

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

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри
к.т.н., проф. НУК Г.В. Єрмолаєв
« » 2023 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка технології виготовлення баку для підігріву води

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



Керівник
Рецензент

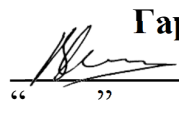

Пилипенко Ілля Юрійович
(прізвище та ініціали)
Спіхтаренко Володимир Володимирович
(прізвище та ініціали)
Матвієнко Максим Валентинович
(прізвище та ініціали)

Херсон 2023 р.

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

 **Гарант освітньої програми**
доц. В.В. Спідтаренко
“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

студенту Пилипенко Іллі Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології виготовлення баку для підігріву води

керівник роботи Спідтаренко Володимир Володимирович, доцент, кафедри зварювання ХННІ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені розпорядженням ХННІ від “ ” березня 2023 року №

2. Строк подання студентом роботи

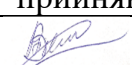
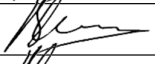
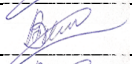
3. Вихідні дані до проекту Річна програма 1000 шт. Креслення баку. Матеріал ВСтЗпс.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Провести аналіз технологій виготовлення водонагрівального баку на підприємствах. Провести розрахунки режимів зварювання та термічного циклу при зварюванні стикових та таврових з'єднань. Провести розробку технології виготовлення. Визначити технологічну собівартість зварювальних робіт при виготовленні виробу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Тема роботи.. 2. Мета, завдання. 3. Загальний вигляд бачка водонагрівального 4. Характеристика основного матеріалу. 5. Конструктивні елементи та режими зварювання. 6. Розрахунок термічного циклу. 7. Технологічна схема виготовлення. 8. Розрахунок загальної собівартості зварювання водонагрівального баку. 9. Висновки по дипломній роботі.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Спіхтаренко В.В., доцент		
2	Спіхтаренко В.В., доцент		
3	Спіхтаренко В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

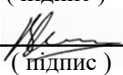
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з /п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз конструктивних особливостей виготовлення водонагрівального баку.	15.05.23	
2	Розрахунки технології виготовлення	22.05.23	
3	Розробка технологічного процесу відновлення баку	29.05.23	
4	Економічна оцінка проектних розробок.	5.06.23	
	Графічна частина	10.06.23	

Студент  **Пилипенко І.Ю.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)  **Спіхтаренко В.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сучасний стан зварювального виробництва в Україні потребує впровадження високопродуктивних методів автоматизації та заміни застарілих конструкцій більш економічними і надійними зварними виробами. Удосконалення технології виготовлення водонагрівальних баків дозволяє підвищити якість з'єднань, знизити витрати металу та покращити умови праці.

Метою роботи є розробка та удосконалення технологічного процесу складання та зварювання водонагрівального бака, підвищення продуктивності виробництва.

Результати дослідження:

- Обґрунтовано вибір способів зварювання: для стикових з'єднань рекомендовано автоматичне зварювання під шаром флюсу на підкладках, що залишаються; для таврових з'єднань та прихваток — механізоване зварювання у середовищі CO₂ (напівавтомат ПДГ-301-1, дріт Св-08Г2С, випрямляч ВДУ-504-1).

- Розраховано оптимальні параметри режимів зварювання та проведено аналіз термічного циклу. Встановлено, що при зварюванні таврових з'єднань структура зони термічного впливу має твердість 350-360 HV.

- Виконано вибір зварювального оснащення, обладнання та методів контролю якості готової конструкції.

- Доведено економічну доцільність запропонованої технології шляхом розрахунку собівартості продукції.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та техніки безпеки на виробничій дільниці.

Запропоновані рішення дозволяють замінити застаріле обладнання більш продуктивним, що забезпечує стабільну якість зварних швів та економію ресурсів.

Ключові слова: водонагрівальний бак, автоматичне зварювання під флюсом, механізоване зварювання в CO₂, режими зварювання, зона термічного впливу (ЗТВ), собівартість.

ABSTRACT

The current state of welding production in Ukraine requires the implementation of high-performance automation methods and the replacement of outdated structures with more economical and reliable welded products. Improving the manufacturing technology of water heating tanks allows for increasing the quality of joints, reducing metal consumption, and enhancing working conditions.

The aim of the work is to develop and improve the technological process of assembly and welding of a water heating tank to increase production productivity.

Research results:

- The choice of welding methods is justified: submerged arc welding (SAW) on permanent backing is recommended for butt joints; gas metal arc welding (GMAW) in CO₂ (PDG-301-1 semi-automatic machine, Sv-08G2S wire, VDU-504-1 rectifier) is recommended for T-joints and tack welding.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

- The optimal parameters of welding modes were calculated, and the thermal cycle analysis was conducted. It was established that during T-joint welding, the heat-affected zone (HAZ) structure exhibits a hardness of 350-360 HV.

- The selection of welding equipment, fixtures, and quality control methods for the finished structure was performed.

- The economic feasibility of the proposed technology was proven through the calculation of production costs.

Special attention is paid to occupational health and safety requirements at the production site.

The proposed solutions allow for replacing outdated equipment with more productive alternatives, ensuring consistent weld quality and resource savings.

Keywords: water heating tank, submerged arc welding (SAW), mechanized CO₂ welding, welding parameters, heat-affected zone (HAZ), production cost.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу водонагрівального баку	9
1.1 Загальна характеристика конструкції	10
1.2 Характеристика основного металу	11
1.3 Технічні умови на виготовлення водонагрівального бачка	14
1.3.1 Вимоги до матеріалів виробу	14
1.3.2 Вимоги до геометричної форми та розмірів виробу	16
1.3.3 Вимоги до якості зварювання	17
1.4 Висновки. Мета і завдання дипломної роботи	18
2 Розрахунки технології зварювання	20
2.1 Обґрунтування вибору способів зварювання	21
2.2 Розрахунок режимів зварювання	24
2.3 Розрахунок термічного циклу при зварюванні та аналіз структури металу ЗТВ	30
2.3.1 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання	32
2.3.2 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання	33
2.4 Аналіз очікуваної структури ЗТВ	36
2.5 Висновки	37
3 Технологічний процес складання та зварювання конструкції	38
3.1 Принципова послідовність складання і зварювання	39
3.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів	44
3.3 Вибір зварювального устаткування	46
3.4 Вибір зварювальної оснастки	53
3.5 Контроль якості зварювання	60
3.5.1 Дефекти в зварних з'єднаннях	60
3.5.2 Методи контролю якості зварних швів	62
3.5.3 Вибір методу контролю якості зварних швів водонагрівального баку	63

4 Економічна оцінка проектних розробок.....	68
4.1 Нормування основних зварювальних операцій.....	69
4.2 Визначення технологічної собівартості продукції.....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ	79
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	80
ДОДАТОК	83

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Основними завданнями зварювального виробництва в Україні є заміна клепаних, литих, кованих конструкцій більш економічними і надійними зварними, будівництво спеціалізованих підприємств і цехів для виготовлення зносостійкого наплавлення деталей машин, вузлів, розширене виробництво зварних матеріалів; впровадження високопродуктивного методу автоматичного зварювання.

Висока продуктивність процесу і висока якість зварних з'єднань та економічне використання металу сприяє тому, що зварювання стало ведучим технологічним процесом при виготовленні металевих конструкцій всіх видів.

В наш час рівень механізації і автоматизації неперервно росте. Завдяки цьому підвищується продуктивність праці і культура зварювального виробництва, а також продуктивність умов праці.

В дипломному проекті розроблений технологічний процес складання та зварювання водонагрівального бака, обґрунтований вибір способу зварювання та розраховані параметри режимів зварювання та подані рекомендації з техніки зварювання елементів конструкції, приведені методи контролю якості зварної конструкції.

В дипломній роботі подані розрахунки та рекомендації по зварювальному оснащенню та обладнанню, обґрунтована економічна доцільність технології складання та зварювання водонагрівального бака.

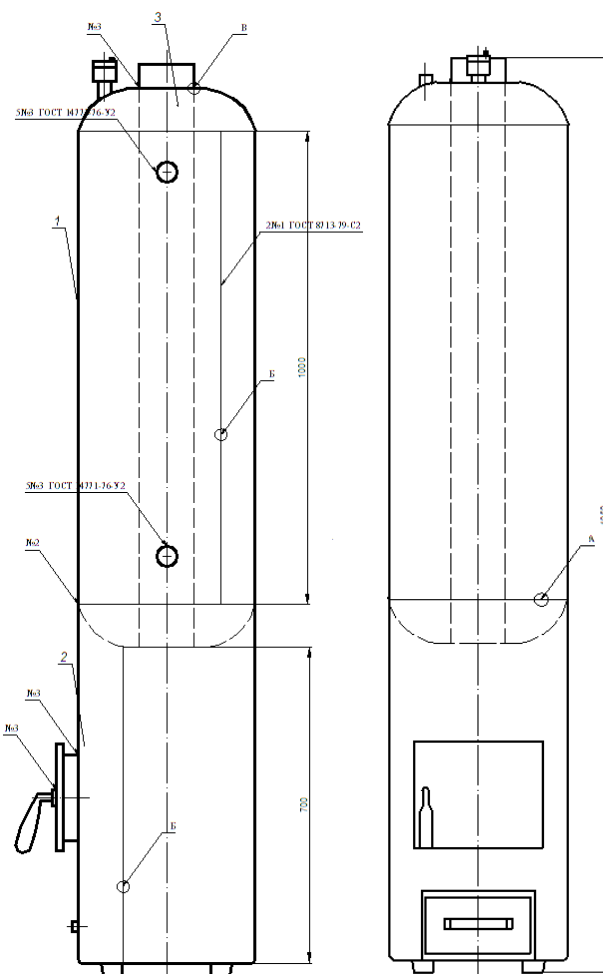
Рекомендована технологія складання та зварювання елементів конструкції водонагрівального бака проводиться з урахуванням вимог охорони праці та техніки безпеки.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДР.131.2121ст.04.01.05.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Пилипенко І.Ю.			1 Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу водонагрівального баку		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В.						9	11
Консультант							ХФ НУК		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.							

1.1 Загальна характеристика конструкції

Водонагрівальний бак представляє собою вертикальний резервуар, ємкістю 100 л, призначений для нагрівання води для побутових потреб.



1 – бак; 2 – топка; 3– димохід; 4 – дверцята завантаження палива

Рисунок 1.1 Загальний вигляд водонагрівального бака

Бак являє собою циліндричну посудину з сферичними днищами довжиною – 1950 мм, діаметром - 380 мм і товщиною стінки 4 мм. Загальний вигляд баку представлений на рисунку 1.1.

Для додання жорсткості конструкції, зручності збирання днища і обичайки та забезпечення повного провару, всередині розташовані два

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

підкладних кільця. На корпусі (обичайці) приварені штуцери для під'єднання до водопроводу.

1.2 Характеристика основного металу

Надійність та довговічність зварних з'єднань являються основними і головними критеріями в питанні вибору марки сталей і способів виготовлення зварних виробів. При виборі сталей для зварних деталей та конструкцій керуються насамперед механічними властивостями основного металу та зварних з'єднань, а також технологічністю (здатністю до штампування, здатністю утворювати холодні та гарячі тріщини при зварюванні), здатністю до термічного оброблення, здатністю до механічного оброблення і таке інше.

Бак водонагрівального котла призначений для роботи в різних кліматичних умовах і та працює в умовах нагрівання і охолодження. Тому для забезпечення надійної і тривалої роботи виробу вибрали маловуглецеву конструкційну сталь марки ВСт3пс.

Механічні властивості сталі ВСт3пс приведені в таблиці 1.1, а хімічний склад сталі ВСт3пс приведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 Механічні властивості сталі ВСт3пс [4]

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	σ _{0,2}	σ _B	δ ₅ , %
			МПа		
			Не менше		
380-71	Прокат гарячека- таний	До 20	245	370-480	26
		Від 20 до 40	235		25
16523-70 (зразки поперечні)	Листи гаряче-ка- тані	До 2,0 вкл.	—	370-480	20
		Від 2,0 до 3,9 вкл.	-		22
	Листи холодно- катані	До 2,0 вкл.	-	370-480	22
		Від 2,0 до 3,9 вкл.	—		24

Таблиця 1.2 Хімічний склад сталі ВСт3пс, % (ГОСТ 380-71) [4]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
не більше								

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.				Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					11

0,14-0,22	0,40-0,65	0,12-0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08
-----------	-----------	-----------	------	------	------	------	------	------

Маловуглецеві сталі володіють доброю зварюваністю, однак технологія їх зварювання повинна передбачати та забезпечувати певний комплекс вимог, основним з яких являється досягнення однакової міцності зварного з'єднання із основним металом і відсутність дефектів в зварному з'єднанні. Для цього механічні властивості металу шва, біля шовної зони і зварного з'єднання в цілому повинні бути не нижче нижньої границі властивостей основного металу. Шви повинні мати розміри та форму, які вимагаються кресленням. В металі шва не повинно бути тріщини, непроварів, пор і підрізів У всіх випадках технологія повинна забезпечувати максимальну продуктивність та економічність процесу зварювання при безумовній надійності і довговічності конструкції.

Ця сталь практично не змінює структуру в зоні термічного впливу та добре зварюється усіма видами зварювання. Завдяки дрібнозернистості, сталь ВСтЗпс зберігає і після зварювання міцність та в'язкість. Сталі легують Cr, Ni, Mn, Si, що сприяє поліпшенню пластичних властивостей сталі.

C – вуглець - один з найбільш важливих домішок, що визначає міцність, в'язкість, закалюємість і особливо, зварюваність сталі. Так, як вміст вуглецю лежить у межах (0,14...0,22) %, то дана сталь ставиться до першої групи по зварюваності.

Mn – марганець, його вводять у сталь для розкислення, тобто для усунення шкідливих домішок закису заліза. Він підвищує міцність, мало впливає на пластичність.

Si – кремній розкислює сталь. Він структурно не виявляється, тому що повністю розчиняється у фериті, крім тої частини кремнію, яка у вигляді окису кремнію не встигнула спливати в шлаки й залишилася в сталі. Кремній підвищує межу міцності й в'язкість.

Cr – хром підсилює загартованість, у невеликих кількостях збільшує ударну в'язкість.

Ni – нікель збільшує пластичні й міцні властивості сталі, подрібнює зерна, не погіршуючи зварюваність.

P – фосфор, розчиняючись у фериті, підвищує температуру переходу в хрипкий стан і приводить до появи холодних тріщин.

S – сірка робить сталь крихкою, приводить до утворення гарячих тріщин.

Cu - мідь підвищує корозійну стійкість, пластичність.

Оцінка зварюваності сталі відбувається по еквіваленту вуглецю. Зварюваністю називають комплексну технологічну характеристику сталі, яка відображає її реакцію на теплові та металургійні процеси зварювання і виявляє відносну придатність цієї сталі для створення зварювального з'єднання з заданими технологічними властивостями.

Зварюваність сталі з точки зору її чутливості до гартування орієнтовно оцінюють за еквівалентом вуглецю за формулою:

$$C_e = C\% + \frac{Mn}{6}\% + \frac{Si}{24}\% + \frac{Ni}{10}\% + \frac{Cr}{5}\% + \frac{Mo}{4}\% + \frac{Cu}{15}\% + \frac{V}{14}\% + 5B\%, [5] \quad (1.1)$$

$$C_e = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,4508\%;$$

Оскільки при розрахунку еквіваленту за вуглецем для сталі ВСт3пс вміст легуючих елементів брався по максимуму і $C_e \approx 0,45$, а також беручи до уваги досвід зварювального виробництва, можна вважати, що дана сталь зварюється добре.

Отже, при зварюванні сталі ВСт3пс непотрібне проведення попереднього або супутнього підігрівання. Зварювання таких сталей виконується електричною дугою без попереднього підігріву та без послідууючої термообробки металу шва та біля шовної зони.

Отже використання такої сталі та технологічного процесу є дуже раціональним рішенням для здобуття максимального економічного та технічного ефектів завдяки зменшенню людської праці та заміщення її на механізоване та автоматизоване зварювання.

1.3 Технічні умови на виготовлення водонагрівального бачка

Основними технічними вимогами при виготовленні баку є дотримання розмірів в межах допусків вказаних на кресленнях, дотримання правильності форми конструкції згідно креслень, дотримання всіх розрахованих і підібраних режимів зварювання.

Ці технічні умови (ТУ) поширюються на сталі зварні резервуари, що працюють під тиском до 1,6 МПа.

Технічні вимоги на виготовлення водонагрівача:

- водонагрівач повинен виготовлятися відповідно до вимог «Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», затверджених Держгіртехнаглядом, за робочими кресленнями;

- виготовлення водонагрівачів має здійснюватися за наявності сертифіката відповідності, виданого органом з сертифікації продукції, і ліцензії, виданої територіальним органом Держгірпромнагляду.

1.3.1 Вимоги до матеріалів виробу

Під час вибору матеріалу для зварної конструкції треба брати до уваги багато різноманітних факторів, які можуть впливати як на працездатність, так і на собівартість виробу, а саме: умови експлуатації – характер та термін навантаження, температура експлуатації, середовище; геометрична форма конструкції – наявність концентраторів, як можливих джерел зародження тріщин; технологічна обробка – вичерпування пластичних властивостей матеріалу та формування залишкових напружень після обробки; здатність до зварювання – отримання якісного зварного з'єднання, наявність неоднорідності

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
						14
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічних властивостей основного матеріалу, концентрації напружень та залишкових напружень і деформацій; вірогідність зародження та розповсюдження тріщин – жорсткість конструкції, вид напруженого стану.

Головним фактором під час вибору матеріалу зварної конструкції є забезпечення оптимальної матеріалоемності - питома міцність та питома жорсткість матеріалу; експлуатаційні властивості матеріалу – межа текучості, міцності, пластичні властивості, ударна в'язкість та інші спеціальні властивості; відповідальність конструкції - можливі наслідки втрати працездатності; наявність стандартного сортаменту; вартість матеріалу, естетичні вимоги. На практиці вибір матеріалу здійснюється за допомогою нормативних документів, які містять рекомендації з урахуванням вище переліченого.

При виборі матеріалів для виготовлення ємкостей повинні враховуватися: розрахунковий тиск, умови роботи виробу, хімічний склад, характер середовища, технологічні особливості і необхідна корозійна стійкість матеріалів.

Також слід враховувати: абсолютну мінімальну температуру повітря; середню температуру повітря протягом найбільш холодної п'ятиденки даного району, найвищу температуру.

Для виготовлення водонагрівача повинні застосовуватись матеріали і напівфабрикати з відповідними стандартами і технічними умовами.

Обичайка, днища та підкладні кільця повинні виготовлятися з листової маловуглецевої сталі марки ВСт3пс за ГОСТ 17066-80, 5-ї категорії по нормованим характеристикам, III групи обробки поверхні, з гарантією зварюваності за ГОСТ 16523. Сортамент листової сталі повинен відповідати ГОСТ 19903 або ГОСТ 19904. Допускається виготовлення деталей бачка водонагрівача з інших марок сталей, рекомендованих «Правилами будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском».

Стальні листи не повинні мати хвилястості, заусениць, тріщин та інших дефектів, які знижують експлуатаційну надійність [1] .

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Якість і властивості матеріалів та напівфабрикатів повинні задовольняти вимоги стандартів і технічних умов. Матеріали і напівфабрикати повинні бути сертифікованими заводами, що виготовляють їх, при відсутності сертифікатів всі необхідні випробування проводяться в центральній заводській лабораторії. Результати випробувань затверджує завідувач лабораторією, або старший групи, що проводила випробування.

1.3.2 Вимоги до геометричної форми та розмірів виробу

Вимогами до геометричної форми при виготовленні бачків водонагрівачів є наступні:

- 1) зміщення кромки у стикових зварних з'єднаннях, мм: повздовжніх швів - $0,1 S$, кільцевих швів - $0,1 S^{+1}$ (де S - товщина стінки бачка);
- 2) відносна овальність обичайки і циліндричної частини днища у будь-якому поперечному перерізі зібраного резервуара - $1,0\%$;
- 3) відхилення профілю повздовжнього перерізу еліптичної частини днища від геометричної форми еліпса - $0,01 D$ мм (де D - зовнішній діаметр резервуара);
- 4) відхилення від площинності торцевої поверхні днища - 1.0 мм;
- 5) стоншення фактичної товщини стінки днища - $0,1 S$ мм;
- 6) відхилення від заданого кута кромки у зварних швах для резервуара з обичайкою - $0,1 S^{+3}$ мм
- 7) днища резервуара повинні бути еліптичної форми;
- 8) форма і розміри фланця встановлюються за погодженням із споживачем.

Геометричні параметри кромки елементів, підготовлених під зварювання (величина кута скошу кромки, зазор у стику, величина притуплення, зміщення кромки), повинні встановлюватись в межах допусків, передбачених проектом.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

В зварних елементах не слід допускати різноманітних змін перерізів, гострих кутів та інших факторів, які викликають концентрацію напружень чи нерівномірність силового потоку. Потрібно вибирати з'єднання з мінімальною концентрацією напружень. Зварні з'єднання рекомендується виконувати за діючою в галузі нормативно-технічною документацією.

Основні розміри і елементи виробу повинні відповідати кресленню.

Прихвати у проектованому технологічному процесі будемо виконувати напівавтоматичним способом. Зварювання вузла й прихвати листів на завершальній стадії проводиться на різних робочих місцях із застосуванням в останньому випадку напівавтоматичного способу. Напівавтомат для зварювання замінений на більш сучасну модель із плавним регулюванням швидкості подачі дроту. Захист зони зварювання здійснюється сумішшю захисних газів.

1.3.3 Вимоги до якості зварювання

У процесі виготовлення бачка водонагрівача повинні перевірятися:

- відповідність металу зварюваних деталей і зварювальних матеріалів вимогам НД;
- відповідність якості підготовки кромок і збирання під зварювання вимогам діючих стандартів і креслень;
- дотримання технологічного процесу зварювання і термічної обробки, розроблених відповідно до вимог НД;
- на зовнішніх та внутрішніх поверхнях бачка не допускаються раковини, тріщини і глибокі подряпини, якщо вони виводять товщину стінки бачка за межі допустимих мінусових відхилень на товщину листа за ГОСТ 19903 або ГОСТ 19904;
- днища водонагрівача, виготовлені методом холодного штампування, повинні підлягати термообробці для зняття внутрішніх напружень;
- резервуар водонагрівача повинен бути міцним і щільним. Ознаки розриву, течіння і видимі залишкові деформації не допускаються;

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- руйнівний тиск для резервуара водонагрівача повинен бути не менше 5 МПа;

- допускається при виготовленні виправляти дефекти зварних з'єднань не більше одного разу в одному і тому ж місці;

- показники механічних властивостей стикових зварних з'єднань обичайок і днищ повинні бути: тимчасовий опір розриву - не менше 370 кгс/мм²;

- зовнішні поверхні водонагрівача повинні бути пофарбовані атмосферостійкою емаллю червоного кольору. Пофарбована поверхня повинна відповідати вимогам ГОСТ 9.132, клас покриття V. Перед фарбуванням поверхні водонагрівача повинні бути очищені від бруду, мастил, іржі і покриті ґрунтовкою. Таким чином, якість зварювання при виготовленні бачка водонагрівача забезпечується виконання усіх вимог представлених вище.

1.4 Висновки. Мета і завдання дипломної роботи

Аналіз особливостей конструкції виробу, методів зварювання, які застосовуються, показав, що необхідно використовувати більш раціональні методи зварювання:

- при зварюванні виробу значний об'єм робіт займає ручне і механізоване зварювання;
- великий об'єм ручних робіт.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології складання та зварювання.

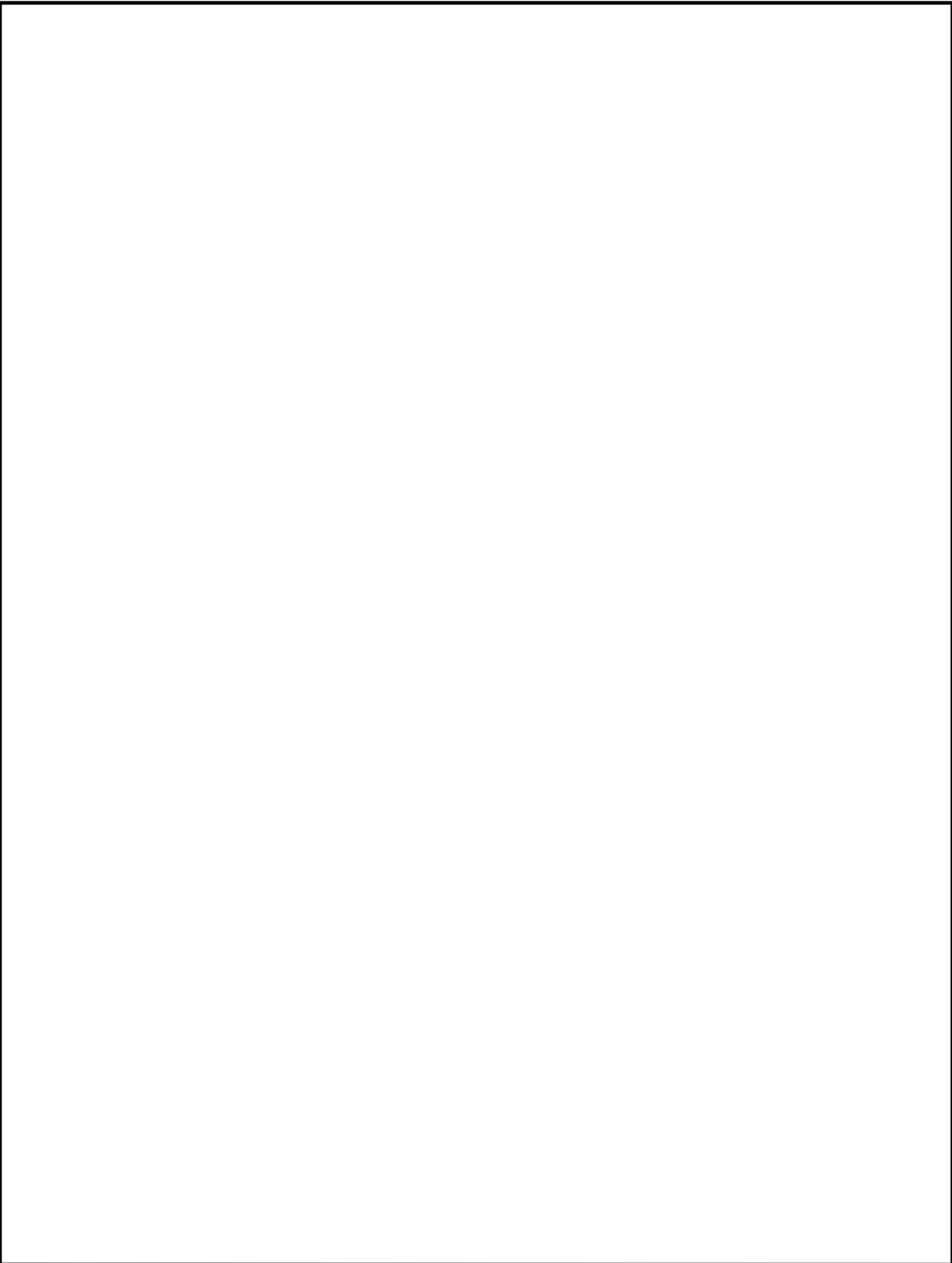
Для вирішення поставленої мети, необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити технологію виготовлення з більш високою продуктивністю праці;
- замінити зварювальне обладнання більш продуктивним;
- розрахувати режими зварювання;
- виконати розрахунок термічного циклу;

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- виконати розрахунок очікуваної структури ЗТВ при зварюванні;
- виконати розрахунок економічної ефективності від втілення пропону-
ваних технічних рішень.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



					ДР.131.2121ст.04.02.04.ПЗ.						
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата	2 Розрахунки технології зварювання			Літ.		Арк.	Аркушів
Студент	Пилипенко І.Ю.									20	18
Керівник	Спіхтаренко В.										
Консультант								ХФ НУК			
Н. Контр.											
Зав.кафедр.	Єрмолаєв Г.В.										

2.1 Обґрунтування вибору способів зварювання

Доцільність застосування того чи іншого способу зварювання при виготовленні водонагрівального бака визначається на основі аналізу таких факторів: марки матеріалу, його товщини; якості виконання зварного з'єднання; технічних і економічних вимог до зварних з'єднань; конструктивних можливостей виконання; заданої продуктивності; можливості механізації та автоматизації процесу; безпечності і нешкідливості роботи; вартості обладнання і матеріалів.

До найбільш поширених дугових способів зварювання плавким електродом, що мають високу універсальність і простоту виконання відносять, зварювання покритим електродом, напівавтоматичні та автоматичні способи зварювання дротом суцільного перерізу в середовищі вуглекислого газу або його сумішах, під флюсом, порошковим дротом. Найбільш широко застосовується дугове зварювання суцільним дротом під флюсом та захисних газах.

Висока продуктивність автоматичних дугових способів досягається можливістю їх виконання на більш підвищених режимах зварювання, в першу чергу зварювального струму. При їх використанні зварні з'єднання мають високу якість. Забезпечення стабільності якості з'єднань при автоматичному зварюванні досягається за рахунок автоматичного виконання плавлення та формування зварного з'єднання. Порівняно невисокий рівень застосування автоматичного зварювання пояснюється багатьма обставинами, до основних із яких можна віднести наступні: недостатню універсальність цих способів і технологічність створюваних конструкцій; неможливість виконання швів у важкодоступних місцях, складності зварювання криволінійних швів, які розташовані в різних просторових положеннях; необхідність створення спеціалізованих робочих місць для проведення автоматичних способів зварювання й оснастки їх відповідним допоміжним обладнанням; відносно високі додаткові витрати на це обладнання.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Переваги зварювання порошковим дротом є можливість спостереження при напівавтоматичному зварюванні за направленням електрода в розроблення кромки, особливо при зварюванні з поперечними коливаннями, а також за утворенням шва, ґрунтуються. Зміна складу наповнювача сердечника порошкового дроту дозволяє впливати на хімічний склад шва і технологічні характеристики дуги.

Проте, зварювання порошковим дротом має свої недоліки. Мала жорсткість трубчастої конструкції порошкового дроту вимагає застосування подаючих механізмів з обмеженим зусиллям стискання дроту в подаючих роликах.

При механізованому зварюванні можна виконувати безперервні шви, виконання яких при звичайному зварюванні покритим електродом неможливе через необхідність заміни електродів. Така техніка зварювання скорочує кількість зупинок, при цьому відпадає необхідність додаткового заварювання кратерів, що з меншими витратами дозволяє отримувати з'єднання з більш високою продуктивністю і меншими витратами електродного дроту. Процес зварювання виконується з високою сутінню концентрації енергії дуги, що збільшує глибину проплавлення зварюваних деталей, а з врахуванням підвищених швидкостей зварювання створює відносно невелику зону структурних перетворень і викликає менші деформації конструкцій.

Враховуючи приведені вище дані, автоматичне дугове зварювання під флюсом будемо також застосовувати для зварювання повздовжнього та кільцевих швів бачка котла, оскільки цей спосіб зварювання має ряд переваг перед механізованим:

- а) більша продуктивність;
- б) не потрібен кваліфікований зварник, а тільки оператор;
- в) економія зварювальних матеріалів;
- г) можливість забезпечення набагато глибшого проплавлення за один прохід.

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Одним з важливих недоліків є неможливість використання автоматичного зварювання під шаром флюсу для виконання швів розташованих в різних просторових положеннях.

Також, при виготовленні бачка водонагрівального котла, зокрема, для приварювання штуцерів підводу води, димохідної частини котла до днищ бачка будемо застосовувати спосіб електродугового напіваавтоматичного зварювання плавким електродом в середовищі суміші газів CO_2+O_2 . Даний спосіб зварювання обираємо тому, що в даному випадку він є найбільш раціональним і має ряд переваг перед іншими способами зварювання. До переваг даного способу зварювання можна віднести:

а) менше розбризкування електродного металу порівняно із способом напіваавтоматичного дугового зварювання в середовищі вуглекислого газу;

б) висока ступінь концентрації тепла дуги, що забезпечує в свою чергу мінімальну зону структурних змін і відносно невеликі деформації зварної конструкції;

в) висока продуктивність процесу за рахунок механізації подачі зварювального дроту;

г) високоефективний захист розплавленого металу зварювальної ванни.

Широке використання механізованого зварювання у середовищі захисних газів взамін ручного зварювання покритими електродами обумовлене більшою продуктивністю, кращими умовами праці і меншими вимогами до кваліфікації робітників. Перед напіваавтоматичним зварюванням під флюсом його переваги полягають у можливості візуального спостереження за розташуванням електрода, відсутності операцій по утриманню і видаленню флюсу і можливості виконання швів у всіх просторових положеннях. Саме наявність цих переваг способу напіваавтоматичного електродугового зварювання в суміші газів CO_2+O_2 робить його найбільш раціональним для зварювання приведених частин нагрівального бачка.

Отже, враховуючи специфіку різних способів зварювання та особливостей технології і техніки зварювання низьколегованих сталей, вибираємо для

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
						23
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення бачка водонагрівального котла автоматичне дугове зварювання під шаром флюсу для зварювання повздовжнього та кільцевих швів бачка та напівавтоматичне електродугове зварювання в суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ для приварювання штуцерів підводу води, димохідної частини котла до днищ бачка, дверцят для завантаження палива та опорних ніжок.

2.2 Розрахунок режимів зварювання

Основними параметрами автоматичного зварювання під флюсом є сила зварювального струму, напруга на дузі, швидкість зварювання, діаметр електричного дроту і швидкість його подачі в зону зварювання.

Для забезпечення високої технологічної і експлуатаційної міцності необхідно, щоб був якісний провар зварного з'єднання, тому зварювання проводимо на підкладних кільцях.

Розрахунок параметрів режиму зварювання проводимо за типом з'єднання С5 за ГОСТом 8713-79.

Схема шва при виготовленні циліндричної частини балона виконуємо згідно ГОСТ 8713-79 автоматичним зварюванням під флюсом, його ескіз показаний на рисунку 2.1.

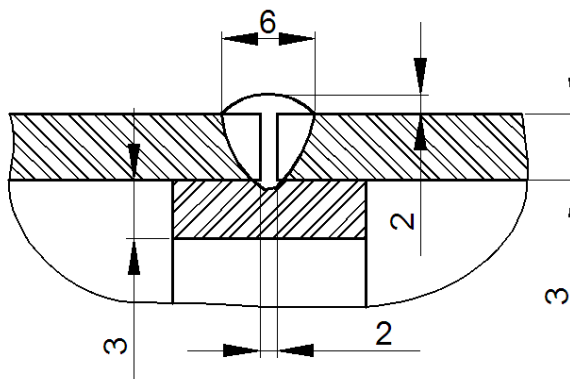


Рисунок 2.1 Схема зварного стикового з'єднання С5 за ГОСТ 8713-79

Визначимо силу зварювального струму [4] за формулою:

$$I_{\text{зв}} = \frac{h}{k} \cdot 100, \quad (2.1)$$

ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.					Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	24

де h – глибина проплавлення, мм. Виходячи з умови повного проплавлення, приймаємо глибину проплавлення 3 мм;

k – коефіцієнт пропорційності. Величина якого залежить від умов проведення зварювання, мм/100А.

Для електродного дроту діаметром 3 мм, $k=1$ мм/100А.

$$I_{зв} = \frac{3}{1} \cdot 100 = 300 \text{ А}.$$

Зварювальний струм приймаємо рівним 300А.

Визначимо діаметр електродного дроту [4] за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}} \quad (2.2)$$

де $I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

j – густина струму, А/мм²;

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{300}{50}} = 2 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр електродного дроту рівний 2 мм.

Визначаємо напругу на дузі за формулою:

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

де $I_{зв}$ – струм зварювальний, А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм;

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2^{0,5}} \cdot 300 = 30,7 \text{ В}$$

Приймаємо напругу на дузі рівний 30 В.

Розрахуємо площу наплавленого металу в поперечному перерізі шва, яка рівна сумі площ підсилення і величини зазору в поперечному перерізі шва.

Площа підсилення в поперечному перерізі шва розрахуємо за формулою:

$$F_1 = 0,75 \cdot l \cdot q, \quad (2.4)$$

де l – ширина зазору шва, м;

q – величина підсилення шва, м;

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$F_1 = 0,75 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 32 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначимо площу наплавленого металу в зазорі поперечного перерізу шва за формулою:

$$F_2 = h_u \cdot l + h_p \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h_p, \quad (2.5)$$

де h_u – висота шва, м;

l – ширина зазору шва, м;

h_p – висота розроблення, м;

α – кут розроблення;

$$F_2 = 3 \cdot 1,5 + 2 \cdot \operatorname{tg} 90^\circ \cdot 2 = 27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

$$F = F_1 + F_2, \quad (2.6)$$

де F_1 – площа поперечного перерізу величини підсилення шва, мм^2 ;

F_2 – площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва, мм^2 ;

$$F = 32 \cdot 10^{-6} + 27 \cdot 10^{-6} = 59 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт наплавлення розрахуємо за формулою:

$$\alpha_n = A + B \cdot \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad (2.7)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, при постійному струмі, $A=2,3$;

B – коефіцієнт пропорційності при постійному струмі, $B=0,04$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,04 \cdot \frac{300}{2} = 8,3 \text{ } ^\circ \text{ } A/20d.$$

Визначимо швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання за формулою:

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{ел}^2 \cdot \gamma}, \quad (2.8)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $^\circ \text{ } A/20d$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

π – геометрична константа, $\pi=3,14$;

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм;

γ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$. Густина сталі рівна $7800кг/м^3$;

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot 8,3 \cdot 300}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7800} = 85,3 \text{ м/год} \approx 85 \text{ м/год}.$$

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad (2.9)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $г \cdot А/г \cdot од$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу, $м^2$;

γ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$;

$$V_{зв} = \frac{8,3 \cdot 10^{-3} \cdot 300}{59 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 44,3 \text{ м/год}.$$

Розраховуємо параметри режиму напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів для кутового зварного шва згідно ГОСТ 14771-76, його ескіз показаний на рисунку 2.2.

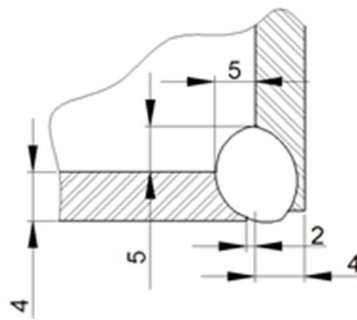


Рисунок 2.2 Схема зварного з'єднання У2 за ГОСТ 14771-76

Визначаємо площу поперечного перерізу для шва з катетом 4 мм без випуклості за формулою:

$$F_n = k^2/2, \quad (2.10)$$

де k – катет шва, мм.

$$F_n = 4^2/2 = 8 \text{ мм}^2$$

Висота наплавленого металу:

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$h_H = \sqrt{F_H}, \quad (2.11)$$

$$h_H = \sqrt{8} \approx 2,8 \text{ мм.}$$

Ширину шва визначаємо за формулою:

$$e = \sqrt{2\kappa^2}, \quad (2.12)$$

$$e = \sqrt{2 \times 4^2} \approx 5,6 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальну висоту шва:

$$H = e / \psi_{np}, \quad (2.13)$$

ψ_{np} – коефіцієнт форми проплавлення; $\psi_{np} = (0,8 \div 4)$. Приймаємо $\psi_{np} = 0,8$ [8];

$$H = 5,6 / 0,8 = 6,8 \text{ мм.}$$

Глибина проплавлення основного металу :

$$h_0 = H - h_H, \quad (2.14)$$

$$h_0 = 6,8 - 2,8 = 4 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину сили струму зварювання:

$$I_{36} = (h_0 / K_n) \times 100, \quad (2.15)$$

де K_n – коефіцієнт пропорційності, що залежить від умов зварювання, $K_n = 1,75$, тоді :

$$I_{36} = 3,1 / 1,75 \times 100 \approx 220 \text{ А.}$$

Приймаємо силу струму 220 А.

Визначаємо діаметр електродного дроту:

$$d_{el} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{36}}{j}}, \quad (2.16)$$

де j – густина струму, А/мм²; приймаємо $j = 180 \text{ А/мм}^2$ [8].

$$d_{el} = 1,13 \sqrt{\frac{220}{180}} = 1,3 \text{ мм ;}$$

Приймаємо діаметр електрода = 1,2 мм.

Напругу на дузі визначаємо за формулою :

$$U_d = 20 + \frac{50 \times 10^{-3}}{d_{el}^{0.5}} I_{36}^{+1} - 1, \quad (2.17)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \times 10^3}{1,2^{0.5}} 220^{+1} - 1 = 27 \text{ В.}$$

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту :

$$V_{n.e.} = \frac{4\lambda_n I_{зв}}{\pi d_{ел}^2 j}, \quad (2.18)$$

де j – густина металу електродного дроту ($j = 7800 \text{ кг/м}^3$);

λ_n – коефіцієнт наплавлення металу, кг/А×год.

При зварюванні на постійному струмі зворотної полярності:

$$\lambda_n = 11,6 \pm 0,4 \text{ г/А×год, [1].}$$

Приймаємо $\lambda_n = 11,2 \times 10^{-3} \text{ кг/А×год.}$

$$V_{n.e.} = \frac{4 \times 11,2 \times 10^{-3} \times 220}{3,14 \times 0,0012^2 \times 7800} \approx 201,7 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{n.e.} = 200 \text{ м/год.}$

Швидкість зварювання :

$$V_{зв} = \frac{\lambda_n I_{зв}}{F_n \times j}, \quad (2.19)$$

$$V_{зв} = \frac{11,2 \times 10^{-3} \times 220}{8 \times 10^{-6} \times 7800} \approx 36 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв} = 36 \text{ м/год.}$

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання при виготовлення бачка водонагрівального котла заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 Параметри режиму зварювання бачка водонагрівача

Номер шва	Сила струму $I_{зв}, \text{А}$	Напруга на дузі $U_d, \text{В}$	Діаметр дроту $d_e, \text{мм}$	Швидкість зварювання $V_{зв}, \text{м/год}$	Швидкість подачі дроту $V_{п.д.}, \text{м/год}$
N1	300	30	2	44	85
N2	280	28	2	37	76
N3	220	27	1,2	36	200

2.3 Розрахунок термічного циклу при зварюванні та аналіз структури металу ЗТВ

При зварюванні плавленням застосовуються могутні концентровані джерела енергії. Локалізація теплоти в місці з'єднання і подальше її поширення у виробі приведе до різноманітних структурних і деформаційних процесів, що в остаточному підсумку впливає на працездатність і якість зварних з'єднань [2]. Регулюючи потужність джерела, початкову температуру виробу можна в широких межах змінювати властивості зварних з'єднань. Вплив цих параметрів на зварювальні процеси дозволяє оцінити теорія теплових процесів при зварюванні.

Розподіл і зміна температури при зварюванні виробів обчислюються по формулах, отриманим у результаті рішення диференціального рівняння теплопровідності при визначених початкових і крайових умовах:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (2.1)$$

Найбільше поширення для теплових процесів зварювання одержав спосіб рішення диференціального рівняння (2.27) методом джерел.

Рішення цього рівняння при дії зварювального джерела, що безупинно рухається в напрямку осі x з постійною швидкістю v , буде більш простим у системі координат, що рухається, де початок координат збігається з джерелом. Так, при зварюванні масивних виробів зміна температури в часі в якій-небудь точці тіла можна розрахувати по формулі:

$$T(x, y, z, t) = \frac{2 \cdot q}{c \cdot \gamma (4 \cdot \pi \cdot \alpha)^{3/2}} \exp\left(-\frac{v_x}{2\alpha}\right) \int_0^t \frac{dt_2}{t_2^{3/2}} \cdot \exp\left(-\frac{R^2}{4 \cdot \alpha \cdot t^2} - \frac{v^2 \cdot t_2}{4 \cdot \alpha}\right) \quad (2.2)$$

де: q - ефективна теплова потужність джерела, для дугового зварювання $q = I_{зг} \cdot U_{дг} \cdot \eta$ (η - ефективний КПД нагрівання);

v - швидкість переміщення джерела, см/с;

α - коефіцієнт теплопровідності;

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$t_2=t-t_1$ – час поширення теплоти елементарного джерела, введеного в якій-небудь точці О, потужність якого $q=dt_1$ (t_1 час досягнення джерелом точці О с моменту початку руху, t – час досягнення температури T у крапці з координатами x, y, z з початку руху джерела);

R -відстань від джерела до розглянутої точки,

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} ; \quad (2.3)$$

При збільшенні швидкості переміщення зварювального джерела градієнт температури тіла в напрямку зварювання увесь час зменшується. Про це можна судити по витягнутості ізотерми температурного поля в напрямку осі x . При великих швидкостях зварювання можна зневажити поширенням теплоти уздовж напрямку руху джерела, розрахункові формули зміни температури в точках тіла при цьому значно спрощуються. При однопрохідному зварюванні пластин розрахунок температури в часі в якій-небудь точці тіла виконується по формулі:

$$T(y_0, t) = \frac{q}{v \cdot \delta \cdot \sqrt{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot t}} \exp\left(-\frac{y_0^2}{4 \cdot a \cdot t} - b \cdot t\right) + T_0 \quad (2.4)$$

δ - товщина зварних листів, см;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К;

$c\gamma$ – об'ємна теплоємність, Дж/см³ К;

y_0 - відстань від джерела до розглянутої точки, см;

b – коефіцієнт температуровіддачі, $b = \frac{2 \cdot \alpha}{c \gamma \cdot \delta}$;

α – коефіцієнт теплообміну поверхні пластини з навколишнім середовищем;

T_0 – початкова температура виробу.

Зміна максимальних температур у напрямку, перпендикулярному осі переміщення джерела, для однопрохідного зварювання пластин, розраховується по рівнянню:

$$T_m(y_0) = \frac{0,484 \cdot q}{c \gamma \cdot \delta \cdot v \cdot 2y_0} \quad (2.5)$$

При розрахунку розподілу температур у напрямку, перпендикулярному руху джерела, по рівнянню (2.31) доцільно знайти перше значення y_0 вважаючи, що $T_m = T_l = 1350^\circ\text{C}$ (температура ліквідусу). Якщо врахувати початкову температуру виробу T_0 то рівняння (2.31) перетвориться в наступний вид:

$$y_0 = \frac{0.484 \cdot q}{2 \cdot \delta \cdot c \gamma \cdot v (T_m - T_0)} \quad (2.6)$$

Для визначення структурних складових і механічних характеристик ЗТВ визначається величина тривалості охолодження τ , що знаходять з термічного циклу розрахованих по формулах теорії поширення тепла при зварюванні. Для швидкорухаючих джерел при однопрохідному зварюванні листів:

$$\tau = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot v^2 \cdot \delta^2} \left[\frac{1}{(500 - T_0)^2} - \frac{1}{(850 - T_0)^2} \right] \quad (2.7)$$

2.3.1 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання

При товщині металів, що зварюються, більш 9 мм необхідно робити оброблення крайок. Для зварювання цистерни при товщині 4 мм оброблення не робиться. Розрахунок режимів зварювання проведений у розділі 2.2. Вхідні дані для розрахунку:

коефіцієнт тепловіддачі, Дж/см ² с К	0,00188
коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К	0,4
об'ємна теплоємність, Дж/см ³ К	5,0
температура нагрівання, °С	1350
початкова температура виробу, °С	20
коефіцієнт температуропровідності	0,08
величина струму дуги, А	300
напруга дуги, В	30
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7
ефективна теплова потужність джерела	6300
швидкість зварювання, см/с	1,20
товщина листів, що зварюються, см	0,3

Для визначення відстані від джерела до розглянутої точки ω_0 , скористаємося рівнянням вважаючи, що $T_m = T_l = 1350^\circ\text{C}$ (температура ліквідусу).

$$y_0 = \frac{0.484 \cdot q}{2 \cdot \delta \cdot c \gamma \cdot \nu (T_m - T_0)} = 0,47 \text{ см}$$

Зробимо розрахунок температури в часі для стикового зварювання пластин у якій-небудь точці тіла. Розрахунок виконується по формулі (2.25) у табличній формі. Результати приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 Нагрів та охолодження стикового з'єднання

Час, с	0,1	0,3	1,0	5,0	10	20	30	50	100	200
$T^\circ\text{C}$	28	492	1310	1014	706	556	454	347	232	145

За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ (див. рис.2.3).

2.3.2 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання

Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання при механізованому зварюванні в CO_2 зробимо по тій же схемі, що і розрахунок стикового з'єднання без оброблення крайок. Але тут необхідно врахувати, що частина тепла витрачається на нагрівання полиці (біля двох третіх), а частина на нагрівання стінки (одна третина). Зробимо розрахунок для полиці $\delta = 0,30$ см.

Вихідні дані для розрахунку:

коефіцієнт тепловіддачі, Дж/см ² с К	0,00188
коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К	0,4
об'ємна теплоємність, Дж/см ³ К	5,0
температура нагрівання, $^\circ\text{C}$	1350
початкова температура виробу, $^\circ\text{C}$	20
коефіцієнт температуропроводності	0,08
величина струму дуги, А	220
напруга дуги, В	27
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7

					ДР.131.2121ст.04.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ефективна теплова потужність джерела 4158

швидкість зварювання, см/с 1,0

Визначимо відстань від джерела до розглянутої точки x_0 . Для цього скористаємося рівнянням вважаючи, що $T_m = T_l = 1350^\circ\text{C}$ (температура ліквідусу).

$$y_0 = \sqrt{\frac{0,368 \cdot q}{\pi / 2 \cdot v \cdot c \gamma (T_m - T_0)}} = 0,38 \text{ см}$$

Зробимо розрахунок температури в часі при зварюванні таврового з'єднання для полиці. Розрахунок виконується по формулі (2.26) у табличній формі. Результати приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Нагрів та охолодження таврового з'єднання

Час, с	0,1	0,3	1,0	5,0	10	20	30	50	100	200
$T^\circ\text{C}$	190	1219	1067	322	178	101	74	53	36	28

За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ (див. рис. 2.3).

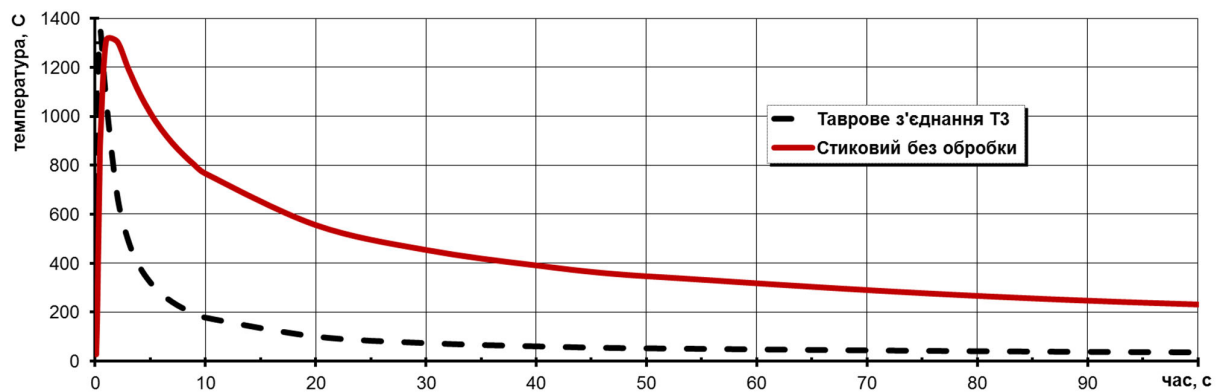


Рисунок 2.3 Нагрів та охолодження стикового та таврового зварного з'єднання.

Криві охолодження переносимо на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі ВСт3пс (рисунок 2.4).

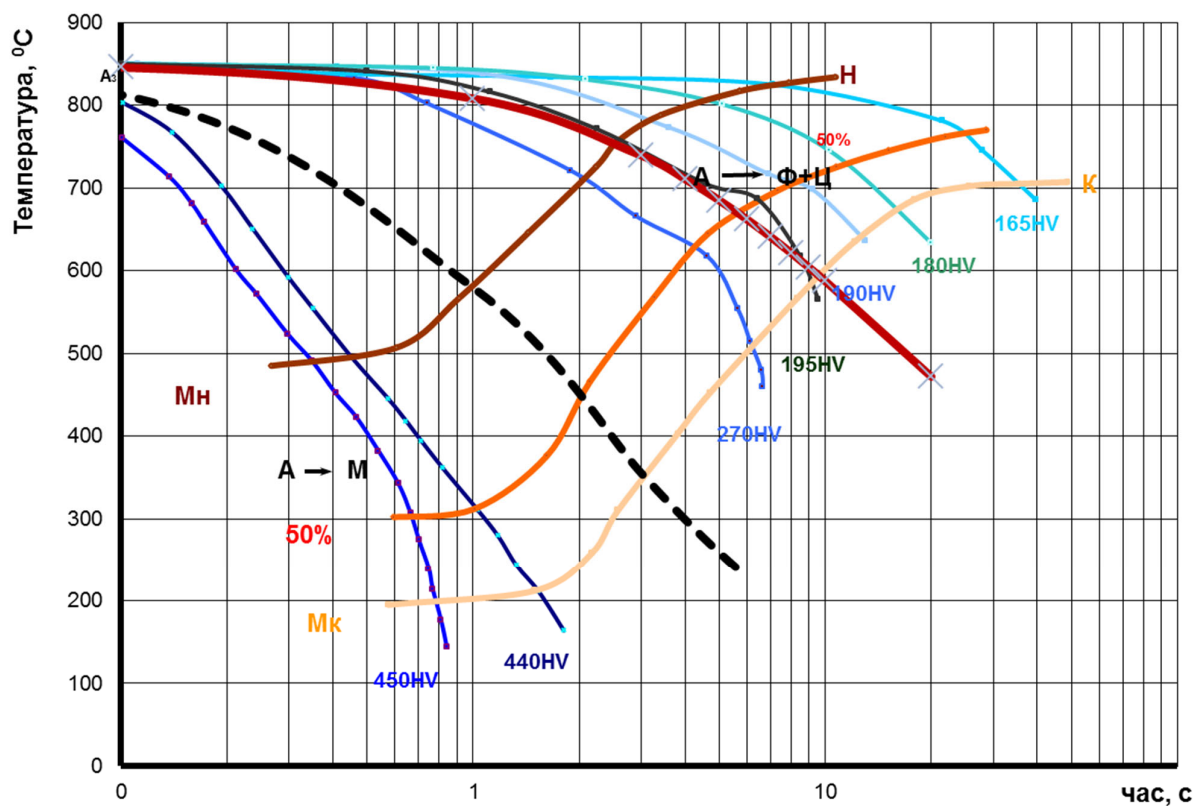


Рисунок 2.4 Діаграма термокінетичного розпаду аустеніту у сталі ВСтЗпс.

Проведені розрахунки дозволяють визначити параметри процесу зварювання, що характеризується нормальним режимом. У таких процесах зварювальний струм, основний параметр режиму і не перевищує прийнятих норм. Продуктивність процесу зварювання при цьому найчастіше не відповідає вимогам сучасного виробництва.

Розробляються і знаходять застосування в деяких випадках технологічні процеси зварювання, що характеризуються «підвищеним» режимом. Швидкість зварювання однопровідних швів на таких режимах збільшується в 1,5-2 рази в порівнянні зі зварюванням на нормальному режимі. Однак прагнення до підвищення продуктивності процесу нашою хується на ряд серйозних перешкод.

Аналізуючи отримані результати по термічному циклі, бачимо, що при даних режимах можливе утворення мартенситних структур, особове при зварюванні таврових з'єднань.

2.4 Аналіз очікуваної структури ЗТВ

При зварювання основний метал у прилеглих ділянках шва піддається своєрідній термічній обробці. Ділянки, що примикають до шва, зі зміненої в порівнянні з основним металом структурою одержали назву - зона термічного впливу (ЗТВ). Структура металу в цій зоні змінюється відповідно до термічного циклу нагрівання й охолодження.

Для судження про структурні перетворення в ЗТВ при зварюванні необхідно розташовувати даними по кінетиці перетворення аустеніту. Структурні зміни в ЗТВ можна оцінити по діаграмах термокінетичного перетворення, побудованими для умов зварювання. Така діаграма будується в координатах температура - час. Через великі діапазони розглянутого часу його відкладають у логарифмічному масштабі. Відлік часу при охолодженні аустеніту починається з моменту, коли температура металу досягає критичної точки A_{c3} . Вище цієї температури аустеніт термодінамічно стійкий, нижче - аустенітний стан хитливий і у залежності від температурно-тимчасових умов може перетерплювати перлітне, бейнітне (проміжне) чи мартенситне перетворення.

Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі ВСт3пс показані на рисунку 2.4. Нанесені на цю діаграму термічні цикли охолодження металу високотемпературних ділянок ЗТВ можна судити про структурні зміни в цій зоні і пророчити механічні властивості найбільш слабкої ділянки зварного з'єднання.

Так при охолодженні таврового з'єднання структура металу буде складатися з бейніту і мартенситу. Метал з такою структурою має підвищену твердість, міцність і задовільну пластичність. Метал при такій структурі, не так схильний до утворення гартівних структур, як при мартенситній. Можна

збільшити режим або температуру підігріву. Тоді можна одержати феріто-перлітну структуру. Феріто-перлітна структура є м'якої. Метал з такою структурою характеризується невисокою твердістю і достатньою пластичністю. Сталі з феріто-перлітною структурою, мають гарну зварюваність і високу стійкість проти утворення гарячих тріщин.

При охолодженні стикового з'єднання утвориться феріто-перлітна структура (рисунок 2.4).

2.5 Висновки

На підставі проведених розрахунків можна зробити такі висновки:

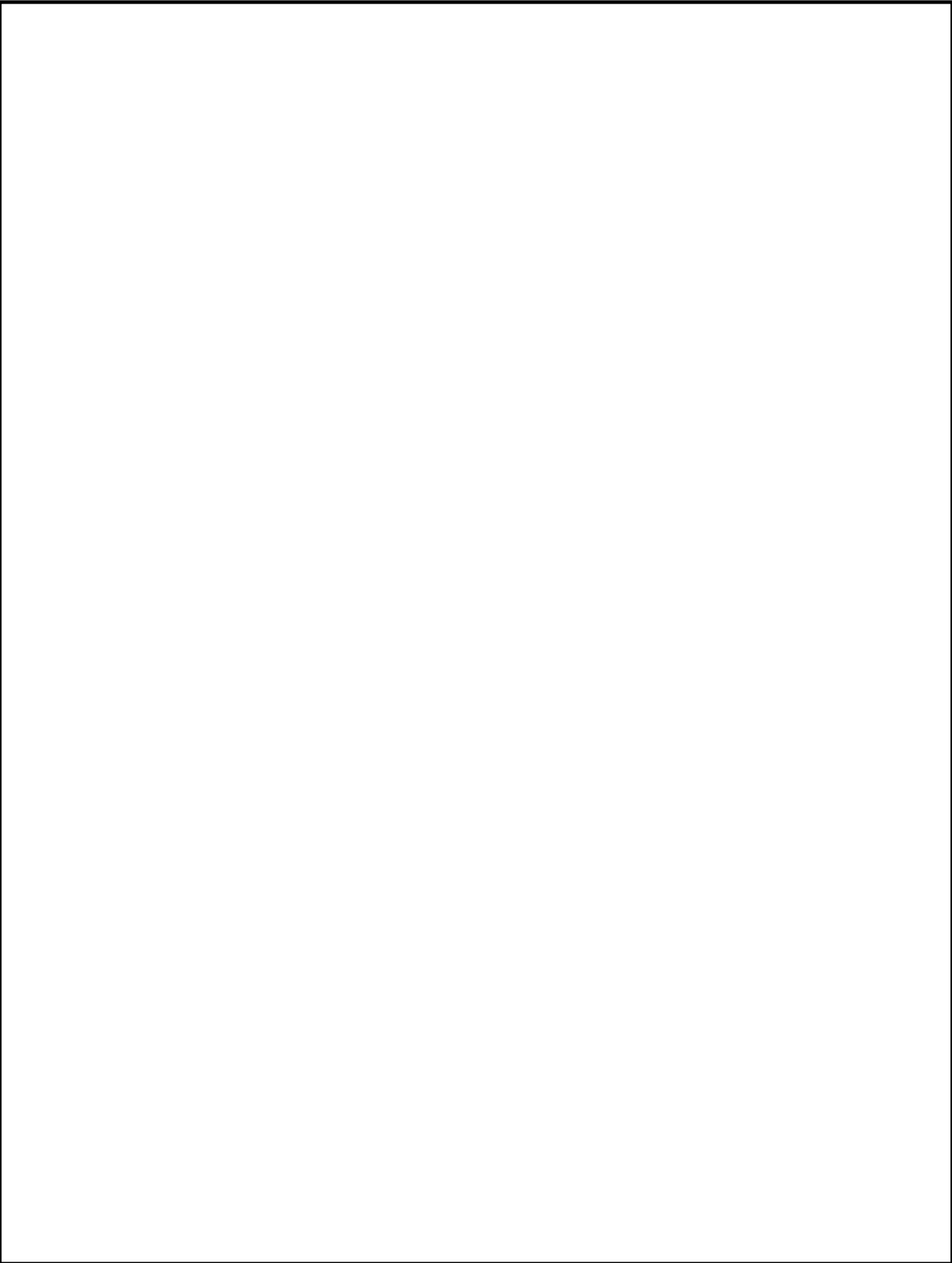
1. Приведений розрахунок режимів зварювання узгоджується з рекомендаціями до вимог «Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», затверджених Держгіртехнаглядом, за робочими кресленнями та зразку-еталону, затвердженого в установленому порядку.

2. Зварювання стикових з'єднань без оброблення крайок рекомендується варити автоматичним зварюванням під шаром флюсу на підкладних кільцях в один прохід.

3. Зварювання таврових і кутових з'єднань рекомендується варити механізованим зварюванням у CO_2 .

4. Розрахунок термічного циклу показує, що при зварюванні стиків структура ЗТВ має феріто-перлітну структуру з твердістю 180-220 HV.

5. При зварюванні таврових з'єднань розрахунок термічного циклу показує, що структура має твердість 300-330 HV.



					ДР.131.2121ст.04.03.04.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Пилипенко І.Ю.			3 Технологічний процес складання та зварювання конструкції		Літ.	Арк.	Аркушів
Консультант								38	30
Керівник		Спіхтаренко В.					ХФ НУК		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В							

3.1 Принципова послідовність складання і зварювання

Першим етапом технологічного процесу при виготовленні водонагрівача, що призначений для нагрівання води, є перевірка відповідності нормативно – конструкторської документації матеріалу виробу, а також зварювальних матеріалів.

Технологічний процес виготовлення водонагрівача складається з наступних операцій: заготівельні, складальні, зварювальні, опоряджувальні, допоміжні, контрольні.

Схема технологічного процесу така: спочатку виготовляються складальні одиниці, кожна на своїй ділянці, потім комплект надходить до місця збирання та зварювання бачка водонагрівача, після чого готовий виріб контролюється і піддається пневмовипробуванням і, в разі їх успішного проходження, відправляється на фарбування і місце складування.

Для отримання заготовок, що підлягатимуть складанню потрібно виконати такі операції: зачищення; правлення; розмічування; різання.

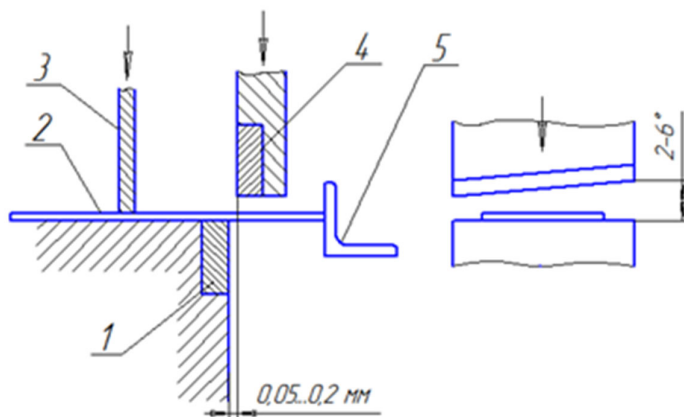
Зачищення листів проводимо на листозачисній машині, де зачищення проводиться одночасно з обох боків спеціальними щітками. Зачищенню піддають тільки забруднені листи, чи частково забруднені листи.

Правлення проводять на листопрямильній машині. Завдяки правленню листи набувають правильної форми. Правленню піддаються тільки деформовані листи, які деформувалися при транспортуванні, чи неправильному зберіганні.

Розмічування листів згідно розмірів виконується ручним або напівмеханізованим чи механізованим методом. Завданням розмічування є відтворення відповідних розмірів з креслення на готовій заготовці з досить високою точністю, адже неправильне розмічування приведе до утворення невірних дефектів.

Вирізання листових деталей з прямолінійними кромками проводиться на гільйотинних ножицях. Схема процесу різання показана на рисунку 2.2

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



1 – нижній ніж; 2 – лист металу; 3 – притискач; 4 – верхній ніж;
5 – упор

Рисунок 3.1 Схема процесу різання листового прокату на гільйотинних ножицях [6]

Перед зварюванням візуально перевіряємо відповідність деталей виробу вимогам креслень і технологічного процесу. При складанні виробу забезпечуємо таке взаємне розміщення деталей, в якому вони повинні знаходитись в готовому виробі. Для виконання операції використовуємо складально-зварювальне пристосування, що забезпечує центрування, затискання, складання з окремих частин цілих виробів.

На першому етапі виготовлення бачка водонагрівача виготовляємо днища шляхом холодного штампування з листового прокату товщиною 3,0 мм (ГОСТ 19903). Листи металу подаються на ділянку, де розрізаються гільйотинними ножицями на заготовки відповідного розміру. Установка упору здійснюється вручну. Установка упору слід контролювати через кожні 50 відрізаних смуг. Тоді пакет з заготовками подають на ділянку штампування, де на кривошипному пресі формують днище з одночасною вирубкою по зовнішньому контуру.

Для виготовлення листи металу ріжуться на гільйотинних ножицях за розміром 3x1190x1700. Наступним етапом є виготовлення та прихоплення підкладних кілець розміром 3x27x1190.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Для виготовлення бачка водонагрівального котла будемо використовувати зварювальну колону з розміщеною на ній зварювальною головкою А1416, яка переміщається по направляючих консолях зварювальної колони.

Попередньо звальцьовано обичайка укладається на мідну підкладку, затискається клавійним притискачем затискного пристрою з пневмошланговим приводом. Перед зварюванням повздовжнього шва бачка, орієнтують зварювальну головку по центру стику. Далі необхідно перевірити стан стику щодо кінця електродного дроту, витримавши відхилення електрода від центру стику по всій довжині не більше 1,0 мм. При відхиленнях, що виходять за межі допустимого, проводять регулювання коригуванням зварювальної головки або положенням обичайки вручну. Наступним етапом є зварювання повздовжнього стику обичайки зварювальною головкою А1416.

По закінченні зварювання обичайка звільняється від притискачів та передається на операцію відрізки технологічних планок.

Після зварювання обичайки проводять розрізання її плазмовим різанням на дві частини. Одна з яких використовується для виготовлення власне бачка водонагрівального котла, а інша для виготовлення топки.

Наступною операцією виконуємо зварювання днищ з обичайкою водонагрівального бачка двома кільцевими зварними швами під шаром флюсу на спеціальному стенді, який складається з зварювальної головки розміщеної на зварювальній колоні та роликового стенда. На роликовому стенді проводиться стикування днищ та обичайки, і виконується зварювання зварювальною головкою А-1416 розміщеною на зварювальній колоні. Роликовий стенд забезпечує обертання виробу, а також здійснює встановлення виробу в зручне положення при зварюванні, збиранні, обробленні, контролі та інших операціях зварювального виробництва.

Зварювання бачка водонагрівача проводиться при поступальному переміщенні зварювального автомату вздовж стику. Наступним виконується зварювання обичайки топки з днищем топки та приварювання топки до бачка

котла кільцевими швами. Ці операції виконуються при допомозі роликового стенда.

На завершення виготовлення бачка виконують приварювання димоходу до днищ бачка, дверцят для завантаження твердого палива, штуцерів для підведення холодної і відведення нагрітої води, та ніжок для встановлення бачка при експлуатації. Для цього використовують напівавтоматичне зварювання в середовищі CO_2 та кисню, а також роликовий стенд для встановлення виробу у зручне для зварника положення.

Під час складально-зварювального процесу навантаження, транспортування, розвантаження, а також кантування заготовок, деталей, зварних вузлів і готових виробів на всіх стадіях технологічного процесу здійснюється з допомогою підіймально-транспортної оснастки.

Оснастка для встановлення та транспортування зварних виробів використовується на всіх стадіях технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій, вона складає значну частину механічного обладнання зварювального виробництва.

Після виконання зварювальних робіт проводимо зачищення швів, видалення металевих бризгів з поверхні виробу. Для опоряджувальних операцій використовуємо як ручні так і механічні методи зачищення.

До ручних інструментів, які використовуються відносяться: молоток, зубило, металева щітка. До механічних методів: пневмошліфмашини, шліфувальні верстати, фрезерні станки. Після зачищення виріб піддають методам контролю на наявність внутрішніх і зовнішніх дефектів.

При виготовленні даного виробу до допоміжних операцій відносять:

- налагоджувальні;
- перевантажувальні;
- підіймально-транспортні операції;
- роботи з приймання і видавання інструменту, зварювальних матеріалів.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Перед початком зварювання проводимо налагоджувальні роботи з обладнанням, засипають флюс, встановлюють початковий виліт електродного дроту з метою запобігання утворенню пор і поганому формуванню шва при зварюванні.

При виконанні перевантажувальних і піднімально-транспортних операцій здійснюємо встановлення деталей в складальні пристосування, перевезення заготовок з ділянки на ділянку, транспортування продукції на склад.

Контрольні операції містять комплекс операцій на кожному етапі виготовлення зварної конструкції, такі як:

- контроль вихідних зварювальних матеріалів;
- контроль зварних матеріалів;
- контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операцій зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Перевірку зварних з'єднань кожного бачка водонагрівача проводять:

- зовнішнім оглядом відповідно до вимог ГОСТ 3242 і галузевої інструкції по зварюванню і контролю зварних з'єднань;
- просвічуванням проникаючим випромінюванням у відповідності з вимогами ГОСТ 7512 або ГОСТ 2354, або радіоскопічними методами із застосуванням рентгено -телевізійних установок;
- випробуваннями на статичний розтяг і вигин за ГОСТ 6996 стикових зварних з'єднань обичайок і днищ;
- гідравлічними випробуваннями;
- пневматичними випробуваннями.

Для перевірки механічних властивостей повздовжніх і кільцевих швів, зварювання контрольних з'єднань виконують окремо від зварюваних елементів бачка водонагрівача з обов'язковим дотриманням усіх умов зварювання контрольованих стикових з'єднань.

Перевірку на руйнування проводять гідравлічним тиском. Випробування проводять підвищенням тиску до 2,5 МПа, при цьому бачок не повинен

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
						43
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деформуватися. Після досягнення тиску 2,5 МПа і перевірки діаметра бачка тиск підвищується до настання руйнування бачка. Контроль зовнішнього діаметра бачка проводять у поперечному перерізі на відстані не менше 50 мм від зварних швів.

3.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

Як правило, при зварюванні, як присаджувальний матеріал використовується зварювальний дріт, отриманий гарячим прокатуванням або волочінням після гарячого прокатування. На основі марки сталюого дроту для зварювання розроблено державний стандарт ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная», в якому регламентовано хімічний склад 77 марок зварювального дроту. Стандарт регламентує тільки хімічний склад і розміри дроту, так як механічні властивості металу шва залежить від багатьох факторів.

При виборі зварювальних матеріалів потрібно враховувати, що вони приймають участь:

- в захисті розплавленого металу в зоні протікання металургійних процесів, а в деяких випадках і нагрітого твердого металу від шкідливої дії атмосферного повітря (насичення його газами атмосфери) протягом всього процесу зварювання;
- в процесі розплавлення, переносу в дузі, перебування в зварювальній ванні, кристалізації;
- в очищенні металу шва від водню та азоту;
- в регулюванні хімічного складу металу шва шляхом легування і розкислення;
- в очищенні (рафінуванні) металу шва – видаленні сірки, фосфору, окислів та шлаку;
- в ряді випадків у модифікуванні первинної структури шва.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Вибір зварювального матеріалу визначається умовами отриманими бездефектних структур металу шва, що задовольняє за своїми властивостями вимоги, які висуваються до нього умовами експлуатації конструкції.

Вуглецеві сталі схильні до пористості і основною її причиною є реакція взаємодії вуглецю з киснем, яка призводить до утворення чадного газу. Для подавлення реакції окислення вуглецю в період кристалізації металу шва в зварювальній ванні повинна знаходитись достатня кількість розкислювачів (Mn і Si). Тому, для попередження пористості при зварюванні у вуглекислому газі потрібно використовувати дріт з підвищеним вмістом Mn і Si- Св-08Г2С. Отже, для зварювання сталі ВСт3пс обираємо зварювальний дріт марки Св-08Г2С, хімічний склад дроту приведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Хімічний склад дроту марки Св-08Г2С, % згідно
ГОСТ 2246-70 [4]

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
не більше						
0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

При автоматичному зварюванні під флюсом сталі марки ВСт3пс зварювальним дротом марки Св-08Г2С рекомендується застосовувати флюс АН-348А або ОСЦ-45 за ГОСТ 9087-69.

Оскільки дана конструкція є відповідальною, то вибираємо для захисту металу зварювальної ванни флюс ОСЦ-45, що забезпечить менше відхилення хімічного складу основного металу. Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 згідно ГОСТ 9087-69 [4]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P
38-44	34-41	6,5	2,5	5,0	6-9	2,0	0,15	0,15

Поєднання дроту Св08Г2С з флюсом ОСЦ-45 дозволяє отримати метал шва з механічними властивостями, які відповідають властивостям основного металу.

Активними захисними газами називають гази які здатні захищати зону зварювання від доступу повітря і разом з тим хімічно реагувати із зварювальним металом або фізично є розчинні в ньому [7].

В якості захисного газу при виготовленні даної конструкції використовуємо суміші вуглекислого газу з киснем. При зварюванні застосовують вуглекислий газ високої густини вищого та І сорту. Відповідно ГОСТ 8050-85 вуглекислий газ, який використовують для зварювання не повинен містити в собі кислоти органічних з'єднань (ефіри, спирти, альдегіди), аміак, ароматичні вуглеводи та інші сполуки.

Суміш 80% вуглекислого газу + 20% кисню відрізняється високою окислювальною здатністю, завдяки чому збільшується шар шлаку, порівняно із зварюванням у вуглекислому газі. Суміш забезпечує глибоке проплавлення, гарне формування шва, мінімальне розбризкування, високу щільність металу шва. Змішування газів здійснюється на зварювальному пості.

3.3 Вибір зварювального устаткування

При автоматичному зварюванні під флюсом застосовують автоматичні системи з постійною швидкістю подачі дроту, які працюють за принципом саморегулювання дуги. Він полягає в тому, що при великій силі струму і невеликому діаметрі електрода в дузі самостійно встановлюється така сила зварювального струму, при якій швидкість плавлення дроту рівна швидкості її подачі. При миттєвому видовженні дуги сила зварювального струму зменшується, і зменшується швидкість плавлення дроту. Внаслідок виникнення відхилення довжина дуги зменшується, а сила струму збільшується до тих пір, поки не встановиться початкова довжина дуги і сила струму. Аналогічні процеси проходять при зменшенні величини дуги.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

За результатами розрахунків параметрів режиму зварювання вибираємо автомат А1416 для зварювання повздовжніх та кільцевих зварних швів бачка водонагрівача. Автомат призначений для зварювання під флюсом стикових (з розробленням кромок і без), кутових і з'єднань внапуск. Під час зварювання автомат пересувається по направляючих зварювальної колони. Приводи подаючого механізму і механізму переміщення незалежні. Технічна характеристика автомата А1416 приведена в таблиці 3.3, а загальний вигляд на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 Загальний вигляд автомату А1416

До складу автомата входять: електромеханічний привід вертикального переміщення зварювальної головки, що дозволяє регулювати положення мундштука по висоті залежно від рівня зварювання й необхідного вильоту електрода; супорт, призначений для поперечного корегування положення

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

мундштука; візок для переміщення автомата вздовж зварюваного шва з робочою швидкістю (швидкістю зварювання) і з маршовою швидкістю.

Система флюсоапарата з флюсобункером забезпечує надійний захист зварного шва від впливів навколишнього повітря, а також дозволяє повторно використовувати нерозплавлений флюс. Процес правлення і подачі електродного дроту в зону зварювання відбувається автоматично, за допомогою механізму подачі і правильно-притискного механізму.

Таблиця 3.3 Технічна характеристика автомата А1416

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення, В	380
Номинальний зварювальний струм, А	500
Режим роботи, ПВ %	100
Кількість електродів, шт	1
Діаметр електродного дроту, мм	2...5
Спосіб захисту дуги	флюс
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	17 ± 7 до 500 ± 7
Швидкість зварювання, м/год	від 12 до 120
Маршова швидкість, м/год	950 ± 50
Вертикальний хід зварювальної головки, мм	250
Поперечне переміщення зварювальної головки, мм	± 75
Ємкість флюсобункера, дм ³	25
Габаритні розміри, мм:	
висота	1860
ширина	850
довжина	960
Маса, кг	320
Регулювання кута нахилу електрода, град	± 25

Для точного встановлення електрода в розроблення шва автомат має світловий показник. Швидкість подачі електродного дроту і швидкість зварювання не залежать від параметрів дуги. Регулювання швидкості зварювання та швидкості подачі електродного дроту - поетапне

Джерело живлення зварювальної дуги при автоматичному зварюванні, повинно забезпечувати наступні вимоги:

- а) забезпечувати необхідні для даного технологічного процесу силу струму і напругу на дузі;
- б) мати необхідний вид зовнішньої характеристики, для забезпечення стабільного горіння дуги;
- в) давати можливість налаштовуватись на потрібний режим зварювання;
- г) мати такі динамічні властивості, які б забезпечували нормальне збудження дуги і мінімальний коефіцієнт розбризкування.

Для забезпечення розрахованих режимів зварювання під флюсом, використовуємо джерело живлення ВДУ-506С. Загальний вигляд зварювального випрямляча ВДУ-506С представлений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 Загальний вигляд зварювального випрямляча ВДУ-506С

Випрямляч зварювальний ВДУ-506С — це універсальний випрямляч з тиристорним керуванням. Його універсальність проявляється у здатності забезпечувати: зварювання покритими електродами; зварювання в середовищі захисних газів; зварювання порошковим дротом; зварювання під флюсом; повітряно-дугове різання.

Випрямляч призначений як для комплектації постів ручного дугового зварювання штучними металевими електродами, так і для комплектації напівавтоматів типу ПДГ при механізованому зварюванні в середовищі захисних газів виробів з маловуглецевих, низьколегованих, вуглецевих і корозійностійких сталей на постійному струмі. Випрямляч регульований, і має жорсткі і падаючі зовнішні характеристики.

Випрямляч підключається до трифазної мережі 380 В і споживає з неї при повному навантаженні до 40 кВт потужності (фазні струми до 62 А). Діапазон зварювальних струмів і робочих напруг досить широкий: 50-500 А, 18-50 В.

Зварювання від випрямляча стійке і стабільне, технологічний ефект за якістю формування шва і низькому розбризкуванню відповідає кращим зразкам. Випрямляч забезпечує легке запалення і стійке горіння дуги при будь-якому струмі в межах регульовального діапазону. Випрямляч може працювати за заданою програмою з маніпулятором або в складі робото технічного комплексу. Для цього є спеціальний роз'єм, через який подається стандартний сигнал (0-10 В).

Плавне регулювання зварювального струму (при падаючих) і напруги (при жорстких зовнішніх характеристиках) здійснюється резистором на блоці управління (місцеве регулювання), а також зі зварювального напівавтомата або автомата (дистанційне регулювання). Випрямляч забезпечений пультом для дистанційного включення в роботу і регулювання зварювального струму.

Для переміщення в межах зварювальної ділянки випрямляч змонтований на чотириколісній візку з двома рукоятками. Передбачені спеціальні рукоятки з отворами для підйому випрямляча.

Технічна характеристика випрямляча ВДУ-506С приведена в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 Технічна характеристика випрямляча ВДУ-506С [10]

Параметри	Величина
Номінальний зварювальний струм, А	500
ПН, %	60
Номінальна робоча напруга, В	50
Напруга холостого ходу, В	85
Межі регулювання зварювального струму, А	60-500
Межі регулювання робочої напруги, В	18-50
Потужність, кВт	40
Габаритні розміри, мм	740x600x920
Маса, кг	250

Для механізованого зварювання плавким електродом вибираємо напівавтомат ПДГ-304-1 з джерелом живлення - випрямлячем ВДГ-301.

Випрямляч ВДГ-301 з жорсткою зовнішньою характеристикою, який забезпечує плавне регулювання вихідної напруги мережі. Цей випрямляч складається з трансформатора із нормальним магнітним розсіюванням і трьох фазного дроселя насичення. Робочі обмотки дроселя включені в випрямний блок. Регулювання вихідної напруги ступінчасте – плавне. Випрямляч має дистанційне керування. Використання випрямлячів більшої потужності з аналогічною зовнішньою характеристикою буде економічно не ефективне через великі енерговитрати.

Технічна характеристика зварювального випрямляча ВДГ-301 наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 Технічна характеристика зварювального випрямляча ВДГ–301 [9]

Технічна характеристика	Показник
Напруга мережі живлення, В	380
Номінальний зварювальний струм, А (при ТВ,%)	300(60)
Діапазон регулювання струму, А	50...320
Напруга холостого ходу, В	16...30
Вторинна напруга, В	-
Потужність, кВт А	-
Габарити, мм	960×697×775
Маса, кг	210

Для виконання зварювання вибираємо напівавтомат ПДГ– 304-1. Технічна характеристика напівавтомата наведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Технічна характеристика зварювального напівавтомата ПДГ–304-1 [9]

Технічна характеристика	Показник
Номінальний зварювальний струм, А	315
Діаметр електродного дроту, мм	0,8...2,0
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	100-960
Габарити, мм	380×330×100
Маса подавального пристрою, кг	5
Джерело струму	ВДГ-301

Найбільш важливим вузлом будь-якого зварювального напівавтомата є пальник. За допомогою пальника збуджується зварювальна дуга, здійснюється формування і спрямування струменя захисного газу. Напівавтомати для механізованого зварювання плавким електродом серії ПДГ комплектують

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

уніфікованими пальниками типу ГДПГ. Для зварювання на струмі до 300 А електродним дротом діаметром 1,6 мм вибираємо пальник типу ГДПГ – 302.

3.4 Вибір зварювальної оснастки

При комплексній механізації складально-зварювальних процесів важлива роль належить механічному зварювальному обладнанню, яке дозволяє підвищити продуктивність праці при виготовленні виробу, значно покращує якість продукції і умови праці, з допомогою цього обладнання здійснюються такі операції, як складання і поворот зварювального виробу, піднімання і транспортування деталей та вузлів.

Згідно технологічного процесу виготовлення виробу в першу чергу проводиться правлення листових заготовок в листопрямильній машині, розмічування та різання листів з застосуванням гільйотинних ножиць.

Формування з листа обичайки баку здійснюється на формувальних валках – консольних вальцях. Листи пропускають через валки, які заздалегідь розміщені між собою таким чином, щоб сформувати циліндричну обичайку діаметром 380 мм.

Для виготовлення бачка водонагрівального котла будемо використовувати зварювальну колону з розміщеним на ній зварювальним автоматом А-1416, який переміщається по направляючих консолі зварювальної колони. Колона призначена для автоматичного зварювання кільцевих швів діаметром 300-2000 мм і прямолінійних горизонтальних швів довжиною до 2000 мм, розміщених радіально відносно осі обертання колони. Колона складається з нерухомої основи, поворотної частини і підйомного механізму. В склад поворотної частини входить колона, каретка і консольна балка, на якій кріпиться зварювальна головка.

Цей автомат задовольняє необхідні режими зварювання, для виконання повздовжніх і кільцевих швів при виготовленні бачка водонагрівача.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Однак переміщення зварювального автомата відносно виробу має деякі недоліки:

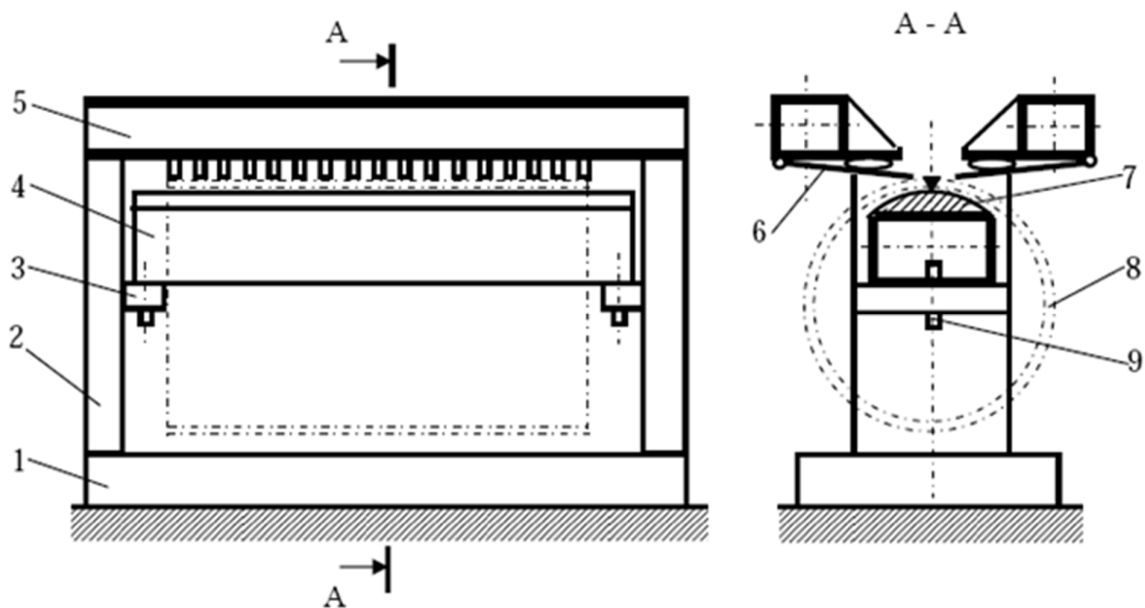
а) складність підводу різного роду комунікацій до рухомого автомата;
б) необхідність спостереження за процесом зварювання в зоні, яка безперервно переміщається, тому зварник теж повинен переміщатися разом з автоматом;

в) зварювання виконуються в одному напрямку і тому необхідно мати холостий хід автомата, для того, щоб його повернути у вихідне положення.

При складанні обичайок бачка необхідно забезпечити правильне взаємне розміщення деталей і притискних елементів по всій довжині. Для цього в серійному виробництві застосовується затискні пристрої. Для закріплення обичайки та зварювання повздовжнього шва обичайки бачка використовуємо затискний пристрій (рис. 3.4).

Затискний пристрій для складання та зварювання поздовжніх швів обичайок бачків водонагрівачів складається з рами 1, стояка 2, кронштейна 3, нижньої опорної балки 4, верхньої опорної балки 5, клавійного притискача з пневмошланговим приводом 6, металевої підкладки 7, шкворнів 9.

Попередньо вальцьована обичайка укладається на мідну підкладку, затискається клавійним притискачем з пневмошланговим приводом. На рамі 1 установлені два стояки 2 з кронштейнами 3 та верхніми опорними балками 5 до яких прилаштовані клавійні притискачі 6. Нижня опорна балка 4 за допомогою шкворнів 9 прикріплена до кронштейнів 3. Перед зварюванням один із шкворнів 9 виймають, що дає можливість повернути нижню опорну балку 4 для установлення обичайки 8 поздовжніми кромками на металеву підкладку 7, після чого балку з обичайкою повертають під верхні опорні балки 5 і закріплюють шворнем. Рівномірно розподілене навантаження від клавійних притискачів 6 забезпечує притиск зварюваних кромок обичайки 8 до металевої підкладки 7. Силовим приводом клавійних притискачів є пневмошланги в яких створюється тиск від заводської мережі стисненого повітря.



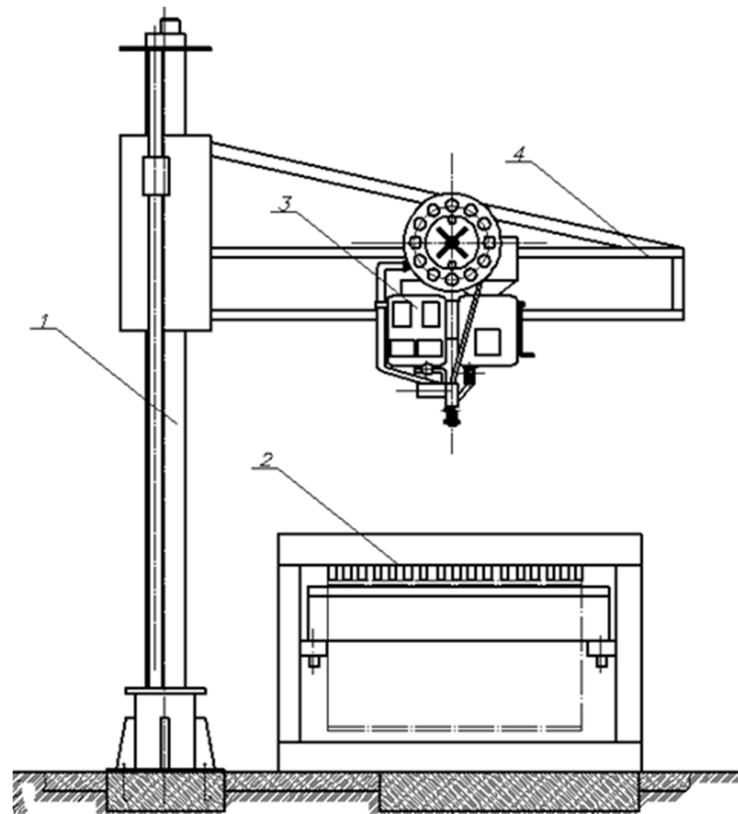
1- рама; 2- стояк; 3- кронштейн; 4- нижня опорна балка; 5- верхня опорна балка; 6- клавішний притискач з пневмошланговим приводом; 7- металева підкладка; 8- обичайка; 9- шворінь

Рисунок 3.4 Затискний пристрій для складання та зварювання повздовжніх швів обичайок

При виконанні прямолінійних швів виріб нерухомий, зварювальний апарат переміщається вздовж лінії шва, виконуючи основний рух. Допоміжні переміщення і коректуючі рухи теж здійснюються зварювальним автоматом, це пов'язано з тим, що рівномірне переміщення виробу разом з пристосуванням складніше ніж переміщати зварювальний автомат. Загальний вигляд стенда для складання та зварювання поздовжніх швів обичайок бачків показаний на рисунку 3.5.

Перед зварюванням повздовжнього шва бачка, орієнтують зварювальну головку по центру стику. Далі необхідно перевірити стан стику щодо кінця електродного дроту, витримавши відхилення електрода від центру стику по всій довжині не більше 1,0 мм. При відхиленнях, що виходять за межі допустимого, проводять регулювання коригуванням зварювальної головки або положенням обичайки вручну. Наступним етапом потрібно відвести зварювальний автомат у вихідне положення. Подати зварювальний дріт вниз до повного

замикання, натисканням кнопки «електрод вниз», витримавши виліт електрода 20-25мм. Кільцеве стикове з'єднання слід засипати шаром флюсу товщиною 25-30мм. Потім натисканням кнопки «Пуск» включити зварювальний струм і рух автомата. По закінченні зварювання обичайка звільняється від притискачів та передається на операцію відрізки технологічних планок.



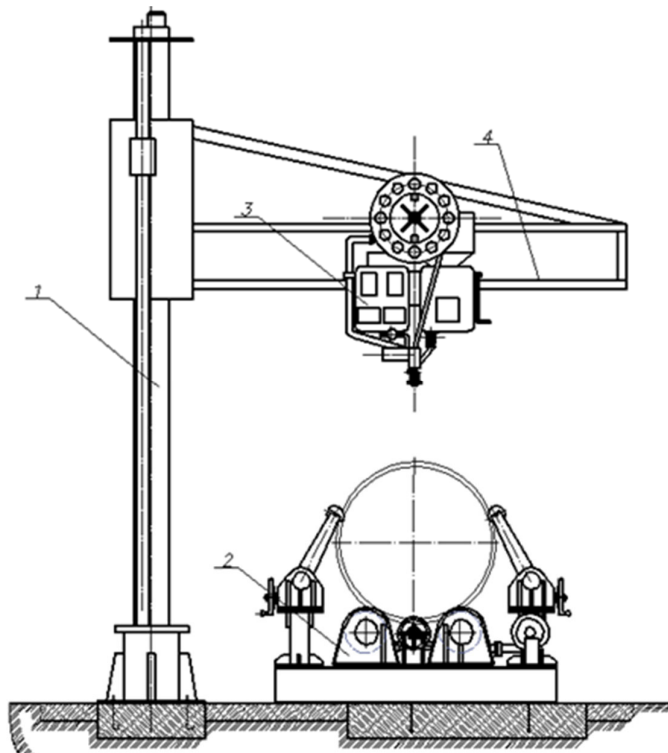
1 - зварювальна колона; 2 – затискний пристрій; 3 – зварювальна головка; 4 - консоль

Рисунок 3.5 Стенд для складання та зварювання повздовжніх швів обичайок бачка водонагрівального котла

Можливі зварювальні деформації повздовжніх швів бачка водонагрівача, як правило, усуваються прокатуванням роликами. Виправлення дефектів форми обичайок, викликаних зварювальними процесами, за необхідності може виконуватись іншими видами після зварювального оброблення, наприклад, подальшим калібрувальним прокатуванням на листозгинальних вальцях.

Після зварювання обичайки проводять розрізання її плазмовим різанням на дві частини. Одна з яких використовується для виготовлення власне бачка водонагрівального котла, а інша для виготовлення топки.

Наступною операцією виконуємо зварювання днищ з обичайкою водонагрівального бачка двома кільцевими зварними швами під шаром флюсу на стенді (рис. 3.6), який складається з зварювальної головки 3 розміщеної на зварювальній колоні 1 та роликового стенда 2.



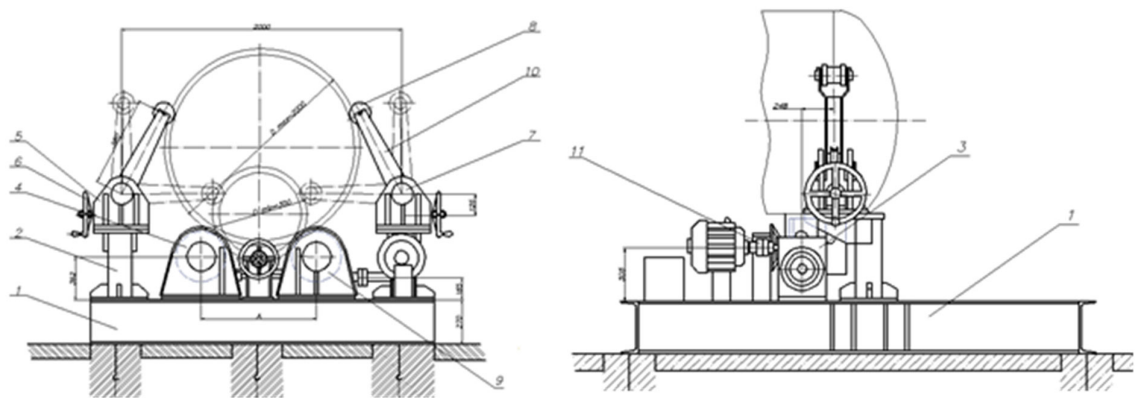
1 – зварювальна колона; 2 – роликовий стенд; 3 – зварювальна головка;
4 – консоль

Рисунок 3.6 Стенд для зварювання кільцевих швів водонагрівального бачка

На роликовому стенді проводиться стикування днищ та обичайки, і виконується зварювання зварювальною головкою А-1416 розміщеною на зварювальній колоні. Роликовий стенд забезпечує обертання виробу, центр ваги якого співпадає з віссю обертання. А також здійснює встановлення виробу в

зручне положення при зварюванні, збиранні, обробленні, контролі та інших операціях зварювального виробництва.

Роликовий стенд розрахований на зварювання виробів довжиною в декілька метрів. Відстань між роликоопорами в повздовжньому і поперечному напрямку, а також кількість роликоопор визначається конструкцією, розміром, вагою зварних виробів (рис. 2.10). Робоча швидкість обертання може змінюватись в межах від 10 до 77 м/год, регулюванням числа обертів двигуна постійного струму.



1 – рама; 2 – стояк; 3 – редуктор; 4 – опори роликові; 5 – механізм затискання

Рисунок 3.7 Загальний вигляд роликового стенда

Маршова швидкість рівна 13 м/хв. Перемикання редуктора з робочої швидкості на маршову здійснюється електромагнітом з дистанційним керуванням. При необхідності застосування флюсової подушки роликоопора встановлюється на підставку, яка забезпечує вільний простір для флюсової подушки.

Стикування обичайки з днищем проводиться на спеціальному пристосуванні для складання обичайки з днищем. Особливістю даного пристосування є те, що величина зазору встановлюється заздалегідь і зберігається однаковою протягом зварювання декількох таких стиків. Правильність складання забезпечується за рахунок центрування обичайки і днища за допомогою центратора і розміток.

Зварювання проводиться при поступальному переміщенні зварювального автомату вздовж стика. Виконання останнього кільцевого шва відбувається на роликовому стенді, правильність складання забезпечується попередніми операціями і центруванням двох частин бачка. Забезпечення відповідного зазору здійснюється шляхом використання спеціальних вставок, які потім перед зварюванням знімаються.

Під час складально-зварювального процесу навантаження, транспортування, розвантаження, а також кантування заготовок, деталей, зварних вузлів і готових виробів на всіх стадіях технологічного процесу здійснюється з допомогою підйнятно-транспортної оснастки.

Оснастка для встановлення та транспортування зварних виробів використовується на всіх стадіях технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій, вона складає значну частину механічного обладнання зварювального виробництва.

Розрізняють зовнішній, міжцеховий і внутрішньо цеховий транспорт. Для зовнішнього і міжцехового транспортування служать засоби універсального призначення і спеціальні засоби, які використовують в основному у зварювальному виробництві. В складі внутрішньо цехового транспорту особливо виділяють між операційний транспорт, призначення якого – транспортування виробів з одного робочого місця на інше у відповідності з технологічним процесом.

Основні вантажопідіймальні машини у складально-зварювальному виробництві – електроталі та крани. Електроталі використовують для обслуговування зварювальних ділянок, окремих робочих місць, а також як між операційний транспорт в поточних лініях.

Для внутрішньо цехового транспортування у складально-зварювальному виробництві широко використовуються самохідні транспортні засоби – акумуляторні електровізки, тягачі з причіпними візками, електронавантажувачі. В одиничному та дрібносерійному виробництві їх використовують на

всіх стадіях технологічного процесу від складу металу до складу готової продукції.

3.5 Контроль якості зварювання

3.5.1 Дефекти в зварних з'єднаннях

Виготовити зварну конструкцію повністю без дефектів практично неможливо. Задача полягає в тому, щоб зварний виріб був з мінімальною кількістю допустимих дефектів. В залежності від виду і розміру дефектів їх можна поділити (з урахуванням ступеню впливу на якість зварних з'єднань) на допустимі і недопустимі. Вид і розмір допустимих і недопустимих дефектів залежать від умов експлуатації конструкції і вказуються в технічних умовах (ТУ) на виготовлення.

Під дефектом розуміють кожну окрему невідповідність продукції встановленим вимогам. Дефекти в зварних з'єднаннях за походженням можна розділити на металургійні та технологічні.

Металургійні дефекти виникають при виготовленні виливок і подальшій їх обробці. До технологічних дефектів відносять дефекти, отримані при механічній і термічній обробці матеріалів, а також формоутворенні зварюваних елементів методами обробки тиском.

До технологічних дефектів відносяться також і зварювальні дефекти, які класифікують на дефекти підготовки, збирання і самого процесу зварювання.[5]

Якість зварного з'єднання залежить від зварювальних матеріалів (електродів, електродного дроту, флюсів, захисних газів), кваліфікації заготівельників, складальників, зварників, якості металу, інженерно-технічного персоналу, заготовок елементів конструкції для збирання, якості пристосувань, технічного стану зварювального обладнання, точності дотримання технологічного процесу, культури і організації виробництва. Варто пам'ятати, що нерациональна зварна конструкція завжди потенційно небезпечна.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Дефекти в зварних з'єднаннях можна розділити на три групи:

- 1) не суцільності зварного шва або зварних точок (на їх частку припадає приблизно 50% всіх дефектів);
- 2) спотворення форми і відхилення геометричних розмірів зварного шва або зварних точок (приблизно 25% всіх дефектів);
- 3) невідповідності хімічного складу і структури металу зварного шва або зони термічного впливу.

Дефекти зварювання класифікують по місцю розташування на поверхневі, внутрішні і наскрізні.

До поверхневих дефектів відносять:

- 1) непровари в корені шва;
- 2) підрізи;
- 3) напливи;
- 4) кратери;
- 5) заниження (ослаблення) лицьової поверхні шва;
- 6) угнутість кореня шва;
- 7) зсув зварених кромок;
- 8) різкий перехід від шва до основного металу (неправильне сполучення зварного шва);
- 9) бризки металу;
- 10) поверхневе окислення;
- 11) поверхневі тріщини.

До внутрішніх дефектів відносять:

- 1) пори;
- 2) шлакові включення;
- 3) оксидні плівки;
- 4) внутрішні тріщини;
- 5) непровари по кромці з основним металом і між окремими шарами;
- 6) свищі.

До наскрізних дефектів відносять тріщини і пропали.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Крім дефектів-несуцільностей до зварних дефектів відносять: спотворення форми з'єднання, пов'язане з деформацією, і невідповідність геометричних розмірів зварного шва або точок, регламентованим значенням, встановленим НТД (нормативно-технічною документацією).[5]

3.5.2 Методи контролю якості зварних швів

Завданням контролю є встановлення наявності або відсутності дефектів в зварних швах та виявлення їх розмірів і характеру. Така інформація, по-перше, дозволяє оцінити можливість ремонту; по-друге, вияснити причини утворення дефекту та намітити заходи, які дозволяють запобігти його появі.

В процесі виготовлення рамної конструкції застосовуються наступні методи неруйнуючого контролю металу і зварних з'єднань:

- візуально-оптичний;
- радіографічний;
- ультразвуковий;
- магнітна та електромагнітна дефектоскопія.

Візуально-оптичному методу контролю підлягають всі зварні з'єднання виробу з метою виявлення в них таких дефектів:

- тріщини всіх видів і напрямків;
- свищів і пористості зовнішньої поверхні шва;
- подрізів;
- проплавів, незаплавлених кратерів;
- зміщень і спільного відведення кромок зварюваних елементів понад норми;
- не прямолінійності з'єднуваних елементів;
- невідповідності форми і розмірів швів вимогам технічної документації.

В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання рентгенівських променів і гамма випромінювання. І те і інше випромінювання має електромагнітну природу.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
						62
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами базується на зміні рентгенівського та гамма-випромінювання в результаті втрати частини енергії при проходженні ними матеріалу в залежності від його густини та товщини [2].

Контролю магнітними методами піддаються тільки феромагнітні матеріали [2].

Контроль якості зварних з'єднань також включає:

- а) перевірку атестації персоналу;
- б) перевірку складально-зварювального, термічного і контрольного устаткування, апаратури, приладів та інструментів;
- в) контроль якості основних матеріалів;
- г) контроль якості зварювальних матеріалів;
- д) операційний контроль технології зварювання;
- е) контроль виправлення дефектів.

3.5.3 Вибір методу контролю якості зварних швів водонагрівального баку

При контролі якості зварної конструкції потрібно вибрати такий метод, який би забезпечував техніко-економічну ефективність, зручність проведення робіт та забезпечував виявлення всіх можливих дефектів при зварюванні. Вибір методу контролю залежить від габаритних розмірів конструкції, типу матеріалу, товщини металу, призначення конструкції.

Контроль зовнішнім оглядом конструкції, що складається до зварювання, виконується з метою перевірки:

- правильності форми деталей та зварюваних кромок;
- якості обробки зварюваних кромок та поверхонь, прилеглих до них (відсутності на них тріщин та інших дефектів);
- чистоти зварюваних кромок та поверхонь, прилеглих до них (відсутність на них забруднень, іржі, фарби, мастила та ін.);

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- правильність форми, розташування, кількості прихваток та інших деталей кріплення.

Для контролю якості зварних швів бачка водонагрівального котла будемо використовувати візуальний контроль, контроль за допомогою вимірювального інструменту та шаблонів, ультразвуковий контроль.

Зовнішній огляд деталей, що складаються під зварювання, потрібно виконувати по всій довжині зварюваних кромок та прилеглих до них поверхонь. Зовнішній огляд зварюваних конструкцій потрібно виконувати після закінчення складання до зварювання та повторно безпосередньо перед зварюванням.

Зовнішній огляд деталей, з'єднань, що складені до зварювання, виконується візуально.

Контроль якості складання до зварювання за допомогою вимірів виконується з метою перевірки:

- кута розробки кромок;
- глибини розробки кромок;
- розмірів притуплення кромок;
- величини зазору між деталями;
- сумісності поверхонь деталей у стикових з'єднаннях;
- місце розташування та розміри прихваток, місце розташування деталей кріплення;

Усі виміри виконують після контролю зовнішнім оглядом, або одночасно з ним. Виміри на деталях виконуються до складання їх у конструкцію. Контроль вимірів виконується за допомогою вимірювального інструменту та шаблонів, які забезпечують потрібну точність вимірювання та допущених до використання метрологічною службою заводу.

Контроль зовнішнім оглядом і вимірюванням якості складання під зварювання повинен відображатися у журналі післяопераційного контролю.

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
						64
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивні елементи підготовлених кромок повинні відповідати вимогам державних стандартів на мехнізоване зварювання в середовищі CO₂ і на автоматичне зварювання в CO₂.

Зазор стикових зварних з'єднань b : для товщини деталей 5-6 мм – $b = 0 \pm 2$; для товщини 6-10 мм – $b = 1,5 \pm 1,0$.

Контроль якості зварних швів зовнішнім оглядом і вимірюванням проводиться під час зварювання і під час остаточного приймання виробу.

Перед зовнішнім оглядом поверхня шва і прилеглі до неї поверхні повинні бути очищені від бризок металу, шлаку та інших забруднень.

Зовнішній огляд зварних з'єднань проводиться для:

- перевірки якості зачистки зварюваних поверхонь, зварних швів і навколошовної зони від окалини, шлаку, бризок;
- виявлення тріщин в шві та навколошовній зоні, пропалів, незаварених кратерів, напливів, зсувів і звужень шва, свищів, пор, раковин, підрізів, неправильності форми шва, а також шлакових, металевих, оксидних та флюсових включень на поверхні шва.

Зовнішній огляд швів і навколошовної зони повинен проводитися по всій довжині швів, з двох сторін. Цей огляд проводиться візуально.

Вимірювання зварних швів і з'єднань проводиться для перевірки:

- ширини шва;
- форми і висоти підсилення шва;
- катета шва;
- довжини і кроку переривистих швів;
- глибини і протяжності підрізів;
- зсувів вершин стикового шва;
- величини неспівпадання поверхонь деталей у стикових з'єднаннях.

Контроль якості вимірювання проводиться за допомогою вимірювального інструменту і шаблонів, допущених до використання метрологічною службою заводу.

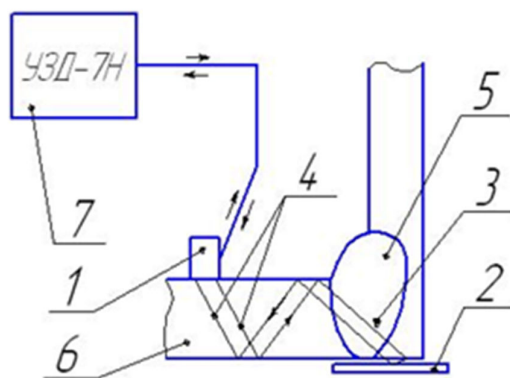
					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
						65
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивні елементи зварних швів і їх розміри повинні відповідати вимогам Державних Стандартів на механізоване та автоматичне зварювання в CO_2 .

Не допускається в зварних швах наявність окремих пор більше 0,1% мінімальної товщини зварюваних деталей, що входять у зварне з'єднання; підрізів основного металу глибиною 0,5-1 мм завдовжки більше 15 мм і підрізів більше 1 мм будь-якої довжини.

Під час зовнішнього огляду застосовують оглядові лупи (марок ЛПК-470, ЛПК-471) і біноклярні налобні лупи (БЛ-1, БЛ-2) зі збільшенням до 2х разів. Для пошуку й оцінки дефектів використовують кишенькові лупи (ЛП-1, ЛАЗ, ЛАП4) зі збільшенням 2,5-7х і 7-20х, а також телескопічні лупи (ЛПШ-479, ТЛА).

Для виявлення внутрішніх дефектів, таких як внутрішні тріщини, непровари, шлакові включення, пори та інші, використовують ультразвуковий метод контролю (рисунок 3.8).



1 – шукач; 2 – екран; 3 – дефект; 4 – ультразвукові хвилі; 5 – зварний шов; 6 – основний метал; 7 – джерело ультразвукових хвиль

Рисунок 3.8 Схема ультразвукового контролю

Цей метод оснований на здатності високочастотних коливань (від 0,8 до 2,5 МГц) проникати в метал шва і відбиватись від поверхні дефекту, який знаходиться в зварному шві. Ультразвукові коливання отримують з

допомогою пластини із кварцу і титану барію, які вставляються в тримачі – щупи. Відбиті коливання ловляться шукачем, перетворюються в електричні імпульси, подаються на підсилювач і відображаються індикатором.

При контролі зварних швів бачка котла ультразвуком використовуємо ультразвуковий дефектоскоп УЗД–7Н. Перед застосуванням ультразвукового контролю зварний шов зачищають від металевих бризок, окалини. Зачищену поверхню протирають і наносять на неї шар контактної речовини.

Висновки

Зварювання стикових з'єднань проводимо автоматичним зварюванням під шаром флюсу за допомогою зварювального автомата А-1416 з використанням зварювального випрямлювача ВДУ 506С. Прихвати та приварювання насичення та штуцерів проводимо механізованим зварюванням у СО₂.

В якості джерела живлення використовуємо зварювальний випрямляч ВДГ-301 та напівавтомат ПДГ–304-1.

Для зварювання кільцевих швів на остаючихся підкладках використовуємо роликовий стенд.

Контроль якості зварних з'єднань проводимо зовнішнім оглядом і вимірюванням. Для виявлення внутрішніх дефектів використовуємо ультразвуковий метод

					ДР.131 2121ст.04.03.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Пилипенко І.Ю.			5 Економічна оцінка проектних розробок		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В.						68	15
Консультант							ХФ НУК		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.							

Для визначення економічної ефективності впровадження нової техніки розуміють співставлення отриманого результату після впровадження з необхідними витратами на впровадження цієї техніки чи технології

4.1 Нормування основних зварювальних операцій

Технічне нормування передбачає встановлення розрахункової норми часу по будь-якій операції на основі ретельної перевірки виробничих можливостей устаткування, інструмента і найбільш ефективної організації праці з урахуванням виробничого досвіду, тому тут необхідно:

- 1) указати метод розрахунку норм часу, приведений у картах технологічного процесу;
- 2) зробити розрахунок норм часу по кожній типовій операції і порівняти його з нормативними даними.

Тарифний розряд роботи встановлюється по єдиному тарифно-кваліфікаційному довіднику [24]. Правильний підхід до встановлення технічно обґрунтованих норм, а також тарифікація робіт стимулюють постійний зріст продуктивності праці, сприяють підвищенню кваліфікації робітників і їхній матеріальній зацікавленості.

Норму часу на зварювання (Тзв) визначаємо по формулі:

$$T_{зв} = T_{шт.к.} \cdot L, \text{ н-год.} \quad (4.1)$$

де L – довжина стику, що зварюється, м.

T_{шт.к.} – витрати часу на зварювання 1 погон. м з'єднання (н-год.), яке визначається за формулою:

$$T_{штк} = \frac{t_o}{k_n}, \text{ н-год.} \quad (4.2)$$

де k_п – коефіцієнт використання зварювального поста (для автоматичного та механізованого зварювання k_п = 0,6 ÷ 0,7, для ручного дугового зварювання k_п = 0,5)

t_o – час горіння дуги, год., яке визначається за формулою:

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
						69
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_o = \frac{F_n \cdot L \cdot \gamma}{\alpha_n \cdot I_{зв}}, \text{сод} \quad (4.3)$$

де F_n – площа наплавленого металу, см^2 ;

$L = 100$ – довжина стику, що зварюється, см ;

$\gamma = 7,85$ – густина металу, г/см^3 ;

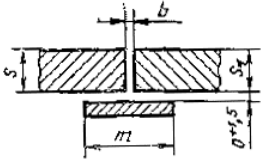
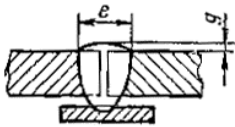
α_n – коефіцієнт наплавлення, $\text{г/А} \cdot \text{год.}$;

$I_{зв}$ – зварювальний струм, А .

Для автоматичного зварювання під шаром флюсу на підкладках, що залишаються

За технологією стикові з'єднання обичайок виконуються одностороннім автоматичним зварюванням на підкладках що залишаються (ГОСТ 8713-79-С5-АФо), таблиця 4.1.

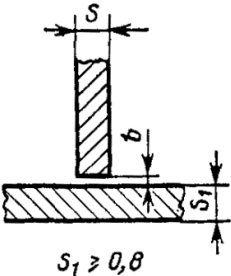
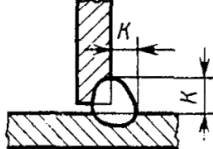
Таблиця 4.1 Конструктивні елементи зварного з'єднання С5- АФо

Конструктивні елементи		$S=S_1$	спосіб зварювання	b , мм	e , мм	g , мм.	m , не менш
підготовлених кромок	зварного шва	Номін.					
		4...5	АФо	2 ± 1	до 17	$5,0 \pm 1$	20

Для механізованого зварювання таврових з'єднань ГОСТ 14771-80-Т1-УП, таблиця 4.2.

Час горіння дуги t_o при виконанні l погон. м. з'єднання виконуємо за формулою 5.3, вихідні дані для розрахунку беремо з розділу 2.2.2, а для визначення часу горіння дуги при зварюванні таврових з'єднань будемо використовувати дані розділу 2.2.1. (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 Конструктивні елементи зварного з'єднання Т1-УП

Конструктивні елементи		S=S ₁	b, мм	K, мм
підготовлених кромки	зварного шва	Номін.		
		3,2- 5,5	0 +1,0	4

Зведені дані наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Дані для розрахунку часу зварювання

Стиковий шов	
Площа стикового з'єднання, см ²	0,59
Коеф. наплавлення, г/А год	8,3
Зварювальний струм, А	300
Коеф. використання зварюв. поста	0,65
Таврові з'єднання	
Площа таврового з'єднання, см ²	0,08
Коеф. Наплавлення, г/А год	11,2
Зварювальний струм, А	220

Час горіння дуги та штучно-калькуляційний час при зварюванні стикових з'єднань:

$$t_{\text{аер}} = \frac{0,59 \cdot 100 \cdot 7,8}{8,3 \cdot 300} = 0,185 \text{ год.} \quad T_{\text{шт}} = \frac{0,185}{0,65} = 0,284 \text{ н-год}$$

Час горіння дуги та штучно-калькуляційний час при зварюванні таврових з'єднань:

$$t_{\text{тавр}} = \frac{0,08 \cdot 100 \cdot 7,8}{11,2 \cdot 220} = 0,0253 \text{ год.} \quad T_{\text{штк}} = \frac{0,0253}{0,65} = 0,039 \text{ н-год}$$

Визначимо довжину стикових з'єднань:

- подовжнійстик L = 195 см;

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- кільцевий $L=2\cdot\pi\cdot D^2=2\cdot3.14\cdot38^2=238,6$ см

Час зварювання стиків для одного виробу:

$$T_{ст} = (195+238,6)0,284/100 = 1,233 \text{ н-год}$$

Загальна довжина таврових з'єднань катетом 4 мм – 180 см. Час зварювання таврових з'єднань для одного виробу:

$$T_{тав} = 180\cdot0,039/100 = 0,07 \text{ н-год}$$

4.2 Визначення технологічної собівартості продукції

Технологічна собівартість Ст складається з витрат на основний матеріал, зварювальні матеріали С_м, на електроенергію С_е, на оплату праці С_{пр}, амортизаційні відрахування С_а та відрахування на поточний ремонт обладнання С_р. тобто:

$$C_{т} = C_{м} + C_{е} + C_{пр} + C_{а} + C_{р} \quad (4.4)$$

Витрати на кожний з матеріалів С_{мі} визначається за формулою

$$C_{мі} = P_{мі} \times Ц_{мі}, \quad (4.5)$$

де P_{мі} – потреби в і-тому матеріалі; Ц_{мі} – ціна 1 кг даного матеріалу.

Необхідна кількість кожного з матеріалів P_{мі} визначається згідно з ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів».

Загальні витрати на матеріали визначаються як

$$C_{м} = \sum C_{мі}. \quad (4.6)$$

Вартість електроенергії розраховується як

$$C_{е} = W \times Ц_{е}, \quad (4.7)$$

де W – повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год.; Ц_е – ціна 1 кВт-год. Електроенергії, 2 грн/кВт.

$$W = \frac{U_{\phi} \cdot I_{з}}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + \omega_0(\tau_1 - \tau), \quad (4.8)$$

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

де U_d – напруга дуги; η – ККД джерела живлення ($\eta = 0,8 \dots 0,9$ – для зварювання змінним струмом і $\eta = 0,6 \dots 0,8$ – для зварювання постійним струмом); ω_0 – потужність, що витрачається джерелом живлення під час холостого ходу ($\omega_0 = 0,2 \dots 0,4$ кВт для змінного струму і $\omega_0 = 2 \dots 3$ кВт для постійного струму); τ - час горіння дуги, год.; $\tau_1 = \frac{\tau}{K_n}$ - час зварювання з урахуванням коефіцієнту K_n використання зварювального поста (для зварювання у цехових умовах $K_n = 0,5 \dots 0,8$, для зварювання у монтажних умовах $K_n = 0,4 \dots 0,6$).

Час горіння дуги:

$$T_{\text{стик}} = t_{\text{гор}} \cdot L = 0,185 \cdot 4,34 = 0,801 \text{ год}$$

$$\tau_{\text{тавр}} = t_{\text{гор тавр}} \cdot L_{\text{тавр}} = 0,025 \cdot 1,8 = 0,046 \text{ год}$$

Дані для розрахунку наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 Вихідні дані для розрахунку електроенергії

Стиковий шов	
Напруга, В	30
Зварювальний струм, А	300
ККД	0,7
Потужність при ХХ	2,5
Час горіння дуги, год	0,801
Використання зварюв поста, K_n	0,65
Таврові з'єднання	
Напруга, В	27
Зварювальний струм, А	220
Час горіння дуги, год	0,046

Кількість електроенергії при зварюванні стиків:

$$W = \frac{30 \cdot 300}{0,7 \cdot 1000} \cdot 0,801 + 2,5 \left(\frac{2,5}{0,7} - 0,801 \right) = 11,38 \text{ кВт}$$

Кількість електроенергії при зварюванні таврів:

$$W = \frac{27 \cdot 220}{0,7 \cdot 1000} \cdot 0,046 + 2,5 \left(\frac{2,5}{0,7} - 0,046 \right) = 0,448 \text{ кВт}$$

Загальна кількість на один виріб: $W = 11,38 + 0,448 = 11,83 \text{ кВт}$

Вартість енергії на один виріб $C_e = 2,00 \cdot 11,83 = 23,66 \text{ грн}$

Витрати на основну заробітну плату виконавця будь-якої і-ої технологічної операції Спрі розраховуються за формулою:

$$C_{\text{спрі}} = T_r \times G_{\text{ст}}, \quad (4.9)$$

де T_r – трудомісткість виконання (складання, зварювання, зачищення тощо) зварного виробу, н-год; $G_{\text{ст}}$ – середня годинна тарифна ставка робітника відповідної професії, 60 грн./год.

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

$$C_{\text{спр}} = \sum_i^n C_{\text{спрі}}^n, \quad (4.10)$$

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

Чисельність працівників – зварників $P_{\text{зв}}$ розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{зв}} = \frac{T_{\text{заг.зв.}}}{\Phi_{\text{д}} * K_{\text{в.н.}}} \text{чол}, \quad (4.11)$$

де $T_{\text{заг.зв.}}$ – загально річний час зварювання, н-год.

$\Phi_{\text{д}}$ - діючий фонд робочого часу, год. ($\Phi_{\text{д}} = 2002 \text{ год.}$);

$K_{\text{в.н.}}$ – коефіцієнт виконання норм, ($K_{\text{в.н.}} = 1,2$).

При зварюванні стиків $T_{\text{заг.зв}} = 1,233 \cdot 1000 = 1233 \text{ н-год}$;

Для таврів $T_{\text{заг.зв}} = 0,07 \cdot 1000 = 70,13 \text{ н-год}$.

$$P_{\text{зв}} = \frac{1233 + 70}{2002 * 1,2} = 0,54 \text{ роб} \approx 1 \text{ робітник}$$

Кількість працівників – збиральників, які обслуговують ділянку збирання – зварювання корпусів цистерни розраховується за формулою:

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
						74
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{зб} = 1,8 \cdot P_{зв}, \quad (4.12)$$

$$P_{зб} = 1,8 \cdot 0,54 = 0,97 \approx 1 \text{ робітник}$$

Кількість допоміжних працівників розраховується за формулою:

$$P_{доп.пр.} = 0,45 \cdot P_{осн.пр.}, \text{ чол} \quad (4.13)$$

$P_{осн.пр.}$ – чисельність основних працівників, яка дорівнює

$$P_{осн.пр.} = P_{зб} + P_{зв} = 1 + 1 = 2 \text{ робітника.}$$

$$P_{доп.пр.} = 0,45 \cdot 2 = 0,9 \approx 1 \text{ робітник.}$$

Витрати на заробітну плату визначимо за формулою (4.9).

$$C_{зв} = 60 \cdot (1233 + 70) = 78\,187 \text{ грн}$$

$$C_{скл} = 1,8 \cdot 78\,187 = 140\,738 \text{ грн}$$

$$C_{осн} = 78\,187 + 140\,738 = 218\,926 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальні страхування визначаємо за встановленим нормативом – 37,5 % від суми загальнорічних витрат на заробітну плату.

$$C_{соц} = 218\,926 \cdot 0,375 = 82\,097 \text{ грн}$$

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

$$C_{ai} = \frac{\sum B_i \times H_{ai}}{100} \quad (4.14)$$

$$C_{pi} = \frac{\sum B_i \times H_p}{100}, \quad (4.15)$$

де B_i , H_{ai} , H_p – вартість, норма амортизаційних відрахувань (20%) та норма витрат на поточний ремонт обладнання (5%).

Для автоматичного зварювання стиків використовуємо автомат А-1416 с джерелом живлення ВДУ-506С вартістю 140 000 грн., для механізованого зварювання ПДГ-304-1 з джерелом живлення ВДГ-301 – вартістю 50 000 грн.

Амортизаційні відрахування складуть:

$$C_a = (140\,000 + 50\,000) \cdot 0,2 = 38\,000 \text{ грн}$$

Витрати на потреби ремонту:

$$C_p = (140\,000 + 50\,000) \cdot 0,05 = 9\,500 \text{ грн}$$

Витрати на зварювальні матеріали визначаються як:

$$C_m = \sum C_{mi}. \quad (4.16)$$

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Для зварювання стика використовуємо дріт Св 08Г2С діаметром 2,0 мм.
Вартість такого дроту 20 грн. за кг.

Витрати на зварювальний дріт (Сд., грн.) при механізованому зварюванні у середовищі вуглекислого газу:

$$C_{д.м} = \frac{F \cdot L \cdot \gamma \cdot K \cdot R_2}{1000}, \quad (4.17)$$

де F – площа поперечного перетину шва, см²;

L – довжина зварного шва, см;

K – коефіцієнт втрат на чад і розбризкування (при автоматичному зварюванні під шаром флюсу Кавт. = 1,15);

γ – густина сталі, г/см³ ($\gamma = 7,85$ г/см³);

R2 = 25 грн. – вартість 1 кг дроту.

При зварюванні стикових з'єднань:

$$C_{д.авт} = \frac{0,59 \cdot 434 \cdot 7,85 \cdot 1,15 \cdot 25}{1000} = 57,74 \text{ грн.}$$

При зварюванні таврових з'єднань:

$$C_{д.м} = \frac{0,08 \cdot 180 \cdot 7,85 \cdot 1,15 \cdot 25}{1000} = 3,25 \text{ грн.}$$

Загальні витрати зварювального дроту Св 08Г2С на одиницю виробу Σ Сдр дорівнюють:

$$\Sigma \text{Сдр} = 57,74 + 3,25 = 61 \text{ грн.}$$

Визначення витрат на захисний газ (CO₂) визначається за формулою:

$$G_{захсер} = (t_0 + T_{н.з.}) \cdot N_1 \cdot R_3 \cdot L, \quad (4.18)$$

де t₀ – час горіння дуги на 1 пог. м., год.;

L – довжина шва, м;

N1 – питома витрата газу, м³/год. (для таврового з'єднання типу ТЗ N1 = 0,6 м³/год.);

R3 – вартість 1 м³ газу CO₂, грн./м³, R3 = 5 грн./м³;

Тп.з. – час на підготовчо-завершальні операції, год..

$$T_{н.з.} = t_{н.з.} \cdot L \cdot n, \quad (4.19)$$

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

де тп.з. – підготовчо-завершальний час на продування пальника до зварювання і місце зварювання при виконанні 1 м шва (тп.з. = 0,0033 год.);

$L = 1$ м – довжина шва;

n – кількість проходів.

Тп.з. = 0,0033 год.

При зварюванні таврових з'єднань витрати на захисний газ (CO₂) дорівнюють:

$$G_{\text{захсер}} = (0,0345 + 0,0033) \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot 1,8 = 3,93 \text{ грн}$$

Визначення витрат на флюс:

Витрата флюсу на 1 пог.м. G_{ϕ} визначається за формулою:

$$G_{\phi} = \frac{(U_{\phi} - 1,8) \cdot 780}{v_{\text{зв}}}, \text{ г/пог.м.}$$

де U_{ϕ} – напруга на дузі, ($U=30$ В):

I – зварювальний струм, А ($I = 300$ А);

$v_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, м/год, ($v_{\text{зв}}=44$ м/год)

Витрата флюсу на 1 пог.м. G_{ϕ} дорівнює:

$$G_{\phi} = \frac{(30 - 1,8) \cdot 780}{44} = 499,9 \text{ г/м.}$$

Визначимо вартість флюсу $G_{\phi.\text{заг}}$:

$$G_{\phi.\text{заг}} = G_{\phi} \cdot R_5 \cdot L / 1000 = 499,9 \cdot 30 \cdot 4,34 / 1000 = 65,03 \text{ грн.}$$

При зварюванні таврових з'єднань:

В цілому розрахунок технологічної собівартості продукції можна навести у формі таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Розрахунок загальної собівартості продукції, грн

Найменування статей витрат	Величина показника технології, грн.
Річна програма, шт	1000
Зварювальні матеріали	
Дріт Св 08Г2С діаметром 2,0 мм	57 742
Дріт Св 08Г2С діаметром 1,2 мм	3 250

Найменування статей витрат	Величина показника технології, грн.
Вуглекислий газ	3 929
Флюс ОСЦ 45	65 034
Електроенергія	23 663
Основна заробітна плата	218 926
Відрахування від заробітної плати	82 097
Амортизаційні відрахування	38 000
Витрати на поточний ремонт	9 500
Технологічна собівартість річного випуску продукції С _т	948 748
Технологічна собівартість виготовлення одного виробу, грн	949

Висновки.

Проведено розрахунок собівартості зварювальних робіт при виготовленні бачка водонагрівача.

Зварювання стикових швів проводиться під шаром флюсу на підкладках, що дає змогу покращити умови роботи зварників (в порівнянні з ручним дуговим зварюванням) та зменшити собівартість виготовлення

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою дипломної роботи є удосконалення технології складання та зварювання бачка водонагрівача.

Для вирішення поставленої мети, необхідно було вирішити такі завдання:

- розроблена технологія виготовлення з більш високою продуктивністю праці;

- було замінено зварювальне обладнання більш продуктивним;

- розрахували режими зварювання. Приведений розрахунок режимів зварювання узгоджується з рекомендаціями на зварювання конструкцій;

- зварювання стикових з'єднань рекомендується проводити автоматичним зварюванням під шаром флюсу на підкладках які залишаються.

- таврові з'єднання та прихватки при складанні виробу рекомендується зварювати механізованим зварюванням. Для механізованого зварювання у CO₂ напівавтоматом ПДГ-301-1 з використанням зварювального дроту марки Св-08Г2С діаметром 1,2 мм;

- з джерел живлення для механізованого зварювання можна рекомендувати зварювальний випрямляч ВДУ-504-1.

- виконано розрахунок термічного циклу та розрахунок очікуваної структури ЗТВ при зварюванні. При зварюванні таврових з'єднань розрахунок термічного циклу показує, що структура має підвищену твердість 350-360 HV;

- виконано розрахунок собівартості продукції від втілення пропонованих технічних рішень.

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сварка судовых конструкций [Текст] : учебник для вузов / Г. А. Бельчук, К. М. Гатовский, Б. А. Кох ; ред. В. Л. Руссо. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1980. – 448 с..
2. Справочник по сварке [Текст] Т.3 / В. А. Винокуров и др.; ред. В. А. Винокуров. – М. : Машиностроение, 1970. –504 с.
3. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] : учебник для вузов / Г. Д. Никифоров [и др.] ; ред. Г. Д. Никифоров. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.
4. Маслов, Б. Г. Производство сварных конструкций [Текст] : учебник для сред. спец. учеб. завед. / Б. Г. Маслов, А. П. Выборнов. – М. : Академия, 2007. – 252 с.
5. Рыков А.М. Расчет и выбор режима дуговой сварки и параметров швов сварных соединений [Текст] / А.М. Рыков, - Николаев: НКИ, 1980. – 40 с.
6. Шаханов, С. Б. Теория и технология сварочного производства [Текст] : учебное пособие. Вып. II. Способы сварки металлов и сплавов / С. Б. Шаханов ; Ленингр. мех. ин-т. – Л. : [б. и.], 1974. – 50 с. : граф., рис., табл. – Библиогр.: с. 48-49.
7. Китаев, А. М. Справочная книга сварщика [Текст] : справочное издание / А. М. Китаев, Я. А. Китаев. – М. : Машиностроение, 1985. – 256 с.
8. Николаев, Г. А. Сварные конструкции. Технология изготовления. Автоматизация производства и проектирование сварных конструкций [Текст] : учебное пособие для вузов / Г. А. Николаев, С. А. Куркин, В. А. Винокуров. – М. : Высшая школа, 1983. – 344 с.
9. Словарь-справочник по сварке [Текст] : справочное издание / Акад. наук УкрССР, Ин-т электросварки им. Е. О. Патона ; ред. К. К. Хренов, сост. Т. А. Кулик. – Киев : Наукова думка, 1974. – 195 с.

					ДР.131.2121ст.04.04.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

10. Технологическая инструкция по механизированной дуговой сварке в защитных газовых смесях на основе аргона [Текст]. – К.: Академия наук Украины. Институт электросварки им. Е.О. Патона, 1993. – 21 с.

11. Алексеев, Ю.Е., Кушнарёв, Л.Н. Оборудование для дуговой сварки под флюсом [Текст]. – Л.: Судостроение, 1977. – 128 с.

12. Шебеко, Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки [Текст] : учебник для техн. училищ. – 3-е издание., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1981. – 249 с.

13. Куркин, С. А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций [Текст] : атлас : учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов / С. А. Куркин, В. М. Ховов, А. М. Рыбачук. – М. : Машиностроение, 1989. – 327 с.

14. Расчеты в дипломных проектах по технологии оборудования сварочного производства [Текст]: учеб. пособие / Под ред. В.Ф. Квасницкого – Николаев: НКИ, 1991. – 89 с.

15. Савченко, В.П., Контроль качества сварки [Текст] : учебное пособие / В.П. Савченко, Ю.И. Русанов. - Николаев: НКИ, 1989. – 43 с.

16. Сварка. Резка. Контроль [Текст] : справочник : в 2 т. / Н. П. Алёшин [и др.]; под ред. Н. П. Алёшин, Г. Г. Чернышов. – М. : Машиностроение, 2004. – 165 с.

17. Зайцев, Н. Л. Экономика промышленного предприятия [Текст]: Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Л. Зайцев. – Электрон. дан. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM) : цв. – (Электронная библиотека). - Систем. требования: Windows 98 и выше ; CD ROM. – 2 экз. – ББК65 3-17.

18 Карпей, Т. В. Экономика, организация и планирование промышленного производства [Текст] : учеб. пособие / Т. В. Карпей. - 4-е изд., испр. и доп. – Минск : Дизайн ПРО, 2004. – 327 с.

19. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]. – Введ. 1981–01–01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1981.

20. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]. – Взамен ГОСТ 14771-69. – Введ 1977–07–01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1977.

21. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]. – Введ. 1981–07–01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1981.

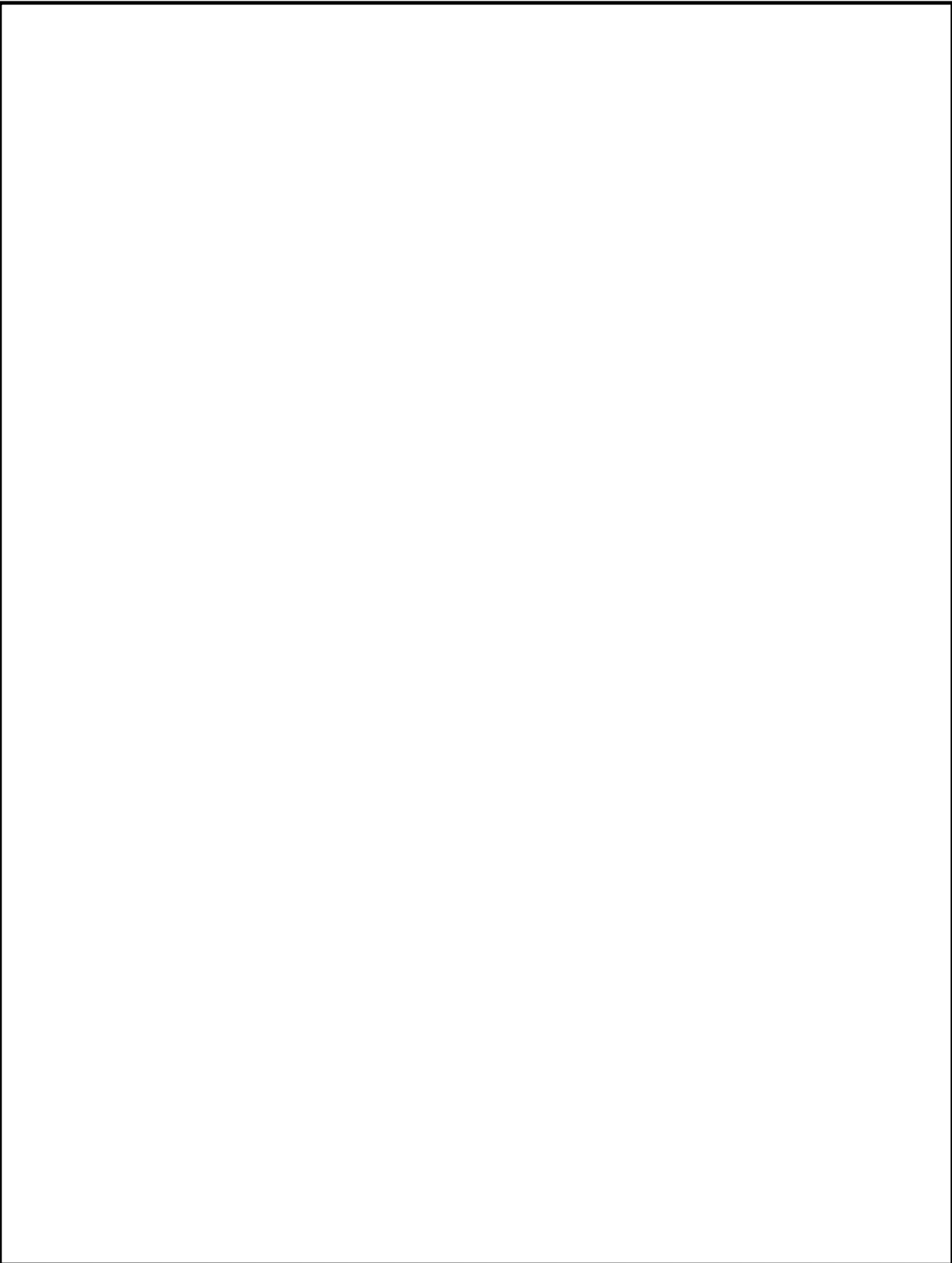
22. Голобородько Ж.Г. Автоматическая дуговая сварка в судостроении [Текст] / Ж.Г. Голобородько // Херсон: ООО и «ПКФ «Старт» ЛТД», 2011. – 233 с.

23. Верещаго Е.Н. Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки [Текст]: Учебное пособие /Е.Н. Верещаго, В.Ф. Квасницкий, Л.Н. Мирошниченко, И.В. Пешков // Николаев: УГМТУ, 2000. – 323 с.

24. Єрмолаєв Г.В. Міцність зварних зєднань [Текст]: Підручник / Г.В. Єрмолаєв // Миколаїв: НУК, 2007. – с. 220 с.

25. Костін О.М. Зварювальні матеріали [Текст]: Навчальний посібник / О.М. Костін // Миколаїв: НУК, 2004. – 364 с.

26. Карпенко А.С. Технологічне оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: Навчальний посібник / А.С. Карпенко // К.: Арістей, 2005. –372 с.



					. ДР.131.2121ст.04.00.04.ПЗ.							
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата								
Студент		Пилипннко І.Ю.			ДОДАТОК			Літ.		Арк.	Аркушів	
Керівник		Спіхтаренко В.									1	
Консультант								ХФ НУК				
Н. Контр.												
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.										