

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуару для зберігання зрідженого газу з дослідженням ударної в'язкості зварних з'єднань**

Виконав(ла): студент(ка) _____ курсу, групи _____
спеціальності 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

_____	Савків В.Ф.
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	Окіпний І.Б.
_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____
_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	Окіпний І.Б.
_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____
_____	_____
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: "Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуару для зберігання зрідженого газу з дослідженням ударної в'язкості зварних з'єднань" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 79 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 7 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, дослідницька, конструкторська, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Для висвітлення питань, які розглядаються у кваліфікаційній роботі, розрахунково-пояснювальна записка містить 27 рисунків, 17 таблиць, 1 додаток. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 29 першоджерел.

Проведені дослідження на ударну в'язкість зварних з'єднань із сталі марки 09Г2С при різних температурах. Встановлено, що ударна в'язкість досліджених зразків є достатньо високою. При цьому ударна в'язкість зварного шва за температур -40°C та -20°C є ідентичною основному матеріалу. Для зразків вирізаних з зони термічного впливу (біляшовна зона) ЗС1 та ЗС2 для температури -40°C є відповідно в 1,2 та 1,3 рази нижчою ніж основного металу. Також встановлено, що відмінності значень ударної в'язкості у зразках вирізаних з центральної ділянки шва та в зоні термічного впливу зумовлені їх структурним станом, локалізацією деформаційних процесів у зразках Шарпі.

В роботі обґрунтовано параметри технологічного процесу зварювання резервуарів та запропоновано нове і модернізовано існуюче зварювальне пристосування, які дозволяють підвищити продуктивність виробництва та підвищити якість конструкції.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ, УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Опис конструкції виробу та умов його роботи.....	7
1.2 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.	11
1.3 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу та постановка задач на дипломне проектування	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Технічне обґрунтування способу зварювання.....	21
2.2 Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення виробу	36
2.3 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії.	40
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	43
3.1. Способи вирізання темплетів зразків та їх вплив на механічні властивості	43
3.2. Дослідження впливу температури на ударну в'язкість.....	45
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	54
4.1 Обґрунтування вибору зварювальних пристосувань	54
4.2 Розрахунок роликового обертача	55
4.3 Опис конструктивних схем обладнання	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
5.1 Заходи для захисту від ураження електричним струмом.....	64
5.2 Розрахунок штучного освітлення.	66
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.	68
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73
ДОДАТКИ.....	76

ВСТУП

В будівництві традиційно вважається прийнятним умовний термін — *«листові металоконструкції»*. До листових металоконструкцій в такому, виключно галузевому, розумінні відносяться численні вироби і споруди, які виготовляються переважно з листового металу і які в зварювальному виробництві зазвичай називаються конструкціями оболонкового типу.

Промислові оболонкові (листові) металеві конструкції почали широко використовуватися в зв'язку із інтенсивним розробленням нафтових родовищ і розвитком нафтової та хімічної промисловості. В ХХ ст. електрозварювання в виробництві оболонкових конструкцій повністю витіснило клепання. Така зміна технологій дозволила істотно спростити конструктивно-технологічні рішення, забезпечити непроникність споруд, створити нові конструктивні форми, методи їх виготовлення і монтажу.

Нові технології дозволяють враховувати, обчислювати, передбачати хімічні і механічні властивості матеріалу резервуарів, його можливі дефекти при зварюванні, раціонально використовувати спосіб та режим зварювання, застосовувати сучасне зварювальне обладнання. Не менш важливим питанням є пристосування і автоматизація процесу, особливо в серійному та масовому виробництвах.

Постійним і визнаним лідером в галузі розвитку зварних оболонкових конструкцій є Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України (м. Київ).

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Опис конструкції виробу та умов його роботи

В кваліфікаційній роботі розглядається обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуару для зберігання зрідженого газу (ЗГ).

Резервуари відносяться до зварних листових конструкцій оболонкового типу, до них відносяться ємності для зберігання і технологічного оброблення рідин — нафти, нафтопродуктів, скраплених газів, аміаку, кислот, спиртів, води. Всі типи резервуарів, в залежності від виду застосування, мають різне конструктивне виконання (рис. 1.1) [1].

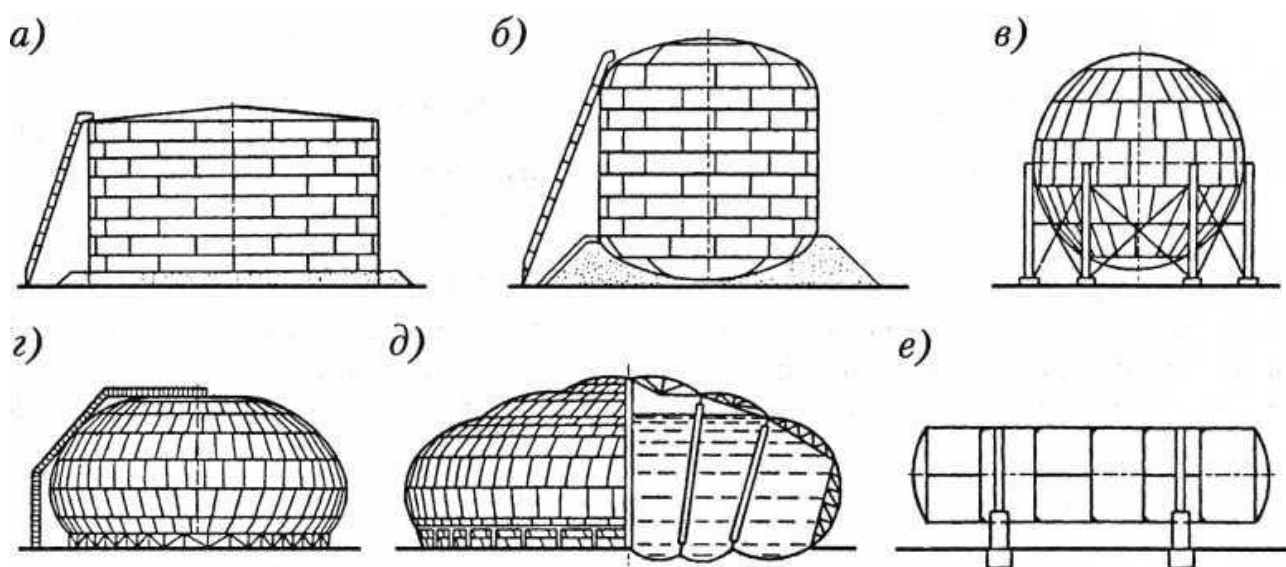


Рис. 1.1 - Характерні схеми резервуарів для нафтопродуктів:

a, б — циліндричний, *в* — сферичний; *г* — краплеподібний; *д* — багатошаровий;
е — горизонтальний

Для зберігання зрідженого газу на заправних автостанціях широке застосування знайшли горизонтальні резервуари різної місткості (рис. 1.2) виготовлені із сталі.



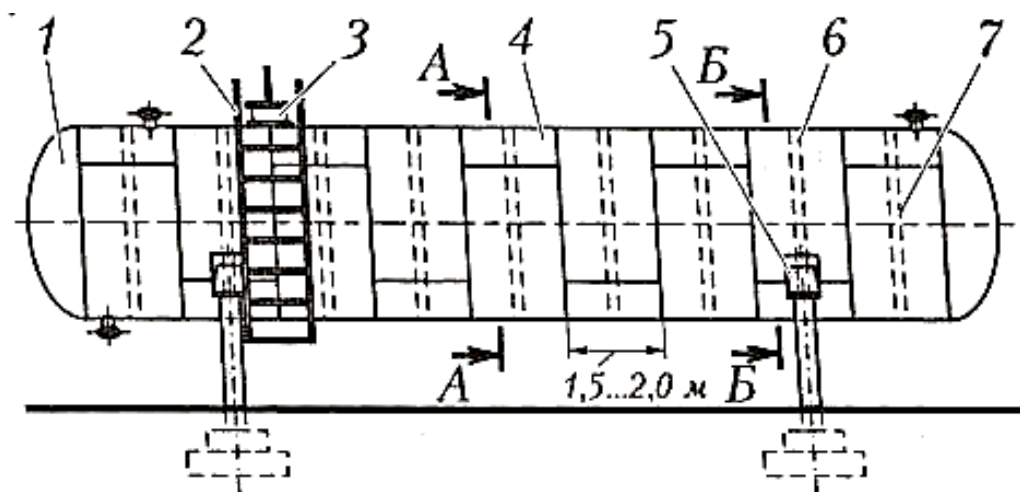
Рис. 1.2 – Загальний вигляд горизонтального резервуара для зберігання ЗГ [2]

Горизонтальні циліндричні резервуари застосовуються для зберігання невеликих об'ємів рідин за порівняно високих надлишкових тисків. Нафтопродукти зберігаються під тиском 0,04...0,07 МПа, а скраплені гази — під тиском до 2 МПа. В таких резервуарах можливий вакуум до 0,1 МПа [2].

Горизонтальні циліндричні резервуари мають ряд переваг перед іншими типами резервуарів, які полягають, перш за все, у можливості практично повного усунення втрат рідин, які легко випаровуються під час зберігання їх під високим внутрішнім тиском, а також в можливостях високопродуктивного потокового виготовлення таких резервуарів у спеціалізованих виробництвах, подальшого доставляння в готовому вигляді на місце експлуатації, також у швидкості монтажу. Горизонтальні циліндричні резервуари зазвичай виготовляються повністю готовими або, за великих об'ємів, у вигляді двох відправних елементів з одним монтажним стиком. Ємність таких резервуарів може досягати 100 м³ для зберігання нафтопродуктів і 300 м³ — для зберігання скраплених газів за умови, що їх розміри не перевищують залізничні габарити: діаметр резервуарів не

повинен перевищувати 3,25 м, а довжина відправного елемента — 15...18 м. Товщина стінки резервуарів $s_{\text{лист}}=5...36$ мм. [1]

Горизонтальний циліндричний резервуар складається з корпусу, який виготовляється у вигляді циліндра 4 і двох днищ 1 (рис. 1.3). Корпус виготовляють з декількох обичайок, звальцьованих на листозгинальних вальцях з одного або декількох листів шириною 1500...2000 мм і довжиною 6000...8000 мм. Зварювання поздовжніх і кільцевих з'єднання листів виконують стиковим швом, а при товщині листів менше 5 мм застосовують зварні з'єднання в напустку. При товщині стінки до 12 мм корпус може виготовлятися з рулонної заготовки із з'єднанням листів в рулони автоматичним зварюванням по довгому боці листа встик або внапусток, а по короткому — встик з виконанням поздовжнього замикаючого шва внапусток із суцільними швами з обох боків.



1 — днище; 2 — сходи; 3 — люк-лаз; 4 — корпус; 5 — опорний стояк; 6 — опорна діафрагма; 7 — кільце жорсткості

Рисунок 1.3 Схематичне зображення горизонтального циліндричного резервуару [1]

В даній роботі горизонтальний циліндричний резервуар розробляється довжиною 8245 мм, діаметром 1250 мм. із сталі 09Г2С. Механічні властивості та хімічний склад наведені у таблицях 1.1 та 1.2 (ГОСТ 19282-73) [3].

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 09Г2С, у % [3, с. 97]

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\delta, \%$
			МПа		
			Не менше		
19282-73	Листи після закалювання, відпуску	10-32	365	490	19

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 09Г2С, у % [3, с. 97]

Марка сталі	Вміст елементів, %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
				не більше					
09Г2С	0,12	1,3-1,7	0,5-0,8	0,035	0,04	0,3	0,3	0,3	0,08

Вона відноситься до маловуглецевих, низьколегованих, конструкційних якісних сталей.

В сталі [4] присутній вуглець 0,09%, буква «Г» та цифра після неї - вказує на те, що у даній сталі міститься до 2% марганцю. Буква «С» - вміст кремнію близько 1%. Зварюваність даної сталі – без обмежень, за допомогою способів зварювання: ручне дугове зварювання, напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, автоматичне зварювання під шаром флюсу, електрошлакове зварювання.

Механічні властивості сталі при $T=20^{\circ}\text{C}$, ударна в'язкість КСУ ($\text{Дж}/\text{см}^3$) при низьких температурах $^{\circ}\text{C}$, механічні властивості при підвищених температурах, а також механічні властивості в залежності від температури $^{\circ}\text{C}$ відпуску наведено в таблицях 1.3 та 1.4 відповідно.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 09Г2С при T=20°C [3]

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)
19282-73	Листи після закалювання, відпуску	10 -32	365	490	19

Таблиця 1.4 – Механічні властивості при підвищених температурах [3, с. 98]

Темп. випробування, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ (%)
Нормалізація 930-950 °С				
20	300	460	31	63
300	220	420	25	56
475	180	360	34	67

Для оцінки схильності даної сталі до утворення якісних зварних з'єднань визначимо її зварюваність [5]. Зварюваність для маловуглецевих і низьколегованих сталей визначають за еквівалентним вмістом вуглецю. Інститутом електрозварювання НАН України запропоновано визначати еквівалентний вміст вуглецю за наступною формулою:

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

$$C_{екв.(09Г2С)} = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3+0,3}{15} = 0,5;$$

Отже, оскільки для сталі 09Г2С $C_{екв} = 0,5\%$, то при зварюванні необхідно виконувати попереднє підігрівання, але так, як при розрахунку були взяті максимальні значення вмісту хімічних елементів то при зварюванні підігрівання проводити не будемо.

1.2 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.

Для проектування резервуара повинні надаватися вихідні дані, а також здійснювати контроль у процесі виготовлення, монтажу конструкцій та під час випробування і приймання резервуара уповноваженими представниками. У

складі вихідних даних наводиться: район (майданчик) будівництва; термін служби резервуара; річна кількість циклів заповнення-спорожнювання резервуара; геометричні параметри або об'єм резервуара; тип резервуара; найменування продукту, що буде зберігатися, з даними про наявність корозійно-активних домішок у ньому; густина продукту; максимальна і мінімальна температура продукту; надлишковий тиск і відносне розрідження; середньорічний коефіцієнт оборотності резервуара згідно з ВБН В.2.2-58.1; припуск на корозію для елементів резервуара; схеми розташування патрубків; завдання щодо блискавкозахисту, пожежозахисту, охолодження, тощо. [6]

Резервуари для зберігання нафти і нафтопродуктів відносяться до I підвищеного рівня відповідальності споруд. [6]

Ємності для зрідженого газу повинні відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.59-87 «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», «Технічному регламенту безпеки обладнання, що працює під тиском». Ці норми поширюються на резервуари, призначені для наступних умов експлуатації (табл. 1.5).

При будівництві нафтозаводів, цехів, установок і резервуарних парків розташовуються відповідно до правил протипожежної безпеки. Відстані між окремими зонами установки і відстані між апаратами повинні відповідати вимогам відповідних ГОСТ.

Основною вимогою до резервуарів є забезпечення герметичності зварних з'єднань.

Резервуари зріджених газів повинні бути обладнані контрольно-вимірювальними приладами і захисною арматурою, покажчиками рівня рідини, запобіжними клапанами, манометрами, дренажними незамерзаючими клапанами. На кожному резервуарі встановлюються не менше двох запобіжних клапанів (робочий і резервний).

Таблиця 1.5 – Норми для заданого зварного горизонтального резервуара. [7]

Розміщення резервуарів	Наземне
Вид рідин, що зберігаються	Нафта і нафтопродукти з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа (пр.700 мм.рт.ст) при температурі 20°C
Густина нафти (нафтопродуктів)	До 1,015 т/м ³
Максимальна температура нафти (нафтопродуктів)	До 90 °С включно
Внутрішній надмірний	До 2 кПа (200 мм.вод.ст.) включно
Тиск	Не менше 0,2 кПа (20 мм.вод.ст.);
Сейсмічність району будівництва	До 9 балів

Вимоги до матеріалів, межі їх застосування, призначення, умови застосування, види випробувань повинні відповідати чинним стандартам, вимогам цього стандарту і проектної документації. За відсутності сертифіката або за його неповними даними, підприємство, яке здійснює виготовлення, монтаж або ремонт резервуара, проводить всі необхідні випробування самостійно або із залученням організацій і лабораторій, які мають дозвільні документи на проведення відповідних випробувань згідно з чинним законодавством.

Сталі, які використовуються для виготовлення резервуарів, повинні відповідати вимогам діючих стандартів і технічних умов (ТУ), додатковим вимогам цього стандарту, а також вимогам проектної документації.

Елементи конструкцій за вимогами до матеріалів підрозділяють на три групи: А і Б - основні конструкції:

- А - стінка, що приварюються до стінки листи окрайки днища, обичайки люків і патрубків в стінці і фланці до них, які посилюють накладки, опорні кільця стаціонарних дахів, кільця жорсткості, підкладні пластини на стінці для кріплення конструктивних елементів;
- Б1 - каркас дахів;

- Б2 - центральна частина днища, анкерні кріплення, настил каркасних дахів, обичайки патрубків та люків на даху, кришки люків;
- В - допоміжні конструкції: сходи, площадки, переходи, огорожі.

Для основних конструкцій групи А застосовується тільки спокійна (повністю розкислення) сталь. Для основних конструкцій групи Б повинна застосовуватися спокійна або напівспокійна сталь. Для допоміжних конструкцій групи В разом із вищезгаданими сталями з урахуванням температурних умов експлуатації допускається застосування киплячої сталі.

Вуглецевий еквівалент сталі з межею текучості $\sigma_T \leq 440$ МПа для елементів основних конструкцій не повинен перевищувати 0,43%. Значення вуглецевого еквівалента $C_{екв}$ сталі повинні зазначатись в проектній документації і при замовленні металопрокату.

Вимоги до сталі для допоміжних конструкцій повинні відповідати будівельним нормам і правилам для будівельних сталевих конструкцій з урахуванням умов експлуатації, діючих навантажень і кліматичних впливів.

Металопрокат для виготовлення резервуара повинен відповідати вимогам діючих стандартів, ТУ, цього стандарту і робочої документації. Вхідний контроль металопрокату здійснюється виготовлювачем конструкцій і повинен включати перевірку кості поверхні виробів, їх геометричних параметрів, хімічного складу і механізованих властивостей. Якість поверхні прокату визначається візуально. Механічні властивості визначаються випробуваннями на розтяг, згин та на ударний згин вибірково – для двох виробів від партії або кожного листа. [8]

Обробка металопрокату для резервуарів повинна здійснюватися на обладнанні, що забезпечує виготовлення деталей з розмірами, формою, чистотою поверхні і граничними відхилами, відповідно до стандарту і в проектній документації. Кромки деталей після обробки не повинні мати нерівності, задирок і завалів, розміри яких перевищують 1.0 мм.

Основні розміри вертикальних і горизонтальних циліндричних резервуарів (діаметр, висоту, довжину) слід приймати з урахуванням мінімального питомої витрати сталі, індустріальних методів виготовлення, кратними довжині і ширині

листів прокатної сталі з урахуванням для горизонтальних резервуарів вимог ГОСТ 17032-71.

Підготовка металоконструкцій резервуару (видалення парафінів, іржі, шлаків та інших забруднень, а також надання певної шорсткості поверхні металу) здійснюється абразивно-струминною обробкою. Для абразивно-струминної обробки використовується сухий пісок з розміром гранул 0,2 ... 2,0 мм. Масляні, жирові забруднення поверхні резервуару, а також замаслення абразиву, наявність вологи не допускаються. Шорсткість поверхні металу повинна бути не більше Rz40 за ГОСТ 2789-73 «Шорсткість поверхні. Параметри і характеристики».

У процесі виготовлення і монтажу резервуарів застосовують наступні способи зварювання:

- механізоване дугове зварювання плавким електродом у захисному газовому середовищі;
- автоматичне дугове зварювання плавким електродом під флюсом;
- механізоване дугове зварювання самозахищеним порошковим дротом;
- механізоване дугове зварювання самозахищеним порошковим дротом у захисному газовому середовищі;
- ручне дугове зварювання. [8]

Керування зварювальними роботами і зварюванням металоконструкцій резервуарів повинні виконувати фахівці, які атестовані згідно із НПАОП 0.00-1.16.

Конструкція зварних з'єднань елементів резервуара повинна відповідати вимогам стандартів. За зовнішнім виглядом зварні шви мають відповідати таким вимогам:

- метал шва повинен мати плавне сполучення з основним металом;
- якість зварних швів повинна відповідати розділу про «Контроль якості зварних з'єднань».

Механічні властивості (крім твердості) металу зварних з'єднань визначаються на зразках, які вирізані із стикових зварних з'єднань – прототипів. За характеристиками міцності метал зварних з'єднань повинен бути рівномірним

основному металу. Випробування необхідно провести на трьох зразках типу XII або XIII згідно з ГОСТ 6996. [8]

В конструкціях циліндричної форми в першу чергу зварюються поздовжні (вертикальні), а потім поперечні (горизонтальні) шви (рис. 1.4) [1].

В загальному випадку великоблокове постачання довгомірних оболонкових споруд великих діаметрів і баштових апаратів може здійснюватися наступними відправними елементами:

- готовими циліндричними обичайками;
- окремими листами, з яких обичайки виготовляються на місці монтажу;
- окремими листами товщиною до 18 мм, з яких на місці монтажу зварюються великорозмірні полотнища;
- рулонами великорозмірних полотнищ з товщиною стінки до 18 мм.

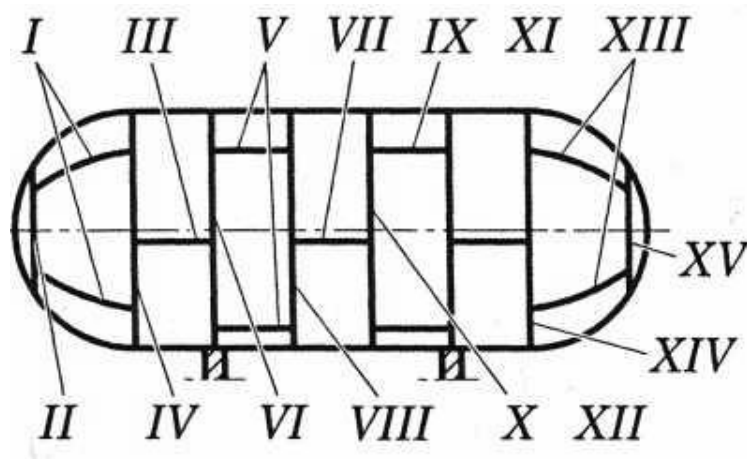


Рис. 1.4 - Схема зварювання циліндричних конструкцій [1]:

I...XV — послідовність виконання зварних швів

Критерії оцінки дефектності зварних швів або значення допустимих відхилів повинні бути наведені в проектній документації. Візуально-вимірному контролю підлягає 100% загальної довжини зварних з'єднань резервуара. Контроль проводять згідно з ДСТУ-Н Б А.3.1-11.

До зварних з'єднань конструкцій оболонкового типу висуваються спеціальні вимоги не тільки стосовно міцності, а й також щільності (герметичності). Оболонкові конструкції, як правило, працюють в більш важких умовах, у порівнянні з іншими типами зварних конструкцій. Такі конструкції практично

постійно відчувають значні напруження, близькі до розрахункових опорів, в зонах з'єднань їх елементів діють значні місцеві механічні напруження, обумовлені крайовим ефектом, температурними впливами, великою кількістю зварних швів. Для оболонкових конструкцій характерний двовісний напружений стан, яким обмежується можливість вільної деформації металу, необхідно вирішувати проблему крихкого руйнування конструкцій.

1.3 Аналіз технологічного процесу виготовлення виробу

В сучасній промисловості застосовуються такі основні підходи до промислового виробництва елементів великогабаритних зварних конструкцій оболонкового типу:

- ✓ максимальне укрупнення елементів, що відвантажуються з заводу,
- ✓ виконання більшої частини робіт з оброблення, складання і зварювання механізованими методами,
- ✓ застосування технологічних методів для надання елементам конструкцій, що відвантажуються, габаритних розмірів, відповідних до умов транспортування.

Переважно елементи великогабаритних зварних конструкцій оболонкового типу являють собою або окремі листи, або монтажні блоки, укрупнені з окремих листів, або великорозмірні плоскі листові полотнища — заготовки для подальшого формування обичайок, або рулонні заготовки, одержані способами тимчасового деформування рулонних полотнищ, з яких на місці установа (експлуатації) великогабаритного ємнісного виробу монтується зварна конструкція оболонкового типу [1].

Загальні для всіх елементів великогабаритних зварних конструкцій оболонкового типу технологічні процеси підготовки листового металу для виробництва ємнісних конструкцій включають приймання і складування металу, правлення листів, оброблення крайок, транспортування оброблених листів.

Правлення листів виконується переважно на багатовалкових листопрямильних вальцях. Для правлення листів товщиною до 8 мм використовуються 19...13-

валкові машини, для листів товщиною 10...18 мм — 11...9-валкові машини. Поздовжні і поперечні крайки листів зазвичай піддаються механічному обробленню на поздовжньо-стругальних, крайкостругальних і фрезерних верстатах. Допускається обрізання поперечних крайок на гільйотинних ножицях.

[1]

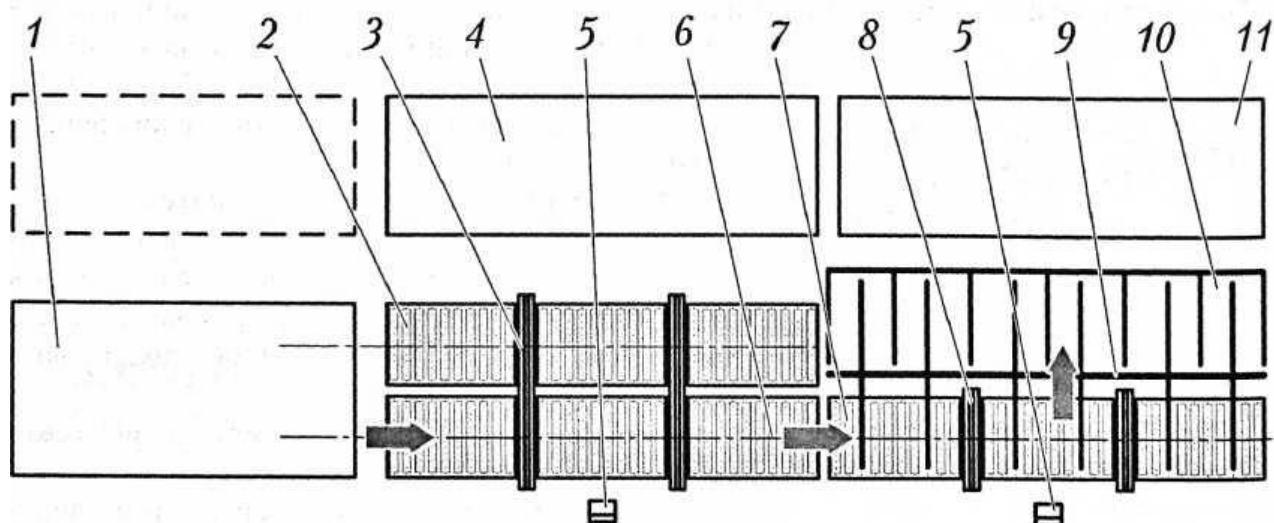
Для листів, які призначені для листового складання, в залежності від методів зварювання, положення та виду шва обробляють на кромкостругальних верстатах з V-, X-, K-подібними скосами або без них. При обробленні листів допускається використання термічного обрізання кромки. Листи згинаються на тривалкових листозгинальних машинах (вальцях). Кривизна їх контролюється переважно за допомогою шаблонів, а також на заводі-виробнику приварюються монтажні шайби, для закріплення кромки з складальними пристроями.

Поверхня листів переважно очищається за допомогою механічних способів та захищається антикорозійними покриттями. Ці речовини не впливають на зварювання, тому крайки листів переважно зварюються без додаткового зачищення.

Полотнища часто виготовляються на дільниці стикування листового металу. Типова виробнича дільниця призначається для виготовлення листових полотнищ, що перевищують розміри листів металу, які постачаються на підприємство, шляхом стикування (складання і зварювання) з декількох листових заготовок (рис. 1.5)

На початку дільниці на робочій позиції проводиться підготовка до зварювання крайок з'єднаних листів механізованим термічним різанням. Підготовка крайок листів до зварювання може проводитися механічним обробленням на гільйотинних і дискових ножицях, термічним різанням з подальшим струганням (фрезеруванням) або без нього. Форма і конструктивні елементи підготовлених до зварювання крайок (розкриття крайок) залежать від товщини зварюваного металу і застосовуваного способу зварювання. Потім заготовки складаються і зварюються автоматичним зварюванням на спеціальній установці. В кінці дільниці передбачається позиція для оброблення зварних

полотнищ за контуром або для розпуску на штаби. На дільниці може здійснюватися складання і зварювання полотнищ шириною до 5 м і довжиною до 16 м.



1 — робоча позиція підготовки крайок листів під зварювання; 2 — неприводний складально-зварювальний рольганг; 3, 8 — флюсова подушка; 4 — робоча позиція зварювання полотнища із зворотного боку; 5 — пульт керування рольгангами, флюсовими подушками (подаванням стиснутого повітря) та важільним кантувачем; 6 — приводний складально-зварювальний рольганг; 7 — зварювальний рольганг; 9 — важільний кантувач; 10 — стелаж; 11 — робоча позиція оброблення зварених полотнищ за контуром

Рис. 1. 5 - Схема дільниці складання та зварювання листового матеріалу

Полотнища шириною до 2,5 м складаються на одному рольгангу, якщо ширина більша 2,5 м складання проводиться на двох рольгангах. У першому випадку полотнища передаються на зварювання стиків з першого боку на флюсових подушках. Потім полотнища кантуються важільним кантувачем на стелаж і зварюються із зворотного боку. Листи подаються на складання і готове полотнище знімається мостовими кранами.

В другому випадку, неприводні ролики першого рольганга обертаються і для подавання листів у процесі складання достатньо приводу другого рольганга, який має реверс, що дозволяє включати зустрічні секції і складати листи без допомоги крана. На цих рольгангах зварюються поперечні стики з першого боку на

флюсових подушках, а поздовжні шви зварюються навису розщепленим електродом. Потім полотнище кантується краном на наступну робочу позицію, де виконується зварювання швів із зворотного боку. В цей час на попередніх рольгангах може здійснюватися складання чергового полотнища.

Негабаритні зварні конструкції оболонкового типу можуть виготовлятися з рулонних заготовок, поставлених на місце монтажу у деформованому вигляді. Сутність методу рулонування полягає в тому, що з листів металу складаються і зварюються плоскі полотнища, які потім скручуються в рулони діаметром до 3,6 м і без транспортних обмежень доставляються до місця монтажу. Виготовлення рулонних заготовок — рулонних полотнищ резервуарних великогабаритних ємнісних конструкцій, виконується на спеціальних установках, стендах або механізованих станах.

Недоліком існуючих технологій виготовлення горизонтального циліндричного резервуара є:

- низька продуктивність і недостатня точність складання стиків обичайок, що приводить до великих затрат часу;
- низька якість різання металу, що вимагає додаткові операції на оброблення кромки перед зварюванням;
- низький рівень автоматизації та механізації виробничих процесів, що вимагає залучення більшого числа висококваліфікованих робітників та допоміжного персоналу;
- морально застаріле зварювальне обладнання та пристосування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Технічне обґрунтування способу зварювання.

Враховуючи вимоги приведені в попередній частині роботи для зварювання горизонтальних резервуарів, які призначені для зберігання зріджених газів, можуть бути застосовані наступні способи зварювання:

- механізоване дугове зварювання плавким електродом у захисному газовому середовищі;
- автоматичне дугове зварювання плавким електродом під флюсом;
- ручне дугове зварювання.

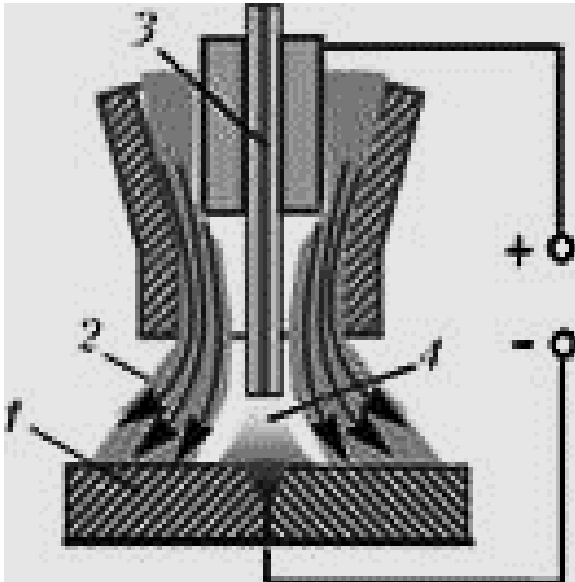
Для обґрунтування того чи іншого способу зварювання необхідно розглянути переваги і недоліки кожного із запропонованих способів і вибрати найбільш раціональний, з врахуванням особливостей виробництва. Тому для цього проведемо порівняння цих способів.

Ручне дугове зварювання на сьогоднішній час дуже рідко застосовується в масовому і серійному виробництві зварних конструкцій. Це зумовлено тим, що даний спосіб зварювання має відносно невисоку продуктивність процесу.

Найбільш поширеним при виробництві зварних конструкцій різного призначення є механізоване дугове зварювання плавким електродом у захисному газовому середовищі (рис. 2.1) [9].

Зварювання в захисних газах полягає в тому, що зварювальна дуга є відкритою, а для її захисту застосовують активні та інертні гази. Захисне середовище забезпечує захист стовпа дуги та рідкої ванни від впливу повітря.

Для захисту зварювальної ванни застосовують активні та інертні гази. Активні гази застосовують при зварюванні вуглецевих та низьколегованих сталей. До них відносять вуглекислий газ, водень азот. Для зварювання високолегованих сталей та сплави застосовують інертні гази аргон або гелій.[9, 10]



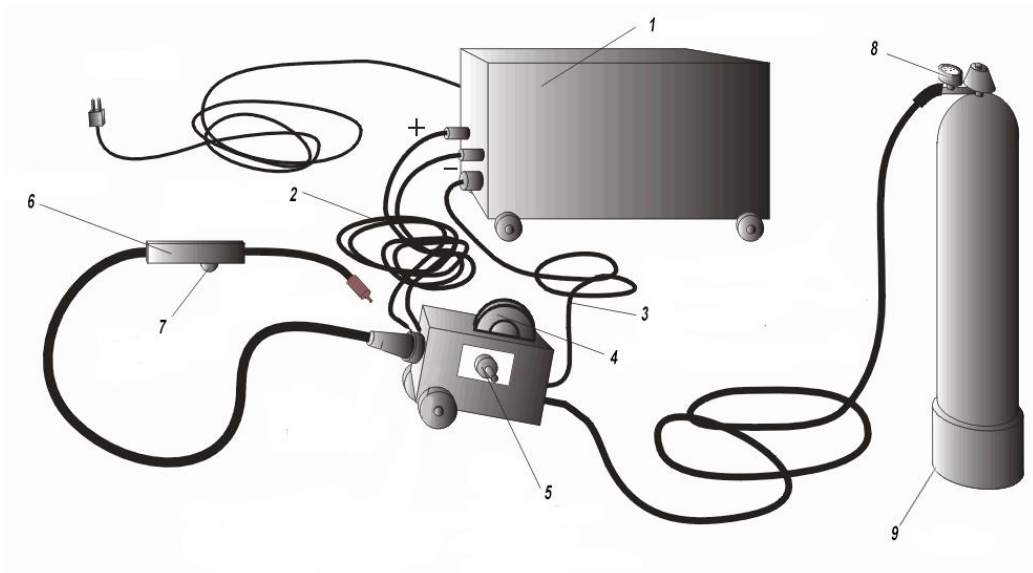
1 – основний метал, 2 - захисне середовище, 3 – електродний дріт, 4 – зварювальна дуга

Рис. 2.1 – Схема напівавтоматичного зварювання в захисних газів

При механізованому зварюванні подача електродного дроту до виробу здійснюється механізовано за допомогою подаючого механізму по спеціальному шлангу (рукаву), а переміщення дуги, що горить в захисному газі – вручну.

Даний спосіб зварюванням, дозволяє виконувати зварні шви всіх просторових положеннях. Але слід врахувати, що у стельовому положенні виконувати роботу буде важче, так як значно більша вага пальника у порівнянні з електродотримачем. Основними параметрами режиму зварювання є швидкість подачі електродного дроту, сила зварювального струму (до 600 А), напруга на дузі.

На рисунку 1.2 представлено загальний вигляд основного обладнання для механізованого способу зварювання.



1- джерело живлення; 2- рукав; 3- кабель кнопки «Пуск»; 4- котушка з дротом; 5- регулятор швидкості подачі дроту; 6- пальник; 7- кнопка «Пуск»; 8- манометр; 9- балон із захисним газом

Рис. 1.2 – Основне обладнання для механізованого способу зварювання в середовищі захисних газів

До основних переваг даного способу відносять:

- висока продуктивності (в 1,5-2 рази вища у порівнянні з РДЗ);
- можливість зварювання швів у всіх просторових положеннях;
- забезпечення високоефективного захисту розплавленого металу при використанні захисного газу;
- зменшення розбрискування металу та низька втрата зварювального дроту (1-3% від маси електродного дроту, в той час як при РЗД – 5%);
- можливість зварювати метал значної товщини без розробки кромки;
- висока ступінь концентрації нагрівання виробу, що дозволяє значно зменшити зону ЗТВ;
- велика можливість механізації й автоматизації процесу.

До основних недоліків можна віднести:

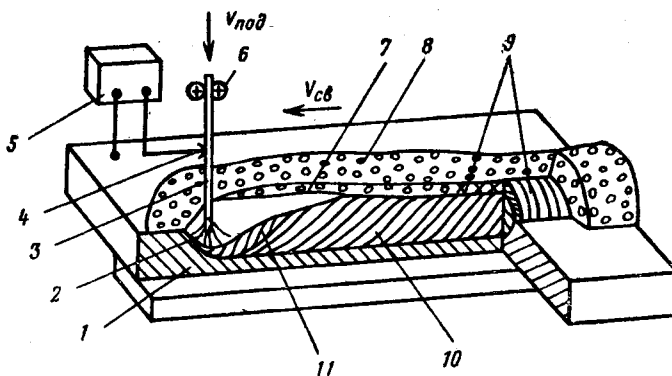
- велика кількість додаткового обладнання (в порівнянні з РДЗ);

- якість зварного шва напряду залежить від вибраних параметрів режиму зварювання;
- місце зварювання має бути захищене від високих поривів вітру;
- високі вимоги щодо зберігання балонів з газом та їх експлуатації;
- висока залежність чистоти газу на якість зварного шва;
- вища вартість обладнання.

Автоматичне дугове зварювання плавким електродом під флюсом (АЗФ). Даний спосіб зварювання був розроблений Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона. Суть способу заключається в застосуванні флюсів для захисту зварювальної ванни. (рис. 2.3).[9, 10]

Реалізація процесу зварювання здійснюється за допомогою спеціальних зварювальних автоматів різного конструктивного виконання. Автомати поділяються в залежності від умов підтримання параметрів режиму зварювання а з автоматичним та з саморегулюванням.

Різницею між системами регулювання режиму зварювання є те, що перший здійснює зміну швидкості зварювання, тобто рух пришвидшується або сповільнюється в залежності від довжини дуги, а другий реалізується за рахунок зміни швидкості зварювання. Автомати першого типу застосовуються менше, найбільш широке застосування знайшли автомати з принципом саморегулювання.



$V_{под}$, $V_{зв}$ - швидкості подачі і зварювання; 1 - метал, що зварюється; 2 - дуга; 3 - електродний дріт; 4 - струмопідвід; 5 - джерело струму; 6 - подаючий ролик; 7 - розплавлений шлак; 8 - флюс; 9 - шлакова корочка; 10 - метал шва; 11 - метал зварювальної ванни

Рис. 2.3 – Схема процесу автоматичного зварювання під флюсом

Автоматичне зварювання в порівнянні з іншими способами має такі переваги:

- в 10...15 разів підвищується продуктивність зварювання;
- підвищується однорідність зварного шва та якість металу шва;
- економія електродного дроту;
- механізація процесу зварювання;
- поліпшення умов праці зварників.

Основними недоліками даного способу зварювання є:

- оператору важко слідкувати за ходом зварювання;
- затруднене виконання коротких швів;
- складна конструкція зварювального обладнання.

Розглянувши переваги та недоліки вище запропонованих способів зварювання, та промислові обсяги виробництва горизонтальних резервуарів, обираємо в якості основного способу автоматичне зварювання під шаром флюсу, а для здійснення прихоплень деталей будемо застосовувати механізоване зварювання в середовищі захисних газів.

Для реалізації запропонованих способів зварювання необхідно здійснити підбір зварювальних матеріалів, таких, як електродний зварювальний дріт, захисний газ, флюс, з врахуванням матеріалу зварного виробу та вимог до зварних з'єднань.

Основними матеріалами при автоматичному зварюванні є електродний дріт та флюс. При їх виборі слід враховувати наступне:

- отримання якісних безпористих швів;
- зварні з'єднання повинні мати властивості наближені до основного металу;
- економічно вигідними при застосуванні.

При зварюванні під шаром флюсу сталі 09Г2С застосовують марки електродного дроту: Св-08, Св-08А, Св-08-АА, Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70), а при зварюванні вуглецевих та легированих сталей в середовищі захисних газів застосовують легирований електродний дріт марок Св08ГС, Св08Г2С. Враховуючи необхідні хімічні вимоги та механічні властивості, а також вартість дроту,

вибираємо електродний дріт – Св-08Г2С, для двох способів зварювання [11]. Хімічний дроту наведено в таблицях 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад електродного дроту Св-08Г2С, [11]

Марка	С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
						Не більше	
Св-08Г2С	До 0,10	До 0,95	1,8-2,1	До 0,2	До 0,25	0,025	0,03

Зварювальні флюси повинні забезпечувати стійкість проходження зварювальних і металургійних процесів та забезпечувати хороше формування шва і добре в шлакової кірки з наплавленого металу [11].

Неплавлені, або керамічні, флюси виготовляють з порошкоподібних компонентів замість їх на рідкому склі з наступною грануляцією і прокалюванням. Такий спосіб виготовлення цих флюсів дає змогу добавляти до їхнього складу такі металеві компоненти, як розкислювачі і легуючі елементи. У плавлені флюси їх не можна вводити, бо вони осідають на дно печі і окислюються під час плавлення. Неплавлені флюси застосовуються обмежено.

Для автоматичного зварювання можна використовувати наступні флюси: АН-348А, АН-348АМ, АН-60, ОСЦ-45. Враховуючи вище сказане, вибираємо флюс АН-348А. Хімічний склад його наведений у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Хімічний склад флюсу АН-348А,[11]

SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S	P	CaF ₂
40,0-44,0	31,0-38,0	<12,0	<7,0	<13,0	0,5-2,2	<0,11	<0,12	3,0-6,0

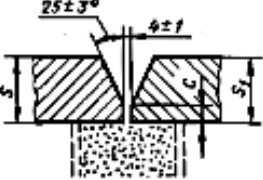
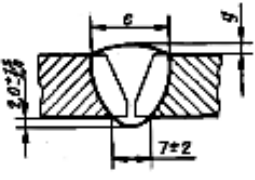
Отже, для напівавтоматичного зварювання вибираємо суміш захисного газу – аргон + вуглекислий газ (Ar +CO₂) у співвідношенні 75% та 25% відповідно. Застосування міксу забезпечує крупнокапельне перенесення. У відповідності до ГОСТ 8050-76 для зварювання застосовують CO₂: першого сорту та другого сорту. Для нашого випадку застосовуємо перший сорт.

Для стабілізації процесу горіння дуги застосовують аргон. Він виготовляється двох сортів вищого та першого [11].

Із врахуванням області застосування аргону, який застосовують в якості захисного газу, вибираємо аргон другого сорту.

При зварюванні резервуару застосовуються стикові зварні шви типу С21. Конструктивні розміри даного типу шва згідно ГОСТ 8713-79 представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Конструктивні розміри зварного шва типу С21 згідно ГОСТ

Умовне позначення зварного шва	Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S1= S 2	e		eg		с
	Підготовка кромки	Зварний шов			Номін.	Межі відх.	Номін.	Межі відх.	
С21			АФ	Від 10 до 12	20	±4	2,0	+1,0 -1,5	3

- Для забезпечення необхідних властивостей та геометричних розмірів зварного з'єднання, необхідно провести розрахунок режимів зварювання.

Проведемо розрахунок параметрів режиму зварювання для підварення кореневого шва [9, 10]. Заварювання кореня шва будемо виконувати діаметром електродного дроту $d_{ел} = 1,2\text{мм}$

Визначаємо струм зварювання:

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

де h – розрахункова глибина проплавлення, мм;

K_a – коефіцієнт, який залежить від діаметра дроту, мм/А ($K_a = 2,1$).

$$h = (0,7 \dots 0,8) \cdot S, \text{мм} \quad (2.2)$$

$$h = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ мм}$$

$$I_{36} = \frac{2,4}{2,1} \cdot 100 = 114 A$$

Уточнення діаметру електродного дроту.

$$d_e = 1.13 \sqrt{\frac{I_{36}}{j}}, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де j – рекомендована густина струму, А/мм² ($j = 100$).

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{114}{100}} = 1.2$$

Виліт електродного дроту приймаємо $l_{ел} = 12$ мм.

Визначення напруги на дузі.

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, B \quad (2.4)$$

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 114}{1000 \cdot \sqrt{1.2}} = 25 \pm 1 B$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою:

$$V_{n.\delta} = \frac{\alpha_p \cdot I_{36}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \text{ м/год} \quad (2.5)$$

де $V_{n.\delta}$ – швидкість подачі дроту, м/год;

I_{36} – зварювальний струм, А;

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електродного дроту, м²;

γ – густина металу, $\frac{\Gamma}{\text{мм}^3}$ (для сталей $\gamma = 7,8 \cdot 10^{-3} \frac{\Gamma}{\text{мм}^3}$);

α_p – коефіцієнт розплавлення дроту ($\alpha_p = 17.7$ г/А · год).

$$V_{n.\delta} = \frac{17,7 \cdot 114}{1,13 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3}} \approx 228 \text{ м/год}$$

Швидкість зварювання визначається за формулою:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}$$

(2.6)

де $A=5 \cdot 10^3$

$$V_{зв} = \frac{2 \cdot 10^3}{114} = 17,5 \text{ м / год}$$

Витрата газу – 15 л/хв., а відстань від пальника до виробу - 12 мм.

За аналогічною схемою проведемо розрахунок параметрів режиму зварювання основного шва.

Визначаємо глибину проплавлення.

$$h = (0,7 \dots 0,8) \cdot S, \text{ мм} \quad (2.7)$$

$$h = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ мм}$$

Враховуючи товщину зварювального металу рекомендується використовувати діаметр зварювального дроту – 3 мм.

Визначаємо струм зварювання.

$$I_{зв} = h \cdot (80 \dots 100) = 512 \dots 640 \text{ А} \quad (2.8)$$

Уточнюємо діаметр зварювального дроту.

$$d_{ел} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, \quad (2.9)$$

$j=45-90 \text{ А/мм}^2$

$$d_{ел} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{640}{90}} = 3,0 \approx 3 \text{ мм}$$

Визначаємо напругу на дузі.

$$U_{\partial} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{ел}}} \cdot I_{зв} \pm 1, \text{ В} \quad (2.10)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{3}} \cdot 640 = 38 \pm 1 \text{ В}$$

Визначаємо швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}, \text{ м/ГОД} \quad (2.11)$$

Значення «А» для діаметра електродного дроту рівне $(12-16) \cdot 10^3$.

$$V_{зв} = \frac{12 \cdot 10^3}{640} \approx 19 \text{ м / год}$$

Визначаємо швидкість подачі зварювального дроту.

$$V_{н.д} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \gamma} \quad (2.12)$$

$$V_{н.д} = \frac{16 \cdot 640}{7,065 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3}} \approx 185 \text{ м / год}$$

За літературними даними [9] виліт електродного дроту для діаметра 3 мм при зварюванні під флюсом рівний $I_{ел}=40$ мм.

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.5 – Розраховані параметри режиму зварювання для АЗФ і НДЗ.

Назва параметру	АЗФ	НДЗ
Сила зварювального струму, А	640	114
Напруга на дузі, ±В	38	25
Діаметр електродного дроту, мм	3	1,2
Швидкість зварювання, м/год	19	17,5
Швидкість подачі дроту, м/год	185	228
Виліт електродного дроту, мм	40	12
Витрати газу, л/хв	-	15

Виходячи з вибраних способів зварювання та отриманих параметрів режиму зварювання вибираємо основне зварювальне обладнання. [12] До основного зварювального обладнання відноситься джерело живлення та зварювальний автомат або напівавтомат.

Враховуючи параметри режиму для автоматичного зварювання можливе застосування наступних джерел живлення ТДФ-1001, КИУ-1201, ВДУ-1201. При зварюванні під флюсом можна застосовувати джерела живлення як змінного так і постійного струму. Враховуючи особливості зварювання на змінному струмі, для зварювання резервуару вибираємо зварювальний випрямляч типу КИУ-1201 (рис. 2.4). Даний тип зварювального випрямляча розроблений на Каховському заводі

електрозварювального устаткування (КЗЕЗУ) [13]. Технічна характеристика зварювального випрямляча представлена в таблиці 2.6.



Рис. 2.4 – Зовнішній вигляд зварювального випрямляча типу КИУ-1201

Універсальний зварювальний випрямляч призначений для автоматичного та напіваавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів та під флюсом, а також при РДЗ. Може застосовуватися як багато постове джерело при комплектації баластними реостатами.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики КИУ-1201. [13]

Номинальна напруга мережі, В	3x380	
Частота мережі, Гц	50	
Номинальний зварювальний струм при ПВ 100%, А	1250	
Межі регулювання зварювального струму, А	Спадаючі 200-1250	Жорсткі 250-1250
Межі регулювання робочої напруги, В	Спадаючі 28-56	Жорсткі 20-56
Активна максимальна еквівалентна споживча потужність (с врахуванням ПВ), кВт	84	
Напруга холостого ходу, В	85	
Діаметр електродів, мм	4-10	
Маса, кг	550	
Габаритні розміри, мм	960x680x890	

В якості зварювального автомату, з врахуванням конструкції та габаритів резервуару, а також режиму зварювання вибираємо – А1416 (КЗЕЗУ).

Автомат типу А-1416 (рис. 2.5) – підвісний самохідний автомат, призначений для електродугового зварювання маловуглецевих та легованих сталей плавкими електродами (суцільним і порошковим дротом) під шаром флюсу на постійному струмі з незалежними від дуги параметрами швидкості зварювання та подачі електродного дроту, з плавним регулюванням зварювальної напруги. Автомат випускається в двох модифікаціях – на 500 А та 1250 А. Враховуючи режими зварювання вибираємо автомат на 1250А, технічна характеристика якого представлена в таблиці 2.7.[13]



Рис. 2.5 - Загальний вигляд автомату типу А-1416

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики автомату типу А-1416 (1250 А)[13]

Номинальна напруга мережі, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номинальний зварювальний струм при ПВ=100% , А	1000
Межі регулювання зварювального струму, А	250-1250
Кількість електродів, шт.	1
Діаметр електродного дроту, мм	2-5
Регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	Ступінчасте, 12-120
Вертикальне переміщення зварювальної головки - Привід - Хід, мм - Швидкість, м/хв.	Електромеханічний 250 29.4
Поперечне переміщення зварювальної головки - Привід - Хід, мм - Швидкість, м/хв.	Ручний ±75 -
Регулювання кута повороту електроду (мундштука) до вертикалі, град.	Ручний ±25
Маршова швидкість переміщення зварювальної головки, м/год	950
Флюсоапаратура: - Об'єм, дм ³ - Розхід повітря, м ³ /год - Висота всмоктування флюсу, м	25 30 2
Джерела живлення	КИУ-1201(ВДУ-1201)
Маса ,кг	325
Габаритні розміри автомату, мм	960x860x1860

Для зварювання кореневого шва, трубних та фланцевих елементів резервуара із врахуванням параметрів режиму зварювання був вибраний напівавтомат Каховського заводу електрозварювального устаткування – КП018 (рис. 2.6) [13].

Напівавтомати з широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів призначені для дугового зварювання електродом на постійному струмі в середовищі захисного газу суцільним або порошковим дротом низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких (нержавіючих) сталей в середовищі захисного газу в усіх просторових положеннях.

КП 018 – напівавтомат, з подаючим механізмом разом з касетою для зварювального дроту, блоком керування і відсікачем газу змонтований в

компактному корпусі закритого типу. Підключення мундштука через штепсельний роз'єм або євро роз'єм (2 виконання). Посадкове місце подаючого механізму для касети виготовлено для євро-касети Ø 200мм (маса дроту – 5 кг). В механізмах подачі використаний електропривід потужністю 100 Вт з редуктором і універсальним протяжним обладнанням з одною парою роликів з зубчастим зачепленням, що забезпечує надійну рівномірну подачу як суцільного, так і порошкового зварювального дроту. Технічна характеристика напівавтомата приведена в таблиці 2.8.

Напівавтомат КП серії забезпечують:

- плавне регулювання режимів зварювання (швидкість подачі дроту, напругу);
- захист електродвигуна механізму подачі дроту від перевантаження;
- стабілізацію швидкості подачі дроту;
- автоматичне керування газовим трактом, джерелом живлення і подаючим механізмом з допомогою кнопки на зварювальному мундштуці;
- з гальмівною системою дроту в касеті, виключаючи інерційне розмотування дроту при зупинці електродвигуна. [13]



Рис. 2.6 - Загальний вигляд напівавтомату КП 018 (КЗЕЗУ)

Таблиця 2.8 - Технічна характеристика напівавтомату КП 018. [11]

Номінальна напруга, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А При ПВ=60% і циклі зварювання 5 хв.	400
Межі регулювання зварювального струму, А	50-315
Регулювання напруги на дузі	Плавне
Межі регулювання напруги на дузі, В (в залежності від джерела живлення)	16 - 37
Діаметр електродного дроту, мм	
- суцільний	0.8-2,0
- порошковий	1.2-3,2
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавне
Межі регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	120 - 1200
Маса, кг	
- механізм подачі дроту	11,2
- касета з електродним дротом	15
Габаритні розміри механізму подачі дроту, мм	4540×210×300

Джерело живлення напівавтомату - зварювальний випрямляч КИГ-401 (рис. 2.7).



Рис. 2.7 – Вигляд джерела живлення КИГ-401 (КЗЕЗУ)

Випрямляч зварювальний діодний типу КИГ-401 з ступінчастим регулюванням зварювального струму, з жорсткими ВАХ, призначений для механізованого зварювання в складі зварювальних напівавтоматів у середовищі захисних газів. Технічна характеристика представлена в таблиці 2.9. [13]

Таблиця 2.9 - Технічна характеристика КИГ-401. [13]

Найменування параметрів	Величина
Напруга мережі живлення, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А:	
ПВ 100%	315
ПВ 60%	400
Межі регулювання зварювального струму, А	40-450
Межі регулювання зварювальної напруги, В	40 ступеней, 16-37
Первинна потужність, кВА	28
Напруга холостого ходу, В	50
Маса, кг	190
Габаритні розміри, мм:	
з колесами	745×520×850
без коліс	745×520×755

2.2 Опис запропонованого технологічного процесу

Виробництво резервуару здійснюється при виконанні таких основних операцій: заготівельні, складально-зварювальні, контроль якості та опоряджувальні. Розглянемо кожну операцію технологічного процесу та підберемо обладнання для їх реалізації.

Заготівельні операції розуміють під собою підготовку заготовок для подальшого їх застосування. Вони включають в себе операції правлення листового металу, різання, гнуття та підгинання кромки.

На виробництво поступають стандартні листові полотнища шириною 2000 мм та довжиною 8000 мм. Ці листові полотнища зі складу поступають на заготівельну дільницю, де на першому етапі проходять очищення від бруду та поступають на операцію правлення.

З врахуванням серійного типу виробництва, технічних вимог, продуктивності і економічної доцільності вибираємо сучасну листоправильну

машину фірми ROUNDО PRH 225/2000 (Швеція) (рис. 2.8) [14]. Вона призначена для виправлення листового металу товщиною до 12 мм і шириною 2000 мм. В цих машинах крім перших двох притискних валків є п'ять (або сім, або дев'ять) валків. Нижні валки фіксовані, а верхні – управляються гідравлічно і положення кожного верхнього валка регулюється незалежно від інших. Налаштування цих параметрів здійснюється на панелі керування від наборів цифрових датчиків.

Правлення металу проводять вкладанням листа на ролики подавального столу. Заздалегідь встановлюється положення верхніх валків відносно нижніх. Потім лист подається в правильну машину роликами рольгангу і далі він переміщується в машині за рахунок обертання нижніх валків. Лист пропускається через валки і виходить на приймальний рольганг (стіл).



Рис. 2.8 – Листопрямильна машина ROUNDО PRH 225/2000.

Наступною операцією після виправлення листів є різання та підготовка зварних кромки. Різання листового металу здійснюють лише по довжині листа, це дозволяє знизити металовитрати та підвищити ефективність безвідходного виробництва. Різання металу товщиною до 16 мм проводить за допомогою гільйотинних ножиць типу HSL-HD 5016 (рис. 2.9) [14].



Рис. 2.9 – Загальний вигляд ножиць типу HSL-HD 5016

Після операції різання заготовки з листового металу поступають на операцію формування циліндричних заготовок для резервуару. Формування циліндричних заготовок діаметром 1250 мм проводимо на вальцях 3-х валкових гідравлічних типу RPS 280-2500 (рис. 2.10) [14].



Рис. 2.10 – Загальний вигляд гідравлічних трьох-валкових вальців PS 280-2500

Після формування циліндричних заготовок, вони поступають на складально-зварювальну дільницю. Сформовані обичайки встановлюють на

роликовий обертач, в якому здійснюється підгинання кромки металу, та складання під зварювання. Фіксацію встановлених зазорів між зварними кромками відповідно до типу зварного з'єднання здійснюють за допомогою напівавтомата типу КПО18. Після цього виконують зварювання повздовжнього шва обичайки за допомогою зварювального автомата типу А1416. Для формування зворотного валика та унеможливлення висипання флюсу через зазор між кромками застосовують флюсову подушку. Після виконання зварювальних операцій зварений циліндр поступає на наступну операцію складання і зварювання. На наступному етапі здійснюють поступове нарощування резервуара з попередньо зварених циліндрів та днищ. Дану операцію здійснюють на спеціальній установці. Складання відбувається наступним чином: спочатку встановлюється днище на роликовий обертач і фіксується за допомогою пневмоциліндрів, наступним встановлюється перший циліндр обичайки, і за допомогою пневматичних притискачів стикується з днищем. Складений вузол зварюється за допомогою автомата А-1416, який розміщений на пересувній колоні. Зварювання відбувається наступним чином: зварювальний автомат розміщений нерухомо над виробом, а сам виріб за допомогою роликового обертача обертається зі швидкістю зварювання. Для утримання флюсу в зазорі стика і формування зворотного валика застосовується флюсова подушка розміщена на телескопічній штанзі з візком, який переміщається по направляючих. Флюсова подушка розміщена в середині циліндра на одній осі із зварювальним мундштуком і не обертається. І таким чином процес зварювання шляхом нарощування здійснюють до формування резервуара без одного днища.

Після цього, виконують складання та зварювання резервуара з другим днищем. Для швидкого і точного складання днищ з циліндром, на кромки днищ встановлюють і приварюють з внутрішньої сторони технологічні планки, для точного складання конструкції і стика.

В процесі складання і зварювання циліндричних частин резервуара перед кожним наступним складання здійснюють повертання циліндрів на певний кут, для того щоб унеможливити співпадання стиків циліндрів в одну лінію. Цей

метод здійснюють з метою забезпечення міцнісних характеристик резервуара та зменшити концентрацію напружень.

На всіх операціях технологічного процесу виготовлення резервуару здійснюють візуально-оптичний контроль та контроль стиків за допомогою шаблонів. Після повного зварювання здійснюють контроль якості зварних з'єднань капілярним методом, який дозволяє виявити мікротріщини в зварних швах. Всі резервуари перед операцією фарбування проходять пневмо-випробування.

Після фарбування готовий виріб поступає на склад.

2.3 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії.

Розрахунок витрат матеріалів проводять згідно ДСТУ 3169-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання». [15]

Розрахунок норми витрат зварювального дроту. Норма витрат зварювального дроту на 1 пог. м шва визначається по номінальних конструктивних розмірах шва, масі наплавленого металу з урахуванням технологічних втрат та відходів і розраховується за формулою:

$$H_n = Q \cdot K_n, \quad (2.13)$$

де H_n - норма витрати зварювального дроту на 1 пог. м шва, кг;

Q - маса наплавленого металу на 1 пог. м шва, кг;

K_n - коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати зварювального дроту, що враховує технологічні втрати і відходи при зварюванні.

До технологічних втрат і відходів відносяться відходи такі, як обрізки кінця електродного дроту перед запалюванням дуги, відходи від вирізки дефектних ділянок, від перегину дроту, відходи у вигляді кінцевих залишків дроту в подаючих механізмах автоматів.

Сума всіх технологічних відходів та втрат зварювального дроту становить 5% від маси наплавленого металу. Таким чином, коефіцієнт переходу $K_n = 1.05$.

$$H_n = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 \cdot 1.05 \approx 0,5 \text{ кг}$$

Загальна витрати зварювального дроту становить:

$$H_n = 0,5 \cdot 30 \approx 15 \text{ кг}$$

Розрахунок нормативу витрати флюсів. Норма витрати флюсу для зварювання 1 пог. м шва визначається виходячи з його витрати на утворення шлакової кірки і втрати на розпилювання при зварюванні і може бути розрахована за формулою:

$$H_\phi = Q \cdot K_\phi, \quad (2.14)$$

де H_ϕ - норма витрати флюсу на 1 пог. м шва, кг;

Q - маса наплавленого металу на 1 пог. м шва, кг;

K_ϕ - коефіцієнт втрат і відходів флюсу.

На основі дослідно-виробничих даних коефіцієнт втрат і відходів флюсу при автоматичному і напівавтоматичному зварюванні приймається: $K_\phi = 1.2$ - при зварюванні без флюсо-утримуючих пристосувань; $K_\phi = 1.35$ - при зварюванні на флюсовій подушці; $K_\phi = 1.3$ - при зварюванні на флюсомідній підкладці.

$$H_\phi = 0,48 \cdot 1.35 \approx 0,65 \text{ кг}$$

Загальні орієнтовні витрати флюсу на 40 м зварювального шва рівна:

$$H = 0,65 \cdot 30 \approx 19,5 \text{ кг}$$

Витрати електроенергії автоматичного зварювання під шаром флюсу на 1 кг наплавленого металу наближено визначають за формулою [16]

$$Q = \frac{U_\delta}{\alpha_H \cdot \eta \cdot k_u} \quad (2.15)$$

де U_δ - напруга на дузі, В;

α_H - коефіцієнт наплавлення, г/Агод, приймаємо $\alpha_H = 16$;

η - коефіцієнт корисної дії установки, $\eta = 0,90\%$;

k_u - коефіцієнт, що виражає час роботи зварювального обладнання, приймаємо $k_u = 0,65$;

$$Q_{a(A3\Phi)} = \frac{38}{16 \cdot 0,9 \cdot 0,65} = 4,06 \text{ Вт/год}$$

Загальні витрати електроенергії при автоматичному зварюванні на виготовлення виробу визначають за формулою: [16]

$$B = Q \cdot H_n \quad (2.16)$$

$$B_{(A3\Phi)} = 4,06 \cdot 15 \approx 60,9 \text{ кВт/год.}$$

Витрати матеріалів та електроенергії приведено в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 - Норма витрат зварювальних матеріалів та електроенергії:

Витрати зварного дроту H_n	15 кг.
Витрати флюсу H_ϕ	19,5 кг.
Витрати електроенергії	60 кВт/год

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1. Способи вирізання темплетів зразків та їх вплив на механічні властивості

Більшість резервуарів для зберігання зрідженого газу мають тривалі терміни напруцювання - понад 10 років [17]. Крім того можливе зниження обсягів зберігання газу, що вимагає оптимізації режимів їх експлуатації та обумовлює необхідність уникнення негативних коливальних явищ, що можуть спричинити їх вихід з ладу. Значно знизити ризик випадків непрогнозованого руйнування можна діагностуванням наявного стану матеріалу виробу і зварних з'єднань та за необхідності виконанням ремонтних заходів [18], які є доволі складними і для яких необхідне покрокове обґрунтування параметрів та режимів застосовуваних технологій. Досліджено, що наявні дефекти в зварних швах призводять до непрогнозованих руйнувань. В свою чергу присутність легуючих елементів погіршують процес зварювання, з появою зон з пониженим опором руйнуванню [19]. Критичними для зварних швів, є процеси деградації притаманні резервуарам для зберігання зрідженого газу, оскільки вони спричиняють непрогнозовані зміни механічних властивостей. Це гостро стоїть для нових розроблених технологій зварювання резервуарів. [20].

Структура металу шва може пошкоджуватися за рахунок дисперсних вкраплень та мати різний опір руйнуванню за різних параметрів навантаження.

Динамічні умови поширення та зародження тріщини визначаються властивостями «слабких ділянок», в більшості випадків це зварні шви [21, 22].

Як відомо, зварні шви є концентраторами напружень, мають складну неоднорідну структуру, містять концентратори напружень, які спричиняють руйнування [23].

Зварювання резервуарів, які працюють під тиском є спеціальним технологічним процесом, кінцевий результат якого забезпечується неухильним дотриманням технологічних норма, неруйнівним контролем і випробуваннями в процесі виробництва. Отже, забезпечення якості та стабільності властивостей

зварних з'єднань при виробництві, а також підвищення ефективності та надійності, можливе в рамках комплексного вивчення впливу технологічних та температурних факторів на їх стійкість до крихкого руйнування.

У даній роботі проведено дослідження впливу температури випробувань на ударну в'язкість сталі 09Г2С. Зразки для випробувань вирізали з резервуара діаметром 1250 мм, товщиною стінки 10 мм. Схему вирізання зразків Шарпі вибирали з умов поширення тріщини в зварному шві. Зварні шви виконували за допомогою зварювального автомата типу А1416 під шаром флюсу марки АН-348 електродним дротом Св08Г2С. Зразки вирізали паралельно поздовжній осі резервуару. Ударну в'язкість визначали на зразках Шарпі розмірами $8 \times 10 \times 55$ мм з V - подібним надрізом глибиною 2 мм і радіусом заокруглення в вершині $0,25 \pm 0,025$ мм. Оцінювали ударну в'язкість металу за кімнатних та понижених температур на зразках з надрізом, який наносили у різних зонах зварного з'єднання.

Використано зразки з основного металу (ОМ) та темплетів вирізаних механічним способом (фрезою) (ЗС1) та плазмовим способом (ЗС2), з метою виявлення впливу способу вирізання на ударну в'язкість зварних швів [24, 25, 26]. Понижені температури використовували для зниження релаксаційної здатності матеріалу (формування жорсткішого напруженого стану в околі концентратора).

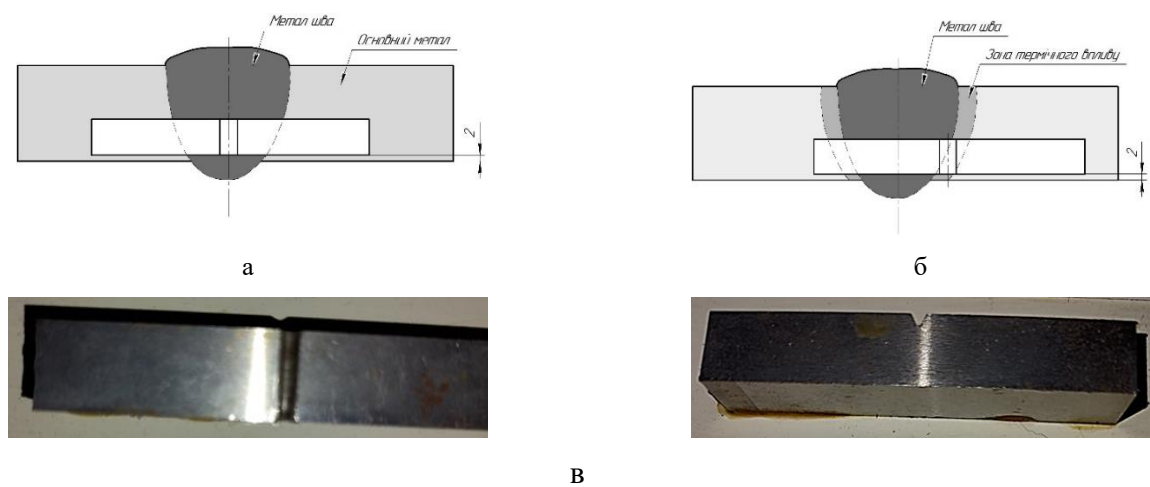


Рис. 3.1. Схема вирізання зразків Шарпі зі зварного з'єднання: а – зразок з надрізом по центру ЗШ; б – зразок з надрізом по лінії сплавлення та зоні термічного впливу; в – загальний вигляд вирізаних зразків

Використано зразки з основного металу (ОМ) та темплетів вирізаних механічним способом (фрезою) (ЗС1) та плазмовим способом (ЗС2), з метою виявлення впливу способу вирізання на ударну в'язкість зварних швів [24, 25, 26]. Понижені температури використовували для зниження релаксаційної здатності матеріалу (формування жорсткішого напруженого стану в околі концентратора).

Випробування проводили на копрі РКР-300 «AMSLER» з максимальною силою удару 300 Дж і реєстрацією діаграми навантаження в координатах «навантаження - час» і «навантаження – прогин зразка». Закономірності деформування і руйнування досліджували на фрактограмах поверхні зламів зразків, за допомогою растрового електронного мікроскопа РЕМ 106И.

3.2. Дослідження впливу температури на ударну в'язкість

Сталь 09Г2С мала високу ударну в'язкість, що свідчить про її відповідність вимогам. Зокрема для ОМ - КСВ для температур випробувань 20°C; 0°C; -20°C; -40°C; -60°C становить відповідно: 372 Дж/см²; 324 Дж/см²; 196 Дж/см²; 135 Дж/см²; 92 Дж/см². Як видно з рис. 3.2, рівень ударної в'язкості металу досліджених зразків із сталі 09Г2С загалом також є достатньо високим.

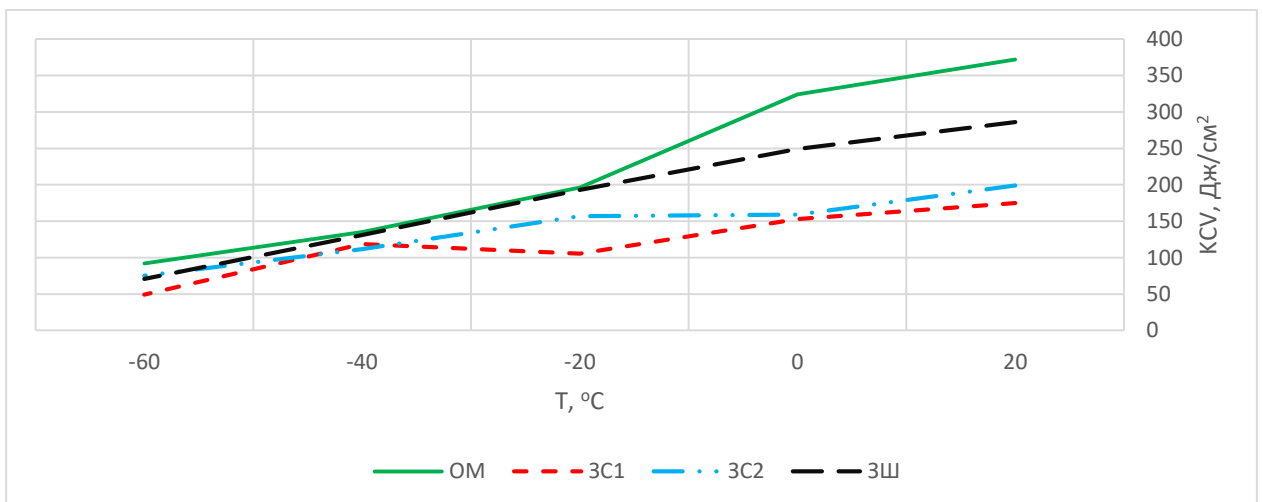


Рис. 3.2. Вплив температури на ударну в'язкість сталі: 1 – основний метал (ОМ); 2 – зварний шов (ЗШ); 3 – зона сплавлення (ЗС1); 4 – зона сплавлення (ЗС2).

Для зразків вирізаних з зварного шва (ЗШ) рівень ударної в'язкості для температур -40°C та -20°C є ідентичним основному матеріалу. Оскільки температура -40°C є рекомендованою для порівняльних оцінок, то можна стверджувати, що якість шва є високою. За кімнатної температури ударна в'язкість основного металу є в 1,3 рази вищою ніж зварного шва.

Ударна в'язкість зон сплавлення ЗС1 та ЗС2 для температури -40°C є відповідно в 1,2 та 1,3 рази нижчою ніж основного металу. Ця відмінність зростає із підвищенням температури випробувань та сягає максимуму при 20°C , її значення становлять 2,1 (ЗС1) та 1,9 (ЗС2) відповідно. Разом з тим, незважаючи на такі значні відмінності в ударній в'язкості дослідженої трубної сталі в усіх досліджених зонах, вона відповідає вимогам. Це зумовлено, насамперед, застосуванням сучасних зварювальних матеріалів. Оптимальне поєднання легуючих елементів забезпечує переважне формування в металі швів феритної структури з високими в'язкими характеристиками.

Відмінності значень ударної в'язкості у зразках вирізаних з центральної ділянки шва та в зоні термічного впливу зумовлені їх структурним станом та локалізацією деформаційних процесів у зразку Шарпі.

Виявлено, що зразки вирізані з зони зварного шва руйнуються за ударної в'язкості близької до в'язкості основного матеріалу, тому в подальшому їх не досліджували. Більш небезпечними є зразки вирізані із зони сплавлення, що пов'язано з низькою пластичністю металу шва та біляшовної зони. В даній серії випробувань показано, що значення ударної в'язкості зварних швів і зони термічного впливу зварних з'єднань, ($\text{KCV} > 55 \text{ Дж/см}^2$) та ще вищі для основного металу. Для швів з дефектами, значення ударної в'язкості, як правило, не перевищують $\text{KCV} < 30 \text{ Дж/см}^2$.

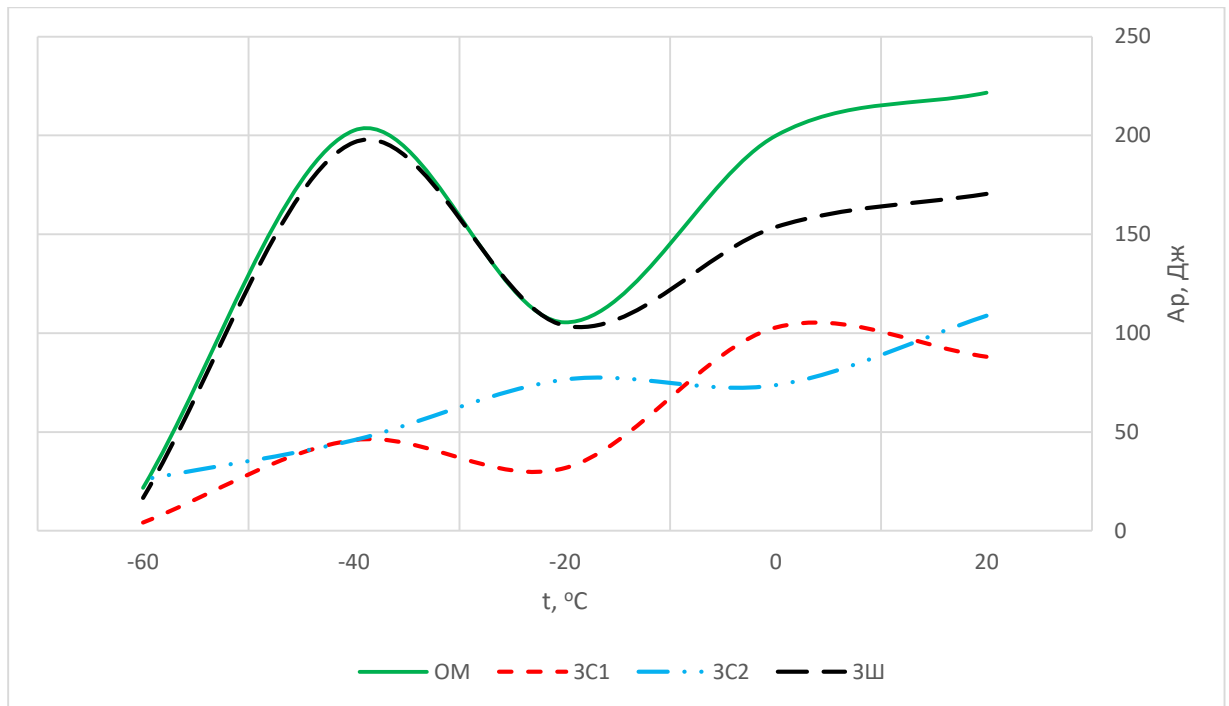


Рис. 3.3. Вплив температури на значення A_p сталі

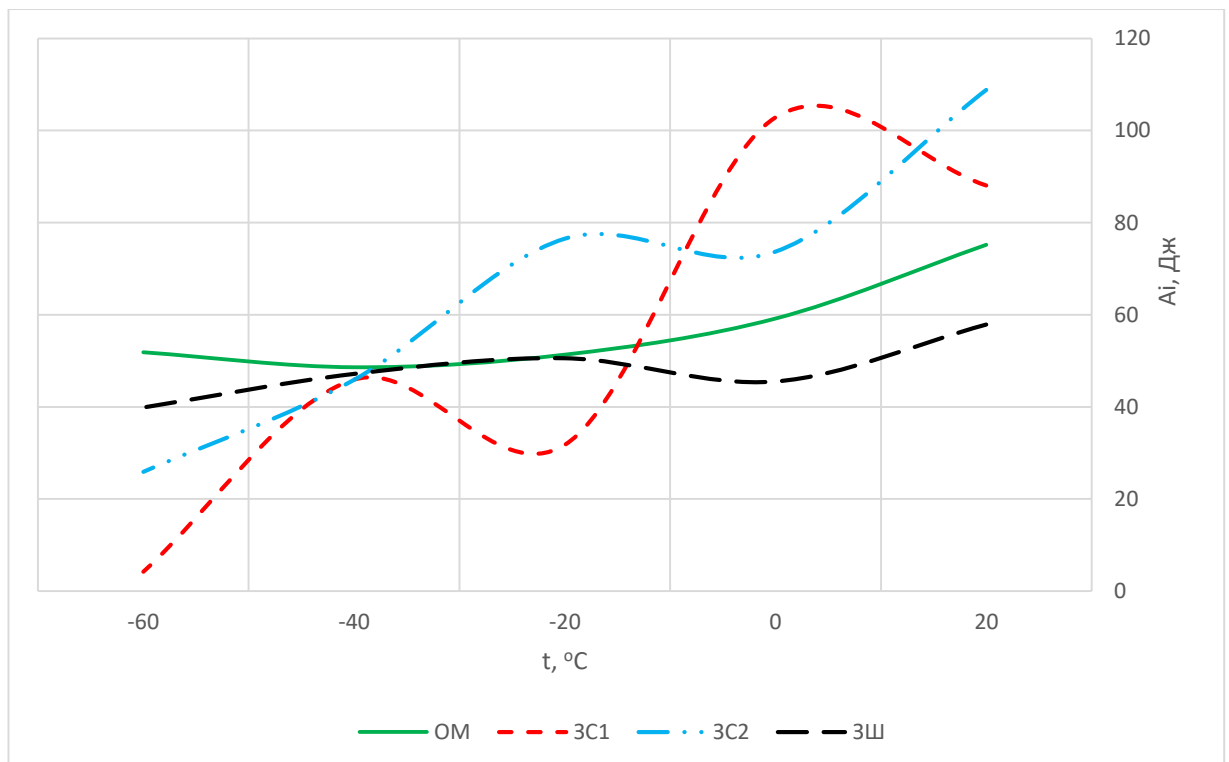


Рис. 3.4. Вплив температури на значення A_t сталі

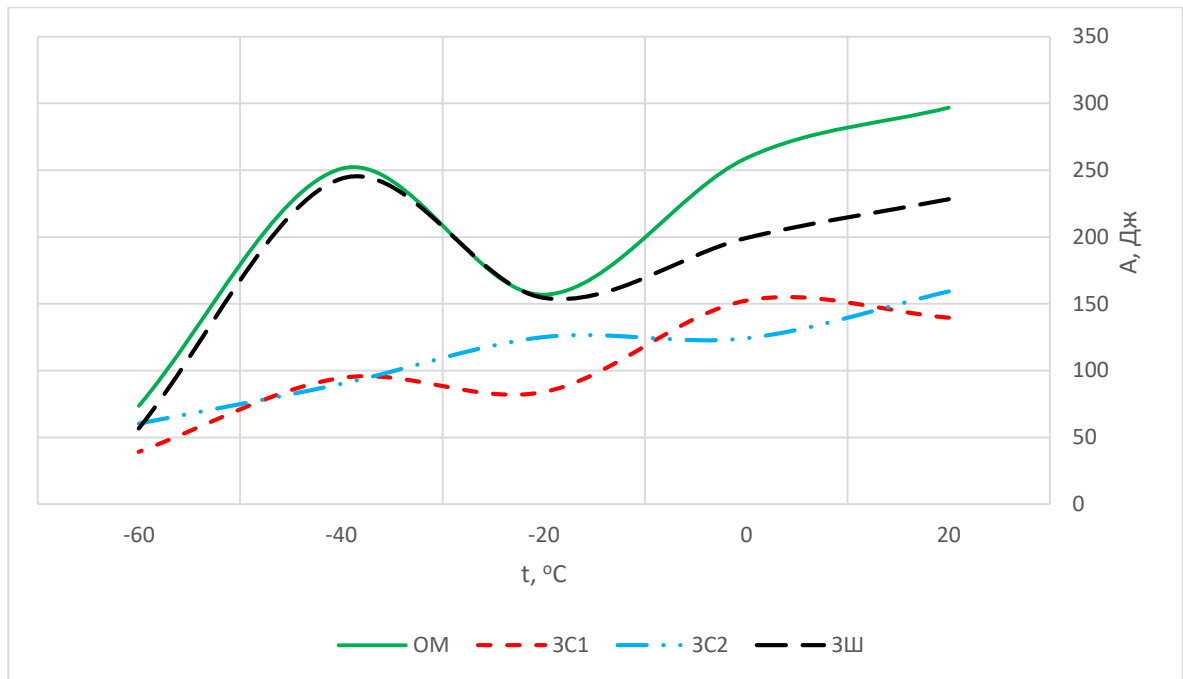


Рис. 3.5. Вплив температури на значення A_y сталі

Одержані результати є корисними, насамперед з точки зору аналізу впливу температури випробувань на зростання значень $(A_p/A) \cdot 100\%$ в діапазоні температур від $-60\text{ }^\circ\text{C}$ до $20\text{ }^\circ\text{C}$, рис. 3.6. Таким чином, питома вага (A_p/A) в повній роботі руйнування зростає з підвищенням температури випробувань, що можна побачити на рисунку 3.6.

Слід підкреслити, що загальна форма залежностей (A_p/A) для даного температурного діапазону є спільною, як для основного металу, так і для металу зварних швів.

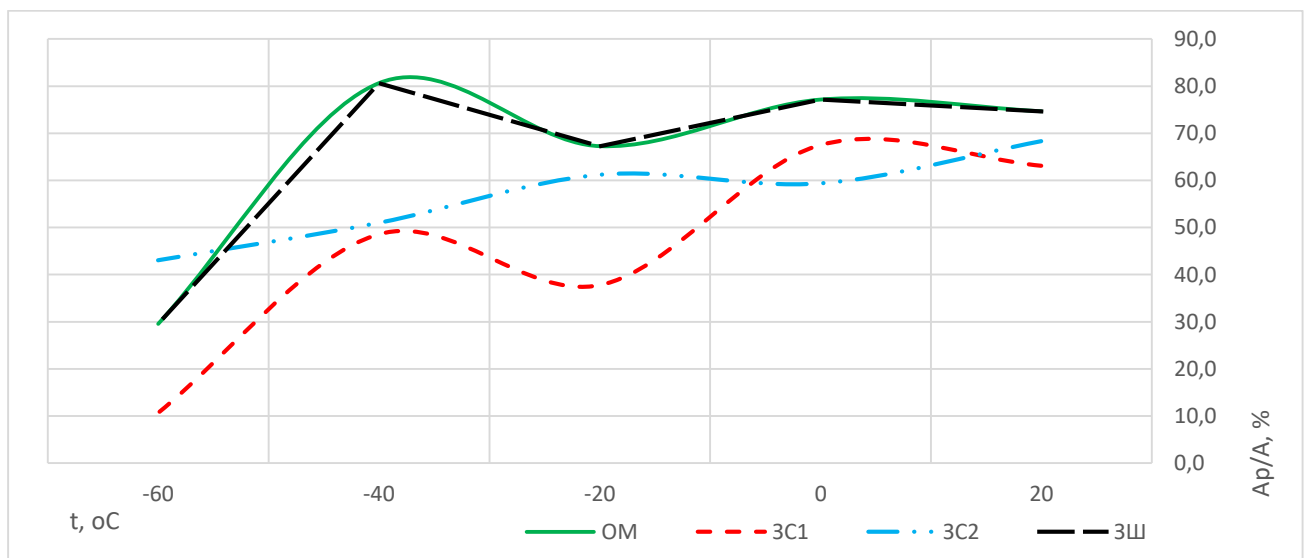


Рис. 3.6. Вплив температури випробувань на значення (A_p/A)

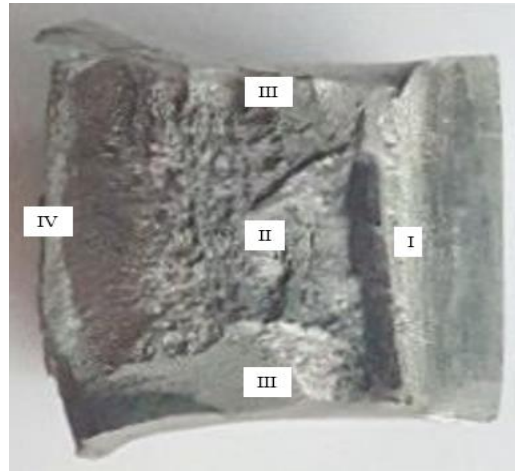
Результати доводять, що за динамічних навантажень найнебезпечнішою зоною є біляшовні ділянки, зокрема зона термічного впливу. Аналіз результатів випробувань зварних з'єднань за різних температурно-силових умов дозволив виявити параметр руйнування - A_p/A , який може успішно використовувати при чисельному аналізі пружно-пластичного руйнування сталей.

Відомо, що процес ударного деформування і руйнування зразків Шарпі містить стадії інтенсивної локалізованої деформації і руйнування (зони I, II, III і IV) які послідовно змінюють одна одну. Кожна зона руйнування має характерний розмір (площу). Розміри кожної із зон є слідами руйнування, що дозволяє в першому наближенні оцінювати ефективну енергоємність руйнування. Водночас, чітко розділити (за часом і енергією) формування зони росту тріщини і губ зсуву практично неможливо, тобто хоча вони відбуваються на різних ділянках зразка, але в суміжних зонах і практично одночасно. Визначали питому площу руйнування основних зон зразків (у %): (ОМ) основного металу, зон термічного впливу (ЗС) проводили порівняльний аналіз механізмів їх руйнування. Дослідження макрошліфів ЗС показало високу якість зварного з'єднання. Дефектів зварного з'єднання (пор, шлакових включень, несплавлень, непроварів і т.д.) не виявлено.

Параметри ділянок зразка (S %), оцінені за аналізом фотозображень для різних температур випробувань, систематизовано у табл. 3.3.

Окремо слід зазначити про відсутність розшарувань, ділянок множинних крихких тріщин, паралельних площині прокатування листа. За аналізом даних табл. 3.1 виконано систематизацію геометричних параметрів поверхонь руйнування.

ОМ



ЗС

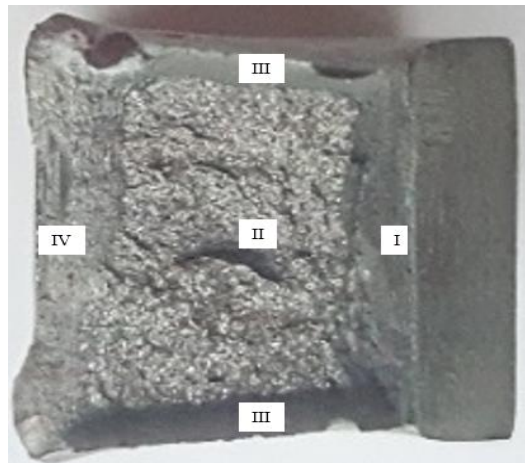


Рис. 3.7. Оптичні фотографії поверхні руйнування зразків Шарпі: 1 – основний метал (ОМ); 2 – зона сплавлення (ЗС); для температури - 20 °С.

Зона старту тріщини (I). Ця площа має достатньо великий розкид значень для всіх досліджених зразків. Хоча відомо, що локальна крихкість зварних з'єднання як правило, знижує енергоємність зародження тріщини, в даному випадку, цього не спостерігали. Зокрема для 20°C площа руйнування ОМ становить 6,1%, для ЗС1 13,7%, а для ЗС2 8,1 %.

А для -20 °С значення цієї ділянки руйнування для ОМ становили 7,8%, для ЗС1 12,9%, а для ЗС2 11,2 %. Ці дані не корелюють з даними табл. 3.1, де старт тріщини в ОМ був більш енергоємним. Це зв'язано з тим, що частина роботи в ОМ була витрачена на деформування зразка, який мав більший запас пластичності. Для інших температур випробувань дані коливались, але не перевищували вказаних значень.

Таблиця 3.1. Кількісні характеристики зон руйнування зразків Шарпі випробуваних на ударну в'язкість сталі 09Г2С

Зони поверхні руйнування	Площі поверхні руйнування зразків Шарпі, S (в %) за різних температур t, (в °С)				
	+20	0	-20	-40	-60
Основний метал					
Зона старту тріщини (I).	6.1	9.0	7.8	5.1	17.5
Зона поширення тріщини (II)	67.2	51.3	72.1	42.4	63.9
Губи зсуву (III)	20.9	20.9	11.0	8.6	6.7
Зона долому (IV).	5.8	18.8	9.1	3.9	11.9
Зона сплавлення 1					
Зона старту тріщини (I).	13.7	13.3	12.9	20.5	7.3
Зона поширення тріщини (II)	43.6	57.2	50.8	54.6	80.4
Губи зсуву (III)	23.6	16	15.2	12.7	7.2
Зона долому (IV).	19.1	13.5	21.1	12.2	5.1
Зона сплавлення 2					
Зона старту тріщини (I).	8.1	10.2	11.2	10.9	7.5
Зона поширення тріщини (II)	78.2	55.5	62.1	50.5	78.2
Губи зсуву (III)	9.6	23.0	16.4	14.5	8.3
Зона долому (IV).	4.1	11.3	10.3	19.1	6.0

Зона росту тріщини (II). Здатність гальмувати значні в'язкі руйнування залежить від об'єму та інтенсивності пластичного деформування матеріалу перед вершиною тріщини, що поширюється. Як для ОМ так і для зразків ця ділянка зразка була найбільшою, для 20°C площа руйнування ОМ становить 67,2%, для ЗС1 43,6%, а для ЗС2 78,2 %. А для -20 °С значення цієї ділянки руйнування для ОМ становили 72,1%, для ЗС1 50,8%, а для ЗС2 62,1 %.

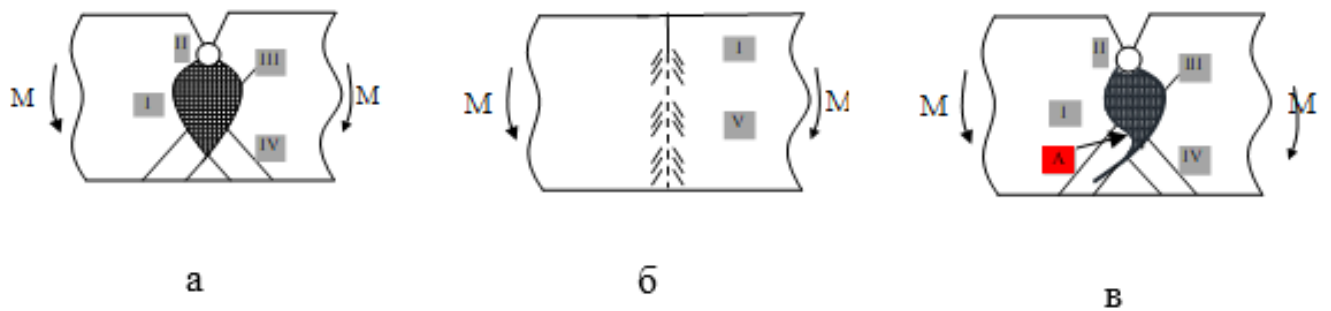
Губи зрізу (III). Губи зрізу для всіх досліджуваних форм надрізу є співмірними за площею. Загалом із зниженням температури випробувань їх площа зменшується.

Зона долому (IV) Спостерігали відповідність ступеня пластичної деформації і зовнішнього вигляду зламу зразків. При великих ступенях пластичної деформації поверхню руйнування сформовано за зсувним механізмом.

При температурі випробувань 20 °С, 0 °С у вершині надрізу зразків Шарпі формується зона мезоскопічного масштабу, в межах якої локалізована пластична деформація розвивається за схемою трансляційно - ротаційного вихору (I). Саме вихровий характер пластичної течії дозволяє в цій області накопичити критичну кількість дефектів, що забезпечують можливість формування в зоні (I) макротріщини. Після її старту подальше поширення макродефектів супроводжується формуванням пластичного «шарніра» (II), що супроводжується зсувними деформаціями в навколишньому матеріалі. Вони найактивніше проявляються на поверхні зразка, де вони мають найменшу енергоємність. Отже, поширення тріщини (III) при ударному навантаженні супроводжується формуванням губ зсуву. У тильній частині зразка за рахунок високої швидкості розвитку процесу руйнування і його істотної локалізації формується область поворотно-зсувної деформації, що виявляється на етапі долому (IV).

За низьких температур випробувань пластичні деформації локалізовані в тонкому шарі матеріалу, в околі вершини дефекту. При цьому в цих тонких шарах (зони пластичності) пластична деформація розвивається на мікрорівні, а інший об'єм зразка не деформується або виникають лише локалізовані пластичні деформації (рис. 3.8).

Для цих зразків притаманні значні відмінності форми губ зсуву, які зумовлені впливом зварного шва на зону локалізованої пластичності, що утворюється в околі надрізу. Проте механічні властивості в зоні концентраторів напружень із урахуванням зварного шва змінюють жорсткість напруженого стану. Слід підкреслити, що у експлуатаційних умовах у зварних швах можуть виникати мікродефекти.



а – руйнування з утворення зони пластичної деформації; б – руйнування з утворенням каскаду мікросувних ділянок пластичних деформацій; I – ділянка, яка характеризується трансляційно – ротаційним вихорових рухом матеріалу в зоні старту тріщини; II – пластичний «шарнір»; III – «контури» утворених губ зсуву; IV – область розвитку деформації за схемою «зсув + поворот», що передуює долому; V – мікросувні ділянки пластичної деформації

Рис. 3.8. Механізми в'язкого (а) и крихкого (б) руйнування зразків і утворення губ зсуву за ударного навантаження

Для зразків сталі ЗС2, виявлене незначне зниження ударної в'язкості. Це зумовлено накопиченням структурних дефектів внаслідок повторного нагрівання, або структурною неоднорідністю шва. Загалом розкид даних, для ударної в'язкості досліджених зварних швів є незначним. Тому слід зазначити, що зниження ударної в'язкості є незначним порівняно з основним металом як за температури +20 °С так і при -60 °С.

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування вибору зварювальних пристосувань

На сьогоднішній час основною вимого підвищення ефективності виробництва та якості продукції є введення у технологічні процеси механізованого і автоматизованого технологічного обладнання. В зварювальному виробництві технологічне обладнання поділяється на основне та додаткове. Основне зварювальне обладнання забезпечує реалізацію самого процесу зварювання, а допоміжне – застосовують для підвищення продуктивності праці, точності складання та для підвищення якості зварних конструкцій. Тобто його застосовують для підвищення рівня механізації технологічного процесу.

Основним елементом для комплексної механізації зварювального виробництва є механічне зварювальне устаткування. Воно може бути універсальним, призначеним для широкої номенклатури виробів і використовуватися на підприємствах різних галузей промисловості, спеціалізованим — для виготовлення групи виробів, і спеціальним - призначеним для виготовлення зварних виробів одного типорозміру. Механічне зварювальне устаткування включає [1]:

- устаткування для установлення і переміщення зварюваних виробів;
- устаткування для установлення і переміщення зварювальних апаратів і переміщення зварювальників;
- устаткування для ущільнення стиків;
- устаткування для збирання флюсу і подачі його в зону зварювання.

Устаткування для встановлення і переміщення зварних виробів, служить для розміщення виробів в найбільш зручне для виконання технологічних операцій положення. Основними різновидами устаткування для переміщення зварюваних виробів є маніпулятори, обертачі, кантувачі, роликові стенди, пересувні столи. В групу устаткування, призначеного тільки для розміщення зварюваних виробів, входять столи зварників, плити і зварювальні стелажі.

Основними різновидами устаткування для установлення і переміщення зварювальних апаратів і переміщення зварників є колони, візки, майданчики для зварників. Колони призначаються для установлення і переміщення зварювальних апаратів під час автоматичного зварювання кільцевих і прямолінійних швів, а також для механізованого зварювання. Колони, розміщені на самохідному шасі, називаються візками.

Враховуючи конструктивні особливості нашого виробу, а саме конструкція оболонкового типу (горизонтальний резервуар), який складається з циліндричних обичайок та двох днищ і до нього висуваються високі вимоги до якості зварних з'єднань. Тому з врахування цього в якості механічного зварювального устаткування будемо застосовувати зварювальні роликові стени та для переміщення зварювальних автоматів – зварювальні колони. А також для ущільнення стиків зварних кромок будемо застосовувати флюсову подушку із пересувною штангою з пневматичним механізмом притискання.

4.2 Розрахунок роликового обертача

З метою вибору необхідних параметрів роликового обертача для складання і зварювання циліндричної частини резервуару, проведемо його розрахунок. Розрахунок проводимо згідно [27], який включає в себе: визначення навантаження на ролико-опори, розрахунок діаметра осей, приводних валів та потужність приводного електродвигуна роликового стенда (рис.4.1) для обертання незбалансованого циліндричного виробу.

Для розрахунку будемо використовувати наступні вихідні дані: діаметр D

$$= 1250 \text{ мм, довжина } l = 8245 \text{ мм, вага } G = 1860 \text{ кг,}$$

незбалансованість $e = 0,02R$, маршова частота $n = 5 \text{ об/хв.}$

Конструктивно вибираємо роликовий стенд з центральним кутом α

$$= 500 \text{ та діаметром ролико – опори } D_p = 410 \text{ мм.}$$

Визначаємо відстань L між ролико

– опорами, прийнявши за максимальний діаметр циліндричного виробу D
 $= 1250$ мм.

$$D = \frac{L}{\sin \frac{\alpha}{2}} - D_p, \quad (4.1)$$

звідки

$$L = \sin \frac{\alpha}{2} (D + D_p) = \sin \frac{50^\circ}{2} (1,25 + 0,41) = 0,4236 \cdot 1,66 = 0,7 \text{ м.}$$

Приймаємо відстань між ролико – опорами $L = 0,7$ м’.

Критичне значення ексцентриситету для забезпечення статичної стійкості барабана на роликовому стенді при дисбалансі $e = 0,02R = 0,014$ м

$$e_{кр} = R \sin \frac{\alpha}{2} = 0,7 \cdot \sin \frac{50^\circ}{2} = 0,7 \cdot 0,4236 = 0,3. \quad (4.2)$$

Стійкість барабана забезпечується, оскільки $e < e_{кр}$.

Опорні реакції ролико – опор в статичному стані без урахування дисбалансу

$$Q = Q_1 = Q_2 = \frac{G}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{1860}{2 \cos \frac{50^\circ}{2}} = \frac{1860}{2 \cdot 0,894} = 704 \text{ кг.} \quad (4.3)$$

Попередньо визначаємо діаметр осі ролико – опори від реакції Q , якщо обрана відстань між осями підшипників $l = 300$ мм:

Згинальний момент в осі визначаємо як для двохопорної шарнірно закріпленої балки навантаженої посередині

$$M_3 = \frac{Ql}{4} = \frac{704 \cdot 0,3}{4} = 211 \text{ кг*м} = 2110 \text{ Н*м;} \quad (4.4)$$

Діаметр осі ролико – опори зі сталі 35 для якої $[\sigma] = 60$ МПа

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_3}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 2070}{60 \cdot 10^6}} = 0,07 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Дотична сила T_1 на приводних ролико – опорах

$$T_1 = G \left(\varepsilon + \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{b \sin \alpha + \cos \alpha - 1} \right), \quad (4.6)$$

де $\varepsilon = \frac{e}{R} = \frac{eR}{R} = \frac{0,02 \cdot 0,7}{0,7} = 0,02$ - ексцентриситет, виражений в долях радіуса барабана.

Обравши підшипники ковзання для яких $f=0,1$ та обгумовані роликоопори для яких коефіцієнт тертя кочення $\mu=0,0025$ визначаємо коефіцієнт

$$b = \frac{D_p}{fd_p + 2\mu} = \frac{0,41}{0,07 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,0025} = 34. \quad (4.7)$$

$$T_1 = 1260 \cdot \left(0,02 + \frac{0,02 + 0,44}{34 \cdot 0,7959 + 0,612 - 1} \right) = 47 \text{ Н.} \quad (4.8)$$

Дотична сила на холостих ролико-опорах

$$T_2 = G \left(\frac{\varepsilon + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \sin \alpha + \cos \alpha - 1} \right); \quad (4.9)$$

$$T_2 = 1860 \cdot \left(\frac{0,02 + 0,44}{34 \cdot 0,7959 + 0,612 - 1} \right) = 21,7 \text{ Н.}$$

Опорні реакції ролико-опор, що обертаються під навантаженням

$$Q_1 = \frac{G}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{\varepsilon \cos \alpha}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{\varepsilon + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2}} \right); \quad (4.10)$$

$$Q_1 = \frac{1860}{2 \cdot 0,8939} \left(1 - \frac{0,02 \cdot 0,612}{0,44} + \frac{0,02 + 0,44}{34 \cdot 0,8939 - 0,44} \right) = 674 \text{ кг*м;}$$

$$Q_2 = \frac{G}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \left(1 + \frac{\varepsilon}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{\varepsilon + \sin \frac{\alpha}{2}}{b \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2}} \right); \quad (4.11)$$

$$Q_2 = \frac{1860}{2 \cdot 0,8939} \cdot \left(1 + \frac{0,02}{0,44} + \frac{0,02 + 0,44}{50 \cdot 0,8939 - 0,44} \right) = 735 \text{ кг*м.}$$

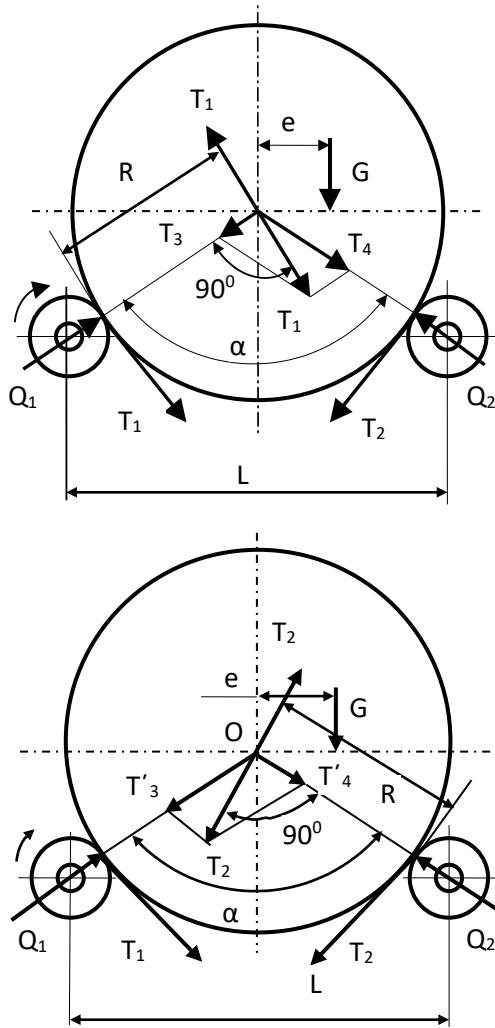


Рисунок 4.1 Розрахункова схема роликового стенда

Кількість ролико-опор в одному ряду, якщо допустиме навантаження на призначену ролико-опору складає $P_p=4000$ н

$$i_p = \frac{6903}{4000} = 1,733 .$$

Приймаємо в одному ряду $i_p = 2$ ролико-опори.

Розрахункові навантаження на ролико-опори:

$$P_1 = \frac{\sqrt{Q_1^2 + T_1^2}}{i} = \frac{\sqrt{6609^2 + 460^2}}{2} = 3312 \text{ Н}; \quad (4.12)$$

$$P_2 = \frac{\sqrt{Q_2^2 + T_2^2}}{i_p} = \frac{\sqrt{7207.88^2 + 212.8^2}}{2} = 3605 \text{ Н}.$$

Уточнюємо діаметр осі холостої ролико-опори

$$M_3 = \frac{P_2 l}{4} = \frac{3605 \cdot 0,3}{4} = 270 \text{ Нм}; \quad (4.13)$$

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{10M_3}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 270}{60 \cdot 10^6}} = 0,035 \text{ м.}$$

Визначаємо діаметр вала приводних ролико-опор, який розраховується на сумісну дію згинального моменту M_3 та крутного моменту $M_{кр}$:

Згинальний момент на валу, навантаженому посередині прольоту 1 зосередженою силою P_1

$$M_3 = \frac{P_1 l}{4} = \frac{3312 \cdot 0,3}{4} = 248,4 \text{ Нм};$$

Крутний момент на валу з урахуванням попередньо визначеного діаметра вала

$$\begin{aligned} M_{кр} &= T_1 \frac{D_p}{2} + \left(f \frac{d_e}{2} + \mu \right) \sqrt{Q_1^2 + T_1^2} = \\ &= 460 \cdot \frac{0,41}{2} + \left(0,1 \cdot \frac{0,07}{2} + 0,0025 \right) \sqrt{6344,9^2 + 460^2} = 132,5 \text{ Нм}; \end{aligned} \quad (4.14)$$

Еквівалентний момент, діючий на приводному валу

$$M_e = \sqrt{M_3^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{248,4^2 + 132,5^2} = 281,5 \text{ Нм}; \quad (4.15)$$

Діаметр вала приводного ролика, якщо вал виготовлено зі сталі 35 для якої $[\sigma] = 60 \text{ МПа}$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_e}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 281,5}{60 \cdot 10^6}} = 0,036 \text{ мм.}$$

Потужність приводного двигуна, якщо частота обертання виробу $n = 5 \text{ об/хв}$ та приведений к.к.д. механізму

$$\eta_0 = \eta_ч \eta_з \eta_p \eta_к = 0,65 \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,96 = 0,509;$$

Кутова швидкість обертання барабана

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 5}{30} = 0,523 \text{ рад}; \\ N &= \frac{M_{кр} \omega}{\eta_0} = \frac{132,5 \cdot 0,523}{0,509} = 136,2 \text{ Вт}; \end{aligned} \quad (4.16)$$

Обираємо електродвигун потужністю $N=1$ кВт.

4.3 Опис конструктивних схем обладнання

Корпуси ємнісних апаратів (посудин) зазвичай виготовляються з декількох циліндричних обичайок і двох днищ. Обичайки, вальцюються з цільного металевого листа, а днища штампуються з цільного листа [1].

Складання обичайок до зварювання виконують на роликівих стендах, поздовжній стик обичайки складається на прихоплюваннях за допомогою стяжних пристроїв. Оскільки для виконання поздовжнього зварного шва в положенні «навису» потрібне точне складання з дотриманням заданих вимог до величини зазору за всією довжиною шва, складально-зварювальні установки (в тому числі, роликіві стенди) обладнуються флюсовими подушками, які дозволяють виконувати зварювання без жорстких обмежень розмірів зазорів в стиковому з'єднанні.

Технологічні процеси складання-зварювання кільцевих швів зварних ємностей здійснюються на робочих позиціях, що, як правило, комплектуються роликівими стендами та спеціалізованими установками. Перед зварюванням забезпечується задана точність складання з'єднань під зварювання. Для цього зазвичай використовуються спеціалізовані установки для складання корпусів ємностей.

Установка для складання циліндричних частин резервуара під зварювання (рис. 4.2) складається з наступних основних вузлів: ролико-опор, п'яти пневмоциліндрів встановлених на основі та упору для притискання під час складання. Встановлені на основі циліндри застосовують для вирівнювання країв обичайок в процесі складання: один циліндр призначений для притискання заготовки циліндра до упору, інші чотири розташовані на основі перпендикулярно осі циліндра і мають півсферичні кільця на штоці, за допомогою яких здійснюється затискання обичайки до моменту вирівнювання країв на необхідний зазор. Кожен пневмоциліндр має незалежне керування.

Установка для зварювання повздовжнього стика циліндрів складається з поворотної колони (кут повороту 180°) на якій розміщена флюсова подушка та двох упорів, а також із колон на якій розміщені направляючі по яких переміщається зварювальний автомат підвісного типу моделі А-1416. Флюсова подушка оснащена пневматичним притискачем, який забезпечує притискання циліндра до упорів, а також для кращого ущільнення стика зварного шва.

Наступною операцією виготовлення резервуару є складання і зварювання днищ і циліндричних частин між собою. Ці операції технологічного процесу здійснюються на установці яка показана на рис. 4.4.

Установка складається з роликового стенда, постійного упора, притискача, флюсової подушки, яка розміщена на штанзі з кареткою та зварювальної колон на якій розміщений підвісний зварювальний автомат типу А-1416. Установка працює наступним чином.

На роликовий стенд встановлюється обичайка на відстані від упорного диска, достатній для встановлення першого днища ємності. Потім упорний диск регулюється відносно осі обичайки ємності, після чого встановлюються перше днище. Далі ролик пересувного упору встановлюється на висоту верхнього краю обичайки, упор підводиться до обичайки і фіксується. Потім за допомогою гідроциліндра пересувний упор переміщується вправо, натискаючи роликом на торець обичайки і, тим самим, вибираючи зазор між першим днищем і обичайкою. Після чого виконується зварювання кільцевого шва. Потім складаний корпус ємності вивільняється із затискання гідроциліндрами і обертається на роликовому стенді на певний кут для подальшого стикування і чергового зварювання. Складання наступних обичайок і замикаючого днища виконується аналогічно. При цьому замикаюче днище підтискається не роликами, а упорним диском по осі корпусу ємності.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці — це система правил і заходів, які забезпечують безпечну роботу на даному виробництві. При роботі на обладнанні необхідно передбачити ряд вимог, які б дозволили працівнику виконувати поставлене перед ним завдання в умовах, які передбаченні конструкторськими документами.

Основними заходами, які зменшують або попереджають травматизм при роботі на дільниці є автоматизація або механізація технологічного процесу.

Для орієнтовної оцінки шуму приймають показник, який називається «рівнем шуму» і вимірюється за шкалою «А» шумоміра. Допустимий рівень шуму в приміщеннях, в тому числі і цехах холодної обробки по ДСН 3.3.6.037-99 становить 71-90 Дб.

Правильне визначення площі дільниці, визначає правильну організацію робочого місця згідно з науковою організацією праці. Завдяки цьому, зменшується утомлення робітників і знижується ймовірність травматизму.

Як лікувально-профілактичні заходи передбачено попередній та поточний (не рідше одного разу на рік) медогляди працівників цеху, заборону допуску до вібраційних робіт осіб, молодших 18 років та таких, що мають відповідні проти покази в стані здоров'я, лікувальну гімнастику та масаж рук.

Міністерством охорони здоров'я України встановлені норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони і кількість повітря, що необхідна для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК.

5.1 Заходи для захисту від ураження електричним струмом.

Основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкції машин та механізмів, є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації.

Загальні вимоги до виробничих процесів регламентуються ГОСТ 12.3.002-75. Вони передбачають: усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, котрі спричиняють небезпечну дію.

Оскільки при виготовленні резервуара застосовується зварювання під шаром флюсу, тому основні заходи з техніки безпеки пов'язані з можливістю ураження оператора електричним струмом, опіків від розплавлених частин металу чи шлаку, наявності рухомих частин приводу лінії і забруднення атмосфери.

При зварюванні під шаром флюсу ураження струмом високої напруги можливе, коли машина незаземлена, чи при пробії джерела живлення. У джерелах живлення передбачаються системи блокування, що запобігають ураженню струмом високої напруги, наприклад закрито доступ до перемикача при не вимкненому первинному колі; станин з відкритими струмоведучими частинами, що перебувають під напругою, мають блокування, що забезпечує зняття напруги при їх відкриванні.

Уникнення випадкового контакту людини з струмоведучими частинами електрообладнання забезпечується ізоляцією струмоведучих частин. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами та електричним опором. Ізоляція запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору.

Для уникнення небезпеки ураження електричним струмом при появі напруги на корпусах та інших частинах електрообладнання необхідно застосовувати захисне заземлення.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею або з її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, котрі можуть опинитись під напругою. Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на

конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус.

Захисному заземленню підлягають металеві не струмоведучі частини обладнання, котрі через несправність ізоляції можуть опинитися під напругою і до котрих можливі дотики людей [28].

5.2 Розрахунок штучного освітлення.

Зварювальникам доводиться виконувати операції, що розрізняються по точності зорової роботи: розмітку, складання, читання креслень, зварювання, контроль зварних з'єднань та ін. Наявність джерел підвищеної яскравості викликає необхідність частішої адаптації зору: кожного разу при переході від допоміжних операцій, що виконуються без щитка, до зварювання, що виконується обов'язково з щитком.

Створення високих рівнів освітленості місць зварювання (близько десятків тисяч люкс) з тим, щоб усі операції можна було виконувати з щитком, економічно не вигідно і практично складно. Рівні освітлюваності зварювальних робіт встановлені відповідно до діючих нормативних документів для люмінесцентних ламп 150 лк, а для ламп розжарювання 50 лк з урахуванням наявності у полі зору самосвітних елементів.

Під кранами мають бути встановлені додаткові освітлювальні прилади, які компенсують затемнення робочих місць.

Світильники, вікна і світлові ліхтарі необхідно очищати в міру забруднення (не рідше за один раз в три місяці).

Забарвлення стін доцільно виконувати спеціальними фарбами, що мають високий коефіцієнт віддзеркалення для видимої частини спектру і низький коефіцієнт - для ультрафіолетових променів [28].

Для виготовлення резервуара при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення основним є, так званий, метод коефіцієнту використання світлового потоку.

Розрахунок проводиться за формулою [28]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де Φ – світловий потік, потрібний для забезпечення заданої освітленості, ЛМ;

E_n – нормова освітленість, лк;

S – площа приміщення, м²;

Z (1,15) – коефіцієнт, що враховує відношення середньої освітленості;

K_3 – коефіцієнт запасу, що приймається в залежності від забрудненості повітря в приміщенні за таблицею [16] в ДБН В.2.5-28:2018 ($K_3=1,5$);

N – кількість ламп;

η – коефіцієнт використання світлового потоку; коефіцієнт використання світлового потоку η визначається за світлотехнічними таблицями. Для цього потрібно знайти індекс приміщення i та приблизно оцінити коефіцієнт відбивання поверхонь приміщення: I_c – стелі; I_{cm} – стін; I_p – робочої поверхні.

Індекс приміщення i знаходимо за формулою [28]:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.2)$$

де S – площа ділянки цеху, м²;

h – розрахункова висота (відстань від світильника до робочої поверхні), м;

A і B – довжина і ширина приміщення, м; ($S=540$ м²; $h=8.4$ м; $A=15$; $B=36$ м)

$$i = \frac{540}{8.4 \cdot (15 + 36)} = 1.2$$

За таблицею знаходимо відповідні значення I :

$$I_c=70 \% ; I_{cm}=50 \% ; I_p=30 \%$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 540 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,65} = 429923.07 \text{ ЛМ.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою [28]:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot E_l}, \quad (5.3)$$

де E_l – світловий потік лампи;

$$N = \frac{429923.07}{2 \cdot 3600} = 59.71 \text{ шт.}$$

Приймаємо 60 штук.

З 2010-х років, повсюдно люмінесцентні та лампи розжарювання замінюються на світлодіодні лампи (LED) та світильники. Тому для освітлення обладнання використовуємо LED панелі LP-1 Signal, які мають наступні технічні характеристики [28]:

- світловий потік – $E_l=3600\text{ЛМ}$;
- потужність – 40 Вт;
- кольорова температура – 4000 К;
- кут розсіювання - 120° .

Також використовуємо лінійні LED світильники, що мають такі характеристики: [17]

- світловий потік – $E_l=1620\text{ЛМ}$;
- потужність – 18 Вт;
- кут розсіювання - 120° ;
- кількість ламп – 2 шт;
- розмір ламп – 160x600x45 мм.
-

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.

Під час використання металообробного обладнання, потрібно обов'язково дотримуватися всіх правил протипожежної безпеки, обумовлених Кодексом цивільного захисту України (раніше, Законом України «Про пожежну безпеку», прийнятим 17 грудня 1993 року). В розрізі дотримання цих вимог, передбачається розробка комплексних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки; розробку і затвердження нормативних актів

і інструкцій в межах підприємства, де впроваджуватиметься розроблений техпроцес, здійснення постійного контролю за їх дотриманням; забезпечення додержання протипожежних вимог, стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду; утримання у справному стані засобів протипожежного захисту і зв'язку, пожежної техніки, обладнання та інвентарю, недопускання використання їх не за призначенням; здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж; своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, системи протипожежного захисту, водопостачання тощо.

Надзвичайна ситуація (НС)- порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншими чинниками, що призвели (можуть призвести) до загибелі людей, тварин і рослин, значних матеріальних збитків та (або) завдати шкоди довкіллю. Надзвичайна ситуація залежно від джерела небезпеки може бути: природна, техногенна, соціально-політична, воєнна; залежно від масштабу: загальнодержавна, регіональна, місцева й об'єктова. [29]

Будь-які НС в своєму розвитку проходять чотири стадії: зародження, ініціювання, кульмінацію і згасання.

- *Стадія зародження.* Створюються передумови НС: активізуються несприятливі природні процеси, накопичуються технологічні неполадки, систематично порушуються вимоги заходів безпеки, наростає соціальна напруженість в державі або в міждержавних відносинах і т.д.

- *Стадія ініціювання.* Виникають порушення, пов'язані з виходом параметрів процесу або явища за критичні значення всередині системи (внутрішні фактори). Відбуваються, наприклад, спонтанні реакції, розгерметизація трубопроводів, резервуарів і т.п. Може порушуватися робота обладнання, виявився бракованим систем забезпечення (електропостачання, водопостачання, охолодження, вентиляції та ін.). На ініціювання впливають і

зовнішні фактори, до числа яких можна віднести стихійні лиха, акти вандалізму, провокації, політичні помилки і т.п.

- *Стадія кульмінації.* В результаті "спрацьовування" ініціюючих факторів вивільняються великі кількості енергії і маси, які і призводять до НС. При цьому іноді навіть невелике ініціює подія може пустити в хід ланцюгової механізм аварій з багаторазовим збільшенням потужності і масштабів ("ефект доміно"). Зовнішні чинники, такі як вандалізм і провокації, можуть привести до НС, пов'язаних з масовими заворушеннями, терористичними актами, військовими діями.

- *Стадія загасання.* Триває від моменту усунення джерела НС до повної її ліквідації.

Вплив НС можуть мати різний характер. В даному випадку, в таблиці 5.1, наведено можливі вражаючі впливи за видом.

Таблиця 5.1 – Вражаючі впливи НС за видом

Вид вражаючого впливу	Характеристика (вражаючий фактор)
механічне	кінетична енергія.
теплове	полум'я, високі температури і отруйна дія продуктів згорання.
хімічне	отруйна дія аварійно-хімічно небезпечних речовин.
електромагнітне	сильні електромагнітні поля або потужний електромагнітний імпульс.
акустичне	сильний шум.
інформаційне	засоби масової інформації, пропаганда, агітація, реклама, враження від подій негативних подій.

На дільницях механічного цеху передбачаємо установку протипожежних щитів, укомплектованих вуглекислотними вогнегасниками, баграми, ломами, відрами, сокирами. Коло щитів передбачаємо установку ящиків з піском, сухість якого регулярно необхідно перевіряти. Для гасіння можливих пожеж передбачаємо також використання азбестових покривал.

Для автоматичного виявлення пожеж, передбачаємо оснащення виробничого приміщення, в якому встановлене обладнання, димових

сповіщувачів з різними принципами дії, які своєчасно сповіщають про виниклу пожежу і дають команду на вмикання автоматичної системи гасіння пожежі. Використання спринклерних та дренчерних установок, забезпечує високу ефективність гасіння пожежі.

В умовах пожежі, крім високих температур, на будівельні конструкції впливають їх власна маса та експлуатаційні навантаження, а також додаткові статичні навантаження (від пролітої при тушінні пожежі води або уламків конструкції, що завалилися) та динамічний вплив (водяні струмені або уламки, що падають). В результаті вказаних впливів несучі конструкції деформуються та втрачають міцність. Крім того, при пожежі конструкції можуть нагрітися до небезпечних температур, прогоріти або отримати наскрізні тріщини, що може привести до розповсюдження пожежі в суміжні приміщення. Здатність конструкцій чинити опір впливу пожежі на протязі певного часу при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю [29].

При проектуванні будівель необхідно передбачити безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі люди повинні покинути будівлю на протязі мінімального часу, який визначається найменшою віддаллю від місця їх знаходження до виходу назовні [29].

Видалення газів та диму із приміщення, в якому виникла пожежа, проводиться через віконні прорізи, аераційні ліхтарі, а також за допомогою спеціальних димових люків, конструкцій, що легко скидаються. Димові люки призначені для видалення продуктів згоряння, забезпечення не задимлених суміжних приміщень та керування процесами горіння на пожежах (для того, щоб надати полум'ю бажаного напрямку).

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра розглянуто питання щодо обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуару для зберігання зрідженого газу та проведено дослідження на ударну в'язкість зварних з'єднань.

При обґрунтування параметрів технологічного процесу було запропоновано зміни, які полягають у застосуванні спеціального зварювального устаткування та режиму зварювання. Запропоноване устаткування дозволяє підвищити ефективність виробництва, підвищити якість зварних з'єднань, а також спостити операції складання під зварювання.

Також, було досліджено ударну в'язкість зварних з'єднань. Встановлено, що зразки мають достатньо високу ударну в'язкість. Ударна в'язкість металу шва при -40°C та -20°C знаходиться на рівні основного металу, а зона термічного впливу зварного з'єднання для температури -40°C 1,2...1,3 рази меншою. Такі відмінності зумовлені їх структурними перетвореннями, які відбулися внаслідок дії зварювальної дуги та локалізацією деформаційних процесів у зразках Шарпі.

Проведені дослідження показують, що при застосуванні запропонованих змін в технологічному процесі міцність конструкції підвищується, а разом з тим і ресурс її експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривов, Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст]/ Кривов, Г.О., Зворикін, К.О. – К.:КВІЦ, 2012.-896 с.
2. <http://betaing.com.ua/ua/emnosti>
3. Марочник сталей и сплавов: справочник / под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989, - 640 с.
4. <https://evек.org/materials>
5. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.
6. НПАОП 0.00-1.59-87 «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском».
7. ДСТУ Б В.2.6-183:2011 «Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів. Загальні технічні умови» (ГОСТ 31385-2008, NEQ).
8. ДБН В.1.2-14 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
9. Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением [Текст]: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
10. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] : учеб. / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432 с.
11. Сварочные материалы для дуговой сварки. Т2. Сварочная проволока и электроды [Текст]: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1993. – 768 с.
12. Биковский, О.Г. Довідник зварника [Текст]: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.

13. <https://kzeso.com>
14. <https://metall.dukon.ru/>
15. ДСТУ 3169-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання»/
16. Сварка в машиностроении: В 4-х т.Т.2 [Текст] /Под ред. А.И. Акулова. - М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
17. Фридман Я.Б. Механические свойства. Деформация и разрушение / Я.Б. Фридман. - М.: Машиностроение, ч. I, 1974. - 472 с.
18. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Механические испытания. Конструкционная прочность / Я.Б. Фридман -М.: Изд-во Машиностроение. 1974. ч. II. - 368 с.
19. Bonora N. A Nonlinear cdm model for ductile failure / N. Bonora // Engineering Fracture Mechanics. – 1997. - Vol. 58, No. ½. – P. 11-28.
20. Качанов Л.М. Основы механики разрушения / Л.М. Качанов. М.: Наука, 1974. - 312 с.
21. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю.Н. Работнов. М.: Наука, 1979. - 744 с.
22. Макклиток Ф. Деформация и разрушение материалов / Ф. Макклиток, А. Аргон . М.: Мир, 1970. - 443 с.
23. Шестериков С.А. Избранные труды / С.А. Шестериков. М.: Изд-во Московского университета, 2007. - 242 с.
24. Rice J.R. On the ductile enlargement of voids in triaxial stress fields / J.R. Rice, Tracey D.M // Mech. Phys. Solids. – 1969. - Vol. 17. - P. 201-217.
25. Minimizing Losses During Natural Gas Transportation / Poberezhny L., Hrytsanchuk A., Okipnyi I., Poberezhna L., Stanetsky A., Fedchyshyn N. // Journal of mechanical engineering – Strojnicky časopis, Vol. 69 (2019), № 1, pp. 97 – 108.
26. Impact of Long-Term Operation on the Reliability and Durability of Transit Gas Pipelines / Okpnyi I., Poberezhny L., Zapukhliak V., Hrytsanchuk A.,

Poberezhna L., Stanetsky A., Kravchenko V., Rybinskyi I. // Journal of mechanical engineering – Strojnícky časopis, Vol. 70 (2020), № 1. pp. 115 – 126.

27. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник [Текст] / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.

28. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. [Текст] / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.

29. Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

ДОДАТКИ