

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

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу зварювання вертикального сталюого резервуара РВС-5

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МПсз-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Дерлюк В.С.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Мариненко С.Ю.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Дячун А.Є.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Окіпний І.Б.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
\	

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«»

2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Дерлюку Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу зварювання вертикального сталюого резервуару

Керівник роботи Мариненко Сергій Юрійович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-26

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи базовий технологічний процес виготовлення вертикального, сталюого резервуару

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Зміст. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

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

Креслення резервуара. Стенд для зварювання кільцевих швів. Установка для зварювання кільцевих швів. Установка для приварювання штуцерів. Пристрій для формування крмок

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н., доцент</i>		

7. Дата видачі
завдання

24 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Зміст</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>11.02.2026</i>	
	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>11.02.2026</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>06.06.2026</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>06.06.2026</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.06.2026</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Графічна частина</i>	<i>14.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Дерлюк В.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мариненко С.Ю.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Зварювання є найпоширенішим процесом металообробки, призначеним для створення нероз'ємних сполук металів, сплавів і різних матеріалів.

Цей технологічний процес економічно вигідний, високопродуктивний і значною мірою механізований, що широко застосовується практично у всіх галузях машинобудування.

Сучасні досягнення в галузі радіоелектроніки, електротехніки, оптики, автоматики, мікропроцесорної та обчислювальної техніки удосконалюють технологічний процес зварювання звільняючи людину від шкідливої та монотонної праці.

Цьому сприяє впровадження у виробництво роботизованих зварювальних комплексів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	6
1.1 Аналіз конструкції виробу	6
1.2. Характеристика матеріалу виробу	9
1.3. Характеристика проектного варіанту технологічного процесу .	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1 Розроблення варіанту удосконаленого ТП	12
2.2 Вибір способу зварювання	13
2.3 Вибір зварювальних матеріалів	14
2.4 Розрахунок режимів зварювання	18
2.5 Вибір зварювального та складального обладнання	30
2.6 Технологічний процес збирання виробу та контроль якості зварних з'єднань	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	47
3.1 Опис пристрою для формування кромки листів резервуара	47
3.2 Розрахунок міцності притискового ролика	48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .	51
4.1 Техніка безпеки при складанні та зварюванні резервуара РВС- 5 у середовищі вуглекислого газу (CO ₂)	51
4.2 Безпека життєдіяльності при зварюванні висотних конструкцій	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

Технологія збирання та зварювання, що застосовується в даний час резервуарів має низький рівень механізації складально-зварювальних операцій, а також високий рівень використання ручної праці, що в кінцевому підсумку проявляється невисокою продуктивністю праці, додатковими витратами, пов'язаними із забезпеченням належного рівня якості конструкції, і, що важливо, важкими умовами праці працівників підприємства.

У сучасних економічних умов для успішної конкурентної боротьби будь-якому підприємству необхідно, з одного боку, знижувати витрати на виробництво продукції, а з іншого – забезпечувати її високу якість, відповідне вимогам, що висуваються споживачами [1].

Для досягнення цих цілей при виконанні КРБ викристано технологію виробництва виробу, введено елементи механізації складально-зварювальних операцій.

Для цього було придбано допоміжне обладнання, що дозволяє механізувати найтрудомісткіші та найважчі складальні операції, а також вибрано обладнання для напівавтоматичної зварювання елементів резервуару.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції виробу

Резервуари вертикальні сталеві циліндричні призначені для прийому, зберігання, видачі нафтопродуктів та води, а також інших рідин у різних кліматичних умовах.

Резервуар вертикальний сталевий (РВС) складається з циліндричного корпусу, плоского днища та стаціонарного даху.

Також резервуари вертикальні РВС можуть виготовлятися з плаваючим дахом або понтоном. Плаваючий дах, що знаходиться всередині резервуару РВС на поверхні рідини, призначений для скорочення втрат її від випаровування та виключення можливості виникнення вибуху та пожежі. Резервуари вертикальні сталеві з плаваючим дахом повинні експлуатуватися без внутрішнього тиску та вакууму.

Резервуари відносяться до конструкцій, що працюють у складно-деформованому стані. Напружено-деформований стан конструктивних елементів сталевих вертикальних резервуарів викликається як дією гідростатичного навантаження, так і нерівномірними опадами основи. Як відомо, при тривалій експлуатації резервуарів з'являється осад основи, яка, як правило, буває нерівномірною по периметру та за площею днища. Це пояснюється різним ступенем ущільненості штучної основи або різною вологістю ґрунту та температурного режиму відтавання ґрунту з південної та північної сторін, нерівномірністю навантаження в середній частині основи та по периметру резервуара.

Велика нерівномірність перекосу між периферійною та центральною частинами днища, а також між окремими ділянками периферії викликає додаткові деформації та відповідні напруги, які в поєднанні з робочими напругами від експлуатаційних навантажень можуть досягати значень розрахункового або навіть тимчасового опору матеріалу конструкції, що у свою чергу може призвести до руйнування [1]. Найчастіше такі поломки, як:

- тріщини у місцях зварювання, що переходять на основне полотно;
- нерівності поверхні дна резервуара;
- порушення герметичності в місцях з'єднання матеріалів, поверхні днища та стін;
- деформація форми резервуара, поява вм'ятин та складок;
- поява іржі на стінках, дні та кришці резервуара;
- пошкодження окремих частин конструктивних елементів резервуару;
- зміна форми днища резервуара по всій площі.

Резервуар вертикальний сталевий РВС-5 являє собою зварну металеву конструкцію циліндричної форми, призначену для зберігання рідких продуктів. Резервуари даного типу широко застосовуються на промислових підприємствах, у сільському господарстві, нафтобазах, водоочисних спорудах та інших об'єктах, де необхідне короткочасне або тривале зберігання рідин.

РВС-5 належить до резервуарів малого об'єму і використовується для зберігання:

- технічної води;
- питної води;
- дизельного палива;
- мастильних матеріалів;
- рідких мінеральних добрив;
- інших неагресивних рідин.

Конструкція резервуара забезпечує необхідну міцність, герметичність та довговічність в умовах експлуатації.

Основними перевагами резервуара є:

- простота конструкції;
- висока герметичність;
- можливість механізованого виготовлення;
- зручність монтажу та обслуговування;
- ремонтпридатність;
- тривалий термін експлуатації;
- можливість роботи в складних кліматичних умовах.

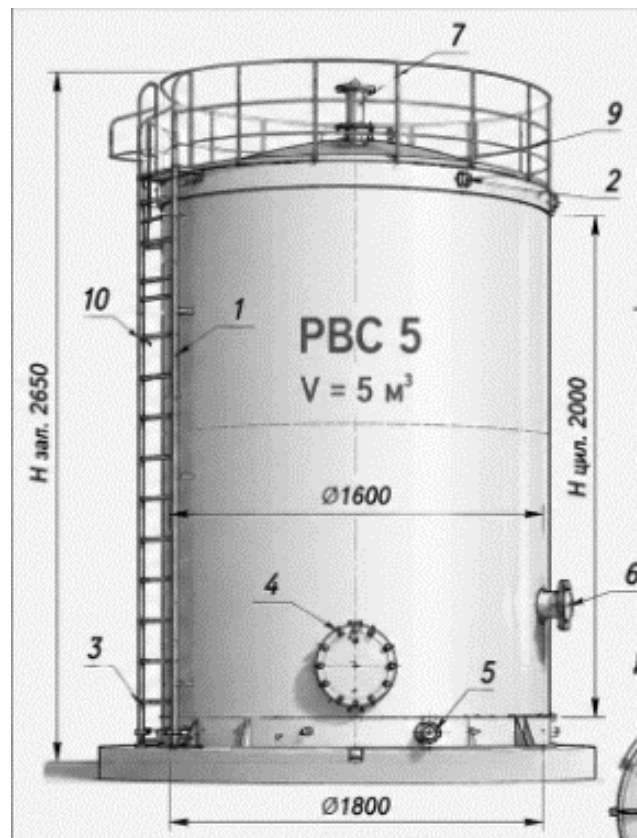


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд вертикального резервуару РВС-5: 1 – обичайка, 2 – днище, 3 – опорне кільце, 4 – люк, 5 –патрубок зливу, 6 – патрубок вхідний, 7 – люк покрівлі, 8 – огороження, 9 – драбина

Основними перевагами резервуара є:

- простота конструкції;
- висока герметичність;
- можливість механізованого виготовлення;
- зручність монтажу та обслуговування;
- ремонтпридатність;
- тривалий термін експлуатації;
- можливість роботи в складних кліматичних умовах.

Під час виготовлення резервуара необхідно забезпечити:

- точність геометричних розмірів;
- відсутність тріщин у зварних швах;
- відсутність пор, підрізів і непроварів;
- герметичність усіх з'єднань;
- відповідність вимогам проєктної документації.

Після завершення виготовлення резервуар підлягає візуально-вимірковальному контролю та гідравлічним випробуванням на герметичність.

Резервуар вертикальний сталевий РВС-5 є надійною зварною конструкцією для зберігання різних рідких продуктів. Використання сталі 09Г2С та зварювання в середовищі вуглекислого газу забезпечують високу міцність, герметичність і довговічність резервуара, що робить його ефективним для промислового та сільськогосподарського застосування.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Зварювання резервуарних конструкцій виконується автоматичним та напівавтоматичним зварюванням під флюсом, механізованим зварюванням у середовищі захисних газів, ручним дуговим зварюванням та ін.

Оболонка вертикальних резервуарів складається з окремих металевих листів, з'єднання яких повинні бути міцними та непроникними для рідин та газів.

Крім вертикальних циліндричних резервуарів, широко застосовуваних на базах довготривалого зберігання, на базових та видаткових складах пального та складах хімічних продуктів, а також на складах, використовуються для зберігання води, існують горизонтальні циліндричні резервуари.

Вертикальні та горизонтальні циліндричні резервуари мають плоский, конічний або сфероїдальний днище. Для продуктів, що зберігаються при значному надмірному тиску, наприклад зріджених газів, споруджують кульові резервуари [6].

Вертикальні сталеві резервуари, призначені для зберігання рідин, є циліндри, що вертикально стоять, обмежені знизу днищем, а зверху покрівлею, стаціонарним або плаваючим дахом. Днище вертикального резервуара, що лежить на ущільненій піщаній подушці, під впливом навантаження від рідини, відчуває порівняно невелику напругу. Товщина днища приймається виходячи з умов технології монтажно-зварювальних робіт, забезпечення довговічності резервуару та антикорозійної стійкості металу, з якого він виготовлений.

Витрата металу (віднесений до 1 м³ корисної ємності резервуару) на

виготовлення вертикальних циліндричних резервуарів низького тиску є найменшим порівняно з його витратою виготовлення резервуарів іншої форми.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 09Г2С

Марка	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
09Г2С	0,5÷0,8	1,3÷1,7	0,04	0,05	0,040	0,03	0,03	0,03	0,08

Покриття резервуару конічне з ухилом розпірної конструкції, збирається з 20 щитів, що спираються на стінку резервуара та центральне кільце. Між собою щити з'єднуються шляхом зварювання внахлост. Окрайки, стінка, центральна частина днища, дах виконаний із сталі 09Г2С, сходи та огорожі зі Ст3сп5.

1.3 Характеристика базового технологічного процесу

Для вертикальних циліндричних резервуарів характерна велика довжина зварних швів. Оскільки зварювальні роботи є тут основними, то вони і визначають технологію монтажу конструкції резервуара.

Методи спорудження резервуарів, що застосовуються в даний час виникли внаслідок пошуків оптимальної технології зварювальних робіт.

Найбільшого поширення в більшості країн набули два методи зведення резервуарів (назви цих методів пов'язані зі способом установки металевих листів у бічні поверхні): метод нарощування поясів та метод підрощування поясів.

Метод нарощування поясів особливо придатний за повної автоматизації зварювальних робіт, проте він застосовується також при ручному зварюванні корпусу резервуару. Складання стінки резервуара з окремих металевих листів відбувається на висоті. Зварювальні роботи захищають від атмосферних впливів лише за виконання автоматичної зварювання.

Цей метод використовують для спорудження резервуарів будь-якої місткості, переважно для резервуарів з плаваючими дахами. При застосуванні методу нарощування для монтажу резервуарів з нерухомими дахами виникає необхідність виконання конструкції даху на значній висоті.

Це особливо складно при спорудженні резервуарів великий місткості, отже, і великого діаметра.

Метод підрощування поясів вимагає одноразових капіталовкладень на закупівлю спеціального обладнання для підймання конструкції даху та верхніх поясів стінки. Перевагою цього є можливість монтажу цілої конструкції покриття та стінки резервуара на рівні землі.

Однак зварювальні роботи виконуються тут ручним або, у кращому разі, напівавтоматичним способом за відсутності захисту від атмосферних впливів. Зварювання резервуарних конструкцій виконується автоматичним та напівавтоматичним зварюванням під флюсом, механізованим зварюванням у середовищі захисних газів, ручним дуговим зварюванням та ін.

Оболонка вертикальних резервуарів складається з окремих металевих листів, з'єднання яких повинні бути міцними та непроникними для рідин та газів.

Крім вертикальних циліндричних резервуарів, широко застосовуваних на базах довготривалого зберігання, на базових та видаткових складах пального та складах хімічних продуктів, а також на складах, використовуються для зберігання води, існують горизонтальні циліндричні резервуари. Вертикальні та горизонтальні циліндричні резервуари мають плоский, конічний або сфероїдальний днище. Для продуктів, що зберігаються при значному надмірному тиску, наприклад зріджених газів, споруджують кульові резервуари [6]. Вертикальні сталеві резервуари, призначені для зберігання рідин, є циліндри, що вертикально стоять, обмежені знизу днищем, а зверху покрівлею, стаціонарним або плаваючим дахом. Днище вертикального резервуара, що лежить на ущільненій піщаній подушці, під впливом навантаження від рідини, відчуває порівняно невелику напругу. Товщина днища приймається виходячи з умов технології монтажно-зварювальних робіт, забезпечення довговічності резервуару та антикорозійної стійкості металу, з якого він виготовлений. Витрата металу на виготовлення вертикальних циліндричних резервуарів низького тиску є найменшою порівняно з його витратою виготовлення резервуарів іншої форми.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення варіанту удосконаленого ТП

Спосіб зварювання при розробці технології виготовлення потрібно вибирати таким чином, щоб він задовольняв усі вимоги, встановленим вихідними даними.

Якщо можна використовувати кілька способів, то остаточний вибір проводиться за результатами економічної оцінки.

Для цих видів сталей рекомендуються такі способи зварювання [9]:

- а) механізоване та автоматичне зварювання в захисних газах;
- б) в азоті електродним дротом діаметром 08-22 мм;
- в) автоматичне дугове зварювання під флюсом електродним дротом діаметром 1,6...5,0 мм;
- г) електрошлакове зварювання дротяними, пластинчастими та комбінованими електродами.

Вибираємо зварювання в середовищі двоокису вуглецю (CO_2), електродом, що плавиться.

Цей спосіб автоматичного зварювання характеризується такими факторами:

- а) є можливість вести механізоване та автоматичне зварювання в середовищі захисних газів;
- б) якщо у виробі є зварні шви довжиною більше 1 м, то можливість використання автоматичного зварювання дуже важлива;
- в) висока продуктивність;
- г) високі механічні властивості зварних з'єднань;
- д) менша схильність до утворення гарячих тріщин;
- ж) значне зменшення зварювальних бризок та скорочення витрат на зачищення виробу;
- з) менша собівартість зварювальних робіт порівнянно з іншими способами.

2.2 Вибір способу зварювання

Склад металу шва при зварюванні в захисних газах, електродом що плавиться визначається складом газу, складом електродного та основного металу, їх частками у металі шва та перебігом металургійних реакцій у зварювальній ванні.

Причини окислення та утворення пор при зварюванні у вуглекислому газі наступні. При зварюванні вуглекислий газ дисоціює в зоні дуги з утворенням атомарного кисню. Атомарний кисень окислює залізо та легуючі присадки, що містяться у сталі. Внаслідок цього метал зварювальної ванни насичується киснем, при цьому властивості металу погіршуються.

При охолодженні розплавленого металу вуглець, що міститься в сталі, окислюючись, сприятиме утворенню оксиду вуглецю. Газ CO, що утворюється при кристалізації металу шва, виділяється у вигляді бульбашок, частина з яких, не встигаючи виділитися, затримується у металі шва, утворюючи пори.

У тому ж випадку, якщо метал зварювального дроту легований Si і Mn, окиси заліза розкислюються не за рахунок вуглецю, а в основному за рахунок Si і Mn із зварювального дроту, таким чином, запобігається утворенню окису вуглецю при кристалізації та утворення пор.

Зварювання у вуглекислому газі виконують при постійному струмі. Сила струму залежить від діаметра та складу електрода та швидкості подачі електродного дроту, полярності, вильоту електрода та складу газу.

Хімічний склад дроту, мастило та забруднення, що знаходяться на дроті і металі, що зварюється, можуть впливати на силу струму, довжину дуги, напруга та характер процесу.

Допустимий виліт електрода залежить від діаметра, питомого електричного опору електрода та сили зварювального струму. Збільшення вильоту дозволяє підвищити коефіцієнт розплавлення електрода та зменшує глибину провару. Рід активного газу значно впливає на технологічні характеристики та форму проплавлення. Зі збільшення сили струму та зменшення діаметра електрода глибина проплавлення збільшується.

Нахил електрода кутом вперед і кутом назад до 30° не відбивається на характері протікання процесу. При великих кутах нахилу збільшується розбризкування. При зварюванні кутом вперед глибина провару трохи зменшується, а ширина шва збільшується. При цьому зварювання можна вести на підвищених швидкостях.

2.3 Вибір зварювальних матеріалів

При зварюванні в захисних газах електродний дріт є єдиним матеріалом, через який можна досить широких в межах змінювати склад та властивості металу шва. Склад металу шва вибирають близьким до складу основного металу, при цьому необхідні властивості металу одержують рахунок зварювального дроту. Зварювання ведуть дротом із підвищеним вмістом елементів – розкислювачів.

Вибираємо дріт Св-08Г2С-О. Для забезпечення аустенітної структури шва у практиці використовують зварювальні дроти марки Св-08Х20Н9Г7Т.

Дріт випускається діаметром від 0,3 до 12 мм. Він поставляється в мотках, упакованих у парафінований папір або поліетилен.

Св-08Г2С-О – це оміднений суцільний зварювальний дріт, який застосовується для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG). Даний дріт широко використовується при виготовленні та монтажі металоконструкцій, резервуарів, трубопроводів та будівельних конструкцій із низьковуглецевих і низьколегованих сталей. Ми використовуємо діаметр дроту 1,0 - 1,2 мм.

Основні переваги дроту Св-08Г2С-О:

1. Стабільне горіння дуги - оміднена поверхня забезпечує хороший електричний контакт та мінімізує перебої під час зварювання.
2. Висока якість шва - формує рівний та щільний шов, дає невелику кількість бризок металу.
3. Хороші механічні властивості - висока міцність та пластичність шва, стійкість до утворення тріщин.

4. Універсальність застосування – використовується для резервуарів, металоконструкцій, трубопроводів, будівельних конструкцій, машинобудування.

5. Зручність у роботі – добре подається через роликовий механізм напівавтомата, підходить для високошвидкісного зварювання.

Недоліки дроту Св-08Г2С-О:

1. Потребує використання захисного газу.
2. Чутливий до забруднення поверхні металу.
3. При неправильному зберіганні можливе окиснення дроту.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08Г2С-О

Марка дроту	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	S	P
Св-08Г2С-О	0,05÷0,11	0,7÷0,95	1,8÷2,1	0,2	0,25	0,05	≤0,025	≤0,03

Таблиця 2.2 – Механічні властивості наплавленого металу Св-08Г2С-О

Марка дроту	σ_b , МПа	σ , %	КCU, Дж/см ²	
			20° C	0° C
Св-08Г2С-О	510	24	86	-

Для зварювання вертикального сталевого резервуара дріт Св-08Г2С-О забезпечує герметичність швів, дозволяє виконувати довгі кільцеві та вертикальні шви, добре працює з напівавтоматом KEMPPI KPS 4500 MVU Weld Forge, забезпечує високу продуктивність монтажних робіт.

Усі зварювальні матеріали повинні відповідати вимогам стандартів та технічних умов, мати сертифікати підприємства виробника та зберігатися в опалювальному приміщенні при температурі не нижче плюс 15°C, розсортованими за марками. При цьому обов'язково службою зварювання монтажною організацією повинен бути виконаний вхідний контроль зварювальних матеріалів, що надходять, з обов'язковим випробуванням на ударний згин при негативній температурі. Поверхня дроту має бути чистою та гладкою, без тріщин і розшарування. На поверхні не допускається наявність технологічних мастил, за винятком слідів мильного мастила без графіту та сірки.

Перед застосуванням зварювальний дріт слід очищати від бруду, іржі, слідів технологічного та консервуючого мастила. Очищення проводити при перемотуванні та укладанні в касети зварювального напіваавтомата.

Упаковка та маркування дроту повинні відповідати вимогам. Кожна партія дроту повинна мати сертифікат виробника.

На мотках дроту мають бути заводські бирки. Застосування дроту, що не має сертифіката заводу-виробника або маркування на мотках, дозволяється тільки після проведення хімічного аналізу дроту та встановлення її марки.

Для захисту зварювальної дуги та зварювальної ванни використовується CO₂ вищого сорту, двоокис вуглецю газоподібний та рідкий.

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні показники CO₂

Найменування показника	Норма
Об'ємна частка двоокису вуглецю (CO ₂), % не менше	99,8
Масова концентрація мінеральних масел та механічних домішок, мг/кг, трохи більше	0,1
Масова концентрація водяної пари при температурі 20 °C та тиск 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м ³ , не більше, що відповідає температурі насичення двоокису вуглецю водяною парою при тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) при температурі 20 °C, не вище	0,037 - 48

Основним критерієм при виборі матеріалу є зварюваність.

При визначенні поняття зварюваності металів необхідно виходити їх фізичної сутності процесів зварювання та відношення до них металів. Процес зварювання – це комплекс декількох одночасно протікають процесів, основними з яких є: процес теплового впливу на металеві навколошовних зонах, процес плавлення, металургійні процеси, кристалізація металів у зоні сплавлення. Отже, під зварюваністю необхідно розуміти ставлення металів до цих основних процесів. Зварюваність металів розглядають з технологічної та фізичного погляду.

Тепловий вплив на метал у навколошовних ділянках та процес плавлення визначаються способом зварювання, його режимами. Відношення металу до конкретного способу зварювання та режиму прийнято вважати технологічною зварюваністю.

Фізична зварюваність визначається процесами, протікають у зоні сплавлення зварюваних металів, у яких утворюється нероз'ємне зварне з'єднання.

При різних способах зварювання спостерігається помітне окиснення компонентів сплавів. У сталі, наприклад, вигоряє вуглець, кремній, марганець окислюється залізо.

У зв'язку з цим визначення технологічної зварюваності зварного виробу має входити:

- а) визначення хімічного складу, структури та властивостей металу шва при тому чи іншому способі зварювання;
- б) оцінка структури та механічних властивостей навколошовної зони;
- в) оцінка схильності сталей до утворення тріщин, яка, однак, є не єдиним критерієм при визначенні технологічної зварюваності;
- г) оцінка окислів металів і щільності, що одержуються при зварюванні зварного з'єднання.

У середньому при зварюванні низьковуглецевих низьколегованих сталей CO_2 вміст водню в наплавленому металі коливається від 0,5 до $2 \cdot 10^{-5}$ м³/кг.

Зварювання у вуглекислому газі виконують на постійному струмі. Сила струму залежить від діаметра та складу електрода та швидкості подачі електродної дроту, полярності, вильоту електрода та складу газу.

Хімічний склад дроту, мастило та забруднення, що знаходяться на дроті і металі, що зварюється, можуть впливати на силу струму, довжину дуги, напруга та характер процесу.

Допустимий виліт електрода залежить від діаметра, питомого електричного опору електрода та сили зварювального струму. Збільшення вильоту дозволяє підвищити коефіцієнт розплавлення електрода та зменшує глибину провару.

Рід активного газу значно впливає на технологічні характеристики та форму проплавлення.

Зі збільшення сили струму та зменшення діаметра електрода глибина проплавлення збільшується.

2.4 Розрахунок режимів зварювання

Проведемо зображення режиму дугового зварювання у вуглекислому газі шва № 5 рис. 2.1є

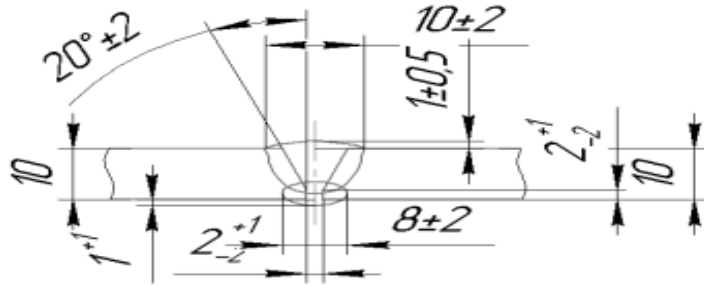


Рисунок 2.1 – Шов С21

Розрахунок сили зварювального струму.

Для зварювання в CO_2 :

$$I = (100 \div 120) \cdot d. \quad (2.1)$$

$$I_1 = 110 \cdot 1,2 = 132 \text{ A.}$$

Для кореневого проходу приймаємо:

$$I_1 = 140 \text{ A.}$$

Для заповнювальних шарів:

$$I = (220 \div 260) \cdot d. \quad (2.2)$$

Приймаємо:

$$I_2 = 240 \text{ A.}$$

Напруга дуги.

Для CO_2 :

$$U = 20 + 0,04 \cdot I. \quad (2.3)$$

$$U = 20 + 0,04 \cdot 240 = 29,6 \text{ В.}$$

Приймаємо:

$$U = 30 \text{ В.}$$

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Св-08Г2С Ø1,2 мм: при 240 А $V_{\text{др}} = 8,5 \text{ м/хв.}$

Швидкість зварювання для листа 10 мм $V_{зв} = 20 \div 30$ м/год.

Приймаємо $V_{зв} = 25$ м/год або $V_{зв} = 0,42$ м/хв.

Витрата захисного газу для дроту Ø1,2 мм: $Q = 15 \div 20$ л/хв.

Приймаємо: $Q = 18$ л/хв.

Кількість проходів.

Площа розкриття стику:

$$F = \frac{(B+b)}{2} \cdot h; \quad (2.4)$$

$$F = \frac{(8+2)}{2} \cdot 8 = 40 \text{ мм}^2.$$

Для одного проходу MAG: $I = (12 \div 15) \text{ мм}^2$.

Тоді

$$n = \frac{40}{15} = 2,7.$$

Приймаємо: $n = 3$

- 1 кореневий;
- 2 заповнювальні.

Погонна енергія зварювання

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I}{1000 \cdot V}; \quad (2.5)$$

$$q = \frac{60 \cdot 30 \cdot 240}{1000 \cdot 25} = 17,3 \text{ кДж/см.}$$

Таблиця 2.3 – Рекомендований режим зварювання

Прохід	Струм, А	Напруга, В	Швидкість подачі дроту, м/хв	Газ CO ₂ , л/хв
Кореневий	140–160	21–23	4,5–5,0	15
Заповнювальний №1	220–240	28–30	8,0–8,5	18
Заповнювальний №2	240–260	29–31	8,5–9,0	18

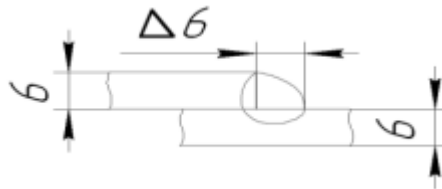


Рисунок 2.2 – Шов Н1

Визначення зварювального струму.

Для дроту Ø1,2 мм при виконанні кутового шва 6 мм:

$$I = (180 \div 220) \text{ А}; \quad (2.5)$$

$$I = 200 \text{ А.}$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 200 А: $U = 22 \div 26 \text{ В}; U = 24 \text{ В.}$

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,2 мм та струму 200 А: $V_{\text{др}} = 7 \div 9 \text{ м/хв}; V_{\text{др}} = 8 \text{ м/хв.}$

Швидкість зварювання.

Для кутового шва катетом 6 мм:

$$V_{\text{зв}} = 20 \div 30 \text{ м/год}; \quad (2.6)$$

$$V_{\text{зв}} = 25 \text{ м/год, або } V_{\text{зв}} = 0.42 \text{ м/хв.}$$

Витрата вуглекислого газу.

Для дроту Ø1,2 мм: $Q_{\text{co2}} = 12 \div 16 \text{ л/хв}; Q_{\text{co2}} = 14 \text{ л/хв.}$

Таблиця 2.4 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Процес зварювання	MAG 135
Дріт	СВ-08Г2С-О
Діаметр дроту	1,2 мм
Струм	220 А
Напруга	29 В
Подача дроту	7,8 м/хв
Швидкість зварювання	30 м/год
Витрата CO ₂	14 л/хв
Катет шва	6 мм
Кількість проходів	1
Погонна енергія	12,8 кДж/см

Визначення зварювального струму.

Для дроту Ø1,2 мм при виконанні кутового шва 6 мм:

$$I = (180 \div 240) \text{ A}; \quad (2.7)$$

$$I = 220 \text{ A}.$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 200 А: $U = 24 \div 28 \text{ В}; U = 26 \text{ В}.$

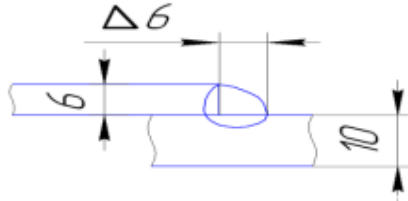


Рисунок 2.3 – Шов Н1

Визначення зварювального струму.

Для дроту Ø1,2 мм при виконанні кутового шва 6 мм:

$$I = (180 \div 240) \text{ A}; \quad (2.8)$$

$$I = 220 \text{ A}.$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 200 А: $U = 24 \div 28 \text{ В}; U = 26 \text{ В}.$

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,2 мм та струму 200 А: $V_{\text{др}} = 8,8 \text{ м/хв};$

Швидкість зварювання.

Для кутового шва катетом 6 мм:

$$V_{\text{зв}} = 20 \div 30 \text{ м/год}; \quad (2.9)$$

$$V_{\text{зв}} = 27 \text{ м/год, або } V_{\text{зв}} = 0.45 \text{ м/хв}.$$

Витрата вуглекислого газу.

Для дроту Ø1,2 мм:

$$Q_{\text{co2}} = 14 \div 18 \text{ л/хв}; Q_{\text{co2}} = 16 \text{ л/хв}.$$

Коефіцієнт корисної дії дуги: $\eta = 0,8.$

Погонна енергія:

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{1000 \cdot V}; \quad (2.10)$$

$$q = \frac{60 \cdot 26 \cdot 220 \cdot 0,8}{1000 \cdot 27} = 10,17 \text{ кДж/см.}$$

$$P = U \cdot I; \quad (2.11)$$

$$P = 27 \cdot 220 = 5720 \text{ Вт} = 5,72 \text{ кВт.}$$

Таблиця 2.5 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Марка дроту	Св-08Г2С
Діаметр дроту	1,2 мм
Зварювальний струм	220 А
Напруга дуги	26 В
Швидкість подачі дроту	8,8 м/хв
Швидкість зварювання	27 м/год
Витрата СО ₂	16 л/хв
Полярність	Зворотна
Потужність дуги	5,72 кВт
Погонна енергія	10,17 кДж/см
Катет шва	6мм

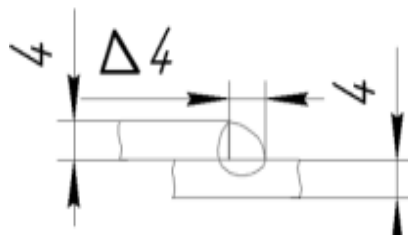


Рисунок 2.4 – Шов Н1

Визначення зварювального струму.

Для дроту Ø1,0 мм при виконанні кутового шва 6 мм:

$$I = (140 \div 180) \text{ А}; \quad (2.11)$$

$$I = 160 \text{ А.}$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 200 А: $U = 20 \div 24$ В; $U = 22$ В.

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,0 мм та струму 200 А: $V_{др} = 6,5$ м/хв.

Швидкість зварювання.

Для кутового шва катетом 6 мм: $V_{зв} = 30 \div 40$ м/год; $V_{зв} = 35$ м/год, або $V_{зв} = 0,58$ м/хв.

Витрата вуглекислого газу.

Для дроту Ø1,2 мм: $Q_{co2} = 10 \div 14$ л/хв; $Q_{co2} = 12$ л/хв;

$$P = U \cdot I; \quad (2.12)$$

$$P = 22 \cdot 160 = 3520 \text{ Вт} = 3,52 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії дуги:

$$\eta = 0,8.$$

Погонна енергія:

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{1000 \cdot V}; \quad (2.13)$$

$$q = \frac{60 \cdot 22 \cdot 160 \cdot 0,8}{1000 \cdot 35} = 10,17 \text{ кДж/см.}$$

Таблиця 2.6 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Катет шва	6 мм
Товщина деталей	6 + 10 мм
Марка дроту	Св-08Г2С
Діаметр дроту	1,2 мм
Зварювальний струм	220 А
Напруга дуги	26 В
Швидкість подачі дроту	8,8 м/хв
Швидкість зварювання	27 м/год
Витрата CO ₂	16 л/хв
Полярність	Зворотна
Потужність дуги	5,72 кВт
Погонна енергія	10,17 кДж/см

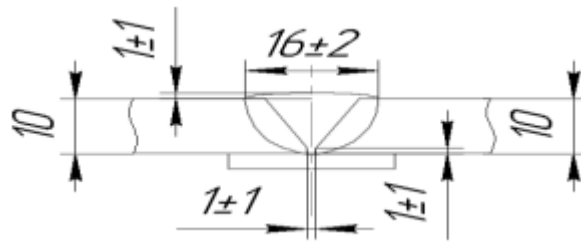


Рисунок 2.5 – Шов С19

Визначення зварювального струму.

Для стикового шва товщиною 10 мм при зварюванні в кілька проходів:

$$I = (220 \div 280) \text{ А}; \quad (2.14)$$

$$I = 250 \text{ А.}$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 250 А: $U = 26 \div 30 \text{ В}; U = 28 \text{ В.}$

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,2 мм і струму 250 А: $V_{\text{др}} = 10,0 \text{ м/хв.}$

Швидкість зварювання.

Для стикового шва товщиною 10 мм:

$$V_{\text{зв}} = 20 \div 25 \text{ м/год}; \quad (2.15)$$

$$V_{\text{зв}} = 22 \text{ м/год, або } V_{\text{зв}} = 0.37 \text{ м/хв.}$$

Витрата вуглекислого газу.

Для дроту Ø1,2 мм: $Q_{\text{co2}} = 14 \div 18 \text{ л/хв}; Q_{\text{co2}} = 16 \text{ л/хв.}$

Для товщини 10 мм та V-подібної розробки:

- Кореневий прохід – 1;
- Заповнювальні проходи – 2;
- Облицювальний прохід – 1.

Загалом: $n = 4$ проходи.

Потужність дуги

$$P = U \cdot I; \quad (2.16)$$

$$P = 28 \cdot 250 = 7000 \text{ Вт} = 7,0 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії дуги: $\eta = 0,8.$

Погонна енергія:

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{1000 \cdot V}; \quad (2.17)$$

$$q = \frac{60 \cdot 28 \cdot 250 \cdot 0,8}{1000 \cdot 22} = 15,27 \text{ кДж/см.}$$

Таблиця 2.7 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Діаметр дроту	1,2 мм
Зварювальний струм	250 А
Напруга дуги	28 В
Швидкість подачі дроту	10 м/хв
Швидкість зварювання	22 м/год
Витрата CO ₂	16 л/хв
Кількість проходів	4
Полярність	Зворотна
Потужність дуги	7,0 кВт
Погонна енергія	15,27 кДж/см

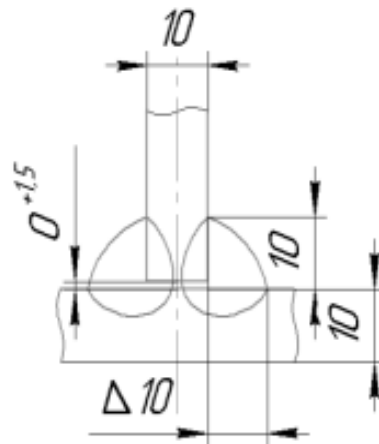


Рисунок 2.6 – Шов ТЗ

Визначення зварювального струму.

Для кутового шва з катетом 10 мм:

$$I = (260 \div 320) \text{ А}; \quad (2.18)$$

$$I = 280 \text{ А.}$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 280 А: $U = 28 \div 32$ В; $U = 30$ В.

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,2 мм і струму 280 А: $V_{др} = 11,5$ м/хв.

Швидкість зварювання.

Для кутового шва катетом 10 мм:

$$V_{зв} = 16 \div 20 \text{ м/год}; \quad (2.19)$$

$$V_{зв} = 20 \text{ м/год, або } V_{зв} = 0.33 \text{ м/хв.}$$

Витрата вуглекислого газу.

Для дроту Ø1,2 мм: $Q_{co2} = 16 \div 20$ л/хв; $Q_{co2} = 18$ л/хв.

Для шва катетом 10 мм рекомендується багатошарове зварювання:

- 1 кореневий прохід;
- 2 заповнювальні проходи;
- 1 облицювальний прохід.

Загалом: $n = 4$ проходи

Потужність дуги

$$P = U \cdot I; \quad (2.20)$$

$$P = 30 \cdot 280 = 8400 \text{ Вт} = 8,4 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії дуги: $\eta = 0,8$.

Погонна енергія:

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{1000 \cdot V}; \quad (2.21)$$

$$q = \frac{60 \cdot 30 \cdot 280 \cdot 0,8}{1000 \cdot 20} = 20,16 \text{ кДж/см.}$$

Таблиця 2.8 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Тип з'єднання	Таврове
Товщина деталей	10 + 10 мм
Катет шва	10 мм
Погонна енергія	20,16 кДж/см

Марка дроту	СВ-08Г2С
Діаметр дроту	1,2 мм
Зварювальний струм	280 А
Напруга дуги	30 В
Швидкість подачі дроту	11,5 м/хв
Потужність дуги	8,4 кВт

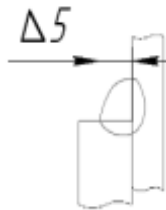


Рисунок 2.7 – Шов У4

Визначення зварювального струму.

Для дроту Ø1,0 мм:

$$I = (150 \div 190) \text{ А}; \quad (2.22)$$

$$I = 180 \text{ А.}$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 280 А: $U = 22 \div 25 \text{ В}; U = 24 \text{ В.}$

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,0 мм та струму 180 А: $V_{\text{др}} = 7,5 \text{ м/хв.}$

Швидкість зварювання.

Для кутового шва катетом 5 мм:

$$V_{\text{зв}} = 28 \div 35 \text{ м/год}; \quad (2.23)$$

$$V_{\text{зв}} = 30 \text{ м/год, або } V_{\text{зв}} = 0,50 \text{ м/хв.}$$

Витрата вуглекислого газу: $Q_{\text{co2}} = 12 \div 14 \text{ л/хв}; Q_{\text{co2}} = 13 \text{ л/хв.}$

Потужність дуги

$$P = U \cdot I; \quad (2.24)$$

$$P = 24 \cdot 180 = 4320 \text{ Вт} = 4,34 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії дуги: $\eta = 0,8.$

Погонна енергія:

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{1000 \cdot V}; \quad (2.25)$$

$$q = \frac{60 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 0,8}{1000 \cdot 20} = 6,91 \text{ кДж/см.}$$

Таблиця 2.9 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Діаметр дроту	1,0 мм
Зварювальний струм	180 А
Напруга дуги	24 В
Швидкість подачі дроту	7,5 м/хв
Швидкість зварювання	30 м/год
Витрата CO ₂	13 л/хв
Полярність	Зворотна
Потужність дуги	4,32 кВт
Погонна енергія	6,91 кДж/см
Катет шва	5 мм

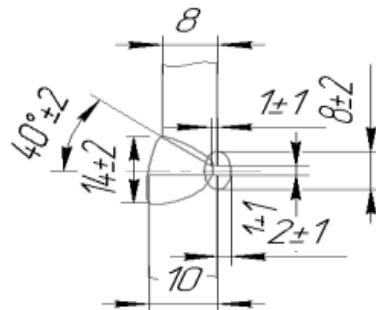


Рисунок 2.8 – Шов С12

Визначення зварювального струму.

Для дроту Ø1,0 мм:

$$I = (140 \div 180) \text{ А}; \quad (2.26)$$

$$I = 170 \text{ А}$$

Визначення напруги дуги.

Для струму 170 А: $U = 21 \div 24 \text{ В}; U = 23 \text{ В.}$

Швидкість подачі дроту.

Для дроту Ø1,0 мм та струму 170 А: $V_{др} = 7,0$ м/хв.

Швидкість зварювання.

Для кутового шва катетом 5 мм:

$$V_{зв} = 32 \div 40 \text{ м/год}; \quad (2.27)$$

$$V_{зв} = 36 \text{ м/год або } V_{зв} = 0,60 \text{ м/хв.}$$

Витрата вуглекислого газу: $Q_{co2} = 10 \div 14$ л/хв; $Q_{co2} = 12$ л/хв.

Потужність дуги.

$$P = U \cdot I; \quad (2.28)$$

$$P = 23 \cdot 170 = 3910 \text{ Вт} = 3,91 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії дуги: $\eta = 0,8$.

Погонна енергія:

$$q = \frac{60 \cdot U \cdot I \cdot \eta}{1000 \cdot V}; \quad (2.29)$$

$$q = \frac{60 \cdot 23 \cdot 170 \cdot 0,8}{1000 \cdot 36} = 5,31 \text{ кДж/см.}$$

Таблиця 2.10 – Рекомендований режим зварювання

Параметр	Значення
Діаметр дроту	1,0 мм
Зварювальний струм	170 А
Напруга дуги	23 В
Швидкість подачі дроту	7,0 м/хв
Швидкість зварювання	36 м/год
Витрата CO ₂	12 л/хв
Полярність	Зворотна
Потужність дуги	3,91 кВт
Погонна енергія	5,21 кДж/см
Товщина деталей	10+8 мм

У результаті виконаних розрахунків були визначені оптимальні режими механізованого дугового зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO₂) для різних типів зварних з'єднань із низьколегованої конструкційної сталі 09Г2С.

Розрахунки виконані для кутових, таврових та стикових швів із різною товщиною елементів і розмірами катетів шва.

На основі аналізу геометричних параметрів з'єднань було обрано зварювальний дріт Св-08Г2С діаметром 1,0–1,2 мм, який забезпечує необхідні механічні властивості металу шва та високу стабільність процесу зварювання. Для кожного з'єднання визначено оптимальні значення сили зварювального струму, напруги дуги, швидкості подачі дроту, швидкості зварювання та витрати захисного газу.

Встановлено, що для виконання швів із катетом 4–6 мм доцільно застосовувати струм 160–220 А та напругу дуги 22–26 В, а для більш масивних з'єднань із катетом 10 мм або стикових швів товщиною 10 мм – струм 250–280 А і напругу 28–30 В. Витрата вуглекислого газу залежно від режиму становить 12–18 л/хв, що забезпечує надійний захист зварювальної ванни від впливу атмосферного повітря.

Розраховані режими дозволяють отримати якісне формування швів, достатню глибину проплавлення основного металу, відсутність непроварів, підрізів та інших дефектів. Обрані параметри відповідають технологічним вимогам до виготовлення зварних конструкцій із сталі 09Г2С та забезпечують високу продуктивність процесу при збереженні необхідних показників міцності, пластичності й надійності зварних з'єднань.

Отже, розраховані режими дугового зварювання у середовищі CO₂ можуть бути рекомендовані для практичного застосування під час виготовлення та монтажу металоконструкцій, резервуарів та інших відповідальних виробів зі сталі 09Г2С.

2.5 Вибір зварювального та складального обладнання

На майданчику монтажу резервуару сталевого вертикального використовується зварювального напівавтомата KPS 4500 MVU Weld Force

Кемпі – серія міцних напівавтоматів Weld Force MIG/MAG для високопродуктивного зварювання у складних польових умовах.

Установки забезпечені надійним дротяним механізмом, і укладають у собі останню зварювальну технологію із цифровим керуванням.



Рисунок 2.9 – Схема підключення

Характеристики дуги апаратів Weld Force MIG/MAG відображають багатосторонність установок та широкі можливості управління зварювальним процесом. Модульна структура установок дозволить вибрати комплекти, за індивідуальними вимог.

Нові дротяні пристрої серії Weld Force представляють новий рівень дизайну та конструкції. Удароміцні поліетиленові каркаси Кемппі забезпечують максимальний захист. Установки Weld Force дозволяють використовувати широкий вибір присадних матеріалів та захисних газів, а також точне регулювання дуги для різних робіт.

Weld Force має можливість регулювання початку та кінця зварювання; гарячий пуск, наростання струму на початку та заварка кратера в кінці, що створює зручність при високому темпі роботи та часті зміни типу шва. Weld Force Synergic дозволяє застосування 46-ти синергетичних програм, та канали пам'яті гарантують збереження комбінацій оптимальних зварювальних параметрів [21].

Переваги зварювального напівавтомата KEMPPi KPS 4500 MVU Weld Force:

1. Висока продуктивність:
 - Напівавтомат MIG/MAG забезпечує швидке виконання довгих кільцевих і вертикальних швів резервуара.

- Підходить для великих обсягів монтажних робіт.
- 2. Цифрове керування процесом
 - Точне налаштування параметрів струму, напруги та подачі дроту.
 - Стабільна дуга та якісне формування шва.
- 3. Синергетичні програми
 - Наявність 46 готових режимів зварювання.
 - Автоматичний підбір параметрів під тип металу, дроту і газу.
 - Зменшує ймовірність помилок оператора.
- 4. Функція “гарячий старт”
 - Полегшує запалювання дуги.
 - Покращує якість початку шва.
- 5. Заварювання кратера
 - Плавне завершення шва без утворення дефектів та тріщин.
- 6. Надійний механізм подачі дроту
 - 4-роликовий привід забезпечує рівномірну подачу дроту.
 - Особливо важливо при довгих кабелях на монтажному майданчику.
- 7. Модульна конструкція
 - Можливість комплектування обладнання під різні задачі.
 - Зручне технічне обслуговування.
- 8. Універсальність
 - Працює з різними матеріалами:
 - вуглецева сталь;
 - нержавіюча сталь;
 - алюміній.
 - Можливість використання різних захисних газів.
- 9. Мобільність
 - Колісна платформа полегшує переміщення обладнання по монтажному майданчику.

Недоліки обладнання KEMPPI KPS 4500 MVU Weld Force

1. Висока вартість
 - Обладнання професійного класу має значну ціну.

- Дорогі комплектуючі та сервісне обслуговування.
- 2. Потреба у кваліфікованому персоналі
 - Для повного використання функцій потрібен досвідчений зварник.
- 3. Залежність від якості електроживлення
 - При нестабільній напрузі можливі перебої роботи без додаткового захисту.
- 4. Чутливість до забруднення
 - Пил, волога та металеві частинки можуть впливати на електроніку.
- 5. Великі габарити
 - Хоч установка мобільна, але для роботи на висоті або у вузьких місцях може бути незручною.
- 6. Необхідність захисного газу
 - Потрібні балони з газом та додаткові витрати на їх транспортування і заправку.
- 7. Витрати на витратні матеріали
 - Постійна потреба у:
 - зварювальному дроті;
 - контактних наконечниках;
 - соплах;
 - захисному газі.

Технологічні рекомендації до зварювання вертикального резервуара напівавтоматом KEMPPI KPS 4500 MVU Weld Force

1. Підготовка металу до зварювання: перед складанням кромки деталей очистити від іржі, окалини, мастила, вологи, бруду та фарби.

2. Кромки під стикові шви виконувати Х-подібними або V-подібними залежно від товщини металу. Забезпечити: зазор між кромками 2–3 мм, притуплення 1–2 мм.

3. Зварювання виконувати багатошаровим способом. Дотримуватись послідовності накладання швів для зменшення внутрішніх напружень. Кільцеві шви виконувати рівномірно по всьому периметру. Вертикальні шви зварювати знизу вгору. Для товстих металів рекомендується попередній підігрів до 120 °С.

4. Використовувати функцію «Гарячий старт» — для стабільного запалювання дуги, плавне наростання струму, заварювання кратера в кінці шва. Застосовувати синергетичні програми для автоматичного підбору параметрів.

5. Зварювання виконувати при температурі навколишнього середовища не нижче $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. При низьких температурах використовувати локальний підігрів зони зварювання. Міжшарова температура повинна бути не більше $250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 2.10 – Технологічний процес зварювання вертикального



резервуара

Додатково пропонуємо використати зварювальну каретку Profsvag для механізації процесу зварювання вертикальних та кільцевих швів резервуара під час монтажу сталевих конструкцій. Каретка забезпечує рівномірне переміщення зварювального пальника вздовж шва та стабільну якість зварного з'єднання. Основне призначення каретки Profsvag – це автоматизація процесу зварювання. Каретка автоматично переміщує пальник уздовж стику, що дозволяє зменшити ручну працю зварника, підвищити продуктивність, забезпечити рівномірне формування шва.

При монтажі стінки резервуара Profsvar застосовується для зварювання вертикальних стикових швів, стабільного переміщення пальника знизу вверх, підтримання постійної швидкості зварювання. Це особливо важливо при великій висоті резервуара.



Рисунок 2.11 – Каретка Profsvar

Каретка використовується для зварювання стиків поясів резервуара, рівномірного проходження по колу, забезпечення однакової глибини провару по всьому периметру.



Рисунок 2.12 – Схема руху каретки Profsvar

Застосування каретки дозволяє зменшити кількість дефектів, уникнути підрізів та непроварів, забезпечити стабільну ширину шва, покращити герметичність резервуара.

Каретка працює спільно з напівавтоматом KEMPPi KPS 4500 MVU Weld Force, що дозволяє підтримувати стабільну довжину дуги, забезпечити рівномірну подачу дроту, реалізувати синергетичні режими зварювання.

При зварюванні вертикального сталевго резервуара каретка Profsva встановлюється на напрямну або магнітну основу, переміщується вздовж стику автоматично, забезпечує точне позиціонування пальника, що дозволяє виконувати довгі безперервні шви високої якості.



Рисунок 2.13 – Послідовність виконання робіт з використанням каретки Profsva

Використання зварювальної каретки Profsva при монтажі вертикального сталевго резервуара дозволяє значно підвищити продуктивність та якість зварювання, забезпечити стабільність технологічного процесу і зменшити ймовірність виникнення дефектів у зварних швах.

2.6 Технологічний процес збирання виробу та контроль якості зварних з'єднань

При підготовці конструкції до збирання у базовому варіанті необхідно проводити механічне оброблення кромки, і очищати від набризкування метал біля зони зварювання, що повністю виключається в проектованій технології внаслідок застосування спеціальних захисних покриттів.

Складання резервуару ділиться на три основні етапи:

- перший – збирання крайок та днища;
- другий – складання стінки;
- третій – складання даху.



Рисунок 2.14 – Етапи складання резервуару

Залежно від складності виготовлення конструкції розрізняють три технологічні схеми виготовлення зварних конструкцій [6]:

1. Складання всього виробу з подальшим виконанням усіх швів.
2. Окреме складання та зварювання кожного вузла, а потім послідовне збирання та приварювання вузлів.
3. Послідовне складання та зварювання виробу.

За першою схемою виріб повністю збирається на прихватках, потім послідовно виконуються усі зварні шви.

Друга схема полягає в повузловому, тобто спочатку виготовляються всі вузли та складальні одиниці виробу, а потім послідовно збираються і приварюються один до одного.

Третя технологічна схема комбінована. Вона поєднує у собі першу та другу схеми. За цією схемою виготовляють усі вузли, збирають, щоб забезпечити подальше виконання всіх зварних швів, потім приварюються всі інші шви.

На практиці використовують переважно послідовну збирання та зварювання резервуара.

1. Розмітка основи днища. Розмітку основи днища роблять після приймання основи-фундаменту таким чином.

За допомогою штиря вбитого в основу в центрі резервуара, репера та

рулетки наносять на основа резервуару металевою рисою дві кільцеві риси - контрольна для монтажу забарвлень та риска передніх кромки забарвлень.

2. Підготовчі роботи. Складання днища можна починати після приймання основи-фундаменту та розмітки на підставі кільцевих рисок.

На монтажному майданчику до початку монтажу проводять наступні роботи:

- перевірка відповідності геометричних розмірів забарвлень проектними чистота кромки під зварювання;
- на обох торцевих кромках кожного краю приварюють по дві складальні шайби під скобу С1;
- на одній торцевій кромці кожного краю знаходиться підкладка під стик.

Ці кромки поставляються із заводу відразу з підкладками.

Зміщення кромки не повинно перевищувати $1\pm 0,5$ мм при щільності прилягання до підкладних смуг із зазором не більше 0,5 мм. Вм'ятини на краю, в зоні розташування стінки, що не допускаються.

3. Монтаж окрайок. Монтаж окрайок здійснюється від осі IV у бік осі I (від осі IV до осі III) з використанням крана.

Розкласти окрайки по рисці та зібрати їх встик на залишковій підкладці з клиноподібним зазором, що розширюється у напрямку до центру резервуара, для запобігання закриття зазору від усадки при зварюванні стінки з краями днища.

Заварити стики між краями. Зварювання окрайок ведуть 4 зварювальники, рівномірно розташованих протилежно по колу та стиків, що переміщуються в міру зварювання в одному напрямку.

Перевірити якість заварених ділянок зварних швів околиць днища від зовнішньої кромки радіографією обсягом 100 %.

4. Підготовка до встановлення рулонів днища.

Винести за допомогою сталевих штирів та дроту на краю контрольні риси головних осей резервуара та зафіксувати їх яскравою олійною фарбою.

5. Порядок робіт зі збирання днища. Встановити рулон на основу резервуара у вертикальне положення, при цьому початкова ділянка полотнища повинна бути притиснута до днища рулоном.

6. Піднімання рулону стінки у вертикальне положення.

7. Підйом рулону.

8. Монтаж центральної стійки. Провести складання стійки на зварювальному майданчику:

- встановити центральне кільце у зборі з фланцем, при цьому зазор між ребрами стійки та патрубком центрального кільця повинен бути не більше 3÷4 мм;

- встановити сходи: приварити до центрального кільця кронштейна для кріплення схилів, при цьому один з кронштейнів приварити під однією з вертикальних пластин центрального кільця, розташованої біля встановлених сходів;

- встановити на центральному кільці тимчасову огорожу;

9. Розгортання рулону стінки:

- приварити на днищі по кільцевій рисці R1;

- встановити рулон на днище так, щоб після зрізання утримуючих планок вертикальна кромка розташовувалася згідно з розміткою;

- до зрізання утримуючих планок для запобігання мимовільного розпушування рулон обмотати кількома витками каната;

- для зрізання утримуючих планок навісити на рулон навісну драбину з боку протилежної кромки полотнища, що звільняється, останні планки зрізати стоячи на днищі з протилежної сторони розгортання;

- послаблюючи напругу каната дати можливість рулону розправитися не більш як на 30% від діаметра рулону;

- закріпити початкову ділянку полотнища до днища приварюванням косинки на відстані 1500 мм від вертикальної кромки;

- перевірити вертикальність кромки полотнища по схилу, закріпленому до труби жорсткості та зафіксувати полотнище в цьому положенні трьома розпірками;

- між рулоном і полотнищем встановити клиновий упор, а потім встановити монтажну стійку;

- у міру розгортання полотнища робити прихватку стінки до днища (у

місцях нещільного прилягання стінки до обмежувальних куточків зробити притискання за допомогою клина або рейкового домкрата) та встановлення щитів покриття;

- після встановлення початкового щита розгорнути наступну ділянку полотнища, повторюючи вищезгадані операції, зварювання упорного шва.

10. Монтаж щитів покриття. На кожному щиті вздовж периферійної кромки встановити ділянку проектного огородження. Приварити вершину щита до центрального щита. Зробити стикування щита зі стінкою на всьому периметрі щита. Закінчити приварювання щита до стінки.

11. Монтаж проміжних щитів. Перемістити монтажну стійку для встановлення наступного щита.

12. Формоутворення кінців полотнища стінки резервуара. Формоутворення підлягає нижній кінець стінки резервуара, що має товщину понад 7 мм. Кінцеву кромку полотнища правити аналогічно. При цьому необхідно відтягнути та закріпити початкову кромку полотнища канатом до якір.

13. Замикання вертикального стику. Замикання вертикального стику проводити тільки після правки суміжних кінців полотнищ послідовності. Виконати складання стику на стяжних пристосуваннях, а потім зварювання. До демонтажу стійки приступити тільки після повного зварювання покриття.



Рисунок 2.15 – Прслідовність складання та зварювання вертикального резервуара RBC-5



Рисунок 2.16 – Технологічна схема виготовлення зварної конструкції

14. Для забезпечення високої якості зварних швів резервуару необхідно проводити контроль якості робіт на всіх операціях:

1. Вхідний контроль матеріалу.
2. Підготовка з'єднань під зварювання.
3. Виконання процесу зварювання.
4. Дотримання технологічних рекомендацій щодо збирання та зварювання.

Якість виконаних зварних швів перевіряють такими способами:

- 1) зовнішнім оглядом та вимірюванням швів;
- 2) радіографічний контроль вертикальних і горизонтальних швів;
- 3) контроль вакуумуванням.

Візуальний та вимірний контроль матеріалів на стадії вхідного

контролю виконують при надходженні матеріалу (напівфабрикатів, заготовок, деталей) до організації з метою підтвердження його відповідності вимогам стандартів, конструкторської документації та правил.

Візуальний та вимірювальний контроль матеріалів на стадії вхідного контролю, виготовлення деталей та складальних одиниць та при підготовці їх до складання проводять з метою виявлення деформацій, поверхневих тріщин, розшарування, заходу сонця, вибоїн, рисок, раковин та інших несплошностей; перевірки геометричних розмірів заготовок, напівфабрикатів та деталей; перевірки допустимості виявлених деформацій та поверхневих нерівностей.

Візуальний та вимірювальний контроль виготовлення деталей та складальних одиниць, підготовки їх до збирання та зварювання виконують з метою підтвердження відповідності якості їх виготовлення та підготовки вимогам робочих креслень, технології виготовлення, та іншої виробничо-технологічної документації.

Візуальний та вимірювальний контроль при збиранні зварюваних елементів проводять з метою виявлення та перевірки забезпечення допустимих розмірів зазорів, зсувів кромок, форми і розмірів кромок та геометричного положення осей та поверхонь зібраних елементів.

Візуальний та вимірювальний контроль якості зварних з'єднань у процесі зварювання та готового зварного з'єднання виконують з метою підтвердження їх відповідності вимогам конструкторської документації.

Зовнішнім оглядом перевіряють якість підготовки та збирання заготовок під зварювання, виконання швів у процесі зварювання та готових зварних швів.

При візуальному та вимірювальному контролі зварних з'єднань контрольована зона повинна включати поверхню металу шва, а також ділянки матеріалу, що примикають до нього, в обидві сторони від шва шириною: не менше 5 мм – для стикових з'єднань, виконаних дуговою та електронно-променевим зварюванням, не менше 5 мм (незалежно від номінального товщини зварних деталей) – для кутових, таврових, торцевих і нахлесткових зварних з'єднань та з'єднань вварювання труб у трубні дошки, виконаних дуговим та електроннопроменевим зварюванням.

Дефекти, виявлені при візуальному та вимірювальному контролі, повинні

бути усунені до виконання наступної технологічної операції або до прийняття об'єкта контролю. Якщо дефекти, виявлені при візуальному та вимірювальному контролі, не перешкоджають подальшого застосування інших видів (методів) неруйнівного контролю, ці дефекти можуть бути усунені після завершення контролю іншими видами (методами) контролю.

Зовнішнім оглядом контролюються всі зварні шви незалежно від застосування інших методів контролю.

Для перевірки правильності форми та геометричних розмірів виробу, а також розмірів зварного шва та виявлення зовнішніх дефектів застосовують наступні інструменти:

- штангенциркуль двосторонній із глибиноміром;
- лінійка вимірювальна металева;
- рулетка в закритому корпусі самозгортна;
- лупа вимірювальна;
- набір щупів № 1, 2, 3;
- Зразок шорсткості.

Радіаційний метод контролю, а саме рентгенографія заснована на зміні рентгенівського випромінювання внаслідок втрати частини енергії при проходженні матеріалу залежно від його щільності та товщини.

Оптична щільність почорніння рентгенографічної плівки залежить від дози іонізуючого випромінювання, тому вона більша на ділянках, перекритими менш щільними місцями об'єкта, що контролюється. Це можуть бути пори, шлакові та окисні включення та інші дефекти.

Вакуумний метод полягає у наступному. Ділянка, що перевіряється зварного з'єднання змочують мильним розчином і на нього встановлюють вакуум-камеру. Верх камери зроблений з плексигласу, а за контуром нижньої частини прикріплено прокладку з м'якої гуми.

За допомогою вакуум-насоса у камері створюється розрідження, внаслідок чого вона щільно по гумовому контуру прокладки притискається атмосферним тиском виробу.

Завдяки створеній різниці тисків по обидва боки ділянки зварного

з'єднання атмосферне повітря проникає через нещільність шва в вакуум-камеру, при цьому з'являються мильні бульбашки, видимі через прозору частину камери. Місця нещільності відзначають крейдою на металі поряд із камерою. Виявлені дефекти усувають, після чого ці місця повторно випробовують.

Вакуумний метод дозволяє виявити окремі пори діаметром до $0,004 \div 0,005$ мм, а продуктивність при його використанні досягає 40 ± 60 м зварних швів за годину [20].

Однак у даного методу контролю існує низка недоліків що перешкоджають його використанню:

- суб'єктивність оцінки, велика трудомісткість та тривалість випробування;
- низька чутливість.

Сутність методу полягає в тому, що виявлення дефекту здійснюється з допомогою розчинів барвників, що проникають углиб дефекту. На відміну від люмінесцентних методів кольорові методи контролю не потребують джерел ультрафіолетових променів і дозволяють визначати поверхневі дефекти в матеріалах та виробах при звичайному денному світлі. Ця особливість кольорових методів робить їх найбільш прийнятними для використання.



Рисунок 2.17 – Вимірювальні прилади для контролю зварних з'єднань

Ці методи застосовуються при контролі зварних з'єднань для виявлення різних дефектів зварювання.

В результаті цього пропонується замінити даний метод контролю на капілярний контроль (кольорова дефектоскопія).



Рисунок 2.18 – Алгоритм проведення контролю

Для забезпечення необхідної якості та надійності вертикального сталевого резервуара доцільно застосовувати комплексний контроль, який включає

візуально-вимірювальний контроль, радіографічний контроль стикових швів та капілярний контроль поверхневих дефектів. Такий підхід забезпечує своєчасне виявлення дефектів і гарантує відповідність зварних з'єднань вимогам нормативної документації.

Таблиця 2.11 – Маршрутний технологічний процес

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
001	Вхідний контроль матеріалу	Перевірка сертифікатів, марки сталі 09Г2С, зовнішній огляд металопрокату
005	Розмітка заготовок	Нанесення контурів деталей згідно креслення
010	Різання металу	Розкрій листового прокату на заготовки необхідних розмірів
015	Зачищення кромки	Видалення окалини, задирок та забруднень
020	Підготовка кромки	Виконання скосів кромки під стикові з'єднання
025	Контроль підготовки	Перевірка геометричних розмірів та підготовки кромки
030	Складання вузла	Встановлення деталей у проектне положення
035	Прихватка деталей	Виконання прихваток для фіксації деталей
040	Контроль складання	Перевірка розмірів, зазорів та взаємного розташування деталей
045	Зварювання стикових швів	Виконання стикових швів у СО ₂ відповідно до розрахованих режимів
050	Зварювання таврових швів	Виконання таврових і кутових швів
055	Зварювання допоміжних елементів	Приварювання ребер жорсткості, накладок, патрубків
060	Очищення швів	Видалення бризок металу та шлакових включень
065	Візуально-вимірювальний контроль	Контроль зовнішнього вигляду та розмірів швів
070	Неруйнівний контроль	Ультразвуковий або радіографічний контроль відповідальних швів
075	Усунення дефектів	Вирубка дефектних ділянок і повторне зварювання
080	Повторний контроль	Контроль після виправлення дефектів
085	Зачищення конструкції	Остаточне очищення поверхні виробу
090	Антикорозійна підготовка	Підготовка поверхні під ґрунтування та фарбування
095	Фарбування	Нанесення ґрунту та захисного покриття

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис пристрою для формування кромки листів резервуара

Пристрій для формування кромки призначений для підготовки крайок листового металу перед зварюванням вертикального сталевго резервуара. Пристрій забезпечує отримання необхідної геометрії скосу кромки під стикові зварні з'єднання, що дозволяє забезпечити якісний провар по всій товщині металу.

Пристрій застосовується при виготовленні:

- полотнищ стінки резервуара;
- крайок днища;
- елементів покриття;
- монтажних стиків товстолистових конструкцій.

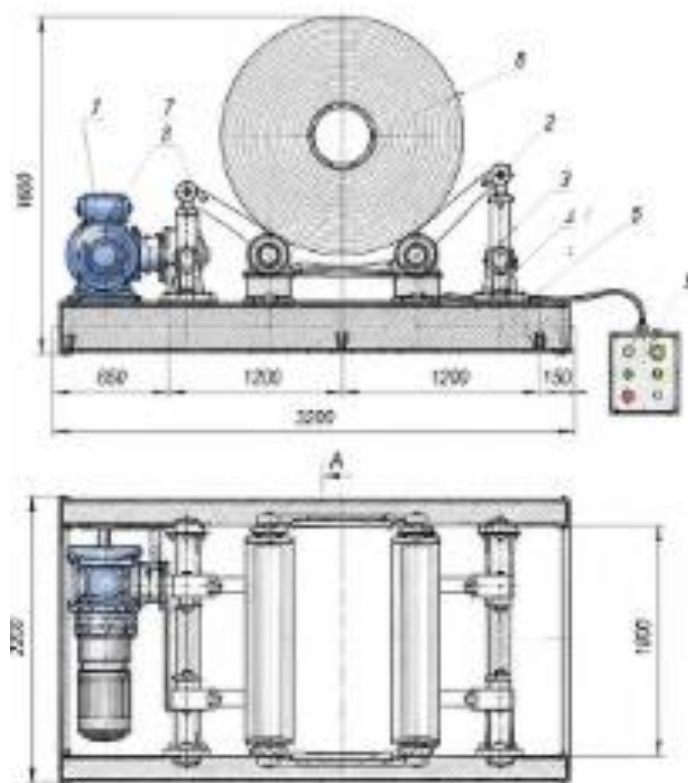


Рисунок 3.1 – Пристрій для формування кромки листів резервуара: 1 – зварна опорна рама; 2 – напрямні ролики; 3 – притискний механізм; 4 – електродвигун; 5 – редуктор; 6 – фрезерна або шліфувальна головка; 7 – механізм подачі; 8 – пульт керування; 9 – захисний кожух

Принцип роботи полягає в переміщенні листа вздовж напрямних роликів, при цьому фрезерна головка знімає метал під заданим кутом.

Таблиця 3.1 – Параметри пристрою

Параметр	Значення
Товщина металу	6–20 мм
Ширина листа	до 3000 мм
Кут скосу	25–45°
Швидкість обробки	0,2–1,0 м/хв
Потужність приводу	4,0 кВт
Напруга живлення	380 В
Маса пристрою	

3.2 Розрахунок міцності притискного ролика

Для проведення розрахунків приймаємо вихідні дані.

Товщина листа: $S = 12$ мм.

Кут скосу: $\alpha = 12^\circ$.

Ширина фаски: $b = 8$ мм.

Межа міцності сталі: $\sigma_b = 490$ МПа.

Питома сила різання: $k_c = 1800$ Н/мм².

Глибина різання: $t = 3$ мм.

Подача: $f = 3$ мм/об.

Площа зрізуваного шару:

$$A = t \cdot b; \quad (3.1)$$

$$A = 3 \cdot 8 = 24 \text{ мм}^2.$$

Сила різання:

$$P_z = k_c \cdot A; \quad (3.2)$$

$$P_z = 1800 \cdot 24 = 43200 \text{ Н} = 43,2 \text{ кН}.$$

Крутний момент на фрезі.

Радіус: $R = 80$ мм.

Приймаємо діаметр фрези: $D = 160$ мм.

$$M = P_z \cdot R; \quad (3.3)$$

$$M = 43200 \cdot 0,08 = 3456 \text{ Нм.}$$

Частота обертання фрези.

Приймаємо швидкість різання: $V = 40$ м/хв.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (3.4)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 160} = 79,6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 80$ об/хв.

Необхідна потужність приводу:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60000}; \quad (3.5)$$

$$N = \frac{43200 \cdot 40}{60000} = 28,8 \text{ кВт.}$$

З урахуванням ККД: $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{роз}} = \frac{28,8}{0,85} = 33,9 \text{ кВт.}$$

Приймаємо $N_{\text{роз}} = 37$ кВт.

Перевірка міцності притисного ролика.

Реакція на ролик: $R = 8$ кВт.

Діаметр осі: $d = 40$ мм.

Напруження згину:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3}, \quad (3.6)$$

$$M = R \cdot l = 8000 \cdot 0,05 = 400 \text{ Нм.}$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot 400000}{3,14 \cdot 40^3} = 63,7 \text{ мПа.}$$

Допустиме напруження для сталі 45: $[\sigma] = 160$ мПа.

Умова міцності виконується: $63,7 = 160$ МПа.

Запропонований пристрій для формування кромки забезпечує отримання якісних фасок під зварювання листів вертикального сталевих резервуарів товщиною до 20 мм.

Розрахунки показують, що для обробки листів товщиною 12 мм необхідна потужність приводу близько 34 кВт, тому доцільно використовувати електродвигун потужністю 37 кВт.

Конструкція пристрою забезпечує необхідну жорсткість, точність формування кромки та стабільну якість підготовки металу під зварювання.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки при складанні та зварюванні резервуара РВС-5 у середовищі вуглекислого газу (CO₂)

Під час виготовлення вертикального сталевого резервуара РВС-5 об'ємом 5 м³ виконуються заготівельні, складальні, зварювальні, монтажні та випробувальні роботи, які належать до робіт підвищеної небезпеки.

Основними небезпечними виробничими факторами є:

- ураження електричним струмом;
- дія ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання;
- підвищена температура металу та зварювальної ванни;
- шкідливі гази й аерозолі зварювання;
- механічні травми від вантажопідіймальних механізмів;
- падіння працівників під час роботи на висоті;
- можливість пожежі або вибуху.

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли:

- медичний огляд;
- вступний інструктаж;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- навчання безпечним методам роботи;
- перевірку знань з охорони праці.

Вимоги безпеки перед початком роботи. Перед початком складання та зварювання резервуара необхідно:

- перевірити робоче місце;
- робоча зона повинна бути:
 - очищена від сторонніх предметів;
 - добре освітлена;
 - забезпечена вентиляцією;
 - обладнана засобами пожежогасіння.

Перевірити зварювальне обладнання.

Необхідно переконатися у справності:

- джерела живлення;
- механізму подачі дроту;
- зварювального пальника;
- газового редуктора;
- кабелів та шлангів.

Особливу увагу звертають на:

- відсутність пошкодження ізоляції;
- надійність заземлення;
- герметичність газових з'єднань.

Вимоги безпеки при роботі з балонами CO₂.

Вуглекислий газ для зварювання РВС-5 подається з балонів під високим тиском.

Балон повинен:

- мати справне маркування;
- пройти чергове технічне опосвідчення;
- бути пофарбований у чорний колір із відповідним написом.

Забороняється:

- кидати балони;
- транспортувати без захисного ковпака;
- нагрівати балон понад 40 °С;
- використовувати несправний редуктор.

4.2 Безпека життєдіяльності при зварюванні висотних конструкцій

Конструкцій належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки поєднує ризики виконання зварювальних робіт та роботи на висоті.

До висотних належать роботи, що виконуються на висоті понад 1,3 м від поверхні ґрунту, перекриття або робочого настилу.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є:

- падіння працівника з висоти;
- падіння інструменту та матеріалів;
- ураження електричним струмом;
- дія ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання;
- вплив зварювальних аерозолів та газів;
- опіки розплавленим металом;
- пожежі та вибухи;
- несприятливі погодні умови.

Безпека під час роботи на риштуваннях.

Риштування повинні:

- відповідати проєктній документації;
- мати суцільний настил;
- обладнуватися поручнями висотою не менше 1,1 м;
- мати бортову дошку висотою не менше 150 мм.

Забороняється:

- перевантажувати риштування;
- працювати на несправних конструкціях;
- виконувати роботи при відсутності огорожень.

Безпека під час роботи з підйомників.

При використанні автопідіймачів або колінчастих підйомників необхідно:

- перевірити справність механізмів;
- закріпити страхувальну прив'язь;
- не перевищувати допустиме навантаження;
- працювати лише на стійкому майданчику.

Під час переміщення підйомника перебування людей у люльці забороняється, якщо це не передбачено інструкцією виробника.

Електробезпека.

При висотному зварюванні ризик ураження електричним струмом значно зростає.

Для запобігання травмам необхідно:

- заземлювати корпус зварювального обладнання;

- використовувати справні кабелі;
- не допускати пошкодження ізоляції;
- працювати в сухих рукавицях та взутті;
- захищати кабелі від механічних пошкоджень.

Особливо небезпечними є роботи на металевих конструкціях у вологу погоду.

Пожежна безпека.

Під час зварювання можливе займання конструкцій, утеплювачів, кабелів та інших матеріалів.

Перед початком робіт необхідно:

- прибрати горючі матеріали;
- захистити конструкції негорючими екранами;
- забезпечити місце робіт вогнегасниками.

На робочому місці повинні бути:

- порошковий вогнегасник;
- ящик з піском;
- пожежне покривало.

Після завершення робіт виконується контроль місця зварювання для виявлення прихованих осередків займання.

Захист від шкідливих газів та випромінювання.

Під час зварювання утворюються:

- оксиди металів;
- оксиди азоту;
- озон;
- зварювальний аерозоль.

Для зменшення впливу шкідливих речовин необхідно:

- використовувати вентиляцію;
- застосовувати респіратори при недостатній вентиляції;
- обмежувати перебування сторонніх осіб поблизу місця зварювання.

Для захисту від випромінювання використовуються:

- зварювальні маски;

- захисні екрани;
- щитки.

Вплив погодних умов.

Роботи на відкритому повітрі необхідно припиняти у випадках:

- грози;
- сильного дощу;
- ожеледиці;
- густого туману;
- швидкості вітру понад допустимі норми для застосовуваних підйомних

механізмів.

У зимовий період робочі місця очищають від снігу та льоду.

Безпека при монтажі резервуарів та висотних металоконструкцій.

Під час зварювання резервуарів, колон, силосів, естакад та інших висотних споруд необхідно:

- застосовувати монтажні пояси;
- використовувати інвентарні драбини;
- обладнувати робочі майданчики огороженнями;
- закріплювати інструмент страхувальними шнурами;
- організовувати небезпечну зону під місцем виконання робіт.

На території небезпечної зони встановлюються попереджувальні знаки та огороження.

Дії в аварійних ситуаціях.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно:

1. Негайно припинити роботу.
2. Відключити джерело живлення.
3. Повідомити керівника робіт.
4. Надати першу допомогу потерпілому.
5. Викликати аварійні служби за необхідності.

При ураженні електричним струмом необхідно першочергово звільнити потерпілого від дії струму та розпочати домедичну допомогу.

Дотримання вимог безпеки життєдіяльності під час зварювання висотних

конструкцій забезпечує збереження життя і здоров'я працівників, знижує ризик виробничого травматизму, пожеж та аварій, а також сприяє якісному та безпечному виконанню монтажно-зварювальних робіт.

Ці вимоги є особливо актуальними під час виготовлення та монтажу вертикальних резервуарів РВС-5, де поєднуються зварювання, вантажопідіймальні роботи та виконання операцій на висоті.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У КРБ здійснено розробка технології зварювання та контроль якості резервуара вертикального сталевого РВС-5.

У процесі виготовлення резервуару запропоновано використовувати наступне зварювальне обладнання:

- 1) джерело живлення KPS 4500 MVU Weld Force;
- 2) зварювальна каретка фірми Profsvar.

На етапі контролю запропоновано замінити вакуумний метод контролю на капілярний контроль.

Запропоновано використовувати розроблені технологічні карти та протоколи за кожним із застосовуваних методів неруйнівного контролю.

В роботі описано заходи з безпеки життєдвильності та охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ

1. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.:ІСДО, 1996 – 300 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
3. Грабченко А.І., Узунян М.Д., Зубкова Н.В та ін. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні. Харків НТУ «ХПІ» 2014. 87 с.
4. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
5. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. Вид. 2-ге, стер. Київ : Знання, 2002. 203 с.
6. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні дільниці та цехи : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.
7. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
8. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. — Тернопіль : ТНТУ , 2016. — 156 с.
9. Паливода Ю. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пуллюя, 2019. – 240с.
10. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 207. 275 с.
11. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. 199 с.
12. Обладнання і технологія газозварвальних робіт : Підручник / І. В. Гуменюк, О. Ф. Іваськів. К.: Грамота, 2005. 272 с. ISBN 966-349-000-4.

- 13.Александров О. Г., Заруба І. І. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням. К.: Техніка, 1998. 176 с.
- 14.Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками: Навч. посібник / За ред. В.К.Лебедєва, В.П.Черниша. К. : Вища шк., 1994. 391 с.
15. Автоматизоване керування зварюванням: навч. посіб. / Г.Н. Семенов, Я.Р. Когуч, Р.Б. Діжак [та ін.]. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 562 с.
- 16.Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання. : навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 184 с.
17. Технологія та обладнання електричного контактного зварювання: навч. посіб. для ПТНЗ / О. Г. Биковський, Д. М. Лутов, І. В. Пінковський. К.: Технологія, 2001. 240 с.