

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 автомобільного**
газового балону

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



Полонка Сергій Іванович

(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. Спіхтаренко
“ ” _____ 2023 року

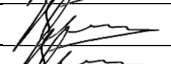
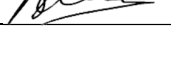
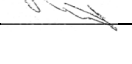
З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

_____ студенту Полонка Сергій Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Розробка технології виготовлення автомобільного газового балону
керівник роботи Спіхтаренко Володимир Володимирович, доцент, кафедри зварювання ХННІ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені розпорядженням ХННІ від “16” березня 2023 року № 4
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до проекту Річна програма 1000 шт. Креслення балону. Матеріал 09Г2..
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Загальна характеристика конструкції, характеристика основного металу, типові характеристики складання і зварювання циліндричних балонів; обґрунтування вибору способів зварювання, розрахунок режимів зварювання, розрахунок термічного циклу, аналіз очікуваної структури зони термічного впливу, принципова послідовність складання і зварювання, методи контролю та випробувань; визначити технологічну собівартість зварювальних робіт при виготовленні виробу..

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

1. Тема роботи. 2. Мета роботи, завдання, результати. 3. Загальний вигляд автомобільного балону. 4. Хімічний склад та механічні властивості основного металу сталі 09Г2. 5. Конструктивні елементи та режими зварювання. 6. Розрахунок термічного циклу. 7. Технологічний процес складання та зварювання балону. 8. Розрахунок загальної собівартості зварювання виробу. 9. Висновки по роботі.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання _____

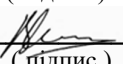
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з /п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз конструктивних особливостей конструкції, матеріалу і можливих варіантів технологічного процесу її складання і зварювання.	15.05.23	
2	Розрахунки технології зварювання	22.05.23	
3	Технологічний процес складання та зварювання конструкції	29.05.23	
4	Економічна оцінка проектних розробок.	5.06.23	
	Графічна частина	10.06.23	

Студент  Полонка С.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)  Співтаренко В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Зростання попиту на альтернативні види палива в автомобільному транспорті зумовлює необхідність масового виробництва надійних та безпечних паливних систем. Розробка раціональної технології виготовлення газових балонів, що працюють під високим тиском, є критично важливою для забезпечення безпеки експлуатації та зниження собівартості продукції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення сталевого автомобільного газового балону.

Предмет дослідження: методи формування корпусу, режими зварювання кільцевих та поздовжніх швів, методи неруйнівного контролю.

Метою роботи є розробка комплексної технології виготовлення автомобільного газового балону, що забезпечує високу герметичність, міцність з'єднань та автоматизацію виробничих процесів.

Основні результати роботи:

- Запропоновано технологічну схему виготовлення, що включає операції штампування напівсфер, збирання під зварювання та термічну обробку для зняття внутрішніх напружень.

- Обґрунтовано вибір зварювального обладнання та матеріалів. Для забезпечення рівномірного проплавлення та високої щільності швів обрано автоматичне зварювання під шаром флюсу (або в середовищі захисних газів).

- Розраховано режими зварювання, що дозволяють отримати рівномірне з'єднання з основним металом при мінімальній зоні термічного впливу.

- Розроблено систему контролю якості, яка включає обов'язкові гідрравлічні випробування на міцність, пневматичні випробування на герметичність та рентгенографічний контроль зварних швів.

- Розраховано техніко-економічні показники, які підтверджують ефективність впровадження автоматизованої лінії зварювання.

Розроблена технологія дозволяє організувати серійне виробництво безпечних газових балонів з високим ресурсом експлуатації та мінімальним відсотком браку.

Ключові слова: автомобільний газовий балон, судина під тиском, автоматичне зварювання, штампування, гідрравлічні випробування, неруйнівний контроль.

ABSTRACT

The growing demand for alternative fuels in road transport necessitates the mass production of reliable and safe fuel systems. Developing an efficient manufacturing technology for gas cylinders operating under high pressure is critical for ensuring operational safety and reducing production costs.

Object of research: The technological process of manufacturing a steel automotive gas cylinder.

Subject of research: Body forming methods, welding modes for circumferential and longitudinal seams, and non-destructive testing methods.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

The aim of the work is to develop a comprehensive manufacturing technology for an automotive gas cylinder that ensures high tightness, joint strength, and automation of production processes.

Key results of the work:

- A technological scheme for manufacturing has been proposed, including hemisphere stamping operations, assembly for welding, and heat treatment to relieve internal stresses.

- The choice of welding equipment and materials is justified. To ensure uniform penetration and high weld density, automatic submerged arc welding (SAW) or gas-shielded welding was selected.

- Welding parameters were calculated, allowing for a joint strength equal to the base metal with a minimal heat-affected zone (HAZ).

- A quality control system has been developed, which includes mandatory hydraulic strength tests, pneumatic leak tests, and radiographic inspection of welded joints.

- Technical and economic indicators were calculated, confirming the efficiency of implementing an automated welding line.

The developed technology allows for the organization of mass production of safe gas cylinders with a long service life and a minimal defect rate.

Keywords: automotive gas cylinder, pressure vessel, automatic welding, stamping, hydraulic testing, non-destructive testing (NDT).

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
						5
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу автомобільного газового балону	10
1.1 Загальна характеристика конструкції	11
1.2 Характеристика основного металу	12
1.3 Технічні умови на виготовлення автомобільного газового балона	15
1.3.1 Вимоги до матеріалів виробу	16
1.3.2 Вимоги до геометричної форми та розмірів виробу	17
1.3.3 Вимоги до якості зварювання	18
1.4 Висновки. Мета і завдання дипломної роботи	20
2 Розрахунки технології зварювання	22
2.1 Обґрунтування вибору способів зварювання	23
2.2 Розрахунок режимів зварювання	25
2.3 Розрахунок термічного циклу при зварюванні та аналіз структури металу ЗТВ	29
2.3.1 Розрахунок термічного циклу стикового з'єднання	31
2.3.2 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання	33
2.4 Аналіз очікуваної структури ЗТВ	35
2.5 Висновки	36
3 Технологічний процес складання та зварювання конструкції	38
3.1 Принципова послідовність складання і зварювання	39
3.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів	42
3.3 Вибір зварювального устаткування	46
3.4 Вибір зварювальної оснастки	50
3.5 Контроль якості зварювання	54
3.5.1 Вплив дефектів на роботу зварних з'єднань	54
3.5.2 Методи контролю якості зварних швів	56

3.5.3 Вибір методу контролю якості зварних швів автомобільного газового балона.....	57
4 Економічна оцінка проектних розробок.....	61
4.1 Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів	62
4.2 Визначення технологічної собівартості.....	64
4.3 Визначення вартості зварювальних матеріалів	65
4.4 Витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню	67
4.5 Загальнорічні витрати з фонду заробітної плати.....	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО ДИПЛОМНІЙ РОБОТІ	71
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	72
ДОДАТОК	75

ВСТУП

Широке застосування механізації й автоматизації трудомістких процесів вирішує наступні нерозривно зв'язані технічні й економічні задачі:

1. Збільшення продуктивності праці за рахунок полегшення його умов, шляхом заміни ручної праці роботою механізмів.

2. Скорочення загальної кількості (основних і допоміжних) операцій за рахунок усунення деяких з них, або сполучення їх у часі з іншими при механізації ручної праці.

3. Скорочення числа контрольно-приймальних операцій, шляхом заміни системи суцільного контролю продукції системою вибіркового контролю, можливих тільки при механізації або автоматизації технологічних операцій, що забезпечує високий ступінь однорідності виконуваних робіт.

4. Зменшення трудомісткості процесу виробництва в цілому за рахунок полегшення умов праці і скорочення загального числа робочих операцій.

5. Підвищення якості продукції шляхом забезпечення високого ступеня її однорідності й усунення у механізованому виробництві залежності якості виробів від різної кваліфікації робітників.

6. Скорочення необхідного складу виробничих робітників при механізації й автоматизації операцій, особливо з застосуванням сполучення професій і багатостанкового обслуговування.

7. Значне зменшення необхідних площ для розміщення виробничого процесу за рахунок скорочення числа робочих місць при заміні ручної праці більш продуктивною роботою механізмів.

8. Скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення виробів шляхом прискорення виконання робочих операцій при їхній механізації і за рахунок зменшення загального їхнього числа.

9. Зниження вартості продукції шляхом зменшення прямих виробничих витрат при збільшенні продуктивності праці за рахунок зменшення питомих цехових експлуатаційних витрат.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

10. Прискорення оборотності оборотних коштів і зменшення необхідної для виробництва суми цих засобів у наслідку скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення виробів.

Сумарні результати рішень перерахованих вище задач дуже впливають на зменшення необхідної площі цеху для розміщення в ньому необхідних виробничих процесів і на їхню економічну ефективність. При цьому досягається найбільш раціональне ущільнене планування всіх робочих місць і виробничого обладнання в прольотах цеху, істотне збільшення пропускної здатності всіх його робочих ділянок і знімання продукції з кожного квадратного метра площі цеху, а також значне поліпшення всіх інших його техніко-економічних показників.

Автомобільний газовий балон представляє собою горизонтальний резервуар, ємкістю 50 л., призначений для зберігання, транспортування зріджених вуглеводневих газів під тиском 0,16 МПа.

Автомобільний газовий балон – зварна конструкція, що піддається безпосередньо дії динамічних та вібраційних навантажень.

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

В дипломному проекті подані розрахунки та рекомендації по зварювальному оснащенню та обладнанню, обґрунтована економічна доцільність технології складання та зварювання автомобільного газового балона.

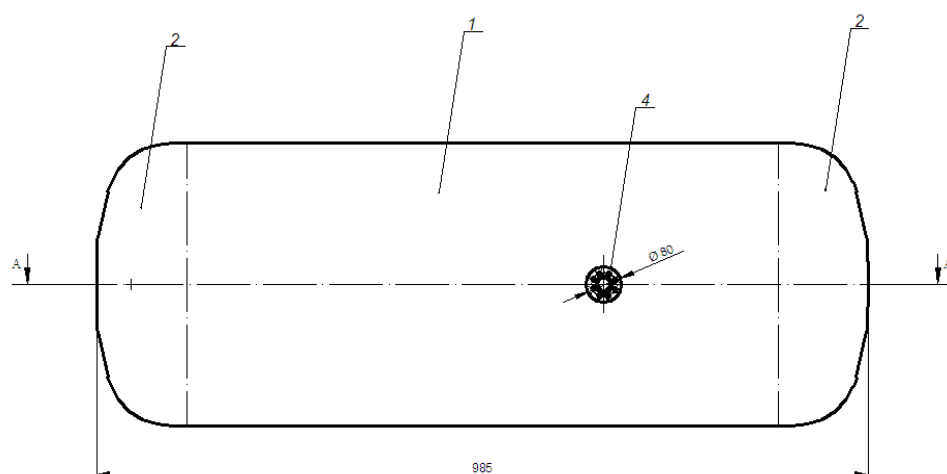
Рекомендована технологія складання та зварювання елементів конструкції газового балона проводиться з урахуванням вимог охорони праці та техніки безпеки.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Полонка С.І.			1 Аналіз конструктивних особливостей та матеріалу автомобільного газового балону		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В.						10	12
Консультант							ХННІ		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.							

1.1 Загальна характеристика конструкції

Автомобільний газовий балон АГ-50-300 представляє собою резервуар горизонтальний, ємкістю 50 л, призначений для зберігання, транспортування зріджених вуглеводневих газів під тиском 0,16 МПа. Балон являє собою циліндричну посудину довжиною – 985 мм, діаметром - 300 мм і товщиною стінки 3 мм, що складається з обичайки 1, сферичних днищ 2, підкладних кілець 3, фланця 4. Загальний вигляд балона представлений на рисунку 1.1.



1 – обичайка; 2 – днища; 4 – фланець

Рисунок 1.1 Загальний вигляд автомобільного газового балона АГ-50-300

Для додання жорсткості конструкції, зручності збирання днища і обичайки та забезпечення повного провару, всередині розташовані два підкладних кільця. На корпусі (обичайці) розташовані фланець, на якому монтується обладнання для впускання і випуску продукту.

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.

З огляду на те, що конструкція автомобільного газового балона повинна працювати під дією різного роду навантажень, то матеріал виробу повинен володіти високими механічними властивостями. Врахувавши вище згадані причини, а також те, що балон призначений для роботи в різних кліматичних умовах і повинен працювати в умовах агресивного хімічного середовища, то для забезпечення надійної і тривалої роботи виробу при виготовленні балону вибрали низьколеговану мало вуглецеву сталь марки 09Г2.

Ця сталь практично не змінює структуру в зоні термічного впливу та добре зварюється усіма видами зварювання. Завдяки дрібнозернистості, сталь 09Г2 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 (0,17...0,37) %, 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

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

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.

Сталь виготовляється за правилами класифікації та будівництва морських суден Регістру за вимогами ГОСТ 5521-86. Хімічний склад та механічні властивості сталі 09Г2 наведенні в таблиці 1.1 та 1.2.

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.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі 09Г2 (ГОСТ 5521-86)

Склад елементів, %							
C	Si	Mn	не більш				
			Cr	Ni	Cu	P	S
0,12	0,17...0,37	1,40...1,80	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04

Таблиця 1.2 Механічні характеристики сталі 09Г2 (ГОСТ 5521-86)

Тимчасовий опір, МПа	Границя плинності, МПа	Відносне по- довження, %	Ударна в'язкість, мДж/м ²
не менш			
450	310	21	0,3

Зварюваність та стійкість сталі 09Г2 до утворення холодних та гарячих тріщин можна визначити за формулами 1.1 та 1.2:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni + Cr}{15} \quad (1.1)$$

де Mn, Cr, Si, Ni, склад хімічних елементів у відсотках.

При Секв < 0,45 % сталь стійка до утворення холодних тріщин, володіє доброю зварюваністю без утворення закалочних структур. Зварювання таких сталей виконується електричною дугою без попереднього підігріву та без послідувочої термообробки металу шва та біля шовної зони.

$$C_{екв} = 0,12 + \frac{1,4}{6} + \frac{0,17}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,46\%$$

$$HCS = \frac{C \cdot (P + S + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 10}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

При HCS < 1,7 гарячих тріщин у зварному з'єднанні не буде. При HCS > 2 тріщини можуть утворюватися в металі шва.

$$HCS = \frac{0,12 \cdot (0,035 + 0,04 + \frac{0,17}{25} + \frac{0,3}{100}) \cdot 10}{3 \cdot 1,4 + 0,3} = 0,023$$

З проведених розрахунків на схильність до утворення холодних та гарячих тріщин видно, що сталь 09Г2 має високу стійкість проти гарячих і

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

можливо виникнення холодних тріщин. Використання цієї сталі надає нам можливість значно покращити якість корпусу балона, та зменшити його вагу, тим самим забезпечити зростання показників характеристики виробу. Використання такої сталі надає нам можливість застосувати розповсюджені та раціональні види зварювання, при цьому є можливість використовувати таке обладнання що є дуже простим у застосуванні.

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 автомобільного газового балона

Основними технічними вимогами при виготовленні балона 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 сталеві зварні автомобільні балони для зріджених вуглеводневих газів на тиск до 1,6 МПа.

Балони АГ-50-300 ТУ 3695-101-00153784 виготовляються в кліматичному виконанні категорії 2 за ГОСТ 15150.

Технічні вимоги на виготовлення балона:

- балони повинні виготовлятися відповідно до вимог «Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», затверджених Держгіртехнаглядом, за робочими кресленнями та зразку-еталону, затвердженого в установленому порядку;
- виготовлення балонів має здійснюватись за наявності сертифіката відповідності, виданого органом з сертифікації продукції, і ліцензії, виданої територіальним органом Держгірпромнагляду.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

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 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.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
						16
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення автомобільного газового балона повинні застосовуватись матеріали і напівфабрикати з відповідними стандартами і технічними умовами.

Обичайка, днища та підкладні кільця повинні виготовлятися з листової маловуглецевої сталі марки 09Г2 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 балонів 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] .

Якість і властивості матеріалів та напівфабрикатів повинні задовольняти вимоги стандартів і технічних умов. Матеріали і напівфабрикати повинні бути сертифікованими заводами, що виготовлюють 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

Згідно правил Держтехнагляду на виготовлення обичайок, для транспортування і зберігання продуктів нафтової та газової промисловості допуски форми і розташування поверхонь при виготовленні балонів та їх складових частин повинні бути не більше:

- 1) зміщення кромки у стикових зварних з'єднаннях, мм: повздовжніх швів - $0,1 S$, кільцевих швів - $0,1 S^{+1}$ (де S - товщина стінки балона);
- 2) відносна овальність обичайки і циліндричної частини днищ у будь-якому поперечному перерізі зібраного балона - $1,0\%$;

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3) відхилення профілю повздовжнього перерізу еліптичної частини днища від геометричної форми еліпса - $0,01 D$ мм (де D - зовнішній діаметр балона);

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 балонів з обичайкою - $0,1 S^{+3}$ мм

7) днища балонів 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.

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

Якість зварювання забезпечується при виконанні таких умов [2]:

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
						18
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1 зварювальні роботи проводити тільки відповідними матеріалами;
- 2 не допускати в з'єднаннях дефектів;
- 3 забезпечити необхідну точність складання;
- 4 контроль якості зварювання проводити ультразвуковою діагностикою.

Тріщини, непровари й пори в зоні термічного впливу і в металі шва не допускаються.

У процесі виготовлення виробу повинні перевірятися:

- відповідність металу зварюваних деталей і зварювальних матеріалів вимогам НД;
- відповідність якості підготовки кромки 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 балона не допускаються раковини, тріщини і глибокі подряпини, якщо вони виводять товщину стінки балона за межі допустимих мінусових відхилень на товщину листа за ГОСТ 19903 або ГОСТ 19904;
- днища балона, виготовлені методом холодного штампування, повинні підлягати термообробці для зняття внутрішніх напружень;
- балон повинен бути міцним і щільним. Ознаки розриву, течіння і видимі залишкові деформації не допускаються;
- руйнівний тиск для балона 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;
- різьба на фланці повинна бути повною. На різьбі не допускаються вм'ятини, задирки і викришування;

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- зовнішні поверхні балона повинні бути пофарбовані атмосферостійкою емаллю червоного кольору. Пофарбована поверхня повинна відповідати вимогам ГОСТ 9.132, клас покриття V. Перед фарбуванням поверхні балона повинні бути очищені від бруду, мастил, іржі і покриті ґрунтовкою. Допускається поверхню балона під шильдиком не фарбувати. Покриття ґрунтовкою та фарбування приєднувальних поверхонь фланця не допускається.

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:

- спроектувати механізовану ділянку складання та зварювання даної деталі;
- розробити технологію виготовлення з більш високою продуктивністю праці;
- замінити зварювальне обладнання більш продуктивним;
- розрахувати режими зварювання;
- виконати розрахунок термічного циклу;
- виконати розрахунок очікуваної структури ЗТВ при зварюванні;
- виконати розрахунок економічної ефективності від втілення пропонуваніх технічних рішень.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

					ДР.131.2121ст.08.02.04.ПЗ.									
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата	2 Розрахунки технології зварювання				Літ.		Арк.	Аркушів		
Студент	Полонка С.І.											22	16	
Керівник	Спіхтаренко В.													
Консультант									ХННІ					
Н. Контр.														
Зав.кафедр.	Єрмолаєв Г.В.													

2.1 Обґрунтування вибору способів зварювання

Доцільність застосування того чи іншого способу зварювання при виготовленні газового балона 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.

Найбільш поширені дугові способи зварювання плавким електродом, які мають високу універсальність і простоту виконання. Насамперед, це 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 газів.

Процес виготовлення автомобільного газового балона необхідно максимально механізувати і автоматизувати, оскільки способи зварювання, які застосовувалися для виготовлення виробу мають високу трудомісткість, значні затрати часу. При впровадженні механізованих і автоматизованих способів зварювання виникла можливість підвищення продуктивності праці, зменшення трудомісткості, покращення якості шва і зварного з'єднання.

Використовуючи літературні джерела дізнаємося, що для зварювання металу товщиною 3 мм можна застосувати наступні способи зварювання: ручне дугове, напівавтоматичне і автоматичне дугове зварювання під флюсом, електроннопроменеве зварювання, зварювання в середовищі вуглекислого газу.

Застосування ручного дугового зварювання є можливим, але цей процес вимагає високої кваліфікації зварника і, як наслідок, веде за собою значні затрати часу, що є недопустимим при умові збільшення виробництва.

Ручне дугове зварювання раціонально застосовувати для коротких швів. Розташованих в різних просторових положеннях і при дрібносерійному

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

характері виробництва. На монтажі застосування ручного дугового зварювання виправдане при незначному об'ємі робіт навіть для більш якісних швів. Ручне дугове зварювання доцільно використовувати також при ремонтних роботах [3].

Напівавтоматичне зварювання у вуглекислому газі можна виконувати у всіх просторових положеннях. Розширення області його застосування відбувається за рахунок заміни ручного дугового зварювання.

Зварювання під флюсом, особливо напівавтоматичне утруднене через неможливість точного направлення електрода по осі зазору стику і спостереження за утворенням шва.

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

Зварювання порошковим дротом має свої недоліки. Мала жорсткість трубчастої конструкції порошкового дроту вимагає застосування подаючих механізмів з обмеженим зусиллям стискання дроту в подаючих роликах. Зварювальний дріт діаметром 2,4 мм і більше потребує використання для стійкого горіння дуги підвищених зварювальних струмів, дозволяє використовувати їх для зварювання лише в нижньому і рідше у вертикальному положенні.

Широкого використання, незважаючи на складність і високу вартість обладнання, набуло автоматичне дугове зварювання під флюсом. Використання такого способу зварювання дає змогу забезпечити стабільність режимів зварювання і забезпечення якості виконання зварного шва. Автоматичне зварювання під шаром флюсу більш продуктивне, ніж зварювання покритим електродом і напівавтоматичні способи зварювання суцільним дротом. Висока продуктивність автоматичних дугових способів досягається можливістю їх виконання на більш підвищених режимах зварювання, в першу чергу

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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.

Автоматичне зварювання має ряд переваг перед напівавтоматичним:

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

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

Отже, враховуючи специфіку різних способів зварювання та особливостей технології і техніки зварювання низьколегованих і високолегованих сталей, вибираємо для зварювання повздовжніх і кільцевих швів автомобільного газового балона автоматичне дугове зварювання під шаром флюсу, а для приварювання фланця до балона – напівавтоматичне зварювання в середовищі CO₂.

Такий вибір забезпечить виконання поставлених технологічних умов, і вимог щодо міцності і надійності конструкції.

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.

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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 2.3.

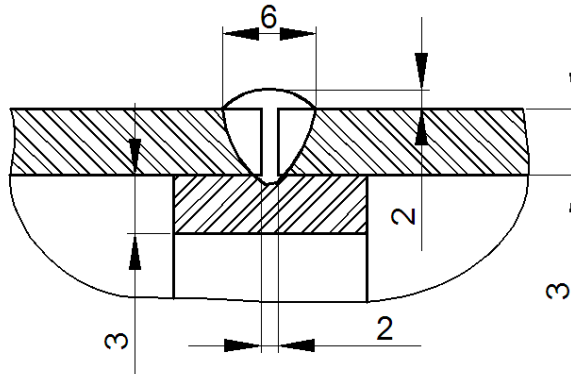


Рисунок 2.1 Схема зварного стикового з'єднання С5 за ГОСТ 8713-79

Визначимо силу зварювального струму [4] за формулою:

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

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;

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

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

$$F_2 = h_{ш} \cdot l + h_p \cdot \text{tg} \alpha \cdot h_p, \quad (2.5)$$

де $h_{ш}$ – висота шва, м;

l – ширина зазору шва, м;

h_p – висота розроблення, м;

α – кут розроблення;

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

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

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

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

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, A ;

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм ;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,04 \cdot \frac{300}{2} = 8,3 \text{ } \mathcal{A}/\text{год}.$$

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, $\mathcal{A}/\text{год}$;

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

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

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм ;

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

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

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, $\mathcal{A}/\text{год}$;

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

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

γ – густина наплавленого металу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 Параметри режиму зварювання автомобільного газового балона

Номер шва	Сила струму $I_{зв}, A$	Напруга на дузі U_d , В	Діаметр дроту d_e , мм	Швидкість зварювання $V_{зв}, м/год$	Швидкість подачі дроту $V_{п.д.}, м/год$
N1	300	30	2	44	85
N2	280	28	2	37	76
N3	171	22	1,2	30	241

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:

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

де: q - ефективна теплова потужність джерела, для дугового зварювання $q = I_{36} \cdot U_{d0} \cdot \eta$ (η - ефективний КПД нагрівання);

v - швидкість переміщення джерела, см/с;

α - коефіцієнт теплопровідності;

$t_2 = t - t_1$ - час поширення теплоти елементарного джерела, введенного в якій-небудь точці O , потужність якого $q = dt_1$ (t_1 час досягнення джерелом точки O з 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 стикового з'єднання

При товщині металів, що зварюються, більш 9 мм необхідно робити оброблення крайок. Для зварювання цистерни при товщині 3 мм оброблення не

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

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 y_0 , скористаємося рівнянням вважаючи, що $T_m = T_l = 1350^\circ\text{C}$ (температура ліквідусу).

$$y_0 = \frac{0.484 \cdot q}{2 \cdot \delta \cdot c \gamma \cdot v (T_m - T_0)} = 1,5 \text{ см}$$

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 2.2.

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°С	20	113	1001	1217	969	717	587	445	288	169

За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ (див. рис.2.2).

2.3.2 Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання

Розрахунок термічного циклу таврового з'єднання при механізованому зварюванні в CO₂ 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, °С	1350
початкова температура виробу, °С	20
коефіцієнт температуропроводності	0,08
величина струму дуги, А	171
напруга дуги, В	22
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7
ефективна теплова потужність джерела	2633,4
швидкість зварювання, см/с	0,83

Визначимо відстань від джерела до розглянутої точки y_0 . Для цього скористаємося рівнянням вважаючи, що $T_m = T_l = 1350^\circ\text{C}$ (температура ліквідусу).

$$y_0 = \sqrt{\frac{0,368 \cdot q}{\pi / 2 \cdot v \cdot c \gamma (T_m - T_0)}} = 0,52 \text{ см}$$

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 °С	403	1333	911	256	142	82	62	45	33	26

За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ (див. рис. 2.2).

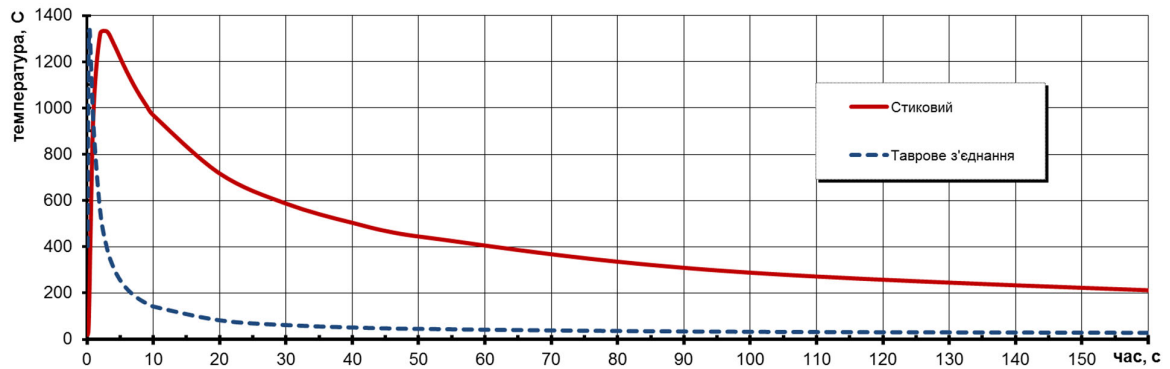


Рисунок 2.2 Нагрів та охолодження стикового та таврового зварного з'єднання.

Криві охолодження переносимо на діаграму термкінетичного розпаду аустеніту сталі 09Г2 (рисунок 2.3).

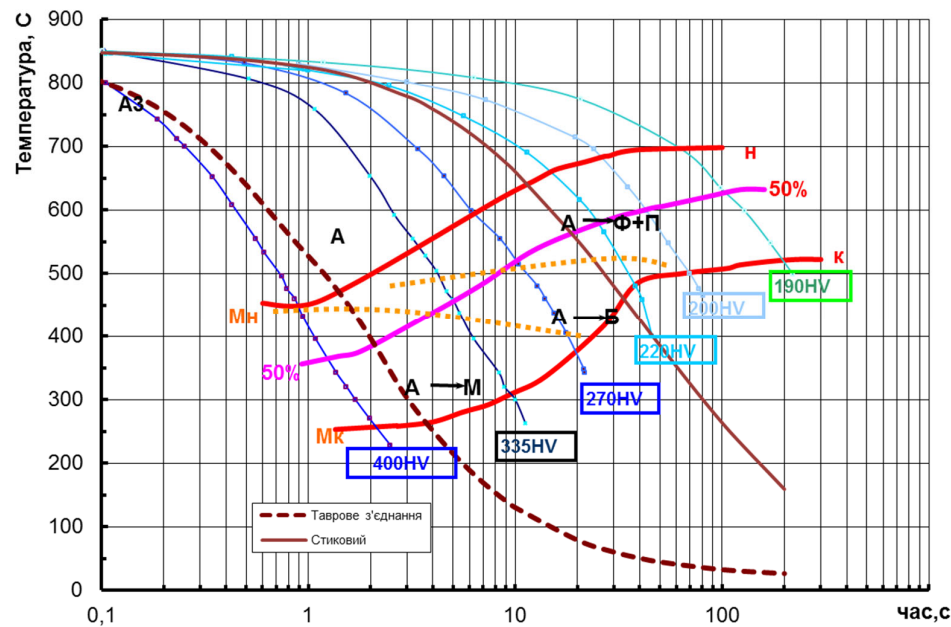


Рисунок 2.3 Діаграма термкінетичного розпаду аустеніту у сталі 09Г2.

Проведені розрахунки дозволяють визначити параметри процесу зварювання, що характеризується нормальним режимом. У таких процесах зварювальний струм, основний параметр режиму і не перевищує прийнятих норм.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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 нашоюхується 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 термодинамічного 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 термодинамічно стійкий, нижче - аустенітний стан хитливий і у залежності від температурно-тимчасових умов може перетерплювати перлітне, бейнітне (проміжне) чи мартенситне перетворення.

Діаграма термодинамічного перетворення аустеніту сталі 09Г2 показані на рисунку 2.3. 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 2.3).

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.

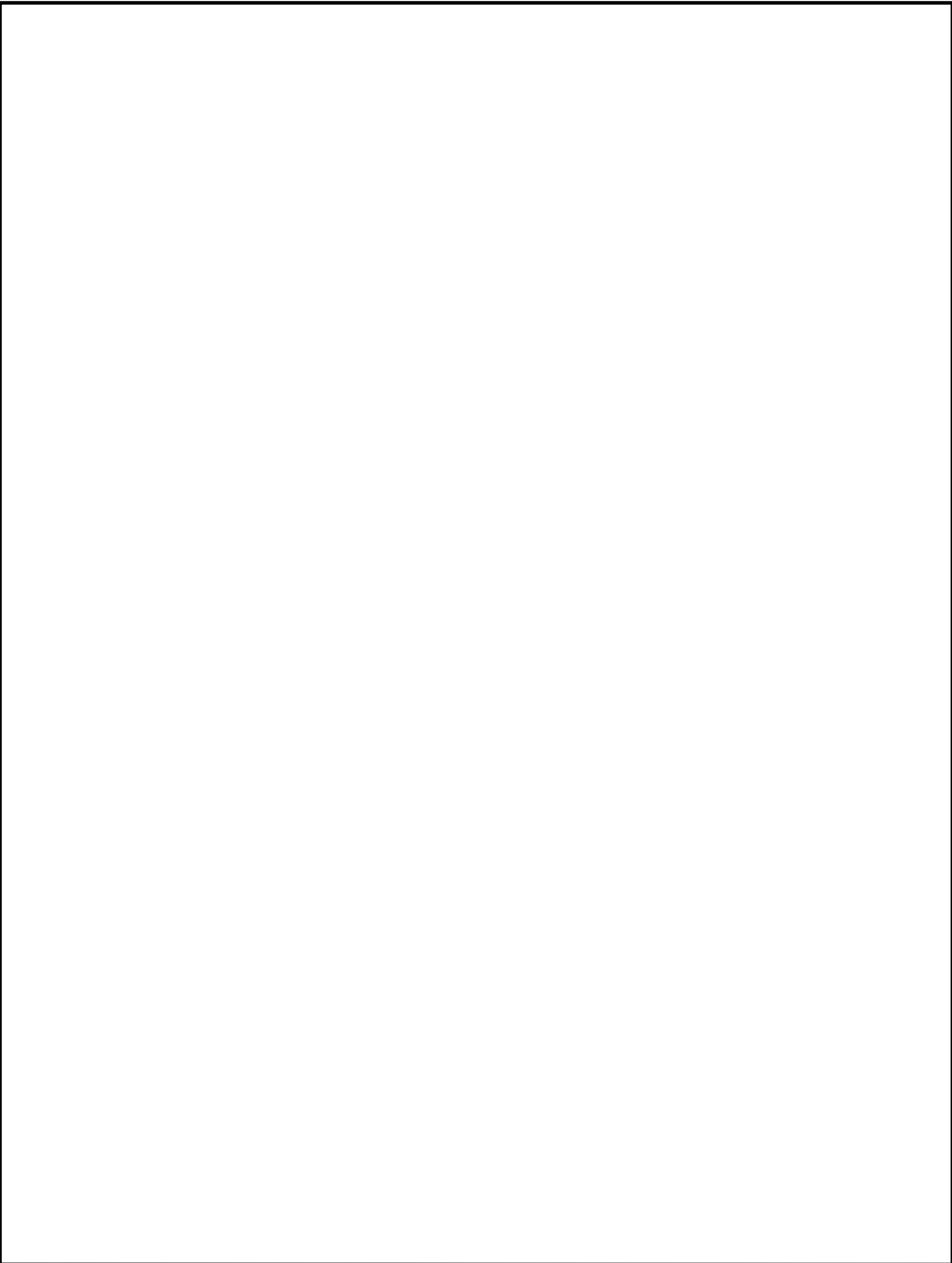
3. Зварювання таврових і кутових з'єднань рекомендується варити механізованим зварюванням у CO_2 .

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

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

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

					ДР.131.2121ст.08.01.04.ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



					ДР.131.2121ст.08.03.04.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент	Полонка С.І.				3 Технологічний процес складання та зварювання конструкції		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Спіхтаренко В.							38	23
							ХННІ		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.	Єрмолаєв Г.В.								

3.1 Принципова послідовність складання і зварювання

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

Схема технологічного процесу така: спочатку виготовляються складальні одиниці, кожна на своїй ділянці, і потім комплект надходить до місця збирання та зварювання балона, 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:

- а) зачищення;
- б) правлення;
- в) розмічування;
- г) 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 відбувається на спеціальній ділянці, де це робиться 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 невиправних дефектів.

На першому етапі виготовлення автомобільного балону виготовляємо днища з листового прокату (ГОСТ 19903) товщиною 3,0 мм, Листи металу

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

подаються на ділянку, де розрізаються гільйотинними ножицями на заготовки необхідного розміру. Установка упору здійснюється вручну. Установку упору слід контролювати через кожні 50 відрізаних смуг.

Далі пакет з заготовками подають на ділянку штампування, де на кривошипному пресі формують днище з одночасною вирубкою по зовнішньому контуру, після чого днища поміщають в піч для відпалу.

Тоді виготовляють обичайку балона. Заготівельна операція при виготовленні обичайки аналогічна операції для днищ, з тією лише різницею, що листи ріжуться на листових ножицях з заготовок розміром 3x796x942. При цьому, спочатку пробивають отвори під фланець, тоді формують з листа заготовки під обичайку на вальцювальному верстаті, після цього встановлюють обичайку в спеціальний затискний пристрій та здійснюють зварювання поздовжнього шва під шаром флюсу на спеціалізованій зварювальній установці Р-879 за один прохід. Після зварювання проводять обрізання технологічних планок.

Наступним етапом є виготовлення та прихоплення підкладних кілець. Для цього листові заготовки розміром 3x20x923 вальцюють в кільце, проводять запресування підкладного кільця в днище та здійснюють прихоплення підкладного кільця.

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.

Після виготовлення складальних одиниць балона проводять складання та прихоплення днищ з запресованими підкладними кільцями з обичайкою. В цьому випадку основним завданням є правильне встановлення виробу і дотримання необхідного зазору між кромками.

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Зварювання днищ з обичайкою проводять кільцевими зварними швами під шаром флюсу на спеціалізованій зварювальній установці Р879.

На завершення проводять приварювання фланця до газового балона напівавтоматичним зварюванням в середовищі CO₂.

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;
- піднімально-транспортні операції;
- роботи з приймання і видавання інструменту, зварювальних матеріалів.

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 дільниці на дільницю, транспортування продукції на склад.

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

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

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Перевірку зварних з'єднань кожного балона 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 рентгенотелевізійних 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 балона 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 балон не повинен деформуватися. Після досягнення тиску 2,5 МПа і перевірки діаметра балона тиск підвищується до настання руйнування балона. Контроль зовнішнього діаметра балона проводять у поперечному перерізі на відстані не менше 50 мм від зварних швів.

Не допускається руйнування балона при тиску не менше 5 МПа.

Масу порожнього балона перевіряють зважуванням з точністю до - 0,2 кг.

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

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
						42
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

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

Для забезпечення необхідних механічних властивостей металу шва і високої стійкості проти утворення кристалізаційних тріщин і пор при зварюванні високолегованих і низьколегованих сталей застосовують зварювальні матеріали, які знижують схильність до утворення тріщин, а саме легують кремнієм і марганцем.

В більшості випадків при зварюванні низьколегованих сталей шви без пор отримують при застосуванні кремніємарганцевих електродних матеріалів, що забезпечить малу забрудненість металу шва оксидними включеннями, які в свою чергу суттєво впливають на структуру металу шва, ослаблюючи її.

Отже, зварювання автомобільного газового балона виготовленого із сталі 09Г2 проводимо дротом суцільного поперечного перерізу марки Св08Г2С. Дані марки дроту придатні для зварювання у всіх просторових положеннях, а наплавлений метал формується добре розкисленням завдяки достатньому вмісту кремнію і марганцю, з високими властивостями міцності і пластичності.

Основні переваги від щільного контакту між дротом і мідним струмопровідних наконечником:

стабільне горіння дуги в широкому діапазоні режимів зварювання (від крапельного до струменевого перенесення електродного металу в зварювальну ванну) при використанні зварювального устаткування будь-якого класу складності (від простих до імпульсних і інверторних джерел живлення);

мінімальне розбризкування електродного металу при зварюванні в захисних газах;

низька витрата мідних наконечників;

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

підвищення рівня механізації зварювальних робіт;
добре повторне запалення дуги (спеціально для роботизованого зварювання).

Високоякісна зварювальний дріт для дугового зварювання в газовому середовищі, використовується для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей: конструкційної сталі, сталі для судин під високим тиском і суднобудівної сталі.

Виробничо-технічні інновації забезпечують досягнення найменшого розкиду дроту по діаметру, гладку поверхню і стабільну круглу форму.

Прекрасні характеристики зварювального дроту дозволяють не тільки заощадити робочий час, а й скоротити витрати на зварювальне обладнання - заміна деталей, що зношуються потрібно набагато рідше, ніж у випадку застосування зварювального дроту більш низької якості. Рядна намотування і правильна геометрія дроту дозволяє істотно збільшити термін служби дорогих зварювальних напівавтоматів. Дріт випускається по системі менеджменту якості ISO 9001-2001 і сертифікований "УкрСЕРПО". Дріт поставляється на пластмасовій дротяної каркасної котушці (зовнішній діаметр 200мм, посадковий 52,2мм, ширина 53мм) з порядний намотуванням, вага 5 кг. Кожна котушка запаяна в поліетилен з вкладенням селикагелю і упакована в картонну коробку. При використанні даного зварювального дроту забезпечується мінімальний вміст вуглецю в металі шва, за рахунок його малого змісту в зварювальному дроті. Знижується вміст шкідливих домішок, за рахунок введення в метал шва марганцю, який пов'язує сірку, утворюючи разом з нею тугоплавкі сульфіді.

Хімічний склад і механічні властивості дроту Св 08Г2С приведено в таблиці 3.1 і таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 Хімічний склад дроту Св08Г2С згідно ГОСТ 2246-70 [4]

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
						44
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вміст елементів, %						
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

Таблиця 3.2 Механічні властивості дроту Св-08Г2С

Тимчасовий опір розриву МПа	Відносне подов- ження %	Межа плинності МПа
540	26	432

При автоматичному зварюванні під флюсом сталі марки 09Г2 зварювальним дротом марки Св08Г2С 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 3.3.

Таблиця 3.3 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.

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.		Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			45

3.3 Вибір зварювального устаткування

При виборі зварювального обладнання необхідно враховувати, що на механізованих установках зварювання автомобільних газових балонів застосовується зварювальне обладнання, яке дозволяє зварювати товщини 3-8 мм.

Зварювання автомобільного газового балона будемо виконувати на спеціалізованій зварювальній установці Р-879 призначеній для дугового зварювання під флюсом зовнішніх швів балонів: двох кільцевих і одного поздовжнього.

Технічна характеристика спеціалізованої зварювальної установки Р-879 представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Технічна характеристика спеціалізованої зварювальної установки Р-879 для автоматичного зварювання під флюсом

Параметри	Значення
Швидкість зварювання кільцевих швів, м/год.	
найменша;	14
найбільша	32
Швидкість зварювання повздовжніх швів, м/год	
найменша;	13
найбільша	112
Габаритні розміри установки, мм:	
висота;	3240
ширина;	4800
довжина	6000

В якості джерела живлення зварювальної установки Р-879 застосовуємо зварювальний випрямляч ВДУ-504-1 (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 Загальний вигляд зварювального випрямляча ВДУ-504

Джерело живлення зварювальної дуги, 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 налаштуватися на потрібний режим зварювання;
- г) мати такі динамічні властивості, які б забезпечували нормальне збудження дуги і мінімальний коефіцієнт розбризкування.

Зварювання проводять на постійному струмі зворотної полярності. Це пояснюється тим, що на прямій полярності процес зварювання характеризується великим розбризкуванням, навіть при зварюванні значно меншими струмами. Це приводить до зменшення глибини провару [10].

Технічна характеристика зварювального випрямляча ВДУ-504-1 приведена в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 Технічна характеристика випрямляча ВДУ-504-1 [10]

Параметри	Значення
Нижня границя температури оточуючого середовища, °C	-30
Номинальний зварювальний струм, А	500
Межі регулювання зварювального струму, А:	
при роботі з жорсткими характеристиками;	100...500
при роботі з спадаючими характеристиками	60...500
Режим роботи, ПВ %	60
Межі регулювання робочої напруги, В:	
при роботі з жорсткими характеристиками;	18...50
при роботі з спадаючими характеристиками	23...46
Напруга холостого ходу, В	80
Напруга мережі живлення, В	380
Первинна потужність, кВ*А	40
Коефіцієнт корисної дії, %	0,82
габаритні розміри, мм	
довжина;	1085
висота;	808
ширина.	1026
Маса, кг не більше	370

Для приварювання фланця до баллона вибираємо напівавтомат ПДГ-304-1 з джерелом живлення - випрямлячем ВДГ-301.

Технічна характеристика зварювального випрямляча ВДГ-301 наведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 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
Потужність, кВт А	5
Габарити, мм	960×697×77
Маса, кг	210

Випрямляч ВДГ–301 з жорсткою зовнішньою характеристикою, який забезпечує плавне регулювання вихідної напруги мережі. Цей випрямляч складається з трансформатора із нормальним магнітним розсіюванням і трьохфазного 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.

Таблиця 3.7 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

Для зварювання на струмі до 300 А електродним дротом діаметром 1,2 мм вибираємо пальник типу ГДПГ – 302.

3.4 Вибір зварювальної оснастки

Установки для зварювання прямолінійних швів застосовуються при зварюванні швів великої довжини, а також при масовому і крупносерійному виробництві малогабаритних виробів з декількома паралельними швами.

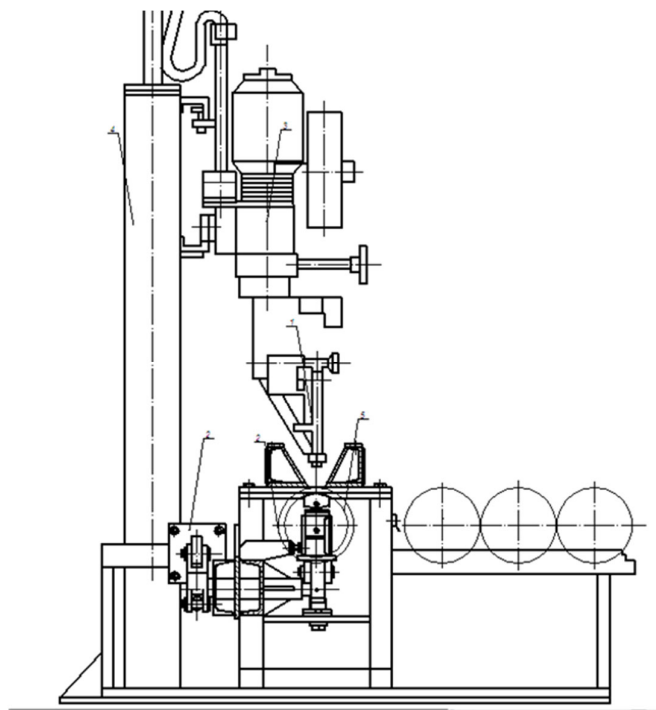


Рисунок 3.2 Загальний вигляд спеціалізованої зварювальної установки Р-879 та затискного пристрою

Для зварювання автомобільного газового балона будемо використовувати спеціалізовану зварювальну установку Р-879. Зварювальна установка складається з обертача 1 призначеного для обертання виробу при автоматичному зварюванні кільцевих швів. Обертач оснащений приводом, що забезпечує обертання зі швидкістю, необхідною для автоматичного зварювання (14-

Попередньо звальцьована обичайка укладається на мідну підкладку консолі (рисунок 3.4).

Консоль встановлюється паралельно напрямляючим зварювального автомата. Пневмоциліндри приводять в рух притискачі, які обжимають обичайку. Величина зусилля притискання обичайки регулюється зміною величини тиску в пневмоциліндрі за допомогою регулятора тиску. За допомогою швидко з'ємних ексцентрикових притискачів фіксуємо технологічні планки на консолі, призначені для заварювання кратера.

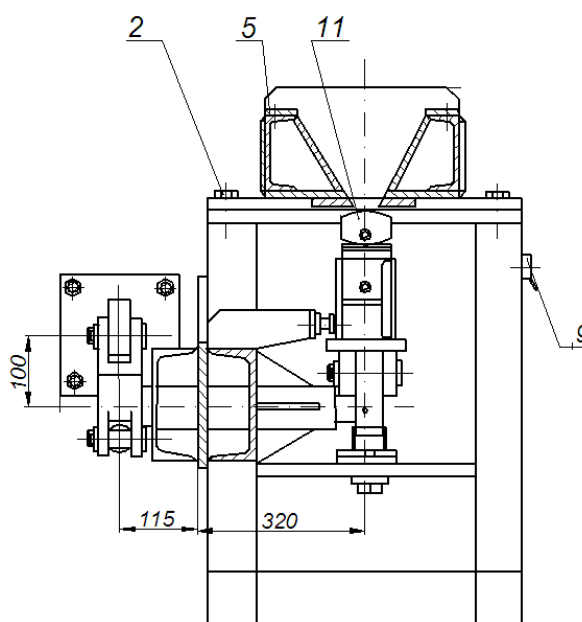


Рисунок 3.4 Затискний пристрій для складання обичайок балонів

При виконанні прямолінійних швів виріб здебільшого 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.

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

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

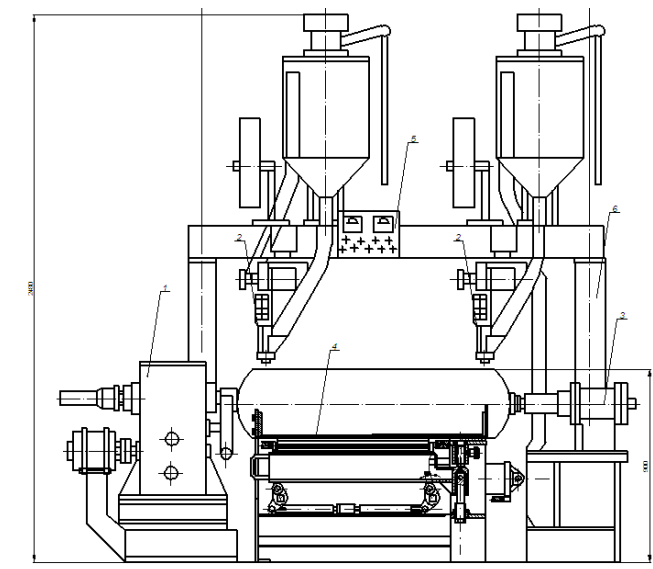


Рисунок 3.5 Загальний вигляд спеціалізованої зварювальної установки Р-879

Зварювання днищ з обичайкою проводимо двома кільцевими зварними швами під шаром флюсу на спеціалізованій зварювальній установці Р-879 (рисунок 3.5).

Попередньо зібраний балон встановлюють торцем балона в передню бабку. Підтискають задню бабку. 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. Зварювання слід проводити в два шари. Другим шаром знімаємо внутрішні напруження..

Обертання передньої бабки проводиться через редуктор. Обертання балону здійснюється за рахунок сил тертя.

По закінченні зварювання балон звільняється від пневмопритискачів і передається на наступну операцію.

Величина зусилля притиснення обичайки регулюється зміною величини тиску в пневмоциліндра за допомогою регулятора тиску.

Вертикальні і горизонтальні переміщення зварювального автомата здійснюється електродвигунами.

3.5 Контроль якості зварювання

3.5.1 Вплив дефектів на роботу зварних з'єднань

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]

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Наявність дефектів у зварному з'єднанні не означає, що конструкція стає непридатною. Для оцінки впливу дефекту на зварне з'єднання використовують конструктивні та експлуатаційні фактори. Проте такі фактори розділити дуже важко, і тому використовують узагальнені поняття конструктивно-експлуатаційних факторів.

При встановленні норм дефектності для зварних з'єднань, які працюють під навантаженням, необхідно виявити їх вплив на механічні властивості з'єднання. При статичному навантаженні основною властивістю є міцність. Встановлення норм дефектності проходить по результатам механічних випробувань, аналізу зламів та металографії зварних з'єднань. По підсумкам проведених досліджень будується кореляційна залежність між геометричними характеристиками та міцністю з'єднання.

Вплив дефектів також залежить від їх форми. Найбільш небезпечними є тріщини, не провари та підрізи, менш небезпечні – пори. Дефекти із гострими контурами можуть викликати крихкі руйнування навіть при статичних навантаженнях.

Особливу роль серед конструктивно-експлуатаційних факторів відіграє низька температура (-50...-100°C). В таких умовах навіть невеликий малий дефект може призвести до крихкого руйнування. Це пояснюється тим, що руйнуючі напруження перевищують межу текучості, що спричиняє перехід в'язкого руйнування у крихке.

Після ряду досліджень було встановлено, що пори та включення які мають сумарну площу в перерізі шва до 5-10%, практично дуже мало впливають на міцність з'єднань. Для окремих видів з'єднань безпечна величина ослаблення перерізу стикового шва дефектами при статичному навантаженні може досягати 10-30%.

При динамічних та вібраційних навантаженнях небезпеку для зварних швів несуть такі дефекти, як непровари, підрізи і тріщини. Втрату робото спроможності може призвести дефект дуже малого розміру. Їх вплив посилюється наявністю залишкового водню в металі шва. Через це зварні з'єднання

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

конструкцій, що працюють в умовах динамічної дії, слід виконувати зварювальними матеріалами, що забезпечують низький вміст водню в металі шва.

Також на межу витривалості негативно впливає наявність поля розтягуючих залишкових напружень. Ці напруження підсилюють небезпеку до утворення деформацій, яку створюють дефекти, що знаходяться в зварному шві.

За ГОСТ 15467—79 вище перераховані дефекти діляться на дві групи: об'ємні (пори, включення, непровари, підрізи) та тріщиноподібні (гострі). Об'ємні дефекти відносно безпечні по відношенню до втрати робото спроможності з'єднань. За ГОСТ 15467—79 – це малозначимі дефекти. Тріщиноподібні дефекти – дуже небезпечні і вважаються критичними. Ці дефекти, як правило, недопустимі.

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, поперше, дозволяє оцінити можливість ремонту; по-друге, вияснити причини утворення дефекту та намітити заходи, які дозволяють запобігти його появі.

В процесі виготовлення газового балона можливі 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 балона з метою виявлення в них таких дефектів:

- тріщин всіх видів і напрямків;
- свищів і пористості зовнішньої поверхні шва;
- підрізів;
- проплавів, не заплавлених кратерів;

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- зміщень і спільного відведення кромок зварюваних елементів понад норми;

- не прямолінійності з'єднаних 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.

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 автомобільного газового балона

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.

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
						57
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю якості зварних швів автомобільного газового балона будемо використовувати візуальний 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.

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.

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
						58
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній огляд зварних з'єднань проводиться для:

- перевірки якості зачистки зварюваних поверхонь, зварних швів і навколо шовної зони від окалини, шлаку, бризок;
- виявлення тріщин в шві та навколо шовній 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 навколо шовної 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.

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).

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Для виявлення внутрішніх дефектів, таких як внутрішні тріщини, непровари, шлакові включення, пори та інші, використовують ультразвуковий метод контролю. Ультразвуковий контроль зварних з'єднань – неруйнівний контроль, який є ефективним засобом виявлення дефектів зварних швів на глибині від 1-2 мм до 6-10 м. Ультразвуковий контроль заснований на здатності ультразвукових хвиль відбиватися від поверхні розділу двох середовищ. У дефектоскопії ультразвукові хвилі отримують у п'єзоелектричних матеріалах (кварц, сульфат літію, титанат барію та ін.). П'єзоелектричний щуп ультразвукового дефектоскопа поміщають на поверхню контрольованого зразка та періодично у вигляді імпульсів посилають в метал спрямовані ультразвукові коливання, частота яких зазвичай перевищує 20 кГц. При зустрічі з дефектом виникає відображена ультразвукова хвиля, яка сприймається іншим щупом (а іноді тим же, що подає). Відбитий сигнал перетворюють в електричний і подають на осцилограф, на екрані якого виникає імпульс у вигляді піку. Ультразвуковий контроль дозволяє виявити дефект розміром 1-2% товщини заготовки, визначити його місцезнаходження, проте не завжди дозволяє встановити вид дефекту.

При контролі зварних швів газового балона ультразвуком використаємо 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 спеціалізованого обладнання Р-879. Прихвати та приварювання штуцерів проводимо механізованим зварюванням у CO₂.

В якості джерела живлення використовуємо зварювальний випрямляч ВДУ-504 та напівавтомат ПДГ-304-1.

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

					ДР.131.2121ст.08.04.04.ПЗ.				
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата					
Студент		Полонка С.І.			4 Економічна оцінка проектних розробок		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Спіхтаренко В.						61	14
Консультант							ХННІ		
Н. Контр.									
Зав.кафедр.		Єрмолаєв							

В даному розділі приведено розрахунок собівартості складання та зварювання балону.

Здійснене нормування основних зварювальних операцій, розрахована собівартість виготовлення балону, до якого входять витрати на основні та зварювальні матеріали, енергію для технологічних цілей та заробітну плату виробничих працівників.

4.1 Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів

Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів проводиться на основі креслення деталей і вузлів машин, специфікацій деталей і вузлів, технологічних процесів зварювання, різання.

Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів пов'язаний з відомими трудностями з точки зору точності отримання результатів.

Технічне нормування здійснюють для встановлення витрат часу, матеріалів і електроенергії на використання заданої роботи в певних організаційно-технічних умовах при повному і ефективному використанні виробництва з врахуванням трудового виробничого досвіду [10].

При нормуванні витрат зварювальних матеріалів користуються питомими показниками, за допомогою яких встановлюють норми витрат матеріалів на виріб. Для процесів дугового зварювання питомими показниками є показники витрат матеріалів, розраховані на 1 метр зварного шва.

Розрахунок витрат при зварюванні автомобільного газового балона проводять для стикового з'єднання.

Витрати зварювального дроту [8] для виконання зовнішніх швів визначимо за формулою:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (4.1)$$

де M – маса наплавленого металу, кг;

k_b – коефіцієнт витрат матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів, $k_b=1.10$.

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Визначимо масу наплавленого металу за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (4.2)$$

де F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, m^2 ;

ρ – густина наплавленого металу, kg/m^3 ;

L – довжина всіх швів виробу, м.

Згідно креслень довжина стикового шва становить, $L=2,68$ м, а таврового з прихватами $L=0,5$ м.

$$M = 59 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 2,68 = 1,233 \text{ кг};$$

$$\text{Для стику:} \quad H_b = 1,233 \cdot 1,1 = 1,36 \text{ кг.}$$

$$\text{Для тавру:} \quad H_b = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 0,5 \cdot 1,1 = 0,034 \text{ кг}$$

Визначимо витрату флюсу ОСЦ-45 для зварювання стикових швів за формулою:

$$Q_\phi = H_b \cdot K_\phi, \quad (4.3)$$

де H_b – витрати зварювального дроту на зварювання шва, кг;

K_ϕ – коефіцієнт який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого флюсу, $K_\phi=1,7$;

$$Q_\phi = 1,36 \cdot 1,7 = 2,3 \text{ кг.}$$

Визначимо витрати електроенергії для зварного шва за формулою:

$$Q_e = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (4.4)$$

де R_u – коефіцієнт роботи дуги, $R_u=0,2$;

n – коефіцієнт пропорційності, $n=0,75$;

U_d – напруга на дузі;

α_n – коефіцієнт наплавлення.

Для стикових швів:

$$Q_e = \frac{30}{8,3 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 24 \text{ кВт·год.}$$

Для таврових та прихватів:

$$Q_e = \frac{22}{8,3 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 12,2 \text{ кВт год.}$$

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Час зварювання шва розрахуємо за формулою:

$$t_o = \frac{H_b}{I_{зв} \cdot \alpha_n}, \quad (4.5)$$

Для стику: $t_o = \frac{1,36 \cdot 100}{300 \cdot 8,3} = 0.0545 \text{ год.}$

Для тавру: $t_o = \frac{0,03432 \cdot 100}{171 \cdot 12,0} = 0.01673 \text{ год.}$

4.2 Визначення технологічної собівартості

Собівартість – це витрати підприємства в грошовому вираженні на виготовлення продукції.

Технологічна собівартість виготовлення виробу Сзаг.р розраховується за формулою:

$$\text{Сзаг.р.} = \text{Сзв.м.} + \text{Сз.п.} + \text{Ст.ен.} + \text{Са, грн.} \quad (4.6)$$

де Сзв.м. – вартість зварювальних матеріалів (електроди, флюс, дріт, захисний газ), грн.;

Сз.п. – загальнорічні витрати з фонду заробітної плати, грн.; Ст.ен.

– загальнорічні витрати на технологічну енергію, грн.;

Са – амортизаційні відрахування, грн.

В таблиці 4.1 наведені ціни, діючі на 01.01.2021 року на основні та зварювальні матеріали та електроенергію.

Таблиця 4.1 Ціни основних зварювальних матеріалів та електроенергії

Найменування матеріалу	Ціна, грн.
1. Зварювальний дріт Св-08Г2С, Ø 1,2 мм, за кг	35,0
2. Зварювальний дріт Св-08Г2С, Ø 2,0 мм, за кг	30,0
3. Захисний газ, СО ₂ , грн./м ³	25,0
4. Флюс ОСЦ-45, кг	30
3. Електроенергія, за кВт/год.	2,0

4.3 Визначення вартості зварювальних матеріалів

1. Витрати на зварювальний дріт ($C_{\partial.a.}$, грн.) при автоматичному зварюванні стикових з'єднань:

$$C_{\partial.a.} = H_b \cdot R_{\partial p},$$

де H_b – витрати зварювального дроту, кг;

$R_{\partial p}$ – вартість 1 кг дроту Св-08Г2С, грн. ($R_{\partial p} = 35$ грн., для дроту 1,2 мм і $R_{\partial p} = 30$ грн., для дроту 2,0 мм), таблиця 4.1.

Шов № 1, 2

$$C_{\partial.a.} = 1.36 \cdot 30 = 40,7 \text{ грн.}$$

Шов № 3

$$C_{\partial.a.} = 0.034 \cdot 35 = 1,2 \text{ грн}$$

Загальні витрати зварювального дроту Св-08Г2С на одиницю виробу $\Sigma C_{\partial p}$ дорівнюють: $\Sigma C_{\partial p} = 41,9 \text{ грн.}$

2. Витрати на захисне середовище.

Визначення витрат на захисний газ CO_2 визначається за формулою:

$$G_{\text{зах.сер.}} = (t_0 + T_{\text{п.з.}}) \cdot N_1 \cdot R_3 \cdot L,$$

де t_0 – час горіння дуги на 1 пог. м., год.;

L – довжина шва, м;

N_1 – питома витрата газу, м³/год. (для таврового з'єднання типу ТЗ $N_1 = 0,6$ м³/год.);

R_3 – вартість 1 м³ газу CO_2 , грн./м³, $R_3 = 25$ грн./м³;

$T_{\text{п.з.}}$ – час на підготовчо-завершальні операції, год..

$$T_{\text{п.з.}} = t_{\text{п.з.}} \cdot L \cdot n,$$

де $t_{\text{п.з.}}$ – підготовчо-завершальний час на продування пальника до зварювання і місце зварювання при виконання 1 м шва ($t_{\text{п.з.}} = 0,0033$ год.);

L – довжина шва;

n – кількість проходів.

$T_{\text{п.з.}} = 0,0033$ год.

Шов № 3

$$G_{\text{зах.сер.}} = (0,0167 + 0,0033) \cdot 0,6 \cdot 25 \cdot 0,5 = 0,037 \text{ грн}$$

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Таким чином витрати на захисний газ (CO₂) дорівнюють:

$$\sum \Gamma_{\text{зах.сер}} = 0,037 \text{ грн.}$$

3. Визначення вартості зварювального флюсу

Витрати на флюс при автоматичному зварюванні визначається за формулою:

$$C_{e.a} = Q_{\phi} \cdot c_{\phi} = 2,3 \cdot 30 = 69,2 \text{ грн}$$

4. Визначення вартості на технологічну енергію

Витрати на електроенергію ($C_{e.a}$, грн.) при автоматичному зварюванні визначаються за формулою:

$$C_{e.a} = t_0 \cdot Q_e \cdot c_e$$

де Q_e – витрата електроенергії при автоматичному зварюванні $Q_e = 24,1$ кВт·год./кг;

t_0 – час зварювання, год;

c_e – вартість 1 кВт·год., грн. ($c_e = 2,0$ грн./кВт·год.)

Шов № 1, 2

$$C_{e.a} = 0,054 \cdot 24,1 \cdot 2 = 2,62 \text{ грн}$$

Шов № 3

$$C_{e.a} = 0,0017 \cdot 12,2 \cdot 2 = 0,04 \text{ грн}$$

Загальні витрати на електроенергію при зварюванні:

$$\sum C_{e.a} = 2,66 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2 Витрати матеріалів за пропонованою технологією

Найменування	Вартість, грн.	
	На одиницю виробу	На річну програму 1000 шт
1 Зварювальний дріт Св-08Г2С, Ø 1,2 мм	40,7	40700
2 Зварювальний дріт Св-08Г2С, Ø 2,0 мм	1,2	1200
3 Захисний газ, CO ₂	0,04	40
4. Флюс ОСЦ-45	69,19	69195
5 Електроенергія	2,66	2660
Разом:	113,79	113795

4.4 Витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню

Розрахунок кількості устаткування проводиться за формулою:

$$N_y = \frac{T_{\text{заг.зв.}}}{\Phi_o * K_{\text{в.н.}}} \text{шт.},$$

де $T_{\text{заг.зв.}}$ – загально річний час зварювання, н-год. (для автоматичного зварювання $T_{\text{заг.зв.}} = 0,05448 * 1000 = 54,48$ н-год.);

Φ_d – діючий фонд робочого часу, год. ($\Phi_d = 2002$ год.);

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

Визначимо кількість устаткування для автоматичного зварювання під шаром флюсу $N_{y.a.}$:

$$N_{y.a.} = \frac{54.48}{2002 \cdot 1,2} = 0,02 \text{ шт.}$$

Для виконання автоматичного зварювання необхідна одна установка Р-879 з джерелом живлення ВДУ-504-1. Загальна вартість 200000 грн.

Для механізованого зварювання:

$$N_{y.mex} = \frac{1.7}{2002 \cdot 1,2} \approx 1 \text{ шт.}$$

Для виконання механізованого зварювання необхідне один напіваавтомат ПДГ-304-1 з джерелом живлення ВДУ-504-1. Загальна вартість 20000 грн.

Витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню ($C_{a.уст.}$, грн.) залежать від кількості і вартості устаткування, норми річних амортизаційних відрахувань, коефіцієнта завантаження, трудомісткості виконання операцій техпроцесу і визначаються за формулою:

$$C_{a.уст.} = \frac{T \cdot \Sigma \cdot K_o \cdot A_y}{100 \cdot \Phi_e \cdot K_z}, \text{грн.}$$

де T – загально річний час зварювання, н-год.;

Σ – число типорозмірів устаткування, вживаного в технологічному процесі, шт. (для механізованого зварювання $\Sigma = 1$ шт);

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
						67
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_0 – вартість устаткування, грн. (для автоматичного та механізованого зварювання вартість становить $K_0 = 200000 + 20000 = 220000$ грн.);

A_y – норма річних амортизаційних відрахувань по устаткуванню, % (для зварювального обладнання $A_y = 16,6$ %);

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, годин ($\Phi_e = 2002$ год.);

K_z – коефіцієнт завантаження устаткування, приймаємо $K_z = 0,8$.

Загально річні витрати на амортизаційні відрахування по устаткуванню дорівнюють $C_{a.уст}$:

- для механізованого зварювання:

$$C_{a.уст.} = \frac{(54.48 + 1.7) \cdot 1 \cdot (100000 + 100000 + 20000) \cdot 16,6}{100 \cdot 2002 \cdot 0,8} = 1280,5 \text{ грн.};$$

Загальнорічні витрати на амортизаційне відрахування по устаткуванню $\Sigma C_{a.уст}$:

$$\Sigma C_{a.уст} = 1280,5 \text{ грн.}$$

4.5 Загальнорічні витрати з фонду заробітної плати

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

$$P_{зв} = \frac{T_{заг.зв.}}{\Phi_0 * K_{в.н.}} \text{ чол.},$$

де: для зварювання $T_{заг.зв.} = 56,18$ н-год;

Φ_d – діючий фонд робочого часу, год. ($\Phi_d = 2002$ год.);

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

Для робіт на зварювальному обладнанні чисельність працівників складе:

$$P_{зв} = \frac{56.18}{2002 \cdot 1,2} \approx 1 \text{ чол.} - \text{один робітник.}$$

Кількість працівників – складальників $P_{ск}$, які обслуговують дільницю складання та зварювання розраховується за формулою:

$$P_{ск} = 1,8 \cdot P_{зв}, \text{ чол.}$$

$P_{зв}$ – загальна кількість зварників ($P_{зв} = 1$ чол.).

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$P_{\text{ск}} = 1,8 \cdot 1 = 2 \text{ чол.}$$

Кількість допоміжних працівників:

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

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

$$P_{\text{осн.пр.}} = 3 \text{ чол.}$$

$$P_{\text{доп.пр.}} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ робітника. Приймаємо-одного.}$$

Для керівництва за роботою та технологічним процесом виготовлення бортової секції необхідне 1 (один) майстер.

Чисельність працівників, які обслуговують дільницю наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Чисельність працівників, які обслуговують дільницю

Працівники	Чисельність, чол.
Зварники	1
Складальники	2
Допоміжні працівники	1
Майстер ділянки	1
Разом:	5

Заробітну плату працівників – зварників $Z_{\text{пр.зв.}}$ визначимо з формули:

$$Z_{\text{пр.зв.}} = r \cdot n \cdot T_{\text{заг.зв.}}, \text{ грн.}$$

де r – коефіцієнт середньо годинної тарифної ставки працівників – зварників 4 розряду, $r = 20 \text{ грн.};$

n – коефіцієнт додаткової заробітної плати, $n = 3;$

$T_{\text{заг.зв.}}$ – загально річний час зварювання, н-год $T_{\text{заг.зв.}} = 56,2 \text{ н-год.}$

$$Z_{\text{пр.зв.}} = 3 \cdot 20 \cdot 56,2 = 3369,43 \text{ грн.}$$

Заробітну плату працівників-складальників визначимо за формулою:

$$Z_{\text{пр.ск.}} = 1,8 \cdot Z_{\text{пр.зв.}}, \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{пр.ск.}} = 1,8 \cdot 3369,43 = 6064,98 \text{ грн.}$$

Загальнорічні витрати на заробітну плату основних працівників (зварників та складальників) складатимуть:

$$\Sigma Z = Z_{\text{пр.зв.}} + Z_{\text{пр.ск.}} = 3369,43 + 6064,98 = 9434,42 \text{ грн.}$$

					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
						69
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$C_{\text{соц.с}} = 9434,42 \cdot 0,375 = 3537,91 \text{ грн.}$$

Загальні витрати з фонду заробітної плати $\sum C_{\text{з.п.рік}}$:

$$\sum C_{\text{з.п.рік}} = 9434,42 + 3537,91 = 12972,32 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість на виготовлення деталей при річній програмі 5000 шт. $C_{\text{заг.р}}$ по пропонуємії технології складе:

$$C_{\text{заг.р.}} = C_{\text{зв.м.}} + C_{\text{з.п.}} + C_{\text{а}} = 113795 + 1280,5 + 12972 = 128\,048 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 Розрахунок загальної собівартості продукції, грн.

Найменування статей витрат	Величина показника технології, грн.
Річна програма, шт	1000
Зварювальні матеріали	
Дріт Св 08Г2С діаметром 1,2 мм	1 201,20
Дріт Св 08Г2С діаметром 2,0 мм	40 700,09
Вуглекислий газ, CO ₂	37,29
Флюс ОСЦ-45	69 190,15
Електроенергія	2 666,65
Основна заробітна плата	9 434,42
Відрахування від заробітної плати	3 537,91
Амортизаційні відрахування	1 280,51
Технологічна собівартість річного випуску продукції $C_{\text{т}}$	128 048,22
Технологічна собівартість виготовлення одного виробу, грн	128,05

Висновки

Проведено розрахунок собівартості зварювальних робіт при виготовленні газового балону автомобіля. Із зварювальних матеріалів найбільшу вартість має флюс ОСЦ-45. Технологічна собівартість виготовлення деталі складе – 128 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою дипломної роботи є удосконалення технології складання та зварювання автомобільного газового балону.

Для вирішення поставленої мети, необхідно було вирішити такі завдання:

- розроблена технологія виготовлення з більш високою продуктивністю праці;

- було замінено зварювальне обладнання більш продуктивним;

- розраховали 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.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

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.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

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.

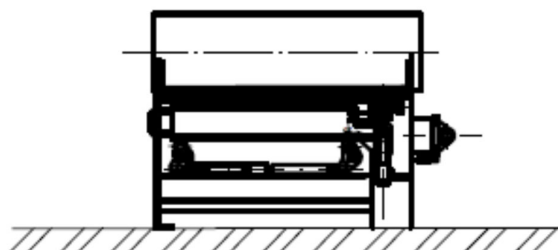
26. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: Навчальний посібник / А.С. Карпенко // К.: Арістей, 2005. –372 с.

27. Д 72 Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра (для студентів за напрямом підготовки 6.050504 “Зварювання”, спеціальність “Технології та устаткування зварювання”) / Драган С.В., Єрмолаєв Г.В., Ж.Г. Голобородько та ін. // – Миколаїв: НУК, 2014. - 62 с.

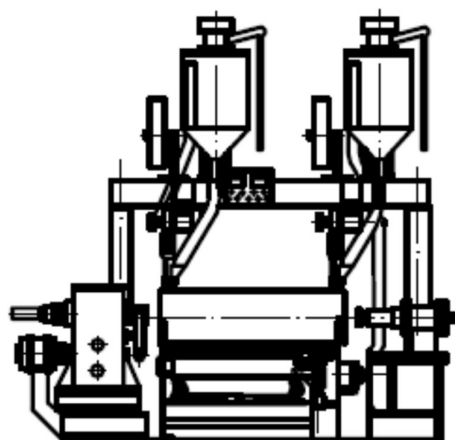
ДОДАТОК

					. ДР.131.2121ст.08.00.00.ПЗ.			
Змін.	Арк.	№ документа.	Підпис	Дата	ДОДАТОК	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Полонка С.І.						4
Керівник		Спіхтаренко В.						
Консультант								
Н. Контр.								
Зав.кафедр.		Єрмолаєв Г.В.				ХННІ		

Складання обичайки за допомогою
затискної установки

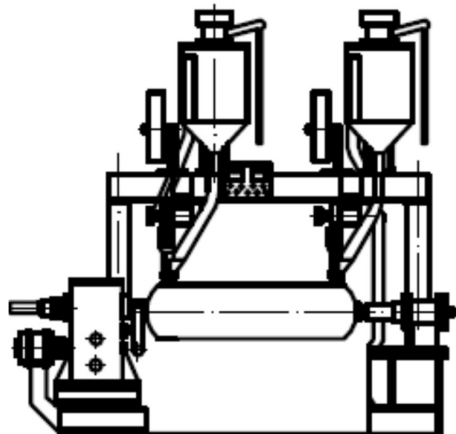


Зварювання повздожнього шва обичайки
за допомогою установки Р-879

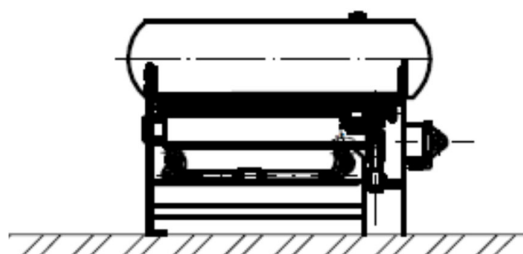


					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Складання та приварювання
днищ до обичайки за допомогою
установки Р-879

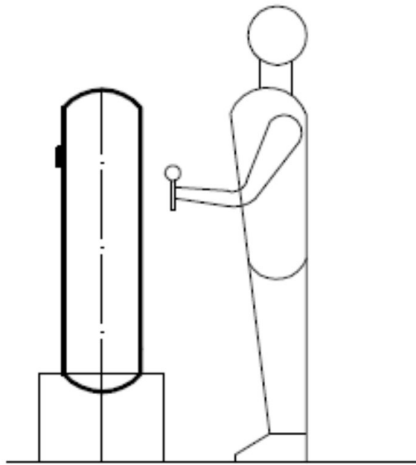


Приварювання фланця до газового
балона напівавтоматом ПДГ-304

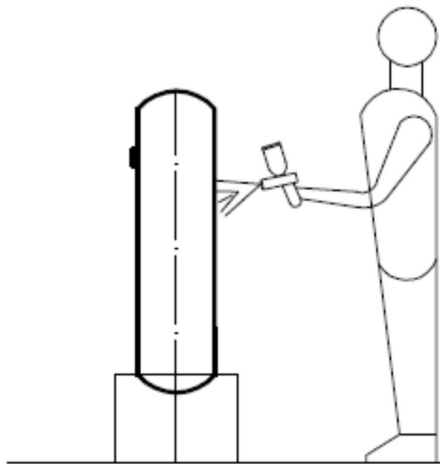


					ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

*Механічні випробування,
контроль якості*



*Фарбування автомобільного
газового балона*



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.131.2121ст.08.03.04. ПЗ.

Арк.

78