції.

Напруження, що виникають у зварному з'єднанні під час зварювання, називають залишковими. Зварювання застосовується не лише для з'єднання деталей, але й як технологічний метод виготовлення самих деталей. У багатьох випадках зварні деталі є заміниками литих і кованих. Використання зварних і штампованих конструкцій дає змогу знизити витрати матеріалу або масу конструкції на 30–50 %, а вартість виробів — у 1,5–2 рази.

При проектуванні зварних з'єднань основною умовою є забезпечення рівномірності зварного шва та основного металу конструкції.

До переваг зварних з'єднань належать: економія металу, зменшення трудомісткості виготовлення, відносно невисока вартість зварювального обладнання, можливість автоматизації технологічного процесу, герметичність швів, а також можливість отримання рівномірних з'єднань.

Водночас зварним з'єднанням притаманні й певні недоліки: висока концентрація напружень у зоні шва, виникнення зварювальних деформацій деталей, низька несуча здатність при вібраційних навантаженнях, складність контролю якості шва, а також залежність якості з'єднання від кваліфікації зварника (у разі ручного зварювання) [4].

Балка сережка (рис.1.1) має наступні характеристики:

- довжина - 1780 мм;
- висота - 246 мм;
- ширина - 234 мм;

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

-матеріал балки – сталь S355K2W.

До складу балки входять:

- нижня полиця(637,5x246x30мм) – лист товщиною 30мм;
- дві бокові стінки(437,5x222x25мм) - лист товщиною 25 мм;
- верхня полиця(637,5x246x30мм) – лист товщиною 30мм;
- диск(D-250мм; S-12мм)- лист товщиною 12мм;
- посилення(395x120x16мм)- лист товщиною 16мм;

Сережка має чотири отвори діаметром 120мм.

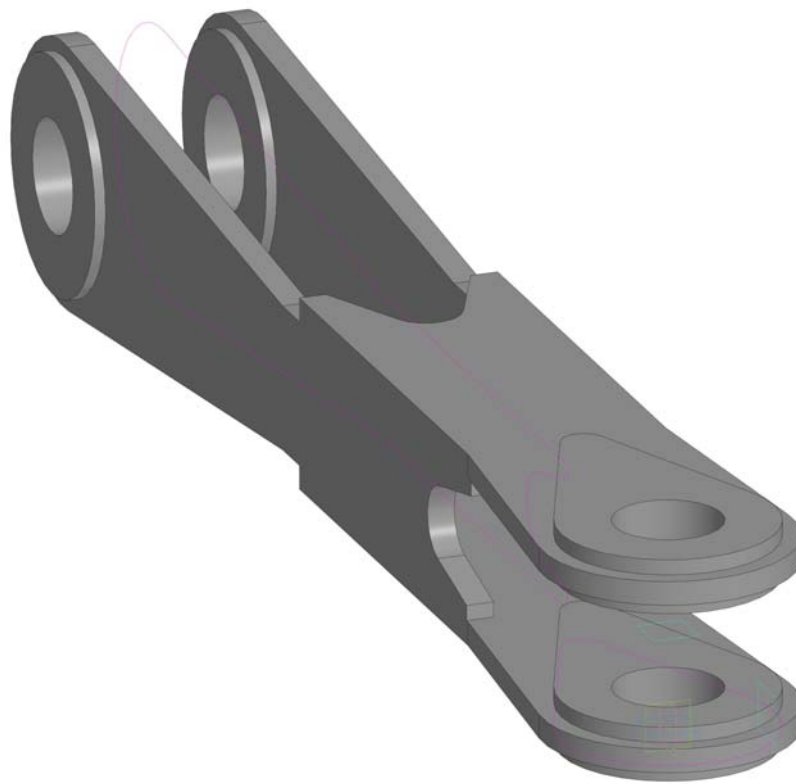


Рис. 1.1 Загальний вигляд сережки

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Характеристика сталі S355K2W та її зварюваності

Сережка виготовляється із сталі S355K2W. Сталь S355K2W це атмосферостійка конструкційна сталь підвищеної міцності [5].

Розшифрування сталі S355K2W:

S (Structural) – конструкційна сталь.

355 – мінімальна межа текучості (355 МПа)

K2 – вимоги до ударної в'язкості (мінімум 27 Дж при температурі -20°C), що гарантує стійкість до крихкого руйнування на холоді.

W (Weather resistant) – позначення підвищеної атмосферостійкості (стійкість до корозії).

Конструкційна сталь S355K2W – це низьколегована сталь з підвищеною атмосферостійкістю, яка відповідає європейському стандарту EN 10025-5 . Вона належить до класу сталей, що утворюють на поверхні захисну патину, завдяки чому не потребують фарбування при експлуатації на відкритому повітрі [4].

Конструкційна сталь — це матеріал, призначений для виготовлення деталей машин та механізмів. На відміну від сталі звичайної якості, вона характеризується зниженим вмістом шкідливих домішок і регламентованим вмістом вуглецю, марганцю та кремнію. До основних вимог, що висуваються до конструкційних сталей, належать: оптимальне співвідношення міцності, в'язкості та пластичності; добра оброблюваність тиском і різанням; задовільна зварюваність; мала схильність до утворення тріщин та знеуглецювання під час термічної обробки; а також необхідний рівень зносостійкості та теплостійкості.

1.2.1 Особливості зварювання низьколегованих сталей:

Низьколеговані сталі характеризуються підвищеною чутливістю до термічних впливів у процесі зварювання. Залежно від хімічного складу такої сталі, у зоні термічного впливу зварного з'єднання можуть формуватися гартівні структури або структури перегріву.

Структура металу в зоні термічного впливу визначається трьома основними факторами: хімічним складом сталі, швидкістю охолодження та тривалістю

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

перебування металу в інтервалі температур, де відбуваються фазові перетворення та зміна розміру зерен.

При нагріванні доєвтектоїдної сталі до утворення аустеніту та наступному охолодженні з різною швидкістю відбувається зниження критичних точок. За низької швидкості охолодження формується перлітна структура. Зі збільшенням швидкості охолодження аустеніт розпадається за більш низьких температур, утворюючи послідовно сорбіт, троостит, бейніт, а за дуже високих швидкостей — мартенсит.

Найбільш дрібнозернистою є мартенситна структура, тому при зварюванні низьколегованих сталей необхідно уникати перетворення аустеніту на мартенсит у процесі охолодження.

У процесі зварювання швидкість охолодження сталі, особливо великої товщини, завжди значно вища, ніж при охолодженні на повітрі. Це може призводити до утворення мартенситу після виконання зварювальних робіт.

Для запобігання утворенню гартівних мартенситних структур після зварювання необхідно вживати заходів, спрямованих на зменшення швидкості охолодження металу в зоні термічного впливу. З цією метою застосовують попередній підігрів виробу та багатошарове зварювання.

Залежно від умов експлуатації виробів у деяких випадках допускається перегрівання металу в зоні термічного впливу, тобто укрупнення зерен у металі цієї зони зварних з'єднань.

При експлуатації виробів за високих температур для підвищення опору повзучості (деформування виробу з плином часу під впливом високих температур) необхідна грубозерниста структура металу, зокрема й у зварному з'єднанні. Однак метал із надто великим зерном має знижену пластичність, тому збільшення розміру зерен допускається лише до певної межі.

При експлуатації виробів в умовах низьких температур повзучість виключена, тому необхідною є дрібнозерниста структура металу, яка забезпечує підвищену міцність і пластичність [6].

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічний склад та механічні властивості сталі наведено в табл. 1.1 та 1.2. Сталь S355K2W характеризується досить високим рівнем механічних властивостей: гарантована межа текучості становить не менше 355 МПа. Завдяки низькому вмісту вуглецю (до 0,16 %) та незначній кількості легуючих елементів (2–3 %) сталь має задовільну зварюваність. S355K2W зварюється без обмежень усіма способами зварювання. Зазначені характеристики міцності досягаються за рахунок легування марганцем, який забезпечує волокнисту структуру металу.

Хром надає сталі S355K2W підвищує міцність і корозійну стійкість. Марганець підвищує опір сталі ударним навантаженням, додатково підсилює міцність, а також сприяє зносостійкості сталі S355K2W. Додавання кремнію необхідно для підвищення ударної в'язкості.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі S355K2W, %мас [7].

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
max 0.16	max 0.5	0.5 - 1.5	max 0.03	max 0.03	0.4 - 0.8	0.25 - 0.55

Таблиця 1.2. Механічні властивості сталі S355K2W

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	KV - Енергія удару (Дж) по довжині (20°C)
470 – 630	355	22	27

1.2.2 Особливості зварювання сталі S355K2W:

Сталь S355K2W – це низьколегована атмосферостійка конструкційна сталь, яка відповідає європейському стандарту EN 10025-5 . Завдяки низькому вмісту вуглецю (до 0,16%) та обмеженій кількості легуючих елементів (марганець, кремній, хром, мідь, нікель) сталь має добру зварюваність.

Низьколеговані сталі добре зварюються всіма способами зварювання плавленням. Однак у сталях, де вуглецевий еквівалент досягає верхньої межі та спостерігається підвищений вміст марганцю і хрому, ймовірність утворення

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

холодних тріщин у зоні термічного впливу зростає. Це особливо характерно при збільшенні швидкості охолодження, що відбувається у випадках підвищення товщини металу, зварювання за негативних температур, виконання швів малого калібру тощо.

Для запобігання зазначеним недолікам при виготовленні відповідальних конструкцій застосовують попередню та наступну термічну обробку сталей. Це дає змогу отримати необхідні механічні властивості зварних з'єднань — високу міцність, пластичність або їх раціональне поєднання.

Найбільші труднощі при зварюванні сталей цього класу пов'язані із забезпеченням необхідної ударної в'язкості металу зони термічного впливу поблизу межі сплавлення, особливо при електрошлаковому зварюванні.

Сталь S355K2W зварюється всіма способами без обмежень. Проте з наведеного вище випливає, що необхідно провести оцінку її схильності до утворення гарячих і холодних тріщин.

Схильність до утворення гарячих тріщин залежить від хімічного складу сталі і оцінюється за Уїлкінсом по формулі [8]:

$$HCS = \frac{C(S + P + 0,04Si + 0,01Ni)10^3}{3Mn + Cr + Mo + V},$$

$$HCS = (0,15(0,03+0,03+0,04*0,5+0,01)*1000)/(3*1+0,6)=3,75$$

Оскільки $HSC < 4$, сталь S355K2W не схильна до утворення гарячих тріщин.

Схильність до утворення холодних тріщин залежить від хімічного складу сталі і оцінюється за еквівалентним вмістом вуглецю по формулі [9]:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \text{ \%}.$$

$$C_{\text{екв.}} = 0,15 + 0,17 + 0,12 + 0,027 = 0,47 \text{ \%}$$

Сталь не схильна до утворення холодних тріщин за умови, якщо $C_{\text{екв.}} < 4$.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення $C_{\text{екв.}} > 4$, означає, що сталь знаходиться на межі між "задовільною" та "обмеженою" зварюваністю. Це вимагає обов'язкового застосування заходів для сповільнення охолодження, особливо для товстих листів.

Широко відомий для низьколегованих сталей метод Д. Сеферіана метод розрахунку не лише $C_{\text{екв.}}$, а й температури попереднього підігріву $T_{\text{під}}$ [9]:

$$C''_{\text{екв}} = C_{\text{екв}} (1 + 0,005 \delta),$$

де $C_{\text{екв}} = C + \frac{\text{Mn} + \text{Cr}}{9} + \frac{\text{Ni}}{18} + \frac{\text{Mo}}{13}$, δ товщина металу, мм, а член $0,005 \delta C_{\text{екв}}$ враховує поправку на товщину металу:

$$T_{\text{під}} = 350 \sqrt{C''_{\text{екв}} - 0,25}, \quad ^\circ\text{C}.$$

δ , мм	$T_{\text{під}}$, $^\circ\text{C}$
12	110
16	113
25	120
30	125

Розрахунки відповідають EN 1011-2:2001. Welding — Recommendations for welding of metallic materials [9].

Згідно з рекомендаціями EN 1011-2 та практичними даними, попередній підігрів є обов'язковим для товстих листів. Для товщин ≤ 25 мм рекомендована температура підігріву $80 - 120$ $^\circ\text{C}$ (уповільнення охолодження, дифузія водню), > 25 мм – $120 - 150$ $^\circ\text{C}$ (зняття термічних напружень, запобігання гартуванню в ЗТВ.)

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Аналіз технології складання та зварювання балок

Для розробки технології виготовлення сережки необхідно провести аналіз технології виробництва подібних балок. Сережка являє собою балку коробчастого перерізу, які бувають двох типів: з діафрагмами та без діафрагм.

Порівняно з двотавровими балками, виготовлення коробчастих балок є технологічно складнішим. Процес виготовлення починається з підготовки заготовок, які виконуються з листової сталі. Розрізання листів здійснюється переважно механічним способом. Термічне різання застосовується обмежено, оскільки термічний цикл різання спричиняє виникнення залишкових напружень і деформацій, а також призводить до зміни структури металу в зоні термічного впливу.

Для виготовлення балок значної довжини використовуються два технологічні процеси:

1) завчасно, з використанням зварювання, виготовляються заготовки, що відповідають довжині балки;

2) виготовляють «короткі» балки, які зварюються між собою

Загальні вимоги до виготовлення балок:

1. Балка повинна виготовлятися з попередньо виготовлених і виправлених деталей та вузлів;

2. Складання та зварювання балки повинно виконуватися на стенді або спеціалізованій складально-зварювальній дільниці;

3. Перед складанням балки необхідно на заготовки наносити контрольні лінії на місцях встановлення дотичних елементів балки та теоретичні лінії для контролю поперечного та поздовжнього прогину. Контрольні та теоретичні лінії піддаються контролю ВТК до і після звільнення балки від стенду;

4. Балка здається ВТК поопераційна;

5. Контроль якості зварних швів виконується згідно Держстандартів та інших нормативних документів підприємства.

Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

131.4127ст3.03.05.02.ПЗ

Лист

Типовий технологічний процес виготовлення балки коробчастого типу

Виготовлення балки коробчастого типу (рис.1.2) можливо розділити на наступні етапи:

1.Складання та зварювання верхньої полиці; зачищення швів та контроль якості зварних з'єднань; здавання верхньої полиці ВТК;

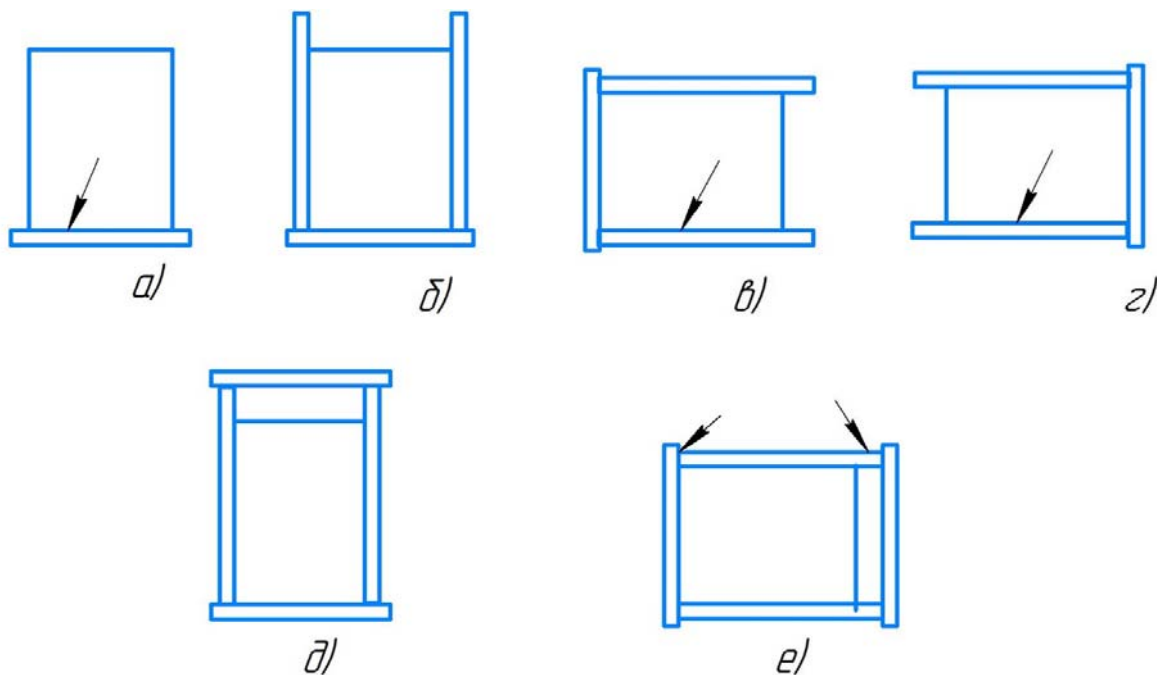


Рис. 1.2. Технологічна послідовність виготовлення коробчастої балки

2.Встановлення діафрагм на верхню полицю та їх зварювання з верхньою полицю (рис.1.2,а);

3.Складання та зварювання вертикальних бокових стінок, зачищення швів та контроль якості зварних з'єднань; контроль ВТК;

4.Встановлення бокових вертикальних стінок на верхню полицю (рис. 1.2,б); зварювання вертикальних стінок з діафрагмами (балку кантують щоб здійснювати зварювання в нижньому положенні - рис. 1.2,в,г); зачищення зварних швів; контроль якості зварних з'єднань; ґрунтування та фарбування внутрішніх поверхонь балки; контроль ВТК;

5.Складання нижньої полиці балки; контроль якості зварних з'єднань; контроль ВТК;

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6.Встановлення нижньої полиці балки на зварений остов (рис. 1.2,д); зварювання нижньої та верхньої полиці з вертикальними стінками (рис. 1.2,е); зачищення швів та контроль якості зварних з'єднань; контроль ВТК.

Балки коробчастого перерізу складаються з нижнього пояса, бічних вертикальних стінок, верхнього пояса, великих і малих діафрагм та кутників. Вертикальні стінки, а також нижній і верхній пояси виконуються з окремих листових елементів, з'єднаних між собою стиковими зварними швами. Для формування будівельного підйому вертикальні стінки виготовляють із окремих елементів спеціального розкрою.

Коробчасті балки виготовляють на потокових лініях. На складальних позиціях встановлені портали з гідравлічними домкратами, які забезпечують притискання заготовок під час складання.

На потоковій лінії використовується спосіб складання «розсипом». Його сутність полягає у формуванні будівельного підйому за допомогою спеціального пристрою та послідовного складання елементів вертикальних стінок з верхнім поясом і між собою. Така послідовність обумовлена необхідністю створення жорсткої основи для подальшого монтажу бічних стінок, забезпечення їх прямолінійності та симетрії відносно верхнього пояса.

Після зварювання діафрагм встановлюють бічні стінки, які притискають гідравлічними притисками та прихоплюють до діафрагм. Потім П-подібний профіль кантують (див. рис. 1.2, в, г) і виконують зварювання стінок з діафрагмами внутрішніми кутовими швами.

Складання завершують установкою нижнього пояса (див. рис. 1.2, д). Зварювання поясних швів виконують після завершення складання нахиленим електродом без повороту балки в положення для зварювання в «човник» (див. рис. 1.2, е). Це зумовлено тим, що для балок коробчастого перерізу підрізи в поясному шві є менш небезпечними, ніж для двотаврових, оскільки зосереджені зусилля передаються з пояса на стінки не безпосередньо, а головним чином через поперечні діафрагми. Обидва поясні шви зварюються одночасно автоматичними головками, шарнірно закріпленими на порталі.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До недоліків цієї технологічної лінії слід віднести наступне. Через можливу неточність розкрою листів при виготовленні елементів вертикальних стінок у процесі складання в місцях стикування утворюються зазори різної величини. Це призводить до того, що фактичний будівельний підйом вертикальних стінок часто відрізняється від запроектованого. Вимірювання будівельного підйому виконують лише після повного складання балки, а виправлення конструкції, зібраної з таким дефектом, є складним завданням.

Зварювання діафрагм, кутників жорсткості та внутрішніх стикових швів вертикальних стінок виконується всередині балки вручну, у складних і шкідливих для зварювальника умовах, оскільки він змушений вдихати небезпечні гази. Це часто призводить до виникнення різноманітних дефектів, аж до відриву діафрагм від вертикальних стінок. Крім того, ручне зварювання є малопродуктивним і виступає слабкою ланкою в потокових виробничих лініях.

Уникнути цих недоліків дозволяє застосування так званого «гардинного» способу складання. Його суть полягає в тому, що на гребінку (верхній пояс із діафрагмами) встановлюють не окремі елементи вертикальних стінок, а одразу обидві стінки, зібрані у вигляді «гардин» на спеціалізованих стендах із точно виставленими упорами. Під час складання таких гардин недоліки розкрою елементів компенсуються за рахунок регулювання зазорів у стиках. У результаті бокові стінки отримують необхідний будівельний підйом відповідно до проектних вимог.

Оскільки стінка у вертикальній площині має високу жорсткість, вона слугує своєрідним шаблоном: до неї притискається більш гнучка гребінка, після чого виконується її прихоплення.

Значно підвищується якість складання і продуктивність праці при використуванні кантувачів, що дозволяють кантувати пояси безпосередньо над стендом, є можливість зварювати пояси з обох боків високопродуктивними способами.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки та завдання дипломного проекту

Аналіз технології складання та зварювання і вивчення конструктивних особливостей серги дозволяє зробити наступні висновки:

1. У результаті аналізу конструкції сережки встановлено, що вона належить до балок коробчастого перерізу, які характеризуються підвищеною жорсткістю та здатністю сприймати складні навантаження, включаючи згин і кручення. Конструкція виготовляється зі сталі S355K2W, яка має добру зварюваність, достатню міцність і підвищену корозійну стійкість.

2. Розглянуто особливості зварювання низьколегованих сталей та встановлено, що при зварюванні можливе утворення небажаних структур і тріщин, тому необхідно застосовувати попередній підігрів і контролювати тепловий режим.

3. Для виготовлення серги обрано сталь S355K2W – атмосферостійку конструкційну сталь підвищеної міцності (межа текучості ≥ 355 МПа, ударна в'язкість 27 Дж при -20°C). Аналіз хімічного складу ($\leq 0,16\%$ C; 0,5-1,5% Mn; 0,4-0,8% Cr; 0,25-0,55% Cu) показав, що завдяки низькому вуглецевому еквіваленту ($C_{\text{екв}} = 0,47\%$) сталь має задовільну зварюваність і не потребує особливих обмежень при зварюванні.

4. Виконано розрахунки схильності сталі до утворення тріщин: За методом Уїлкінса, коефіцієнт схильності до гарячих тріщин $HCS = 3,75$, що менше 4, отже, сталь не схильна до утворення гарячих тріщин. За методом Сеферіана, розраховано температуру попереднього підігріву $T_{\text{під}}$. Для товщин ≤ 25 мм рекомендована температура підігріву $80 - 120^{\circ}\text{C}$, > 25 мм – $120 - 150^{\circ}\text{C}$, що відповідає рекомендаціям стандарту EN 1011-2.

На підставі проведеного аналізу виготовлення балок коробчастого перерізу, для досягнення поставленої мети – розробка технології складання та зварювання тракторної зчіпної шарнірної сережки, необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Вибрати раціональну послідовність складання та зварювання тракторної зчіпної шарнірної сережки

2. Вибрати спосіб зварювання та розрахувати режими зварювання.

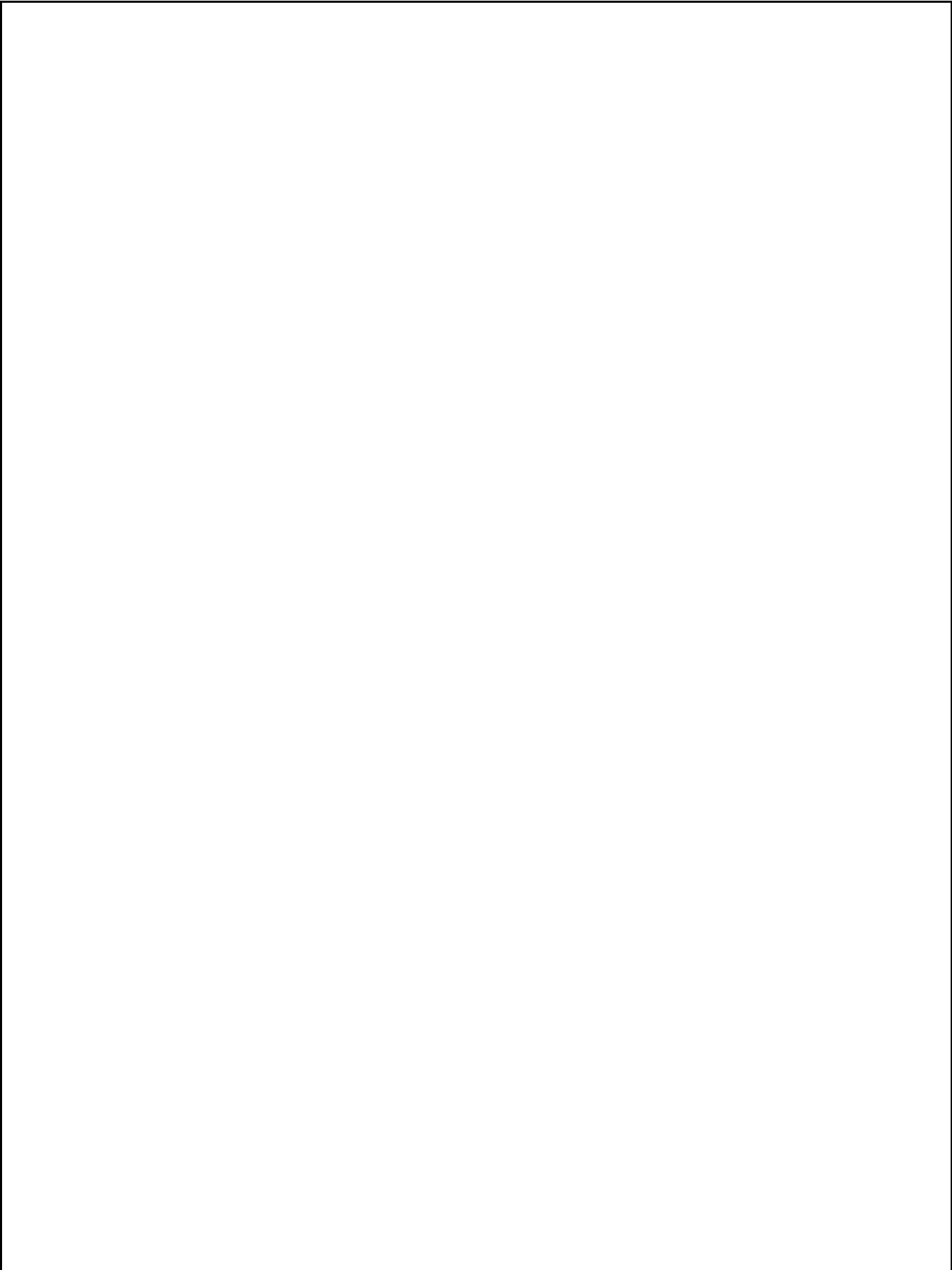
					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Виконати дослідження структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань.

4. Вибрати зварювальні матеріали й устаткування;

5. Розрахувати собівартість виконання зварювальних робіт.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ																	
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата	Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань																	
Студент	Довбня С.В.														Лит			Лист		Листів		
Керівник	Лабарткава																	1				
Консулт															НУК ім. Адм. Макарова							
Зав.кафед	Драган С.В.																					

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ І ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

2.1. Характеристика зварних з'єднань; типи та розміри зварних з'єднань.

Конструкція серезки характеризується малими розмірами зварних швів та невеликими габаритами. Основними типами зварних з'єднань є кутові та з'єднання внапусток. Параметри з'єднання внапусток наведено в таблиці 2.1, а кутового з'єднання — відповідно до креслення, згідно з призначенням конструктора.

Таблиця 2.1. Характеристика зварних з'єднань

З'єднання	t_1 , мм	t_2 , мм	b , мм	c , мм	z , мм	h , мм	R , мм	β , град.
№1	12	25; 30	0 – 1	–	10	–	–	–
№2	30	25	0 – 1	<2	–	$t/3 - t/2$	–	35 – 60

Зварні з'єднання та зварні вузли приведені на рис. 2.1...2.2.



Рис. 2.1. З'єднання № 1 (3.1.2):

a – складання, *б* – зварне з'єднання



Рис. 2.2. З'єднання № 2 (2.9.1):

a – складання, *б* – зварне з'єднання

2.2 Обґрунтування способу зварювання.

Сталь S355K2W характеризується доброю зварюваністю, що дозволяє застосовувати різні способи зварювання для виготовлення конструкції. Вибір способу визначається вартістю наплавленого металу та продуктивністю процесу. Для даної конструкції доцільним є застосування механізованого зварювання в середовищі захисного газу.

Сутність механізованого зварювання:

Механізоване дугове зварювання плавким електродом у середовищі захисного газу є різновидом електричного дугового зварювання. Воно характеризується автоматичною подачею електродного дроту з постійною швидкістю та ручним переміщенням зварювального пальника вздовж шва. У процесі зварювання дуга, виліт електродного дроту, розплавлена ванна та прилегла до неї зона захищаються захисним газом від впливу атмосферного повітря.

Як джерело живлення застосовуються зварювальні випрямлячі з жорсткою або пологоспадаючою зовнішньою вольт-амперною характеристикою. Така характеристика забезпечує автоматичне відновлення заданої довжини дуги у разі її порушення, наприклад, через коливання руки зварювальника. Зараз є широкий вибір зварювальних електродних дротів для зварювання у захисних газах, які розрізняються за хімічним складом і діаметром. Вибір хімічного складу електродного дроту залежить від матеріалу виробу і від типу захисного газу, що

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовується. Хімічний склад електродного дроту повинен бути близьким до хімічного складу основного металу. Діаметр електродного дроту залежить від товщини основного металу, типу зварного з'єднання і положення зварювання.

Захисний газ призначений для ізоляції зварювальної ванни, електродного дроту та дуги від прямого контакту з повітрям. Крім того, він впливає на стабільність горіння дуги, формування шва, глибину проплавлення та міцність зварного з'єднання.

Спосіб зварювання, у якому електродний дріт подається автоматично, а переміщення зварювального пальника вздовж шва здійснюється вручну, називається механізованим. Відповідне обладнання позначається як апарат механізованого зварювання. Водночас зварювання в захисних газах може виконуватися й в автоматичному режимі — з використанням пересувних зварювальних голів.

Області застосування. Процеси зварювання в середовищі захисних газів придатні для з'єднання більшості поширених металів: нелегованих і низьколегованих сталей, нержавіючих сталей, алюмінію та деяких інших кольорових металів. Зварювання можливе у всіх просторових положеннях. Завдяки численним перевагам цей метод набув широкого поширення в різних галузях промисловості.

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу при використанні електродного дроту Св-08Г2С спостерігається значне розбризкування електродного металу (до 15%) і підвищена лускатність шва.

Якщо виконувати зварювання з використання суміші газів (Ar+CO₂, 18%) розбризкування електродного металу складає до 5%. Разом з цим суттєво покращується формування зварного з'єднання (лускатність шва майже відсутня).

Науковими дослідженнями доведено, що рівень втрат на розбризкування суттєво залежить від співвідношення напруги та струму зварювання, чистоти поверхні дроту, магнітного дуття, динамічних властивостей джерела живлення, а також від техніки зварювання та кваліфікації зварника.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки зварювання в захисних газах:

- відкрита дуга, що підвищує небезпеку ураження зору світловим випроміненням;
- потреба захисту зони зварювання від протягів, що утруднює зварювання в монтажних умовах на відкритому повітрі;
- втрати металу на розбризкування, наявність газової апаратури, в деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників.

Основні переваги зварювання в захисних газах:

- висока продуктивність (у 2,5 рази вища порівняно з ручним дуговим зварюванням покритим електродом), низька вартість при використанні активних захисних газів;
- простота механізації та автоматизації;
- можливість зварювання в різних просторових положеннях;
- мала зона термічного впливу й відносно невеликі деформації виробу внаслідок високого ступеня концентрації тепла дуги;
- висока якість захисту, немає потреби захищати шов при багат шаровому зварюванні, доступність процесу зварювання металу різної товщини (від десятих часток міліметра до десятків міліметрів), можливість спостереження за утворенням шва;
- висока якість зварних з'єднань металів та їх сплавів різної товщини;
- відсутність операцій з засипання й прибирання флюсу та вилучення шлаку.

Отже, порівнявши усі недоліки та переваги, можна стверджувати, що для конструкції більш доцільне використання механізованого зварювання в середовищі захисного газу $Ar+18\% CO_2$ [4,6,9].

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок режимів зварювання.

Розрахунок режимів зварювання виконується за двома схемами [11].:

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

В дипломному проєкті всі зварні з'єднання розраховуються за схемою № 1, так як всі зварні з'єднання виконуються кутовими швами, мною проведені розрахунки двох типів з'єднання.

До початку розрахунку мають бути визначені такі вихідні дані:

- тип з'єднання – Н1 та У8
- просторове положення- нижнє
- товщина з'єднуваних елементів-30,25,12,16мм
- спосіб зварювання- в суміші захисних газів $Ar+18\%CO_2$

Розрахунок основних параметрів. Шов №1. ДСТУ ISO 9692-1 – 3.1.2 (Н1) катет 10 мм, діаметр електрода 1,2 мм, без скосу крайок

Для зварного з'єднання Н1 розрахунок режимів зварювання виконується за площею наплавленого металу в наступній послідовності:

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

Вихідними даними є товщина зварюваного металу S - 25...30мм і катет шва 10 мм.

Параметри, що задаються:

- діаметр електрода d_e вибирається в залежності від товщини або катета;
- діаметр дроту d_e – 1,2 мм;

Параметри, що розраховуються:

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

$$I_{зв} = (\pi d_e^2 / 4) \cdot j$$

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

приймаємо j – 160 А/мм²

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{зв} = (3,14 \cdot 1,2^2 / 4) \cdot 160 = 180 \text{ A}$$

2) Напруга на дузі для ручного зварювання залежить від типу електрода і довжини дуги і приймається $U_0 = 16 \dots 30 \text{ В}$; для зварювання під флюсом і в вуглекислому газі :

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

де d_e підставляється в мм.

$$U_A = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \right) \cdot 180 + 1 \text{ В} = 30 \text{ В}$$

3) Повна площа наплавленого металу F_H (мм²) визначається геометрією зварного з'єднання, а площа F_i шару наплавленого металу – способом зварювання. Для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід знаходиться в межах від $F_1 = 30$ до 70 мм^2

$$F_H = K^2 / 2 + 1,05K$$

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

Повна площа наплавленого металу $F_H = 60,5 \text{ мм}^2$

Напусткове з'єднання Н1 зварюється за два проходи:

$$n = \frac{F_{1H} - F_1}{F_1} + 1$$

$$n = \frac{60,5 - 30}{30} + 1 = 2$$

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

$$V_{зв} = \frac{\alpha_H \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_i}, \text{ м/ГОД.},$$

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

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$V_{зв.} = (19 \cdot 180) / (7,8 \cdot 30) = 14,6 \text{ м/год} = 0,41 \text{ см/с}$$

5) Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{зв}}, \text{ Дж/см,}$$

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

$$q_n = (180 \cdot 30 \cdot 0,75) / 0,32 = 12656 \text{ Дж/см}$$

Шов 2. Шов зі скосом двох кромek, зварювання у захисних газах $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$, згідно ДСТУ ISO 9692-1 – 2.9.1 (кутовий У8).

Для зварного з'єднання У8 розрахунок режимів зварювання виконується за площею наплавленого металу в наступній послідовності:

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

Вихідними даними є товщина зварюваного металу $S = 25 \dots 30 \text{ мм.}$

Параметри, що задаються: діаметр електрода d_e вибирається в залежності від товщини або катета діаметр дроту – $d_e 1,2 \text{ мм;}$

Параметри, що розраховуються:

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

$$I_{зв} = (\pi d_e^2 / 4) \cdot j$$

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

$$j = 160 \text{ А/мм}^2$$

$$I_{зв} = (3,14 \cdot 1,2^2 / 4) \cdot 160 = 180 \text{ А}$$

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

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де d_e підставляється в мм.

$$U_A = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \right) \cdot 180 + 1 \text{ В} = 30 \text{ В}$$

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

$$F = Sb + 0,25(S-c)^2 \text{tg} \alpha + 0,75(eg + e_1 g_1)$$

$$F = 30 \cdot 1 + 0,25(30-2)^2 \text{tg} 40 + 0,75(19 \cdot 2 + 17 \cdot 2) = 30 + 0,25(28)^2 \cdot (-1,12) + 0,75 \cdot 72 = 30 + 220 + 54 = 304 \text{ мм}^2$$

Для 1-го проходу $F_1 = 30$ мм², наступні шари $F_n = 40$ мм².

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

$$n = (F_H - F_1) / F_n + 1 = (304 - 30) / 40 + 1 = 7,85 \text{ (приймаємо 8 проходів)}$$

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

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

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

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

$$V_{\text{зв.}} = (19 \cdot 180) / (7,8 \cdot 40) = 11 \text{ м/год} = 0,30 \text{ см/с}$$

5) Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{\text{зв}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta}{V_{\text{зв}}}, \text{ Дж/см},$$

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$q_n = (180 \cdot 30 \cdot 0,75) / 0,30 = 13500 \text{ Дж/см}$$

У табл.2.2. наведено розрахункові режими зварювання.

Таблиця 2.2 Розрахункові режими зварювання

Номер з'єднання	$I_{зв}, \text{ A}$	$U_{д}, \text{ В}$	$V_{зв}, \text{ см/с}$	$q_{п}, \text{ Дж/см}$	Кількість проходів
Н1 (3.1.2)	180	30	0,41	12656	2
У8 (2.9.1.)	180	30	0,30	13500	8

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

Розрахунок зварювального термоциклу є обов'язковим, оскільки він безпосередньо впливає на формування структури та фізико-механічні властивості як зварного шва, так і зони термічного впливу (ЗТВ).

Якщо проплавлення металу відбувається на всю товщину (наприклад, при стиковому з'єднанні, що виконується за один-два проходи), розрахункова схема тіла приймається як пластина. У всіх інших випадках — зокрема, при неповному проплавленні, а також при виконанні кутових швів чи наплавленні — за розрахункову схему приймають масивний виріб.

У механізованих способах зварювання швидкість переміщення джерела нагріву є значно вищою порівняно з ручним зварюванням. Це дозволяє знехтувати поширенням тепла вздовж напрямку руху джерела. Відповідно, розрахункові формули суттєво спрощуються. Наприклад, при наплавленні на масивний виріб розрахунок температури в будь-якій точці тіла в будь-який момент часу виконується за формулою [11,12]::

$$T(r_0, t) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot v \cdot t} \cdot e^{\frac{-r_0^2}{4at}} + T_0,$$

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 ; $r_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$ – відстань в площині, що розглядається від обраної точки до вісі переміщення джерела;

q – ефективна теплова потужність дуги;

T_0 – 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 багатопарового з'єднання Н1 ГОСТ 14771-76:

$$q = I_{зв} * U_d * \eta = 180 * 30 * 0,75 = 4050 \text{ Дж/с.}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma \nu_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 4050}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,41 \cdot 1350}} = 0,59 \text{ см}$$

Розрахунок зміни температури в часі в точці $r_0 = 0,59$ см для з'єднання Н1 наведено у табл. 2.3.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3. Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,59$ см

t, с	T, °C
1	11670
2	3387
3	1884
4	1290
5	978
6	786
7	656
8	563
9	493
10	438
11	395
12	359
13	329
14	304
15	282
16	263
17	247
18	232
19	219
20	208
25	164
30	136
35	116
40	101
45	90
50	80

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги для багат шарового з'єднання
У8:

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 180 \cdot 30 \cdot 0,75 = 4050 \text{ Дж/с.}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma \nu_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 4050}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,30 \cdot 1350}} = 0,68 \text{ см}$$

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розривунок зміни температури в часі в точці $r_0 = 0,68$ см для з'єднання Н1 наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,68$ см

t, c	T, °C
1	22797
2	5534
3	2900
4	1928
5	1435
6	1140
7	944
8	805
9	701
10	621
11	557
12	505
13	462
14	426
15	395
16	368
17	344
18	324
19	305
20	289
25	228
30	188
35	160
40	139
45	123
50	111

Розрахунок температури A_{C3} .

$$A_{C3} = 910 - 230C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo =$$

$$910 - 230 * 0,15 + 32 * 0,5 - 25 * 1 - 8 * 0,6 = 860 \text{ } ^\circ C$$

Графіки залежності $T=f(t)$ зварного термічного циклу наведений на рис.2.3.

Оскільки найближчий аналог за хімічним складом (містить хром, нікель, мідь), що забезпечує аналогічну атмосферну корозійну стійкість сталі S355K2W є

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

сталь 10ХСНД то використовуємо діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі 10ХСНД наведена на рис.2.4.

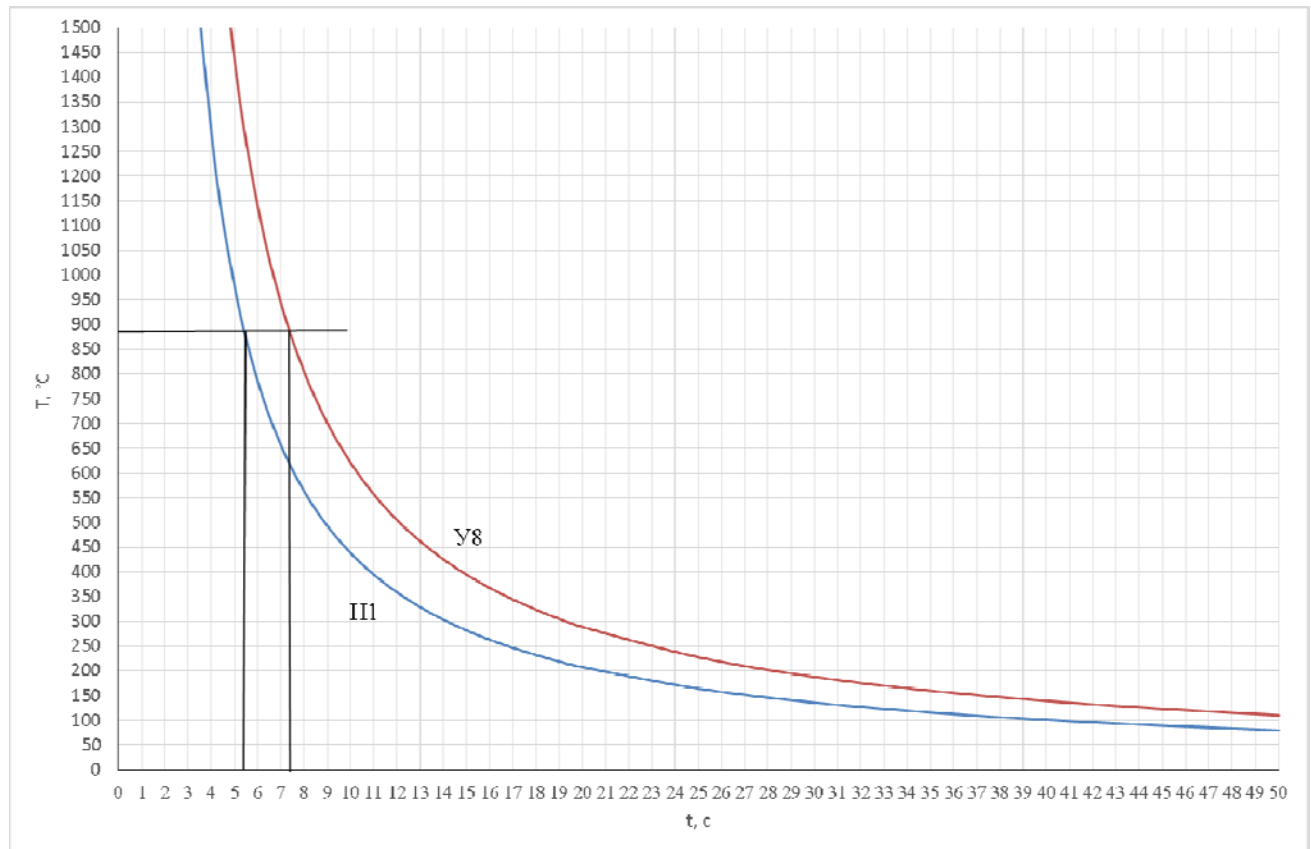


Рис.2.5. Графік залежності $T=f(t)$ зварних термічних циклів

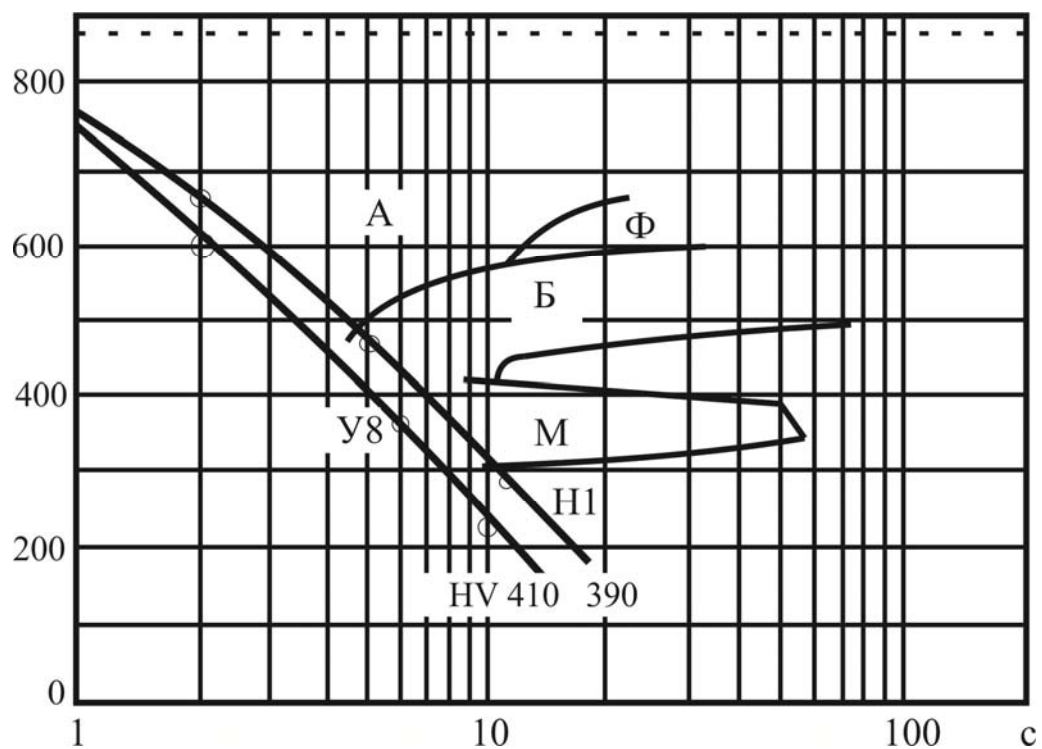


Рис.2.6. Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі S355K2W

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Аналіз отриманої структури

В результаті розрахунку термоциклів при зварюванні кутового та з'єднання у напусток, аналізу діаграми термодіаграми перетворення аустеніту була визначена очікувана структура зварних з'єднань.

Для кутового з'єднання при механізованому зварюванні утворюється структура Ф+П з діапазоном твердості по діаграмі термодіаграми перетворення аустеніту сталі S355K2W HV=410.

Для нахлесточного з'єднання при механізованому зварюванні утворюється структура Ф+П з діапазоном твердості по діаграмі термодіаграми перетворення аустеніту сталі S355K2W HV=390

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:

1. Для виготовлення серезки мостового крана застосовується механізоване зварювання в суміші захисних газів $\text{Ar} + \text{CO}_2$. У роботі обґрунтовано вибір та виконано розрахунок режимів цього процесу зварювання, а також визначено необхідні типи зварних з'єднань.

2. При механізованому зварюванні кутового з'єднання зі сталі S355K2W формується структура фериту та перліту (Ф+П). Твердість цієї структури, згідно з діаграмою термкінетичного перетворення аустеніту, становить HV 410.

3. При механізованому зварюванні з'єднання внапусток зі сталі S355K2W формується ферито-перлітна структура (Ф+П). Твердість цієї структури, визначена за діаграмою термкінетичного перетворення аустеніту, становить HV 390.

					131.4127ст3.03.05.02.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ								
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата									
Студент	Довбня С.В.				Технологічний процес складання та зварювання конструкції				Лит		Лист		Листів
Керівник	Лабарткава О.В.										1		
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова				
Зав.кафед	Драган С.В.												

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Принципова послідовність складання та зварювання серезки

Технологічний процес виготовлення заготовок із прокату розпочинається з підбору металу за розмірами та марками сталі. У подальшому можуть виконуватися такі операції: правка, розмітка, різання, оброблення кромek, згинання та очищення під зварювання.

Очищення та ґрунтування листів.

Очищення поверхні виконується механічними та хімічними способами. До механічних належать дробоструминна та дробометальна обробка, зачистка на верстатах, а також ручне зачищення. Хімічні способи включають струминне та ванне очищення.

Для виготовлення серезки доцільним є застосування дробоструминного методу. Його сутність полягає у впливі кінетичної енергії дробу, який подається дробоструминним апаратом на поверхню металевго листа.

Очищення поверхонь рекомендується виконувати в такій послідовності. Перед зварюванням необхідно ретельно видалити жировий шар. Для цього поверхню металу на відстані від кромки знежирюють ацетоном, бензином або іншими розчинниками.

Оксидну плівку видаляють механічним або хімічним способом. Механічне зачищення виконують наждаковим папером, шабером або металевими щітками. Хімічне травлення проводять протягом 0,5–1 хв. у реактиві такого складу: 1 л води, 50 г їдкого натрію технічного, 45 г натрію фтористого технічного. Після травлення деталей промивають проточною водою та просушують стисненим повітрям за температури 80–90 °С до повного видалення вологи.

Зачищена поверхня зберігає свої властивості протягом декількох днів. Однак шабрування слід виконувати безпосередньо перед зварюванням. При тривалішому зберіганні на зачищеній поверхні може утворитися оксидна плівка, яка адсорбує вологу з повітря, а також можливе забруднення кромek пилом. Для

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

запобігання дефектам зварних швів (зокрема пористості) необхідно повторно зачистити кромки.

Після очищення листи піддають ґрунтуванню — на їхню поверхню наносять шар ґрунтовки для захисту від корозії та забруднень.

Розмітка.

При серійному виготовленні деталей із листового металу різання можливе без попередньої розмітки. Однак для забезпечення геометричної точності розмітка є обов'язковою операцією.

Виготовлення деталі починається з розмітки листа за шаблоном із використанням лінійки, циркуля, керна та молотка.

Контроль точності розмітки здійснює відділ технічного контролю (ВТК) заводу. Листи подаються на різання, якщо відхилення від заданих розмірів не перевищують 5 мм для довжини до 10 м та 10 мм для довжини понад 10 м, а різниця діагоналей розміченого прямокутника становить не більше 5 мм.

Під час розмітки необхідно враховувати припуски на лінійне укорочення від зварювання, які мають бути зазначені в технологічній документації.

У середній частині кожної розміченої на листі заготовки поза зоною подальшої обробки наноситься маркування із зазначенням:

- Марки сталі;
- Номера правки;
- Порядкового номера заготовки;
- Діаметра;
- Товщини листа;
- Позначення креслення;

Різання металу

При виготовленні деталей використовують два способи різання:

- Механічне;
- Газове;

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічне різання здійснюється за допомогою ножиць — гільйотинних, дискових, прес-ножиць. Однак застосування механічного різання має певні обмеження, зумовлені можливим збоєм розмітки або невідповідністю необхідній якості різу.

Крім механічного, використовують кисневе, лазерне та електроконтактне різання. Лазерне різання є досить дорогим методом. Проте сучасний досвід свідчить, що його переваги стають очевидними у випадках, коли до деталей висуваються підвищені вимоги щодо геометричної точності. Плазмове різання більш підходить для деталей, так як висока концентрація енергії в плазмі сприяє мінімальним деформаціям і великій точності [2].

Для виготовлення даної конструкції застосовується газокисневе різання металу. Цей спосіб ґрунтується на здатності заліза згоряти в струмені кисню при температурі 1300–1350 °С. Завдяки належній спрямованості та достатній інтенсивності кисневого струменя процес згоряння відбувається настільки швидко, що ділянки, прилеглі до смуги різання, не встигають суттєво нагрітися.

Для автоматичного різання використовують стаціонарні газорізальні установки, обладнані спеціальними столами для укладання листів. Під час різання лист залишається нерухомим, а різак (або блок різаків) переміщується вздовж лінії різу.

Після різання виконують очищення кромek деталей. Оброблення крайок здійснюють вручну за допомогою шкребків. Невеликі деталі, вирізані за розміткою, перевіряють вимірюванням відстані від крайок до контрольної лінії з використанням вимірювальних інструментів або спеціальних шаблонів. За потреби після різання деталі піддають правленню на багатовалковій листопрямильній машині.

Складання та зварювання

Деталі після калібрування, очищення від окалини та оброблення поздовжніх кромek надходять на складальний пристрій — позиціонер. Позиціонер є обов'язковим обладнанням зварювального цеху. Він дає змогу

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

розмістити та зафіксувати виріб у положенні, необхідному для виконання зварювальних робіт.

Позиціонери використовуються для ручного, напівавтоматичного та автоматичного зварювання. Конструктивно вони складаються з основи, на якій закріплено металевий стіл-круг, що обертається зі швидкістю зварювання. На цьому столі виріб фіксується за допомогою фіксаторів.

Окрім обертання, позиціонери здатні забезпечувати необхідне просторове положення виробу у вертикальній площині — завдяки можливості зміни кута нахилу основи. Позиціонери, які мають обидві функції (обертання та нахил), називають універсальними.

До типової технології складання та зварювання сережки ставлять такі вимоги:

1. Серезка виготовляється з попередньо виготовлених та виправлених вузлів.
2. Складання та зварювання виконується на складально-зварювальній площадці.
3. При виготовленні необхідно наносити контрольні лінії на місцях встановлення дисків, посилень, стінок.
4. Контроль якості зварних швів виконують згідно ДСТУ EN ISO 17637:2017 та ДСТУ EN ISO 17640, 13588.

Далі виконують роботи за послідовністю представленої на рис.3.1.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СЕРЕЖКИ

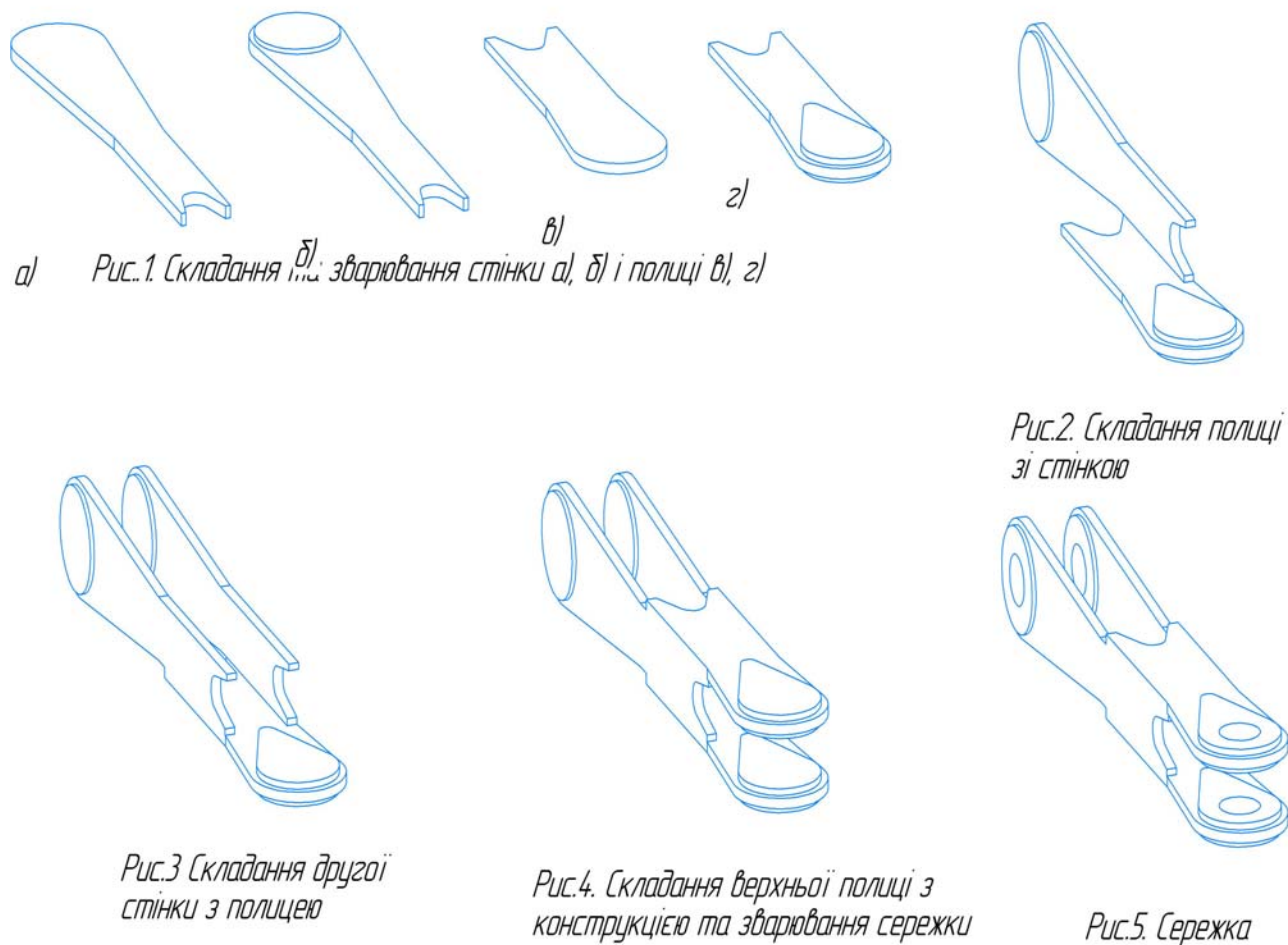


Рис. 3.1. Технологія виготовлення сережки

3.2.Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

Механічні та фізико-хімічні властивості металу зварного шва значною мірою залежать від його хімічного складу. Саме тому правильний підбір зварювальних матеріалів є ключовим для забезпечення необхідної надійності та якості конструкції.

Основною вимогою при виборі матеріалів для зварювання низьковуглецевих сталей є отримання міцних швів без пор та інших дефектів. Поява пор, як правило, пов'язана з насиченням металу шва воднем і азотом, а також із уповільненням процесу окислення вуглецю під час кристалізації зварювальної ванни.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Третьою умовою є отримання металу шва з вимогами щодо експлуатації міцності.

Четверта умова – низька собівартість і доступність зварювальних матеріалів [9].

Для виготовлення серезки використовується сталь S355K2W.

Зварювальний дріт ER70S-6 забезпечує стійке горіння дуги в широкому діапазоні режимів зварювання – від крапельного до струминного перенесення електродного металу в зварювальну ванну.

ER70S-6 – це омеднений зварювальний дріт, який є одним із найпоширеніших матеріалів для напівавтоматичного зварювання (MIG/MAG) вуглецевих та низьколегованих сталей

Дріт ER70S-6 розроблений для зварювання: низьковуглецевих та середньовуглецевих сталей; низьколегованих сталей (з межею міцності до 490–550 МПа).

Високий вміст кремнію (Si) та марганцю (Mn) є ключовою особливістю цього дроту. Вони діють як розкислювачі, що дозволяє зварювати метал з іржею або забрудненнями (окалина, масло) без утворення пор. Хімічний склад зварювального дроту ER70S-6 наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Хімічний склад зварювального дроту ER70S-6, % мас.

C	Mn	Si	S	P	Cu
0,06 – 0,15	1,40 – 1,85	0,80 – 1,15	≤ 0.035	≤ 0.025	≤ 0.50

Наплавлений метал дротом ER70S-6 має наступні механічні властивості таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Механічні властивості наплавленого металу дротом ER70S-6

Б _т , МПа	Б _в , МПа	d, %	Ударна в'язкість KCV, Дж/см ²
			-30 С ⁰
420 – 450	540 – 570	25 - 30	50-90

Аналоги та відповідності стандартам.

Різних системах стандартизації цей дріт має такі позначення:

AWS (USA): A5.18 ER70S-6 (найпоширеніша міжнародна марка) .

ДСТУ / ГОСТ (Україна/СНД): Св08Г2С (є прямим аналогом за хімічним складом).

EN (Європа): G3Si1 (згідно з ISO 14341).

Технологічні особливості.

Захисний газ: Використовується 100% вуглекислий газ (CO₂) або суміш Ar + CO₂ (наприклад, 80/20).

Покриття: Омеднення (мідне покриття) запобігає корозії дроту під час зберігання, покращує електричний контакт у наконечнику та зменшує знос механізмів подачі.

Розбризкування: Завдяки збалансованому складу забезпечує мінімальне розбризкування металу та стабільне горіння дуги.

ER70S-6 (аналог Св08Г2С) — це універсальний дріт з підвищеним вмістом розкислювачів (Mn та Si), що робить його "толерантним" до якості підготовки поверхні. Він забезпечує формування міцного, пластичного та щільного зварного шва, що є критичним для надійності конструкцій, про що йшлося у попередньому тексті .

Зазначені хімічні склади та механічні властивості можуть незначно варіюватися залежно від виробника (наприклад, Gradient, BLUETOOLS, Linkweld, JASIC), але відповідають вимогам стандарту AWS A5.18 .

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведений аналіз підтверджує, що зварювальний дріт ER70S-6 відповідає встановленим вимогам і може бути рекомендований для використання в комбінації із захисною газовою сумішшю Ar + 18% CO₂ під час зварювання сережки.

3.3.Обґрунтування вибору зварювального обладнання

До зварювального обладнання висувають комплекс вимог, які охоплюють якість і продуктивність технологічного процесу, надійність функціонування, ергономічні характеристики, раціональне витрачання матеріалів та електроенергії, а також мінімальну вартість обладнання.

- Для досягнення високої якості зварних з'єднань необхідно забезпечити виконання таких умов:

- точне складання та фіксація елементів у робочій зоні з урахуванням особливостей заготовки (відхилень геометричних розмірів і форми, наявності окалини, бризок металу тощо) та виникнення зварювальних деформацій;

- ефективний захист зварювальної ванни від атмосферного впливу шляхом подачі захисного газу або флюсу, використання самозахисних дрітів, вакуумних камер та інших засобів;

- стабільне положення та орієнтація джерела нагріву відносно стику з компенсацією випадкових відхилень лінії з'єднання від розрахункової траєкторії;

- підтримання заданих параметрів зварювального процесу (або їх зміна за визначеним алгоритмом) з урахуванням випадкових відхилень підготовлених кромок від номінальних значень;

- впровадження прогресивних зварювальних технологій (форсовані режими, багатодугове та багатоелектродне зварювання, застосування стрічкових електродів тощо).

Підвищення продуктивності зварювального виробництва забезпечується шляхом впровадження механізації, автоматизації та роботизації. Крім того, автоматизація та роботизація сприяють суттєвому підвищенню якості з'єднань та стабільності їхніх характеристик.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Високої надійності зварювального обладнання, що є ключовим фактором якості шва та продуктивності, досягають шляхом:

- забезпечення стабільної роботи у складних умовах експлуатації (високі температури, потужні магнітні поля, інтенсивне світлове випромінювання, розбризкування металу, виділення пилу та аерозолів);
- підвищення ресурсу швидкозношуваних елементів;
- впровадження сучасних засобів діагностики та можливості оперативної заміни деталей, блоків і пристроїв;
- застосування комплектуючих із високими показниками надійності, уніфікації та агрегатування.

Рациональне витрачання матеріалів (на виготовлення обладнання), електроенергії (під час зварювання) та зварювальних матеріалів забезпечується:

- оптимальною побудовою типорозмірних рядів і раціональним компонуванням обладнання;
- підвищенням ККД джерел живлення та зменшення їх масогабаритних характеристик (зокрема, використанням інверторних та транзисторних джерел);
- мінімізацією розбризкування металу шляхом вибору оптимального способу зварювання;
- підбором оптимального складу, витрати захисних газів, флюсу та раціональним способом їх подачі.

Важливим резервом підвищення якості зварних з'єднань, продуктивності та надійності процесу є забезпечення високих ергономічних показників обладнання. Це досягається комплексом заходів, що включають поліпшення санітарних умов (ефективне видалення аерозолів, охолодження пальників, захист від випромінювання), широке впровадження механізації та роботизації, врахування принципів інженерної психології при створенні систем керування, а також раціональне компонування та організацію робочих місць.

Економічна ефективність використання обладнання забезпечується мінімізацією як його початкової вартості, так і витрат на технічне обслуговування.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними шляхами вирішення цього завдання є зниження матеріаломісткості та трудомісткості виготовлення, вибір обладнання з оптимальною функціональністю (без надлишковості), максимальне застосування серійних виробів, а також агрегування та уніфікація складових частин.

Для зварювання серги вибираємо зварювальний апарат Aristo 500ix ESAB (рис.3.2) [13].



Рис. 3.2. Зварювальний апарат Aristo 500ix ESAB

Aristo 500ix — це зварювальне джерело струму для промислового імпульсного зварювання у міцному корпусі. У поєднанні з механізмом подачі дроту Robust Feed U6 або Pulse воно є ідеальним рішенням для виконання особливо складних завдань імпульсного зварювання.

Апарат Aristo 500ix має надійні металеві бічні панелі та високі опори, що забезпечують необхідний кліренс і дозволяють використовувати його в складних умовах. Великі бічні панелі забезпечують легкий доступ для технічного та сервісного обслуговування. Ергономічні рукоятки, які можна використовувати для підйому краном, підвищують мобільність обладнання.

Апарат постачається разом із міцним візком, оснащеним спеціальними монтажними вушками, тримачем пальника та великим тримачем для кабелів.

Розширений функціонал імпульсного зварювання дозволяє зменшити тепловкладення та розбризкування.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- До 250 попередньо запрограмованих синергетичних ліній (з панеллю U82 Plus)
- Інтелектуальна система зварювання QSet™
- Заварювання кратерів і регульований час відпалу
- Потужний і надійний – ступінь захисту IP23 дозволяє використовувати апарат на відкритому повітрі та в складних умовах
- Сумісність із Robust Feed U6 і Pulse — міцними та мобільними механізмами подачі дроту з відмінними характеристиками
- Режимы строжки та ММА-зварювання доступні з блоками подачі дроту RF Pulse та U6.

Області застосування:

- Промислове та цивільне будівництво;
- Виробництво металоконструкцій;
- Монтаж сталевих конструкцій;
- Морські та офшорні платформи;
- Транспортна промисловість;
- Залізничні вагони;
- Рухоме обладнання;
- Виробництво резервуарів і ємностей;
- Посудини під тиском;
- Енергетична промисловість;
- Ремонтні майстерні, хобі.

Технічні характеристики зварювального апарата Aristo 500ix ESAB наведені в таблиці 3.3.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3. Технічні характеристики зварювального апарата Aristo 500ix
ESAB

Технічні характеристики	
Напруга мережі	380–460 В $\pm 10\%$, 3 фази, 50/60 Гц
Зварювальний струм MIG/MAG	500 А/39.0 В при ПВ = 60% 400 А/34.0 В при ПВ = 100%
Зварювальний струм MMA	500 А/40.0 В при ПВ = 60% 400 А/36.0 В при ПВ = 100%
Зварювальний струм TIG	500 А / 30.0 при ПВ = 60% 400 А/26.0 В при ПВ = 100%
Діапазон установок MIG/MAG	16 А / 14,8 В - 500 А / 39 В
Діапазон установок MMA	16 А / 20,6 В - 500 А / 40 В
Діапазон установок TIG	5 А / 10,2 В - 500 А / 30 В
Напруга холостого ходу	58 В
ККД при максимальному струмі	88 %
Коефіцієнт потужності при максимальному струмі	0,91
Габарити Д х Ш х В	712 х 325 х 470 мм
Вага	58,5 кг
Діапазон робочих температур	від -20 до +40°C
Клас захисту	IP23
Клас застосування	C
Клас ізоляції	H
Сертифікати (Стандарти)	CE, EAC

3.4.Контроль якості зварювання

Візуально-оптичний контроль зварних з'єднань.

Візуально-оптичний контроль (ВТК) є одним із основних методів неруйнівного контролю якості зварних з'єднань. Його сутність полягає у зовнішньому огляді зварного шва та прилеглих ділянок основного металу з метою виявлення поверхневих дефектів, а також оцінки відповідності геометричних параметрів шва вимогам нормативної документації.

Контроль може здійснюватися як неозброєним оком, так і з використанням оптичних засобів — луп, дзеркал, ендоскопів та спеціальних освітлювальних пристроїв. Для забезпечення достовірності результатів важливе значення має достатній рівень освітленості контролюваної поверхні та належна підготовка зварного з'єднання (очищення від шлаку, бризок металу, окалини та інших забруднень).

У процесі візуально-оптичного контролю перевіряють форму та розміри зварного шва (ширину, висоту підсилення, рівномірність), а також виявляють такі поверхневі дефекти, як тріщини, пори, подрізи, напливи, прожоги, кратери та інші відхилення. Крім того, оцінюється стан зони термічного впливу та якість обробки шва після зварювання.

До основних переваг візуально-оптичного контролю належать простота виконання, оперативність, економічність та можливість проведення безпосередньо в умовах виробництва. Водночас даний метод має певні обмеження, оскільки дозволяє виявляти лише поверхневі дефекти і значною мірою залежить від кваліфікації фахівця, який проводить контроль.

Таким чином, візуально-оптичний контроль є обов'язковим етапом перевірки якості зварних з'єднань і, як правило, передує застосуванню більш складних методів неруйнівного контролю, таких як ультразвуковий або радіографічний контроль.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультразвуковий метод контролю зварних швів.

Ультразвуковий контроль (УЗК) є одним із найефективніших методів неруйнівного контролю, який застосовується для виявлення внутрішніх дефектів у зварних з'єднаннях. Метод базується на здатності ультразвукових хвиль поширюватися в металі та відбиватися від меж розділу середовищ, зокрема від дефектів.

Суть методу полягає у введенні ультразвукових коливань у матеріал за допомогою спеціального перетворювача (п'єзoeлемента). Хвилі, поширюючись у товщі металу, відбиваються від внутрішніх неоднорідностей (тріщин, пор, непроварів, шлакових включень) і повертаються до приймача. Отриманий сигнал аналізується на екрані дефектоскопа, що дозволяє визначити наявність, розміри та розташування дефектів.

Для забезпечення якісного акустичного контакту між перетворювачем і поверхнею виробу застосовують контактні середовища (гель, масло або вода). Контроль може здійснюватися різними типами хвиль (поздовжніми, поперечними, поверхневими) залежно від задачі та конфігурації зварного з'єднання.

У процесі ультразвукового контролю виявляють такі внутрішні дефекти: тріщини, непровари, пори, шлакові включення, розшарування.

До основних переваг ультразвукового контролю належать:

- висока чутливість до внутрішніх дефектів;
- можливість контролю значної товщини металу;
- оперативність отримання результатів;
- безпечність для персоналу (на відміну від радіографії).

Разом з тим метод має певні обмеження:

- складність інтерпретації результатів;
- залежність від кваліфікації оператора;
- зниження ефективності при контролі матеріалів із грубозернистою структурою;
- необхідність ретельної підготовки поверхні;

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, ультразвуковий контроль є важливим методом оцінки якості зварних швів, який дозволяє своєчасно виявляти внутрішні дефекти та забезпечувати надійність і безпечність зварних конструкцій.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:

1. У результаті виконаної роботи розроблено технологію складання та зварювання сережки з використанням сучасного складального і зварювального обладнання та відповідних матеріалів. Застосування зварювального позиціонера під час складання дозволяє виконувати всі зварні шви в положенні «в човник», що сприяє покращенню формування шва, підвищенню якості зварних з'єднань та зниженню ймовірності виникнення дефектів.

2. У результаті проведеного аналізу обрано зварювальне обладнання, яке забезпечує стабільне горіння дуги при різних способах зварювання. Для виконання механізованого зварювання в середовищі захисних газів рекомендовано застосування зварювального апарату Aristo 500ix ESAB, що забезпечує надійність процесу та високу якість зварних з'єднань.

3. У роботі прийнято механізований спосіб зварювання в середовищі суміші захисних газів ($\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$). Як зварювальний матеріал використано дріт ER70S-6, що забезпечує зниження розбризкування електродного металу, підвищення стабільності процесу та покращення якості зварних швів.

					131.4127ст3.03.05.03.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ		
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата	Охорона праці під час проведення зварювальних робіт		
Студент	Довбня С.В.						
Керівник	Лабарткава О.В.						
Консульт							
Зав.кафед	Драган С.В.						
					Лит	Лист	Листів
						1	
					НУК ім. Адм. Макарова		

РОЗДІЛ 4. Охорона праці під час проведення зварювальних робіт

Під час зварювання металевих сережек необхідно суворо дотримуватись вимог охорони праці, оскільки дані роботи пов'язані з підвищеною небезпекою. Основні вимоги безпеки регламентуються нормативними документами України, зокрема:

НПАОП 28.52-1.31-13

ДСТУ EN ISO 25980:2022

ДСТУ EN ISO 15012-4:2019

Згідно з вимогами НПАОП 28.52-1.31-13, зварювальні роботи повинні виконуватися з урахуванням дії небезпечних факторів, таких як електричний струм, висока температура, ультрафіолетове випромінювання, зварювальні аерозолі та ризик пожежі .

При зварюванні сережек особливу увагу слід приділяти організації робочого місця. Воно повинно бути оснащено ефективною вентиляцією для видалення шкідливих газів і диму відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 15012-4:2019. Для захисту працівників від випромінювання дуги необхідно застосовувати захисні екрани та завіси, що регламентується ДСТУ EN ISO 25980:2022 [14,15,16].

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує.

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

До небезпечних факторів відносять відкриті струмоведучі частини устаткування, деталі машин і механізмів, що рухаються, розпечені тіла, можливість падіння з висоти самого робітника або деталей і

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

предметів, наявністю балонів, цистерн зі стислими або шкідливими речовинами і т.п. До шкідливих факторів відносять шкідливі домішки в повітрі, несприятливі метеорологічні умови, промениста теплова, недостатнє освітлення, вібрація, шум, ультразвук і інфразвук, іонізуюче і лазерне випромінювання, електромагнітні поля, напруженість і тяжка праця, наявність шкідливих мікроорганізмів і т.п.

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

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

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

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

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

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

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

Виготовлення сережки супроводжується комплексом небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

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

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

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Дугове зварювання, за винятком зварювання під флюсом, супроводжується оптичним випромінюванням в ультрафіолетових, видимих і інфрачервоних діапазонах, що багаторазово перевищує допустиму для ока величину. Інтенсивність оптичного випромінювання зварювальної дуги і його спектральні характеристики залежать від потужності дуги, способу зварювання, виду зварювальних матеріалів і захисних газів. При відсутності засобів індивідуального захисту можливе враження органів зору (електрофтальмія, катаракта) і шкірних покривів (опіки та інше).

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

Інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання від виробів, що зварюють, і зварювальної ванни визначається температурою виробів, їхніми габаритами і конструкцією, а також температурою і розмірами зварювальної ванни. При відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання в інтенсивностях, що перевищують припустимі рівні, може

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

привести до порушень терморегуляції, теплового удару. Контакт із нагрітим металом може викликати опіки.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом.

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

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

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

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

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом і дотримуватися правил пожежної безпеки.

Небезпечним для життя людини вважається напруга більше 42 В змінного й 110 В постійного струму для приміщень зварювальних цехів і 12 В для особливо

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпечних умов (сирі приміщення, замкнуті металеві обсяги). Однак ці значення напруги є досить умовними, оскільки небезпека враження електричним струмом істотно залежить від індивідуальних особливостей організму і навколишніх умов. Наявність навіть малих кількостей алкоголю в крові різко знижує електричний опір тіла людини. Мокра або пітна шкіра має в багато разів більшу електропровідність, підвищуючи тим самим небезпеку враження струмом.

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

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

Динамічна перенапруга пов'язана з виконанням важких допоміжних робіт: доставка на робоче місце заготівель, зварювальних матеріалів, підйом і перенесення пристосувань, поворот вузлів, що зварюють. Такі навантаження приводять до стомленості зварювальників і погіршення якості зварювальних швів.

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

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

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

або позитивно заряджених іонів у повітрі робочої зони також може негативно сприяти на самопочуття і здоров'я робітників.

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

4.2. Охорона навколишнього середовища.

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

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

4.3. Забруднення навколишнього середовища при проведенні складально-зварювальних робіт.

Під час виконання складально-зварювальних робіт відбувається негативний вплив на навколишнє середовище, що зумовлено утворенням шкідливих викидів, відходів та фізичних факторів. Основними джерелами забруднення є процеси зварювання, різання, підготовки поверхонь і обробки металу.

У процесі зварювання в атмосферу виділяються зварювальні аерозолі, які містять оксиди металів (заліза, марганцю, кремнію), а також гази — оксиди азоту, оксид вуглецю, озон. Ці речовини негативно впливають як на довкілля, так і на здоров'я людини. Особливо небезпечними є дрібнодисперсні частинки, які можуть тривалий час перебувати у повітрі.

Крім того, джерелами забруднення є: залишки зварювальних матеріалів (електродів, дроту, флюсів); шлаки та металеві відходи; мастильні матеріали та технічні рідини; пил і окалина, що утворюються під час підготовки поверхонь.

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До фізичних факторів впливу належать: теплове випромінювання; шум; електромагнітні поля; світлове (ультрафіолетове та інфрачервоне) випромінювання.

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище необхідно впроваджувати такі заходи:

- використання ефективних систем вентиляції та очищення повітря;
- застосування сучасних зварювальних технологій із низьким рівнем викидів;
- правильна утилізація відходів (шлаків, залишків матеріалів);
- використання екологічно безпечних матеріалів;
- регулярний контроль викидів і стану повітря;
- дотримання вимог екологічних норм і стандартів.

Таким чином, складально-зварювальні роботи супроводжуються утворенням шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на навколишнє середовище. Застосування відповідних технічних і організаційних заходів дозволяє значно зменшити цей вплив і забезпечити екологічну безпеку виробництва.

Заходи для запобігання забрудненню навколишнього середовища.

Для зменшення негативного впливу складально-зварювальних робіт на навколишнє середовище необхідно впроваджувати комплекс організаційних і технічних заходів.

До основних заходів належать:

1. Очищення та вентиляція повітря:

- застосування місцевих витяжних вентиляційних систем безпосередньо в зоні зварювання;
- використання фільтраційних установок для очищення повітря від зварювальних аерозолів;
- регулярний контроль ефективності вентиляції.

2. Зменшення викидів шкідливих речовин:

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання сучасних зварювальних технологій із низьким рівнем димо- та газоутворення;
- застосування якісних зварювальних матеріалів зі зниженим вмістом шкідливих домішок;
- оптимізація режимів зварювання для зменшення розбризкування та випаровувань.

3. Раціональне поводження з відходами:

- збір і сортування металевих відходів, шлаку та окалини;
- передача відходів на переробку або утилізацію;
- запобігання потраплянню шкідливих речовин у ґрунт і водні ресурси.

4. Застосування екологічно безпечних матеріалів:

- використання матеріалів із мінімальним вмістом токсичних компонентів;
- заміна небезпечних речовин на менш шкідливі аналоги.

5. Зниження фізичних факторів впливу:

- використання шумопоглинаючих засобів;
- екранування джерел випромінювання;
- раціональна організація робочого простору.

6. Контроль і моніторинг:

- проведення регулярного контролю стану повітря та рівня забруднення;
- дотримання вимог екологічних норм і стандартів;
- ведення обліку утворення та утилізації відходів.

7. Організаційні заходи:

- навчання персоналу екологічно безпечним методам роботи;
- впровадження інструкцій з охорони навколишнього середовища;
- відповідальне планування виробничих процесів.

Таким чином, впровадження зазначених заходів дозволяє суттєво зменшити рівень забруднення навколишнього середовища при виконанні складально-зварювальних робіт та забезпечити екологічну безпеку виробництва.

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки.

1. У даному розділі дипломного проєкту виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають під час проведення складально-зварювальних робіт сержки. Встановлено, що для забезпечення безпечних умов праці необхідно обирати технологічні процеси з мінімальним рівнем виділення шкідливих речовин, застосовувати засоби колективного та індивідуального захисту, дотримуватися вимог санітарних норм і правил техніки безпеки.

2. Таким чином, своєчасне дотримання вимог техніки безпеки та постійний контроль за їх виконанням, у поєднанні з правильною організацією праці, сприяють суттєвому зниженню виробничого травматизму і професійних захворювань, а також підвищенню продуктивності праці.

					131.4127ст3.03.05.04.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.03.05.05.ПЗ							
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата								
Студент	Довбня С.В.				Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску			Лит	Лист	Листів		
Керівник	Лабарткава О.В.									53	7	
Консульт								НУК ім. Адм. Макарова				
Зав.кафед	Драган С.В.											

**РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИКОНАННЯ
ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ РІЧНОЇ ПРОГРАМИ
ВИПУСКУ**

У даному розділі дипломного проекту виконується розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску сережек.

Розрахунок виконується для річного випуску у кількості 100 шт.

Вихідні данні розрахунку:

1. Річний об'єм продукції, шт	100
2. Ціна дроту, грн. за кг	100
3. Витрати Ar+CO ₂ на 1 м.п., л	1,85
4. Витрати дроту на 1 м.п., кг	0,45
5. Ціна 1 л. Ar+CO ₂ , грн.	0,22
6. Витрати електроенергії на 1 м.п. с.д. кВт/г	3,7
7. Ціна 1 кВт/г, грн.	18
8. Трудомісткість на 1 м.п. н/а н.-г.	0,23
9. Розряд робіт	4
10. Часова тарифна ставка, грн.	110
11. Рівень додаткових витрат, %	16
12. Норма амортизації, %	15
13. Норма витрат на поточний ремонт обладнання, %	5
14. Вартість зварювального обладнання, грн.	200000

Розрахунок витрат на електроенергію наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Витрати на електроенергію

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма, 100 шт.	Річна програма в п.м.	Розхід на 1 п.м.	Ціна 1 кВт/Г, грн.	Витрати на електрое нергію, грн.
Електро- енергія	кВт/Г	15	2,6*100=260	3,7	18	17316

Розрахунок витрат на основну заробітну плату приведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Витрати на ОЗП

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма п.м.	Трудомісткість на річну програму, н-Г	Часова тарифна ставка, грн.	Сума витрат ОЗП, грн.
Зварювання напівавтоматом	0,23	Існуючий варіант		110	6578
		260	59,8		

Розрахунок витрат на зварювальні матеріали приведені в таблиці 5.3.

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	260	100	117	11700
Ar+CO ₂	л.	1,85	260	0,22	481	105,82
						11805,82

Розрахунок витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Витрати на ДЗП

Сума витрат ОЗП, грн.	Рівень витрат на ДЗП, %	Сума витрат на ДЗП, грн.
6578	16%	1052,48

Розрахунок відрахувань на єдиний соціальний внесок приведений в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5. Відрахування на ЄСВ

Сума витрат на ОЗП і ДЗП, грн.	Рівень відрахувань від ЗП, %	Сума відрахувань від ЗП, грн.
7630,48	22,0 % (ЄСВ)	1678,71
	Всього	1678,71

Розрахунок витрат на амортизацію зварювального обладнання наведено у таблиці 5.6

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	200000	15	30000

Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання наведено у таблиці 5.7

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	200000	5	10000

Розрахунок цехових накладних витрат наведено у таблиці 5.8

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.
6578	20	1315,60

Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати наведено у таблиці 5.9

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.
6578	18	1184,04

Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні навісу автомобільної стоянки приведено у таблиці 5.10.

					131.4127ст3.03.05.05.ПЗ	Лист
						57
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.10. Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні рам

	Показники	Одиниці вимірювання	Зміна витрат, грн.
1	Витрати на матеріали	грн.	11805,82
2	Витрати на електроенергію	грн.	17316
3	Витрати на ОЗП	грн.	6578
4	Витрати на ДЗП	грн.	1052,48
5	Єдиний соціальний внесок	грн.	1678,71
6	Витрати на поточний ремонт	грн.	10000
7	Амортизаційні відрахування	грн.	30000
8	Цехові накладні витрати	грн.	1315,60
9	Загальнозаводські накладні витрати	грн.	1184,04
10	Загальна собівартість зварювальних робіт	грн.	80930,65

Висновки.

1. Здійснено економічний розрахунок собівартості зварювальних робіт у процесі виготовлення сережки за річною програмою випуску.

2. Розрахункова загальна собівартість зварювання річного обсягу продукції (100 шт.) дорівнює 80930,65 грн, або 810 грн у розрахунку на один виріб.

					131.4127ст3.03.05.05.ПЗ	Лист
						59
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.4127ст3.01.05.ПЗ									
Ізм	Лист	№ документу	Підпис	Дата										
Студент		Довбня С.В.			Загальні висновки				Лит		Лист		Листів	
Керівник		Лабарткава А.В.									60		6	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова					
Зав.кафед		Драган С.В.												

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу конструкції сережки встановлено, що вона належить до балок коробчастого перерізу, які характеризуються підвищеною жорсткістю та здатністю сприймати складні навантаження, включаючи згин і кручення. Конструкція виготовляється зі сталі S355K2W, яка має добру зварюваність, достатню міцність і підвищену корозійну стійкість.

2. Розглянуто особливості зварювання низьколегованих сталей та встановлено, що при зварюванні можливе утворення небажаних структур і тріщин, тому необхідно застосовувати попередній підігрів і контролювати тепловий режим.

3. Для виготовлення серги обрано сталь S355K2W – атмосферостійку конструкційну сталь підвищеної міцності (межа текучості ≥ 355 МПа, ударна в'язкість 27 Дж при -20°C). Аналіз хімічного складу ($\leq 0,16\%$ C; $0,5-1,5\%$ Mn; $0,4-0,8\%$ Cr; $0,25-0,55\%$ Cu) показав, що завдяки низькому вуглецевому еквіваленту (Секв = $0,47\%$) сталь має задовільну зварюваність і не потребує особливих обмежень при зварюванні.

4. Виконано розрахунки схильності сталі до утворення тріщин: За методом Уїлкінса, коефіцієнт схильності до гарячих тріщин $\text{HCS} = 3,75$, що менше 4, отже, сталь не схильна до утворення гарячих тріщин. За методом Сеферіана, розраховано температуру попереднього підігріву $T_{\text{під}}$. Для товщин ≤ 25 мм рекомендована температура підігріву $80 - 120^{\circ}\text{C}$, > 25 мм – $120 - 150^{\circ}\text{C}$, що відповідає рекомендаціям стандарту EN 1011-2.

5. Для виготовлення сережки мостового крана застосовується механізоване зварювання в суміші захисних газів $\text{Ar} + \text{CO}_2$. У роботі обґрунтовано вибір та виконано розрахунок режимів цього процесу зварювання, а також визначено необхідні типи зварних з'єднань.

6. При механізованому зварюванні кутового з'єднання зі сталі S355K2W формується структура фериту та перліту (Ф+П). Твердість цієї структури, згідно з діаграмою термодинамічного перетворення аустеніту, становить HV 410.

					131.4127ст.01.05.ПЗ	Лист
						61
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7. При механізованому зварюванні з'єднання внапусток зі сталі S355K2W формується ферито-перлітна структура (Ф+П). Твердість цієї структури, визначена за діаграмою термокінетичного перетворення аустеніту, становить HV 390.

8. У результаті виконаної роботи розроблено технологію складання та зварювання сержки з використанням сучасного складального і зварювального обладнання та відповідних матеріалів. Застосування зварювального позиціонера під час складання дозволяє виконувати всі зварні шви в положенні «в човник», що сприяє покращенню формування шва, підвищенню якості зварних з'єднань та зниженню ймовірності виникнення дефектів.

9. У результаті проведеного аналізу обрано зварювальне обладнання, яке забезпечує стабільне горіння дуги при різних способах зварювання. Для виконання механізованого зварювання в середовищі захисних газів рекомендовано застосування зварювального апарату Aristo 500ix ESAB, що забезпечує надійність процесу та високу якість зварних з'єднань.

10. У роботі прийнято механізований спосіб зварювання в середовищі суміші захисних газів (Ar + 18% CO₂). Як зварювальний матеріал використано дріт ER70S-6, що забезпечує зниження розбризкування електродного металу, підвищення стабільності процесу та покращення якості зварних швів.

11. У даному розділі дипломного проєкту виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають під час проведення складально-зварювальних робіт сержки. Встановлено, що для забезпечення безпечних умов праці необхідно обирати технологічні процеси з мінімальним рівнем виділення шкідливих речовин, застосовувати засоби колективного та індивідуального захисту, дотримуватися вимог санітарних норм і правил техніки безпеки.

12. Таким чином, своєчасне дотримання вимог техніки безпеки та постійний контроль за їх виконанням, у поєднанні з правильною організацією праці, сприяють суттєвому зниженню виробничого травматизму і професійних захворювань, а також підвищенню продуктивності праці.

					131.4127ст.01.05.ПЗ	Лист
						62
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Здійснено економічний розрахунок собівартості зварювальних робіт у процесі виготовлення сережки за річною програмою випуску.

14. Розрахункова загальна собівартість зварювання річного обсягу продукції (100 шт.) дорівнює 80930,65 грн, або 810 грн у розрахунку на один виріб.

					131.4127ст.01.05.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Savković, M. M., Gašić, M. M., Ćatić, D. M., et al. (2012). Optimization of the box section of the main girder of the bridge crane with the rail placed above the web plate. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 47(2), 297–308.
2. Металеві конструкції. Загальний курс: Підручник для вишів / Є.І. Беленя, В.О. Балдін, Г.С. Веденіков та ін. ; За заг. ред. Є.І. Белені. – 6-те вид., перероб. і доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 560 с.
3. Pavlović, G. V., Zdravković, N. B., Marković, G. Đ., et al. (2024). Optimization of Welded I-Girder of the Single-Beam Bridge Cranes. *International Journal of Steel Structures*, 24(4), 969–985.
4. Голобородько Ж.Г. Основи технології дугового зварювання суднових конструкцій: навчальний посібник / Ж.Г. Голобородько, С.В. Драган, В.В. Квасницький; під заг. ред. С.В. Драгана. – Миколаїв: НУК, 2013. – 380 с.
5. EN 10025-5:2004 (або актуальна версія). Hot rolled products of structural steels. Part 5: Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric corrosion resistance.
6. Зварювання у машинобудуванні: Довідник. У 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Миколаїв (поперед.) [та ін]. М.: Машинобудування, 1978 - т.2. / За ред. А.І. Акулова, 1979. 462 с.
7. European Steel and Alloy Grades URL: https://steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=38 (дата звернення: 26.03.2026).
8. Квасницький В.В. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 181 с.
9. Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. посібник. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.
10. EN 1011-2:2001. Welding — Recommendations for welding of metallic materials — Part 2: Arc welding of ferritic steels. — European Committee for Standardization, 2001. — 66 p.

					131.4127ст.01.05.ПЗ	Лист
						64
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" / С.В. Драган, Г.В. Єрмолаєв, Ж.Г. Голобородько, М.В. Матвієнко, С.А. Лой, В.Я. Сагань. – Миколаїв : НУК, 2015. – 69 с.

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

13. Мультипроцесорне джерело живлення для зварювання Aristo 500ix (ESAB) URL: https://prompostavka.in.ua/p2251349942-moschnyj-multirotsessornyj-svarochnyj.html?source=merchant_center&gad_source=1&gad_campaignid=11597612131&gbraid=0AAAAACllfJgDxbfXNn0eBRmZBhJAVFwqk&gclid=Cj0KCQjw1ZjOBhCmARIsADDuFTBh77DbODOKjGequD3W4U2S6M5qfAPwlokmoxEpgCsUr8u1WJMf34oaAh7aEALw_wcB (дата звернення: 27.03.2026).

14. НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів : затв. наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 14.12.2012 № 1425. – Зареєстр. в Міністерстві юстиції України 04.01.2013 за № 63/22595. – Чинний від 08.02.2013.

15. ДСТУ EN ISO 25980:2022. Охорона здоров'я та безпека під час зварювання та суміжних процесів. Прозорі зварювальні завіси, стрічки та екрани для процесів дугового зварювання (EN ISO 25980:2014, IDT; ISO 25980:2014, IDT). – Чинний від 31.12.2023.

16. ДСТУ EN ISO 15012-4:2019. Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Устаткування для уловлювання та відокремлення диму від зварювання. Частина 4. Загальні вимоги (EN ISO 15012-4:2016, IDT; ISO 15012-4:2016, IDT). – Чинний від 01.01.2021.

					131.4127ст.01.05.ПЗ	Лист
						65
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		