

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)

«14» квітня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Івануса Дмитро Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу для виготовлення контейнера для зберігання рідких відходів

Керівник роботи Сенчишин Віктор Степанович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 10 » квітня 2023 року № 4/7-375.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи базовий технологічний процес, річна програма випуску -1500 шт.

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)

Карта технологічного процесу. Стенд для зварювання поздовжніх швів. Маніпулятор

Затискний пристрій.

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>Окіпний І.Б., зав. каф. ТМ</i>		

7. Дата видачі
завдання

14 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>	<i>14.06.2023</i>	
	<i>Зміст</i>	<i>14.06.2023</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>14.05.2023</i>	
	<i>Аналітична частина</i>	<i>14.05.2023</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>06.06.2023</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>06.06.2023</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.06.2023</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>14.06.2023</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>14.06.2023</i>	
	<i>Графічна частина</i>	<i>14.06.2023</i>	

Студент

(підпис)

Івануса Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сенчишин В.С.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Суть кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у розробленні та обґрунтування нової технології збирання та зварювання контейнера з програмою випуску 1500 виробів на рік.

В роботі представлено розрахунок режимів зварювання та обґрунтовано вибір зварювального обладнання.

З метою підвищення якості виготовлення деталі запропоновано установку для складання та зварювання корпусу.

З метою оптимізації процесу зварювання запропоновано замінити ручне дугове зварювання поздовжніх та кільцевих швів на автоматичну під шаром флюсу. Відповідно, зварювання шпангоутів і прихваток виконувати механізованим способом в середовищі захисних газів.

ЗМІСТ

1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1	Аналіз конструкції виробу	7
1.2	Характеристика матеріалу виробу	8
1.3	Характеристика базового технологічного процесу	10
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1	Розроблення варіанту удосконаленого технологічного процесу	14
2.2	Вибір способу зварювання	15
2.3	Вибір зварювальних матеріалів	19
2.4	Вибір зварювального та складального обладнання	20
2.5	Контроль якості зварюваних з'єднань	26
2.6	Розрахунок режимів зварювання	30
2.6.1	Розрахунок режиму зварювання для поздовжнього стику та кільцевих швів обичайки	30
2.6.2	Розрахунок режиму механізованого зварювання в суміші захисних газів електродом, що плавиться	35
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	40
3.1	Вибір пристосування	40
3.2	Розрахунок затискного пристрою	43
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1	Оцінка шкідливих факторів, які діють в зварювальному цеху	46
4.2	Пожежна безпека в зварювальних цехах	49
	ВИСНОВКИ	54

ВСТУП

Дугове зварювання під флюсом, як правило, застосовується у цехових умовах. Зварювання поза цехових умов пов'язана з низкою проблем, таких як насичення флюсу вологою. Однак поза цехом цей вид зварювання теж застосовується, особливо на монтажі великогабаритних виробів.

Даний вид зварювання найбільш раціональний коли з'єднання треба заварити за мінімальне кількість проходів та у шву пред'являються високі вимоги, наприклад щодо ударної в'язкості.

Зварювання виробу також можна виконувати з двох сторін, використовуючи оброблення кромки різних конфігурацій, залежно від товщини деталей, що зварюються. Існують марки сталей, які треба зварювати за багато проходів, щоб гарантувати заданий рівень ударної в'язкості зварного з'єднання чи витримати інші вимоги.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції виробу

Контейнер (рисунок 1.1) є оболонковою конструкцією, що складається з обичайки, днища, горловини та шпангоутів.

Дана деталь є герметичною та її технологічне призначення – зберігання рідких відходів.

При виготовленні виробу виконується один поздовжній шов і два кільцеві шви. За допомогою даних швів з'єднуються обичайка з горловиною та днищем.

Технологічний процес зварювання обичайки зі шпангоутами передбачає наявність кутових швів, які розміщені в шаховому порядку.

Для забезпечення жорсткості конструкції внутрішні шпангоути вирізають прокатного двотавра.

Днище контейнера забезпечує стійкість виготовленого виробу від перекидання.

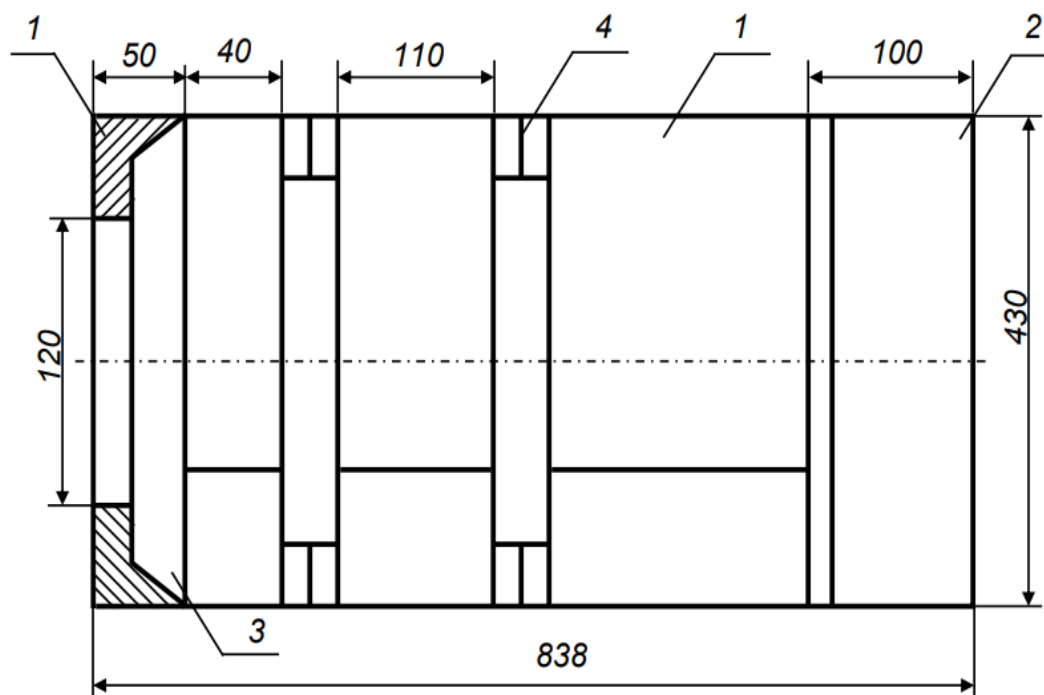


Рисунок 1.1 – Контейнер: 1 – обичайка; 2 – днище; 3 – горловина, 4 – шпангоут

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Матеріалом виробу є сталь 30ХГСА, яка відноситься до середньовуглецевих легованих сталей перлітного класу.

Механічні властивості матеріалу зазначені в таблиці 1.1, а хімічний склад наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості виробу із сталі 30ХГСА

$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	σ_5 , МПа	ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
940	1040	19	62	127	300

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 30ХГСА

C	Cr	Mn	Si	Ni	Mo	S	P
0,3	0,8..1,2	0,8..1,1	0,8..1,1	0..0,3	0..0,3	0,025	0,025

Наявність високого вмісту вуглецю в сталі 30ХГСА приводить до перегріву та загартування. Також є небезпека руйнування при утворенні гарячих і холодних тріщин в зоні термічного впливу та в зоні зварних з'єднань.

Для оцінки властивості сталі до утворення холодних тріщин визначимо загальний еквівалент вуглецю

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr+V}{2} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \leq 0,45\% ; \quad (1.1)$$

$$C_{екв} = 0,79.$$

У зв'язку з тим, що $C_{екв}$ більше 0,45% для запобігання утворенню холодних тріщин для даної марки сталі необхідний попередній підігрів кромки.

Розрахунок температури попереднього підігріву виконаємо за такою формулою:

$$T = 350(C_{заг} - 0,25)^{0,5}, \quad (1.2)$$

де $C_{заг}$ – загальний вуглецевий еквівалент.

Розраховується за формулою:

$$C_{заг} = C_{екв}^{ef} (1 - 0,005t), \quad (1.3)$$

де t – товщина металу;

$$C_{екв}^{ef} = 0,3 + \frac{1,1+1,2}{9} + \frac{0,3}{18} + \frac{7 \cdot 0,3}{90} = 0,59;$$

$$C_{заг} = 0,59(1 - 0,005 \cdot 4) = 0,578;$$

$$T = 350(0,578 - 0,25)^{0,5} = 200,55C.$$

Призначимо температуру попереднього підігріву $T=200$ °С.

Проведемо оцінку схильності металу шва до утворення гарячих тріщин:

$$HSC = \frac{C \cdot (S + P + 0.004 \cdot Si + 0.01 \cdot Ni) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V}. \quad (1.4)$$

Метал зварного з'єднання, в нашому випадку складається з основного та наплавленого металу. У такому металі виникають гарячі тріщини. Для вибраного нами способі зварювання відсоток наплавленого металу – 45%, а основного – 55%.

З метою запобігання виникнення гарячих тріщин необхідно розрахувати безрозмірний показник схильності металу до таких тріщин. При цьому слід враховувати відсоток основного та наплавленого металу, властивості сталі та дроту зварювального. Показник будемо визначати за відомою методикою $HSC=3,89$. Отримане значення $HSC \leq 4$, тому гарячі тріщини не утворюються, підігрів проводити не потрібно.

Деталь є герметичною і використовується для зберігання рідких відходів. Слід врахувати, що температурний діапазон промислових відходів знаходиться в межах від -20 до $+40^0$ С. Горловина контейнера служить отвором для наливу.

Статичне навантаження від ваги відходів передаються відповідно до

контейнера.

1.3 Характеристика базового технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення контейнера включає операції :

- 1) складання та зварювання шпангоутів з обичайкою; зварювання поздовжнього стику обичайки;
- 2) складання та зварювання днища та обичайки;
- 3) складання та зварювання горловини та обичайки;
- 4) термообробка після зварювання;
- 5) контроль якості;
- 6) термообробка фінішна.

Шви зварюються за допомогою ручного дугового зварювання, використовуючи електрод типу Е100 марки ВІ10-6.

Дугове зварювання широко використовується для виготовлення та ремонту металевих конструкцій у різних галузях промисловості та в побуті.

Без застосування зварювальних процесів неможливе існування автомобілебудування, авіабудування, космічної, нафтохімічної галузі, будівництва, машинобудування, приладобудування та багатьох інших. Причому обсяги дугового зварювання, що виконується, зростають щорічно.

Ручне дугове зварювання – найпоширеніший спосіб з'єднання деталей з металів та сплавів при виготовленні конструкцій. Порушення дуги, подача та переміщення електрода здійснюються вручну.

Ручне дугове зварювання, після навчання основним навичкам її виконання, доступне практично будь-кому. Сучасні зварювальні інвертори легкі, мобільні та доступні за ціною.

Також як джерело електричного струму при ручному дуговому зварюванні використовують генератори. Вони важчі і менш мобільні. Таке обладнання застосовується найчастіше для створення стаціонарних зварювальних постів.

Електроди для ручного дугового зварювання – металеві стрижневі з покриттям (обмазкою).

Нанесена на поверхню електрода спресована порошкоподібна суміш різних компонентів підвищує якість зварювання за рахунок покращення горіння дуги, захисту розплавленого металу від атмосферних газів та підготовки зварювальної ванни.

Зварювальник при такому методі дугового зварювання вручну виконує обидва основні процеси: подачу розплавленого електрода в зону зварювання і поступового переміщення звареної дуги по лінії стику, що скріплюється деталей.

Переваги ручного дугового зварювання:

- доступність, мобільність, зручність використання обладнання;
- простота освоєння навичок виконання зварювальних робіт;
- можливість зварювання деталей у важкодоступних місцях, практично у будь-яких положеннях;
- зручність заміни зварюваного матеріалу та електродів;
- висока якість зварювання будь-яких металів та сплавів.

Недоліки ручного дугового зварювання:

- пряма тверда залежність якості зварних швів від кваліфікації зварювальника;
- труднощі при роботі з деталями, виготовленими з матеріалу товщиною менше 1,5 мм;
- низька продуктивність;
- висока шкідливість процесу для зварювальника.

Для виконання ТП використовують зварювальний інвертор FoxWeld Varteg 180 DC, рис. 1.2.

Технічні параметри зварювального інвертора FoxWeld Varteg 180 DC наведено в табл. 1.3.

Режими зварювання виробу за базовим варіантом його виготовлення наведено в таблиці 1.4.

Хімічний склад електрода ВІ 10-6 за базовим варіантом його виготовлення наведено в табл. 1.5.



Рисунок 1.2 – Зварювальний інвертор FoxWeld Varteg 180 DC

Таблиця 1.3 - Технічні параметри зварювального інвертора

Діапазон зварювального струму, А	Напруга живлення, В	<u>ККД</u> , (%)коefficient потужності	Вид струму
160-180	220	85/0,7	Постійний

Таблиця 1.4 – Режими зварювання виробу

Товщина металу, мм	Діаметр електрода, мм	Марка електрода	Напруга на <u>дузі</u> , В	Сила струму, А.	Вид струму
3	2.5	ВІ10-6	20	80	Постійний

Таблиця 1.5 – Хімічний склад електрода марки ВІ10-6

C	<u>Mo</u>	<u>Mn</u>	<u>Si</u>	S	P
0.09	0.4	0,9	0.6	0,015	0,020

Відповідальні шви контролюються радіографічним методом. Контроль відбувається перед проведенням остаточної термообробки корпусу деталі. Відразу після термообробки відбувається візуально-вимірювальний контроль. Паралельно проводиться перевірка корпусу контейнера на короблення.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення варіанту удосконаленого ТП

В якості нового способу зварювання в удосконаленому ТП пропонуємо використати автоматичне зварювання у середовищі захисного газу.

Застосувати цей спосіб потрібно для протяжних прямолінійних та кільцевих швів. Враховуючи специфіку конструкції шпангоутів з обичайкою рекомендуємо взяти метод зварювання електродом, що плавиться у середовищі захисних газів.

Також даний метод застосувати для виконання прихваток і приварювання технологічних планок.

Пропонована технологія складання та зварювання контейнера виглядає наступним чином:

- 1) складання та зварювання прямолінійного стикового шву;
- 2) підігрів виробу;
- 3) складання обичайки зі стиковими кільцями;
- 4) зварювання поздовжнього стику;
- 5) процес термообробка корпусу;
- 6) складання обичайки з днищем;
- 7) процес автоматичного зварюванням під шаром флюсу обичайки з днищем;
- 8) операція складання обичайки з горловиною;
- 9) зварювання під шаром флюсу обичайки з горловиною;
- 10) контроль;
- 11) гідровипробуванні;
- 11) термообробка корпусу;
- 12) кінцевий контроль якості зварених швів.

Технологічний процес виробництва та виготовлення призначеного виробу наведено на рис. 2.1 та рис. 2.2.

Деталі	Правка	Чищення	Розкрій	Механічне різання	Термічне різання	Обробка кромок	Штампування	Механічна обробка	Гнуття	Контроль	Маршрут переміщення
Циліндр	Багатоважкова листопробивна машина 11x230x2000	Дробеструйний апарат АД-2	Лист 6-0-01 ГСТ 980-3	Гільотинні ножиці Н 3121		Шліфувальна машина ИП 2203		Кромкострогальний верстат 7808	Листогазональна чотириважкова машина ІА 2426	Вимірвальні інструмент, шаблони	Переміщується на 7.1
Фланець			Лист 6-0-01 ГСТ 980-3		Газорізна машина "ОМНИМА"	Шліфувальна машина ИП 2203		Радіально-свердловальний верстат 2Н125		Вимірвальні інструмент, шаблони	Переміщується на 7.5
Днище	Багатоважкова листопробивна машина 11x230x2000	Дробеструйний апарат АД-2	Лист 6-0-01 ГСТ 980-3		Газорізна машина "ОМНИМА"	Шліфувальна машина ИП 2203	Прес однокришталевий КД 2328	Кромкострогальний верстат 7808		Вимірвальні інструмент, шаблони	Переміщується на 7.3
Кільця	Багатоважкова листопробивна машина 11x230x2000	Дробеструйний апарат АД-2	Лист 6-0-01 ГСТ 980-3	Гільотинні ножиці Н 3121		Шліфувальна машина ИП 2203			Листогазональна чотириважкова машина ІА 2426	Вимірвальні інструмент, шаблони	Переміщується на 7.2

Рисунок 2.1 – Технологічний процес виготовлення корпусу контейнера.

Заготівельні операції

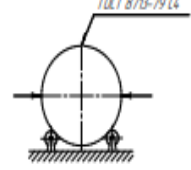
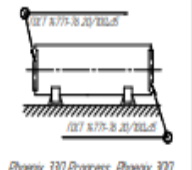
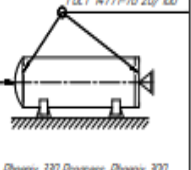
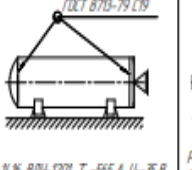
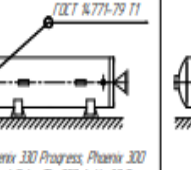
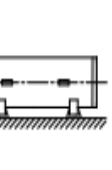
<p>Складання та зварювання прямолинійного стикового шву</p> <p>ГОСТ 8719-79 С4</p>  <p>A-1416, B024-1201, I_н=565 А, U_н=35 В, СВ-08Г2С, #16мм</p> <p>7.1</p>	<p>Складання обечайки з підкладними кільцями</p> <p>ГОСТ 14779-76 20/100-15</p>  <p>Phoenix 330 Progress, Phoenix 300 Expert Puls, I_н=250 А, U_н=30 В, СВ-08Г2С, #16мм</p> <p>7.2</p>	<p>Складання обечайки з днищами</p> <p>ГОСТ 14779-76 20/100</p>  <p>Phoenix 330 Progress, Phoenix 300 Expert Puls, I_н=250 А, U_н=30 В, СВ-08Г2С, #16мм</p> <p>7.3</p>	<p>Зварювання обечайки з днищами</p> <p>ГОСТ 8719-79 С19</p>  <p>A-1416, B024-1201, I_н=565 А, U_н=35 В, СВ-08Г2С, #16мм</p> <p>7.4</p>	<p>Складання та зварювання лобових зварів з деталями</p> <p>ГОСТ 14779-79 П1</p>  <p>Phoenix 330 Progress, Phoenix 300 Expert Puls, I_н=250 А, U_н=30 В, СВ-08Г2С, #16мм</p> <p>7.5</p>	<p>Стенді для зварювального виробу</p>  <p>7.6</p>
--	---	---	---	--	---

Рисунок 2.2 – Технологічний процес виготовлення корпусу контейнера.

Збирально-зварювальні операції

2.2 Вибір способу зварювання

Для удосконаленого ТП необхідно вибрати такий спосіб зварювання, щоб

мінімізувати вплив людського фактора на процес, забезпечуючи відповідну якість зварного з'єднання, досягаючи високої продуктивності праці, використавши сучасні гнучкі виробничі лінії:

Проаналізуємо метод автоматичного зварювання під шаром флюсу та метод автоматичного зварювання в середовищі захисного газу.

Переваги автоматичного зварювання під шаром флюсу:

- висока продуктивність праці;
- при потребі збільшення сили зварювального струму;
- мінімізація втрат металу на чад і розбризкування;
- економія витрат електродного дроту;
- зони зварювання має добрий захист;
- стабільністю процесу горіння дуги;
- нема потреби в захисних пристроях від світлового випромінювання;
- низька швидкість охолодження металу, відповідно висока якість шва;
- рівномірність зварних швів.

Недоліки зварювання під шаром флюсу:

- зберігання та підготовкою зварювальних флюсів;
- висока загальна вартість зварювання;
- погана невидимість шва зварювання, який закритий шаром флюсу;
- труднощі при зварюванні швів складної форми;

Автоматичне зварювання в середовищі захисного газу.

Переваги:

- добра якість зварних з'єднань зварюванні в інертних газах;
- якісне зварювання в просторі;
- відсутність допоміжних операцій;
- добра видимість зварювального шва;
- механізація та автоматизація процесу зварювання;
- низька собівартість процесу.

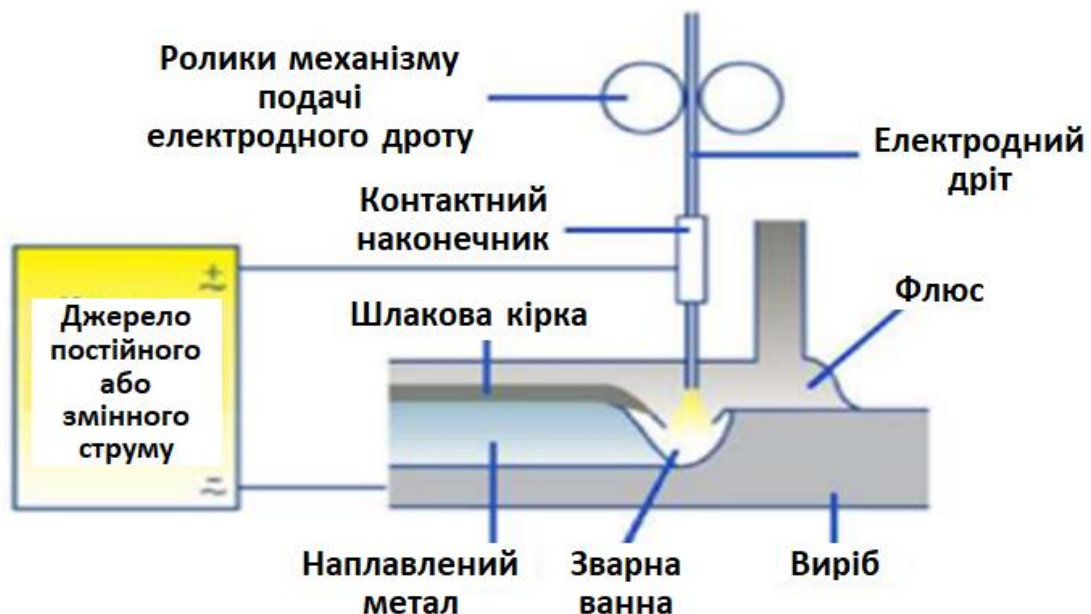
Недоліки методу:

- необхідність застосування захисних заходів проти світлової та теплової радіації;

- велика ймовірність порушення газового захисту;
- розбризкування металу;
- необхідність водяного охолодження пальників.

Вибираємо автоматичне зварювання під шаром флюсу. Враховуючи фізико-механічні властивості виробу сталі 30ХГСА, а саме процес утворення гарячих та холодних тріщин, пропонуємо зменшити високу швидкість охолодження. Дана швидкість знаходиться поза рекомендованим діапазоном для даної деталі при автоматичному зварюванні в середовищі захисного газу.

Проте швидкості охолодження при автоматичному зварюванні під шаром флюсу відповідають нормам для зварювання сталі 30ХГСА і не потребує додаткових заходів для термообробки та підвищення якості зварного з'єднання.



Рисуюнок 2.3 – Схема зварювання виробу

Дугове зварювання під флюсом є процесом, при якому наплавлений метал утворюється від комбінації двох зварювальних матеріалів, флюсу та дроту, при якому дріт плавиться в дузі, що горить під шаром флюсу, що утворює зону зварювання.

Цей процес зварювання використовується при виробництві різних виробів, але зазвичай це досить великі об'єкти, такі як кораблі, судини, що працюють під тиском, морські нафто- та газодобувні платформи, мости, ємнісні сховища, труби

магістральних трубопроводів тощо. Зазвичай зварювання під флюсом виконується в нижньому положенні, як для кутових, так і для стикових швів.

Дугове зварювання під флюсом є найбільш високопродуктивним процесом, для якого можна застосовувати дроти як з нелегованих або низьколегованих сталей, так і високолегованих.

Дугова наплавлення під флюсом стрічковими електродами також є досить популярним процесом, що використовується для наплавлення корозійностійких шарів на поверхні конструкційних вуглецевих сталей.

Для дугового зварювання під флюсом необхідно мати механізм подачі зварювального дроту, джерело живлення, систему подачі флюсу та контролер, керуючий цим процесом.

У як зварювальні матеріали використовується голий зварювальний дріт, що подається під шар флюсу, які спільно надходять до зони зварювання через контактний наконечник та шланг подачі флюсу.

Електричний струм на дріт передається через контактну трубку або контактні губки, що виготовляються із міді. Флюс подається з великого бункера по шлангу. через сопло, розташоване перед контактними губками у напрямку зварювання або через воронку. Електрична дуга спрацьовує при контакті дроту з виробом.

Необхідні струм та напруга виробляє джерело живлення постійного чи змінного струму. Інтенсивне виділення тепла в дузі плавить флюс та дріт, що подається в зону зварювання.

Флюс, як і дріт, що переходять у рідкий стан. Через різниці в їх щільності, розплавлений флюс спливає над поверхнею розплавленого металу зварювальної ванни та застигає.

Флюс може, як легувати метал шва, так і вести себе нейтрально.

Шлак, що утворюється з флюсу в процесі зварювання, захищає розплавлений метал від кисню атмосфери, а згодом відокремлюється від поверхні наплавленого валика і йде у відходи.

При цьому витрачається не весь флюс, що висипається в зону зварювання, а його нерозплавлені залишки повертаються в флюсовий бункер по системі рециркуляції флюсу.

2.3 Вибір зварювальних матеріалів

Для зазначеного вище зварювання, проведемо процес вибору зварювальних матеріалів, марки дроту та флюсу.

Вибираємо зварювальний дріт, табл. 2.1.

Таблиця 2.1- Вибір зварювального дроту

Показник	Св12Х2 НМА	Св18ХМА
Чутливість до гарячих тріщин	4,2	2,23
Чутливість до холодних тріщин	0,68	0,7
Межа міцності металу шва після зварювання, МПа	1178	1629

Робимо висновок про те, що знижений опір дроту Св-12Х2НМА холодним тріщинам компенсується здатністю до опору гарячим тріщинам.

Також присутній факт зміцнення металу шва після зварювання.

Якщо порівняти міцність дроту 12Х2НМА та 18ХНМА, то бачимо що міцність першої марки більша на 20-40%.

Це беремо в залежності від температури відпуску. При зварюванні 12Х2НМА структура даної сталі має в своєму складі мартенсит та голчастий троостит.

Таким чином, використавши запропонований зварювальний дріт, підвищимо міцність з'єднання на 30%, при збереженні пластичності та в'язкості.

Вибір зварювального флюсу:

Розглянемо групу зварювального флюсу марганцево-силікатного типу.

Представником даної групи є АН-348А та його зарубіжного аналогу НІ-431 12

Таблиця 2.2 - Хімічний склад флюсу НІ-431

<u>CaF+CaO</u>	Al ₂ O ₃ +MgO	SiO ₂ + <u>MnO</u>	CaF ₂	S	P
10-14	9-12	74-82	17.6-19.1	0-0.06	0-0.08

Таблиця 2.3 - Хімічний склад флюсу АН-348А

<u>CaF+CaO</u>	Al ₂ O ₃ +MgO	SiO ₂ + <u>MnO</u>	CaF ₂	S	P
19	47,5	76	4.5	0-0,11	0-0,12

Хімічні властивості розглянутих флюсів відрізняються незначно. Кремнієво-марганцеві відновлювальні процеси в даних видах флюсів протікають повільно. Це приводить до того, що наплавлений метал збагачується дрібнодисперсними оксидними включеннями. Відповідно, відсоток кисню в металі шва прямує до 0,05%.

Вибір флюсу зробимо на користь вітчизняного АН-348А, вартість якого нижче на 20%.

2.4 Вибір зварювального та складального обладнання

Пропонуємо наступний план розміщення обладнання для зварювання контейнера, рис. 2.4.

Використовуємо наступне обладнання для реалізації ТП, а саме зварювальну колону. На дану колону в якості джерела живлення монтуємо випрямляч ВДУ-506С. ВДУ-506С – універсальне зварювальне джерело.

Універсальність зварювального інвертора ВДУ-506С забезпечується за рахунок конструкції тиристорів та нової системи управління зварювальними процесами.

Для так ВДУ 506С може чудово працювати як джерело для ручного дугового зварювання, у складі зварювального напіваавтомата (наприклад, у такому) або в роботизованому зварювальному комплексі (наприклад, у ТС-16, рис. 2.5).



Рисунок 2.4 – Основне обладнання при автоматичному зварюванні



Рисунок 2.5 – Зварювальний комплекс ТС-16

ВДУ-506С належить до класу високопродуктивних зварювальних джерел.

Він може безперервно працювати, видаючи струм дуги до 450 А.

Використання зварювального комплексу ТС-16 забезпечує процес наступними перевагами:

- точна підтримка заданих параметрів протягом виконання процедури;
- сучасні моделі мають цифрову індикацію;
- незалежно від стану наконечника дроту, трактор для зварювання під флюсом забезпечує надійний підпал дуги;
- немає потреби у підготовчих роботах з електродного дроту;
- цикл зварювального процесу легко програмується за потрібними параметрами;
- забезпечується м'який старт процесу;
- є можливість якісного результативного зварювання навіть у складних місцях;
- з його допомогою легко проходить зварювання тонкого металу.

При автоматичному зварюванні під шаром флюсу на колону встановлюється автомат зварювальний А-1406.

Автомат призначений для електродугового зварювання або наплавлення низьковуглецевих і легованих сталей електродами, що плавляться (суцільним і порошковим дротом).

Автомат забезпечує такі способи наплавлення:

- в середовищі захисного газу;
- порошковим дротом відкритим дугою;
- суцільним дротом під шаром флюсу;

- розщепленим електродом за допомогою відкритої дуги.



Рисунок 2.6 – Автомат зварювальний А-1406

Зварювання відбувається при постійному струмі. Із швидкістю, яка не залежить від показників дуги та подачі електродного дроту.

Автомат встановлюється на верстати наплавлення типу У653, У654.

Його призначення полягає в забезпеченні наплавлення всіх видів поверхонь: зовнішніх, плоских внутрішніх, горизонтальних, циліндричних та конічних.

Для приварювання технологічних планок використовуємо напівавтомат зварювальний зі ступінчастим регулюванням MIRA 221MV німецької фірми EWM, рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Напівавтомат зварювальний зі ступінчастим регулюванням MIRA 221MV

Стандартне зварювання MIG/MAG короткою, змішаною та крапельною дугою з використанням аргону, газових сумішей та CO₂. Матеріали: дріт із низьколегованої сталі, суцільні та порошкові дроти. Металопереробні підприємства, промисловість, наприклад, заводські ремонтні майстерні, ремонтні майстерні для транспортних засобів та сільськогосподарської техніки, виготовлення розподільних шаф та систем вентиляції, металоконструкцій, машинобудування, монтажні роботи, допоміжні роботи на виробництві.

Продумана конструкція корпусу з покращеними повітrowодами, що підвищують інтенсивність охолодження та знижують забруднення апарату. Максимальна економічність при мінімізованій подальшій обробці швів завдяки зварюванню без бризок у зоні короткої та крапельної дуги при використанні аргону, газових сумішей та CO₂.



Рисунок 2.8 – Технологічний процес зварювання

Безпека та надійність у роботі – вбудовані термореле для захисту від перевантажень. Постійна швидкість подачі дроту без його деформації за допомогою 4-х роликів механізму подачі з можливістю точного налаштування тиску притиску.

Зручність для користувача – можливість виконання точкового та інтервального зварювання.

Відмінне запалювання дуги завдяки покращеним характеристикам запалювання відповідно до обраної робочої точки.

Відмінні характеристики запалювання та зварювання: налаштування напруги з малим кроком, покращений зварювальний дросель.

Оптимально підходить для монтажу завдяки підтримці однофазної мережі з напругою 230 В та низькою вагою.

Зварювання шпангоутів і прихваток виконуємо механізованим зварюванням в середовищі захисних газів.

Захисні гази є одним із найкращих засобів, які можуть уберегти зварювальну ванну від впливу зовнішніх факторів.

Щоб умови зварювання були максимально прийнятними, на розплавлений метал не повинне ні що впливати, крім електричної дуги і нічого не повинно потрапляти до неї, крім розплавленого присадного матеріалу.

Зварювання серед захисних газів відповідає заявленим умовам і тому активно застосовується у промисловості, будівництві, ремонтних цехах та інших областях.

Тут вдало поєднується технологія використання газу та електричної дуги. Це дозволяє поєднати переваги обох варіантів і отримати такий засіб з'єднання металу, який міг би гарантувати надійність експлуатації. Універсальність застосування обумовлена великою кількістю газів, які тут використовуються. Для кожного типу металу можна підібрати свій різновид, особливості якого будуть відповідати заданим умовам.

Механізоване зварювання серед захисних газів дозволяє з'єднувати всі типи металів, які застосовуються у виробництві. Це стосується їх сплавів та навіть різнорідних деталей.

Зварювання в захисних газах виявляється дуже ефективним, але для досягнення високопоставлених результатів потрібно точно дотримуватися технології.

Технологія зварювання в захисних газах має низку відмінностей від інших способів, що позначається на технології її проведення.

Після того, як зварювальна ванна почала утворюватись навколо електричної дуги, можна подавати дріт. Для цього використовується спеціальний механізований пристрій, що дозволяє забезпечити подачу з постійною швидкістю.

Це зручно, коли потрібно зробити довгий шов, не розриваючи дуги. Неплавкий електрод дозволяє підтримувати дугу максимально тривалий час.

При використанні постійного струму зварювання проводиться на зворотній полярності. У разі скорочується можливість розбризкування, але збільшується витрата металу.

Справа в тому, що коефіцієнт наплавлення у цьому випадку буде значно знижений. При прямій полярності він виявляється у 1,5 рази вище.

Ведення ванни бажано здійснювати ліворуч, щоб фахівець міг бачити, як формується шов, а не діяти наосліп. Усі маніпуляції здійснюються до себе.

На початку йде підготовка металу під зварювання. Хоч тут вона має такий великий вплив, але її варто привести. Після цього йде підключення та налаштування обладнання, щоб воно відповідало необхідним режимам зварювання.

Подальшим етапом буде розпалювання дуги, яке проводиться одночасно з підпалюванням полум'я пальника.

Захисний газ для зварювання напівавтоматом підбирається для кожного випадку окремо, оскільки у них свої властивості. Є, звичайно, й універсальні гази, але скрізь є особливості застосування.

2.5 Контроль якості зварних з'єднань

Автоматизація процесу зварювання не виключає можливості утворення зварювальних дефектів. Причому ці дефекти подібні до тих, які зустрічаються при ручних способах зварювання. Поверхневі дефекти виявляються досить легко, а такі, як шлакові включення, несплавлення або внутрішні пори, можуть бути виявлені тільки радіографічним або ультразвуковим контролем зварного

з'єднання. Суворе дотримання відпрацьованих технологічних параметрів складання та зварювання є основною умовою отримання бездефектного зварного з'єднання.

До основних зварювальних дефектам відносяться:

- Непроварення кореня шва
- Гарячі тріщини
- Усадкові тріщини
- Поверхневі пори
- Внутрішні пори
- Шлакові включення
- Підрізи

Непровар кореня шва характеризується неповним проплавленням поперечного перерізу зварного стику.

На рентгенівському знімку він виглядає як пряма лінія. При автоматичному зварюванні під флюсом глибина проплавлення є дуже важливим фактором, і якщо вона недостатня, то утворюється кореневий дефект, званий непроваром.

Зазвичай гарячі тріщини утворюються по центру шва і поширюються на прямолінійному напрямку вздовж лінії руху зварювальної головки. Гарячі тріщини можуть утворюватися як у стикових, так і кутових швах.

Внутрішні пори виявити візуальними методами контролю поверхні шва неможливо. Дані дефекти є газовими порожнинами, що залишилися в металі шва, що закристалізувався.

Існують два основні механізми утворення внутрішніх пір. При одному з них причиною утворення даних дефектів є недостатнє перекриття між собою по лінії стику корневих проходів при двосторонній зварювання. При цьому повітрі, що знаходиться в лінії стику, не вистачає часу, щоб спливати, і вони утворює ланцюжок пір у зоні кореня шва. Другим джерелом газів можуть бути залишки шлаку від попереднього проходу, які недостатньо ретельно були видалені перед наплавкою чергового валика.

Утворення підрізів обумовлено зайвим високою напругою на дузі по відношенню до вибраної швидкості подачі дроту. Підріз є невеликою канавкою, яка розташована по лінії сплавлення зварювального валика.

Причиною утворення поверхневих пор можуть бути сторонні включення в флюс, іржа на електродному дроті, сліди мастила, фарби або жиру на зварюваних кромках та водень з вологи, яка була поглинена флюсом.

Пористість утворюють гази, які не встигають залишити зварювальну ванну і залишаються у шві в момент затвердіння розплавленого металу. Пори, що залишають зварювальну ванну, але потрапили під вже затверділий шлак, утворюють так звані поверхневі пори.

Під час виготовлення контейнера здійснюємо контроль взаємного розміщення деталей та відсутність тріщин. Зовнішні дефекти можемо усувати механічними методами, а саме засвердлюванням, фрезеруванням.

Враховуючи вимогу, що розміри шва та товщина основного металу повинна знаходитися в межах допустимих норм. Підварювання зон з дефектами проводять кінцевої термообробки.

В процесі збирання застосовують візуально-вимірювальний контроль. Таким методом контролю можна визначити дефекти:

- пропалювання;
- налиплення металу;
- підрізи;
- зони не провару;
- раковини;
- відхилення від проектних розмірів зварного шва.

В якості інструменту використовують: зварювальні шаблони, лупи, рулетки, штангенциркуль, лінійки.

Для виявлення внутрішніх дефектів зварних швів використовуємо ультразвуковий контроль. Відповідно до конструкторської документації даним методом контролюються зварні шви I-ої групи.

В нашій деталі це шви № 1, 2, 3. Розміри дефектів для швів I групи, які

допускаються без виправлення та з виправленнями, наведені в таблиці.

Ультразвуковим методом контролю можна виявити такі дефекти, як внутрішні тріщини та інородні вclusions.

З метою здійснення ультразвукового контролю застосуємо ультразвуковий дефектоскоп A1550 IntroVisor, рис. 2.9.



Рисунок 2.9 – Ультразвуковий дефектоскоп A1550 IntroVisor

Норми на кількість та розміри дефектів для зварних швів наведено у табл.

2.4.

Таблиця 2.4 – Норми на кількість та розміри дефектів для зварних швів

Назва дефекту (група шва I)	Без <u>виправлення</u>	До <u>виправлення</u>
Поздовжні тріщини, не більше % від довжини шва	Не допускається	10
Поперечні тріщини на довжині шва дорівнює 20 товщинам, але не менше 100 мм, не <u>ільше</u> шт.	Не допускається	2
<u>Непровари</u> в корені одностороннього шва, глибиною понад 10% від товщини, не більше % від довжини шва	Не допускається при $d \geq 0.2S$	15
Напливи протяжністю % до довжини шва, не більше	Не допускається	Не <u>обмежено</u>
Підрізи протяжністю у % до довжини шва, не більше	Не допускається $l \geq 0.5 \text{ мм}$	10
Пропали на ділянці шва довжиною 100 мм трохи більше шт.	Не допускається	$l \geq 010 \text{ мм}$
Пори на довжині шва, що дорівнює 100 мм, не більше шт.	$d \geq 0.2S$	5

2.6 Розрахунок режимів зварювання

2.6.1 Розрахунок режиму зварювання для поздовжнього стику та кільцевих швів обичайки

Параметри зварювання, що встановлюються, залежать від товщини та конфігурації обробки кромки виробу, що зварюється. Вони мають бути встановлені таким чином, щоб забезпечити необхідну глибину проплавлення та отримати наплавлений валик необхідної форми.

Підбирати параметри треба досить ретельно з урахуванням діаметра дроту, що застосовується, напруги на дуги, струму та швидкості зварювання.

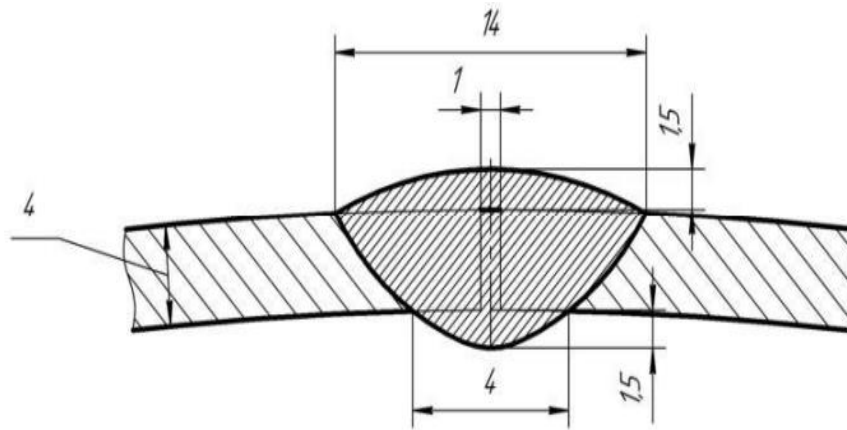
Напруга на дузі є дуже важливою параметром для форми та ширини дуги, а в ряді випадків для глибини проплавлення. Занадто висока напруга при зварюванні стикового шва в нижньому положенні веде до збільшення ширини шва.

Швидкість зварювання також впливає на глибину проплавлення. Якщо за незмінних значень струму зварювання та напруги на дузі підвищити швидкість, то глибина проплавлення зменшиться, а ширина валика, що наплавляється стане вже, і навпаки, якщо швидкість зварювання зменшити.

Однак, якщо при заданих струмі і нарузі швидкість зменшити дуже сильно, то в якийсь момент можна отримати зворотній ефект, коли глибина проплавлення почне зменшуватися через те, що тепла енергія втратить здатність нормально розподілятиметься у виріб і буде блокуватися товстим рідким прошарком зварювальної ванни.

Зварювальний струм має найбільший вплив на глибину проплавлення. Вибір величини зварювального струму ґрунтується на товщині зварюваного виробу та формі оброблення кромки.

При заданому струмі зварювання зміна діаметра дроту тягне за собою зміну щільності струму, через що у електрода більшого діаметра глибина



проплавлення зменшується і знижується ризик пропалу при зварювання кореневого проходу.

В той же час підпал дуги стає більше проблематичним, а її стабільність погіршується, що підвищує ймовірність утворення дефектів в корені шва при зварюванні.

Для зварювання обичайки кільцевого та поздовжнього шва, використовуємо з'єднання типу С4. Процес здійснюється методом автоматичного зварювання під шаром флюсу. Характеристика струму постійна, вид зварювального дроту – Св-12Х2НМА, тип флюсу – АН 348А.

Оброблення кромки відбувається одностороннім швом із повним проплавленням, використовуючи мідну підкладку.

Рисунок 2.10 – Схема зварного шва для автоматичного зварювання під шаром флюсу

Визначимо величину зварювального струму за емпіричною залежністю

$$I_{зв} = 80 \cdot h_p, \quad (2.1)$$

де $h_p = H - \frac{F_{нап}}{0,73 \cdot e \cdot c}$ – розрахункова глибина проплавлення, мм;

H – висота шва, мм;

$F_{нап} = F_e + F_z + F_{обр.в}$ – площа наплавленого металу, мм²;

$F_e = 0,73 \cdot e \cdot c$ – площа наплавленого валика, мм²;

$e = 14$ мм – ширина шва;

$c = 1,5$ мм – висота підсилення шва;

$F_3 = b \cdot S$ – площа наплавленого металу в зазор, мм²;

$b = 1$ мм – зазор між кромками, що зварюються;

$S = 4$ мм – товщина зварного з'єднання;

$F_{e.36} = 0,73 \cdot e_1 \cdot c_1 \cdot \dots$ – площа наплавленого зворотного валика, мм²;

$e_1 = 4$ мм, $c_1 = 5,1$ мм.

$$F_{\text{нан}} = 0,73 \cdot 14 \cdot 1,5 + 1 \cdot 4 + 0,73 \cdot 4 \cdot 1,5 = 23,71 \text{ мм} ;$$

$$I_{36} = 80 \cdot \left(70 - \frac{23,71}{0,73 \cdot 14}\right) = 376 \text{ A}$$

Визначимо діаметр електродного дроту

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{j}}, \quad (2.2)$$

де $j = 46$ А/мм² – допустима щільність струму на вильоті електрода.

Діаметр електродного дроту

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{376}{46}} = 3,27 \text{ мм},$$

Приймаємо $d_e = 3$ мм.

Тоді

$$j = 1,227 \cdot \frac{I_{36}}{d_e^2} = 53,22 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}$$

Довжина виліту електрода:

$$l_e = 10 \cdot d_e = 30 \text{ мм}$$

Визначимо напругу на дузі:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1 = 30,8 \pm 1 \text{ В}$$

Визначимо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{k}{100}\right) = 16 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 15,04 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}},$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення;

k – коефіцієнт втрат.

Швидкість зварювання:

$$V_{36} = \frac{\alpha_H \cdot I_{36}}{3600 \cdot F_H \cdot \rho}, \quad (2.3)$$

$$V_{36} = \frac{15,04 \cdot 376}{3600 \cdot 23,7 \cdot 10^{-2} \cdot 7,85} = 0,858 \frac{\text{см}}{\text{с}},$$

де ρ – густина металу.

Швидкість подачі дроту визначимо за формулою:

$$V_{mH} = \frac{\alpha_H \cdot I_{36}}{3600 \cdot F_e \cdot \rho}, \quad (2.4)$$

де F_e – площа електродного дроту, см^2 .

$$V_{mH} = \frac{15,04 \cdot 376}{3600 \cdot 0,71 \cdot 7,85} = 3,03 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Визначимо погонну енергію зварювання з виразу

$$q_{\text{поз}} = \frac{U_d \cdot I_{36} \cdot \eta}{V_{36}}, \quad (2.5)$$

де η – ККД дуги

$$q_{\text{поз}} = \frac{30,8 \cdot 376 \cdot 0,85}{0,858} = 11472,85 \frac{\text{Дж}}{\text{см}}.$$

Отже, значення реального коефіцієнта форми провару

$$\phi_{\text{пр}} = k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{36}) \cdot \frac{d_e \cdot U_d}{I_{36}}, \quad (2.6)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від роду, полярності та щільності струму;

$$\phi_{\text{пр}} = 0,367 \cdot 53,22^{0,1925} \cdot (19 \cdot 0,01 \cdot 376 \cdot \frac{3 \cdot 30,8}{376}) = 2,93$$

Таблиця 2.5 – Параметри режиму автоматичного зварювання під шаром

флюсу

+

Параметри	Позначення	Величина
Зварювальний струм, А	$I_{зв}$	376
Діаметр електродного дроту, мм	d_e	3,27
Виліт електрода, мм	l_e	30
Напруга на дузі, В	U_{δ}	30,8
Швидкість зварювання, см/с	$V_{зв}$	0,858
Швидкість подачі електродного дроту, см/с	$V_{тп}$	3,03
Погінна енергія зварювання, Дж/см	$q_{ног}$	11472,85
Глибина проплавлення, мм	h	4,73
Ширина шва, мм	e	15
Висота підсилення, мм	c	1.3
Коефіцієнт форми проварення	ϕ_{np}	2,93
Коефіцієнт форми валика	ϕ_{ϵ}	11,54

Визначимо фактичну глибину проплавлення:

$$h = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_{ног}}{\phi_{np}}} = 0.472 \text{ см} = 4.73 \text{ мм}$$

Визначимо фактичну ширину шва за формулою:

$$e = h \cdot \phi_{np} = 15 \text{ мм}$$

Висоту посилення шва визначимо з виразу:

$$c = \frac{F_{\epsilon}}{0,73 \cdot h \cdot \phi_{np}} = 1.3 \text{ мм}$$

Визначимо коефіцієнт форми валика за формулою:

$$\phi_v = \frac{e}{c} = \frac{15}{1.3} = 11.54$$

Глибина проплавлення, висота посилення та ширина шва при порівнянні з раніше прийнятими значеннями мають похибку, але не перевищує норми 5-7%.

Швидкість охолодження:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot S^2 \cdot (T_m - T_o)^3}{q_{\text{ног}}^2}, \quad (2.7)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності;

T_m – температура найменшої стійкості аустеніту;

c – об'ємна теплоємність;

T_o – початкова температура металу;

$$\omega = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.38 \cdot 3.89 \cdot 0.4^2 \cdot (550 - 200)^3}{11472,85^2} = 1.66 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$$

Знайдена швидкість охолодження входить у діапазон допустимих швидкостей охолодження.

Усі розраховані параметри режиму автоматичного зварювання під шаром флюсу заносимо до таблиці 2.5

При виконанні кільцевих швів електрод зміщуємо з zenіту у бік обертання на відстань 20 мм.

2.6.2 Розрахунок режиму механізованого зварювання в суміші захисних газів електродом, що плавиться

Зварювання шпангоутів з обічайкою виробляємо механізованим зварюванням. Струм постійний зворотної полярності.

Дріт Св-12Х2НМА, суміш газів $\text{CO}_2 + \text{Ar}$.

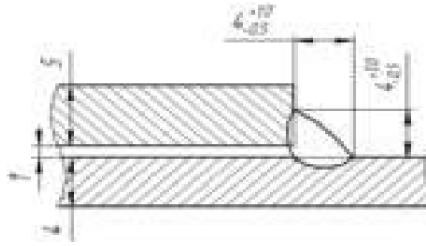


Рисунок 2.11 – Схема зварного шва для механізованого зварювання у суміші захисних газів

Визначимо величину зварювального струму за емпіричною залежністю

$$I_{зв} = 100 \cdot h_p, \quad (2.8)$$

де h_p – висота шва, мм;

$e = 10$ мм – ширина шва;

$c = 0,3$ мм – висота підсилення шва;

$F_з = b \cdot S$ – площа наплавленого металу в зазор, мм²;

$b = 1$ мм – зазор между кромками, що зварюються;

$S = 4$ мм – товщина зварного з'єднання;

$F_{в.зв} = e_1 \cdot c_1$ – площа наплавленого зворотного валика, мм²;

$e_1 = 3$ мм, $c_1 = 1,73$ мм;

$$F_{нап} = 0,73 \cdot 10 \cdot 0,3 + 1 \cdot 4 + 1,73 \cdot 3 \cdot 1,5 = 11,39 \text{ мм}^2;$$

$$I_{зв} = 100 \cdot \left(5 - \frac{11,39}{0,73 \cdot 10} \right) = 343 \text{ А}$$

Визначимо діаметр електродного дроту

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

де $j = 142$ А/мм² – допустима щільність струму на вильоті електрода.

Діаметр електродного дроту

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{343}{142}} = 1,75 \text{ мм}.$$

Тоді

$$j = 1.227 \cdot \frac{I_{36}}{d_e^2} = 129.8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$$

Довжина виліту електрода:

$$l_e = 10 \cdot d_e = 18 \text{ мм}$$

Умова $l_e \leq 30 \text{ мм}$ виконується.

Визначимо напругу на дузі:

$$U_\delta = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1 = 31,1 \pm 1 \text{ В}$$

Величина коефіцієнта втрат $k = 11,5 \%$, тоді коефіцієнт наплавки

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{k}{100}\right) = 15 \cdot \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 13,31 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}},$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення.

Швидкість зварювання:

$$V_{36} = \frac{\alpha_n \cdot I_{36}}{3600 \cdot F_n \cdot \rho}, \quad (2.10)$$

$$V_{36} = \frac{13,31 \cdot 343}{3600 \cdot 11,39 \cdot 10^{-2} \cdot 7,85} = 1,76 \frac{\text{см}}{\text{с}},$$

де ρ – густина металу.

Швидкість подачі дроту визначимо за формулою:

$$V_{nn} = \frac{\alpha_n \cdot I_{36}}{3600 \cdot F_e \cdot \rho}, \quad (2.11)$$

де F_e – площа електродного дроту, см^2 ;

$$V_{mn} = \frac{13,31 \cdot 343}{3600 \cdot 0,025 \cdot 7,85} = 6,46 \frac{см}{с}.$$

Визначимо погонну енергію зварювання з виразу

$$q_{noz} = \frac{U_{\partial} \cdot I_{3\phi} \cdot \eta}{V_{3\phi}}, \quad (2.12)$$

де η – ККД дуги

$$q_{noz} = \frac{31,1 \cdot 343 \cdot 0,85}{1,76} = 5151,82 \frac{Дж}{см}.$$

Отже, значення реального коефіцієнта форми провару

$$\phi_{np} = k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{3\phi}) \cdot \frac{d_e \cdot U_{\partial}}{I_{3\phi}},$$

де k – коефіцієнт, що залежить від роду, полярності та щільності струму

Визначимо фактичну глибину проплавлення:

$$h = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_{noz}}{\phi_{np}}} = 0,472 см = 4,73 мм$$

Визначимо фактичну ширину шва за формулою:

$$e = h \cdot \phi_{np} = 14 мм$$

Висоту посилення шва визначимо з виразу:

$$c = \frac{F_e}{0,73 \cdot h \cdot \phi_{np}} = 1,4 мм$$

Визначимо коефіцієнт форми валика за формулою:

$$\phi_e = \frac{e}{c} = \frac{14}{1,4} = 10$$

Глибина проплавлення, висота посилення та ширина шва при порівнянні з раніше прийнятими значеннями мають похибку, але не перевищує норми 5-7%.

Параметри режимів зварювання представлено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6– Параметри режиму автоматичного зварювання під шаром флюсу

Параметри	Позначення	Величина
Зварювальний струм, А	$I_{зв}$	343
Діаметр електродного дроту, мм	d_e	1,75
Виліт електрода, мм	l_e	18
Напруга на дузі, В	U_d	31,1
Швидкість зварювання, см/с	$V_{зв}$	1,76
Швидкість подачі електродного дроту, см/с	V_m	6,46
Погінна енергія зварювання, Дж/см	$q_{ног}$	5151,82
Глибина проплавлення, мм	h	4,75
Ширина шва, мм	e	14
Висота підсилення, мм	c	1.3
Коефіцієнт форми проварення	$\phi_{пр}$	1,4
Коефіцієнт форми валика	$\phi_{в}$	10,0
Швидкість охолодження, $\frac{^{\circ}C}{c}$	ω	2,4

Швидкість охолодження:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot S^2 \cdot (T_m - T_o)^3}{q_{ног}^2}, \quad (2.13)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності;

T_m – температура найменшої стійкості аустеніту;

c – об'ємна теплоємність;

T_o – початкова температура металу;

$$\omega = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.38 \cdot 3.89 \cdot 0.4^2 \cdot (550 - 200)^3}{5151,82^2} = 2.40 \frac{^{\circ}C}{c}$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір пристосування

Для виконання технологічного процесу зварювання поздовжнього стику обичайки використовується клавішний стенд (рисунок 3.1).

Дане приспособлення складається з станини, консолі, бічних балок, переходника, штурвала, підкладки, поворотного колеса.

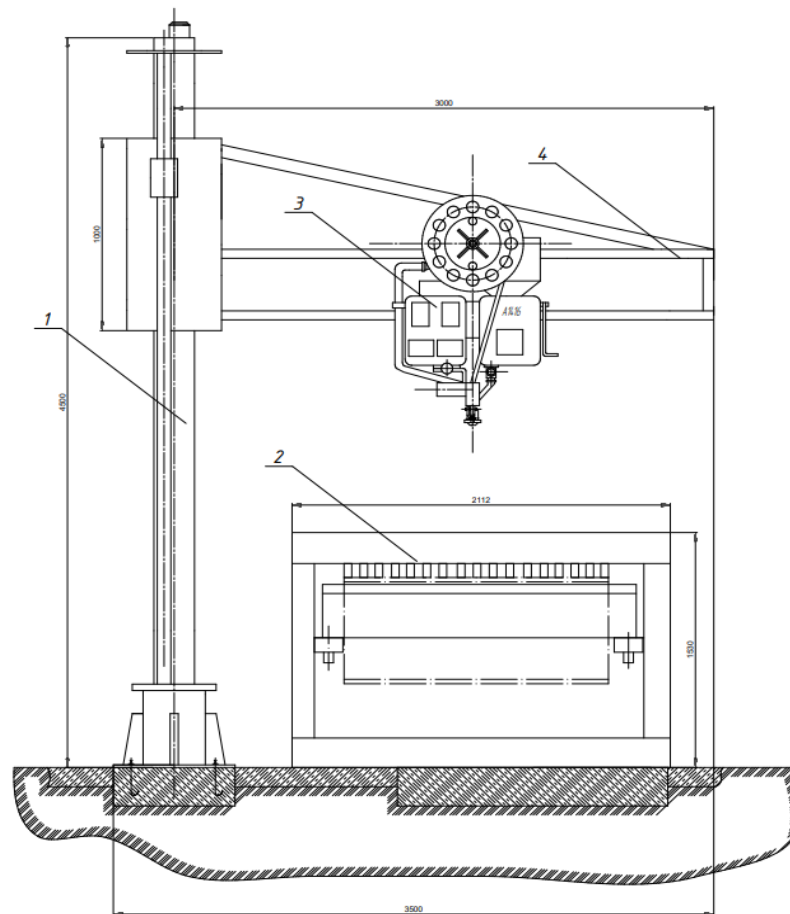


Рисунок 3.1 – Стенд для зварювання поздовжнього стику обичайки:

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

Обичайка встановлюється на консоль.

В пневмосистему пристосування подається повітря. При проходженні стисненого повітря, рукави тиснуть на клавіші. А клавіші, відповідно

притискають кромки, що зварюються.

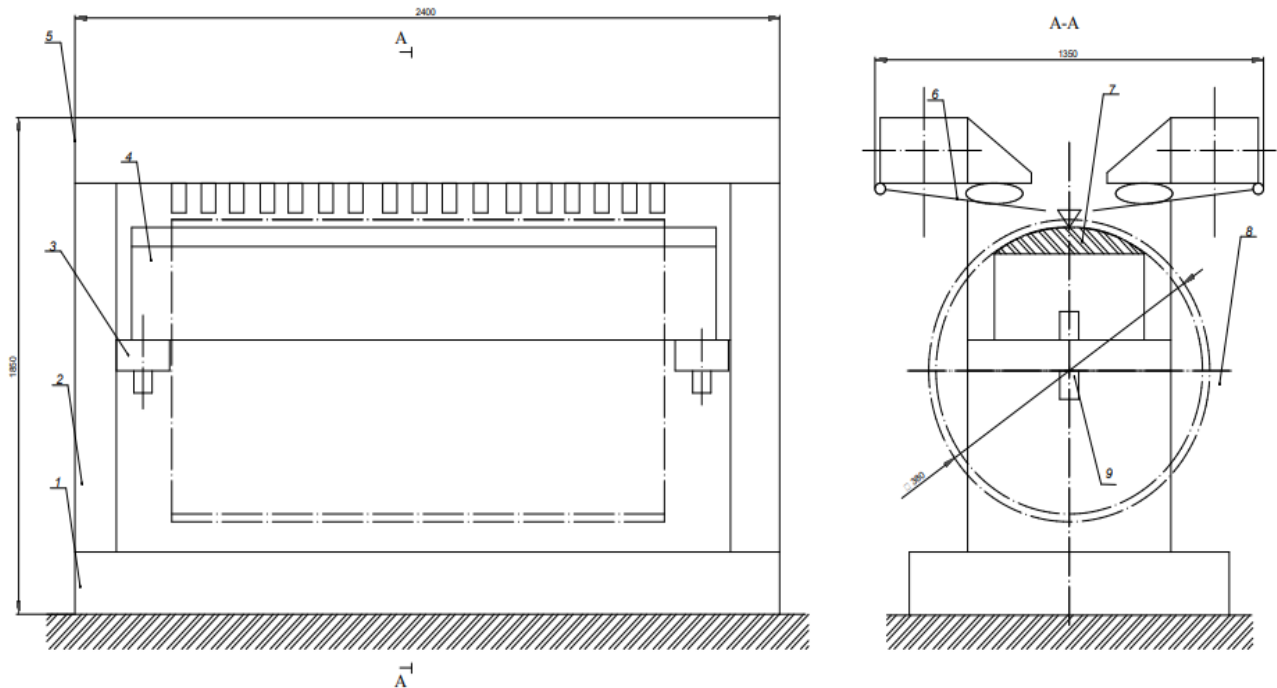


Рисунок 3.2 – Затискний пристрій для складання та зварювання повздовжніх швів обичайок: 1 – рама; 2 – стояк; 3 – притискач; 4 – металева підкладка; 5 – верхня опорна балка; 6 – направляюча; 7 – планка; 8 – обичайка; 9 – шкворінь

Для формування зворотного валика шва використовується мідна підкладка.

Після зварювання шва відключається подача стисненого повітря. Тоді штурвал переводиться в крайнє верхнє положення та знімається обичайка з консолі.

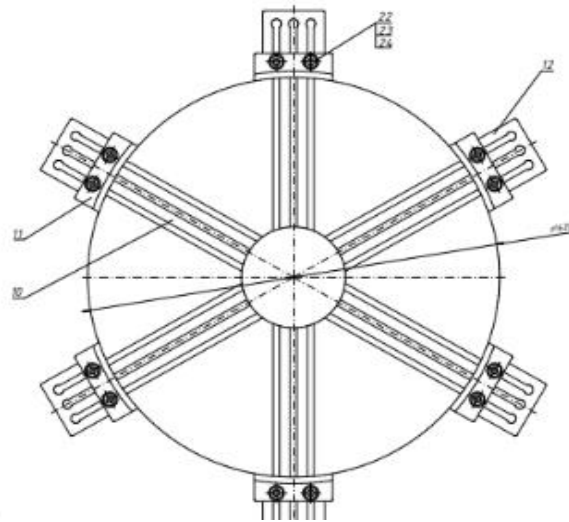
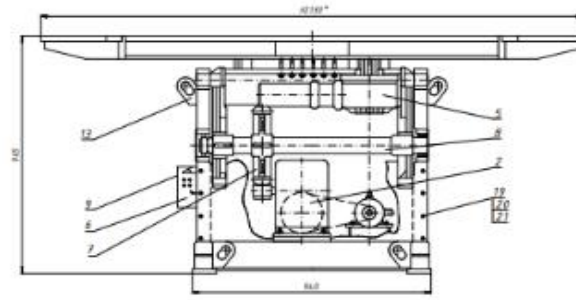
Для зварювання днища та горловини з обичайкою маніпулятор (рисунок 3.3).

Обертач призначений для обертання виробу, що зварюється зі зварювальною швидкістю.

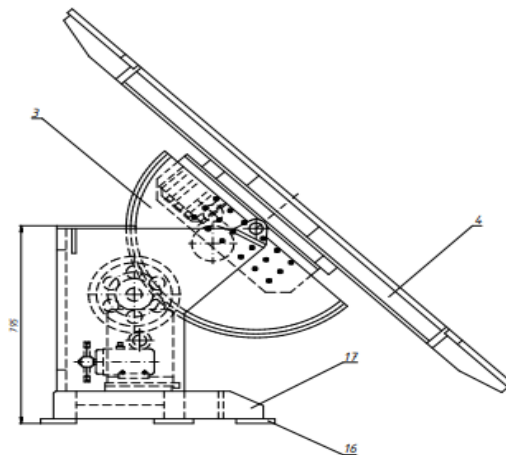
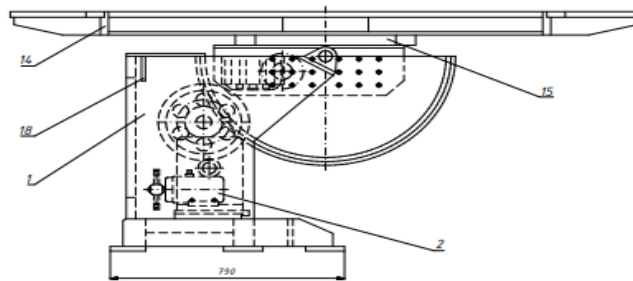
Обертач складається з корпусу 1, привіду нахилу 2, шестерні 3, планшайби 4 і приводу обертання планшайби 5 та шафи керування 6.

Для центрування деталей попередньо встановлюють шаблоном.

Потім повзун відводять, зібраний виріб встановлюють і притискають. Після виконання зварного шва повзун відводять та знімають виріб.



а)



б)

Рисунок 3.3 – Маніпулятор зварювальний

3.2 Розрахунок затискного пристрою

Приймаємо радіус обичайки $R = 0,2$ м завтовшки $\delta = 5$ мм і завдовжки 2,5 м зі сталі сталь 30ХГСА по наступним вихідним даним:

- $E = 2,7 \times 10^5$ МПа,

- $\sigma_T = 820$ МПа,

- власна вага клавiш зі шлангом $G = 0,5$ кгс/см,

крок розміщення клавiш $t = 5$ см, $l = 25$ см, $l_1 = 10$ см, $l_2 = 15$ см, $l_3 = 20$ см, $l_4 = 10$ см, $l_5 = 5$ см, хiд клавiша $h_k = 4$ см,

- залишкова кутова деформація $tg\alpha = 0,02$.

Визначаємо критичне значення кутової деформації:

$$tg\alpha_{kp} = \frac{2l_5\sigma_{\text{дон}}}{3E\delta} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 820 \cdot 10^6}{3 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 0,005} \approx 0,003. \quad (3.1)$$

Визначаємо погонну силу притиску зварюваних кромок обичайки:

$$P_{\text{дон}} = \frac{\sigma_{\text{дон}}\delta^2}{6l} = \frac{820 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2}{6 \cdot 0,25} = 2,73 \times 10^4 \quad (3.2)$$

Перевірку стану прилягання кромок до підкладки:

$$\Delta_3 = f - f_0; \quad (3.3)$$

$$f = l_5 \cdot tg\alpha = 0,05 \cdot 0,02 = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ м};$$

$$f_0 = \frac{4Pl_5^3}{E\delta^3} = \frac{4 \cdot 27300 \cdot 0,05^3}{2,7 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 0,005^3} = 5,2 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta_3 = 1,0 \cdot 10^{-4} - 5,2 \cdot 10^{-3} = 4,993 \cdot 10^{-4} \approx 0,0049$$

Сила зворотної пружини

$$p_1 = \frac{Gl_2 + 0,05pl}{l_1} = \frac{0,5 \cdot 0,15 + 0,05 \cdot 27300 \cdot 0,3}{0,1} = 4,096 \times 10^3 \text{ Н/м}. \quad (3.4)$$

Сила пневмошланга, що припадає на одиницю його довжини

$$Q = 1,05 p \frac{l}{l_3} = 1,05 \cdot 4096 \cdot \frac{0,3}{0,2} = 6,451 \times 10^4 \text{ Н/м.} \quad (3.5)$$

Сила пневмошланга, що припадає на кожну клавішу

$$Q_{\text{кл}} = Qt = 6,451 \cdot 10^4 \cdot 0,05 = 3225,6 \text{ Н.} \quad (3.6)$$

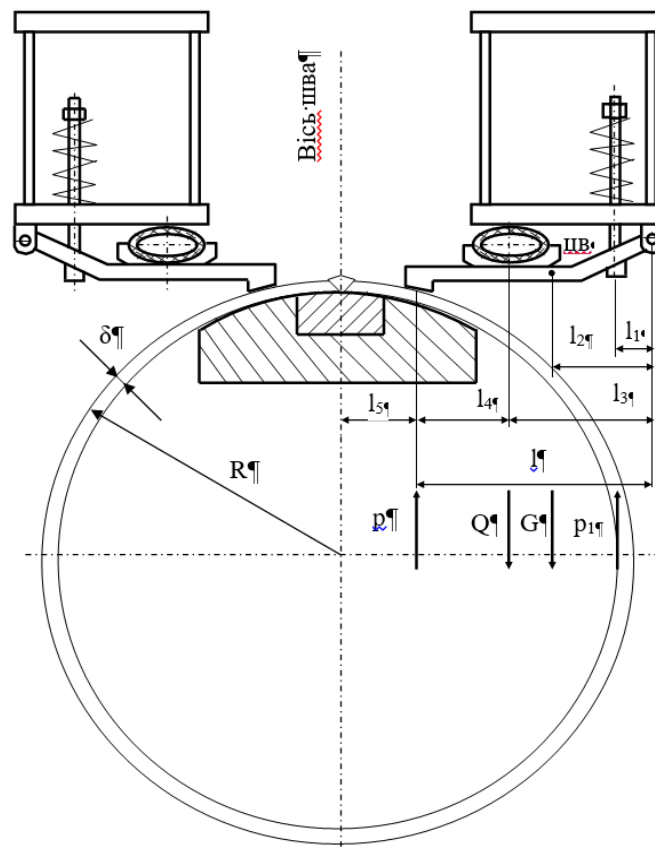


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема

Сила зворотня

$$P_{np} = p_1 t = 4096 \cdot 0,05 = 204,8 \text{ Н.} \quad (3.7)$$

Хід пневмошланга

$$h = h_k \cdot \frac{l_3}{l} = 0,04 \cdot \frac{0,2}{0,3} = 0,026 \text{ м.} \quad (3.8)$$

Хід зворотної пружини

$$x = h_k \frac{l_1}{l} = 0,04 \cdot \frac{0,25}{0,3} = 0,033 \text{ м} \quad (3.9)$$

Діаметр пневмошланга

$$d_{ш} = \frac{2Q}{\pi q} + h + \Delta = \frac{2 \cdot 6,451 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6} + 0,026 + 0,005 = 0,082 \text{ м.} \quad (3.10)$$

Вибираємо пневмошланг діаметром $d_{ш}=89$ мм.

Визначаємо допустимий тиск повітря

$$q_{дон} = \frac{2Q}{\pi(d_{ш} - h - \Delta)} = \frac{2 \cdot 6,451 \cdot 10^4}{3,14 \cdot (0,089 - 0,026 - 0,005)} = 0,708 \text{ МПа.} \quad (3.11)$$

Розрахункова сила на один клавiш

$$P = pt = 2730 \cdot 0,05 = 1,36 \times 10^3 \text{ Н.} \quad (3.12)$$

Найбільший згинальний момент, що діє на клавiш

$$M_3 = Pl_4 = 1360 \cdot 0,1 = 136 \text{ Нм.} \quad (3.13)$$

Визначаємо ширину клавiша

$$b = \sqrt{\frac{6M_3}{\delta[\sigma]}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 136}{0,005 \cdot 820 \cdot 10^6}} = 0,014 \text{ м.} \quad (3.14)$$

Приймаємо ширину клавiша 14 мм.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Оцінка шкідливих факторів, які діють в зварювальному цеху

При виконанні робіт зі зварювання під флюсом на людину впливають шкідливі гази та випари, опромінення зварювальною дугою, небезпека ураження електричним струмом.

При роботі з електричною дугою виникають леткі сполуки (зварювальний пил). До складу такого пилу входять оксиди марганцю, кремнію, заліза, хрому, фтористих сполук.

Перше місце серед них по шкідливому впливу займають хром та марганець. Крім всього перерахованого повітря при зварюванні забруднюється оксидами азоту, вуглецю, фтористим воднем. Поряд із короточасним отруєнням, яке проявляється у вигляді запаморочення, головного болю, нудоти, блювання, слабкості, отруйні речовини можуть відкладатися в тканинах організму людини викликати хронічні захворювання.

Найбільше повітря забруднюється під час роботи з покритими електродами. Найменше виділень при автоматичних способах зварювання. Шкідливий вплив зварювальної дуги полягає в тому, що вона є джерелом світлового, інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання.

Інфрачервоне випромінювання при тривалій дії викликає помутніння кришталіків очей (катаракту), що може призвести до послаблення та втрати зору, тепла дія цих променів викликає опіки шкіри. Захист органів зору та шкіри обличчя при дуговому зварюванні забезпечується за допомогою щитків, масок або спеціальних шоломів зі світлофільтрами.

Для того, щоб захистити тіло, необхідно працювати в одязі із щільного брезенту або аналогічного матеріалу. Світлові промені мають сліпучу дію, тому що їх яскравість значно перевищує допустимі норми. Ультрафіолетове випромінювання навіть при короточасній дії (протягом кількох секунд) викликає захворювання очей, яке називається електроофтальмією.

Воно супроводжується гострим болем, різьбою в очах, слезотечею, спазмами повік. Тривала дія ультрафіолетового випромінювання призводить до опіків шкіри. Щоб уникнути небезпеки ураження електричним струмом, необхідно дотримуватися низки умов.

Загалом безпека забезпечується:

- надійною ізоляцією, застосуванням захисних огорож, автоблокуваннями, заземленням електрообладнання та його елементів, обмеженням напруги холостого ходу джерел живлення (генераторів постійного струму – до 80 В, трансформаторів – до 90 В);

- індивідуальними засобами захисту (робота в сухому спецодязі та рукавицях, у черевиках без металевих шпильок та цвяхів);

- дотримання умов праці (припинення роботи при дощі та сильному снігопаді, якщо відсутні укриття; використання гумового килимка, гумового шолома та калош при роботі всередині судин, а також переносної лампи напругою не більше 12 В;

- проведення ремонту електрозварювального обладнання та апаратури фахівцями-електриками).

Зварювальне обладнання, призначене для зварювання під флюсом на стаціонарних постах, повинно мати:

- а) пристосування для механізованого засипання флюсу у зварювальну ванну;

- б) флюсовідсмоктувач з бункером - накопичувачем і фільтром (при поверненні повітря в приміщення) для прибирання використаного флюсу зі шва.

Стаціонарні установки для електродугового зварювання флюсом мають бути оснащені місцевими відсмоктувачами.

Відсмоктувачі повинні бути розташовані безпосередньо біля місця зварювання (на відстані не більше 40 мм від зони дуги у бік формування шва).

Рекомендується застосовувати відсмоктування щільної форми. Швидкість повітряного потоку має бути 4 - 9 м/с в залежності від необхідного об'єму повітря, що відсмоктується.

Стаціонарні установки для зварювання під шаром флюсу повинні бути

забезпечені механізованими пристроями для очищення шва від шлакової кірки з одночасним його збиранням. Ручне прибирання флюсу (в респіраторі) допускається тільки у випадках, коли застосування флюсовідсмоктувачів не є можливим. У системі збору та подачі флюсу повинно бути передбачене очищення повітря, що викидається від пилу та газів.

При засипанні флюсу в бункер автомата повинні бути вжиті заходи щодо захисту працюючого та навколишніх робочих місць від запилення. Для попередження підвищеного виділення аерозолу газів, що застосовуються при механізованому та автоматичному зварюванні, флюс повинен бути сухим, не забрудненим сторонніми речовинами (мастилами, осколками флюсової кірки і т.д.).

При зварюванні під флюсом автоматами, що пересуваються рейковим шляхом, повинні бути забезпечені надійність і правильність закріплення рейкової колії на виробі або на стенді, а також надійність кріплення зворотних і бічних роликів ходового механізму.

Робочі місця зварників при зварюванні труб та інших великогабаритних конструкцій повинні бути обладнані спеціальними кабінами з подачею повітря, тепло- та звукоізоляцією зовнішніх поверхонь і пультом управління зварювальним процесом.

При виконанні зварювання під флюсом на стаціонарних постах зварювальні установки оснащуються місцевими відсмоктувачами. Відсмоктувачі розташовуються безпосередньо біля місця зварювання (на відстані не більше 40 мм від зони дуги у бік формування шва). Рекомендується застосовувати відсмоктування щілинної форми.

Установки для зварювання під флюсом повинні мати:

1) пристосування для механізованого засипання флюсу у зварювальну ванну;

2) флюсовідсмоктувач з бункером-накопичувачем і фільтром (при поверненні повітря в приміщення) для прибирання використаного флюсу зі шва.

Установки для зварювання під флюсом обладнуються механізованими пристроями для очищення шва від шлакової кірки з одночасним його збиранням.

Ручне прибирання флюсу допускається тільки у випадках, коли застосування флюсовідсмоктувачів неможливо. При цьому обов'язкове застосування засобів індивідуального захисту органів дихання.

У системі подачі та збору флюсу має передбачатися очищення повітря, що викидається від пилу та газів.

Робочі місця зварювальників при виконанні зварювання під флюсом труб та інших великогабаритних конструкцій обладнуються спеціальними кабінами з подачею повітря, тепло- та звукоізоляцією зовнішніх поверхонь і пультом управління зварювальним процесом.

4.2 Пожежна безпека в зварювальних цехах

При організації виробничого процесу велику пожежну небезпеку становлять вогневі роботи. Це виробничі операції, пов'язані із застосуванням відкритого вогню, іскроутворенням або нагріванням деталей до температур, здатних викликати спалахування матеріалів і конструкцій (газове зварювання, плазмове зварювання, газова різка, електродугове зварювання, пайка, механічна обробка металу з виділенням іскр тощо)

На основі статистичних даних можна зробити висновок, що через порушення правил пожежної безпеки під час проведення різних вогневих робіт (електрогазоварювання, різка металу, паяльні роботи тощо) трапляється від 10 до 12 % виробничих пожеж.

Безпека при виконанні вогневих робіт здебільшого залежить від рівня професійної майстерності працівника, його знань та дотримання ним правил безпеки праці. Працівники, які безпосередньо зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, проходять один раз на рік перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) – навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Інструктажі та перевірка знань проводяться у порядку, визначеному підприємством на основі вимог нормативно-правових актів у сфері цивільного

захисту.

Під час підготовки до проведення вогневих робіт необхідно дотримуватися таких загальних вимог:

1. Місця проведення зварювальних та інших вогневих робіт, пов'язаних із нагріванням деталей до температур, здатних викликати займання матеріалів та конструкцій, можуть бути постійними, які організуються у спеціально обладнаних для цього цехах, майстернях чи на відкритих майданчиках, а також тимчасовими, коли вогневі роботи проводяться безпосередньо в будинках, які зводяться або експлуатуються, спорудах та на території об'єктів при проведенні монтажних робіт.

2. Постійні місця проведення вогневих робіт визначаються наказами, розпорядженнями, інструкціями власника підприємства.

Огороджувальні конструкції в цих місцях (перегородки, перекриття, підлоги) повинні бути з негорючих матеріалів.

3. Керівник підприємства чи структурного підрозділу, де проводяться вогневі роботи на тимчасових місцях (крім будівельних майданчиків та приватних домоволодінь), зобов'язаний оформити наряд-допуск на виконання тимчасових вогневих робіт.

За наявності на підприємстві відомчої пожежної охорони наряди-допуски на виконання тимчасових вогневих робіт повинні бути погоджені з нею напередодні виконання робіт з установами відомчою пожежною охороною відповідного контролю.

4. Проведення вогневих робіт на постійних та тимчасових місцях дозволяється лише після вжиття заходів, які виключають можливість виникнення пожежі:

- очищення робочого місця від горючих матеріалів,
- захисту горючих конструкцій,
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, ящиком з піском та лопатою).

Вид та кількість первинних засобів пожежогасіння, якими повинно бути забезпечене місце робіт, визначаються з урахуванням вимог щодо оснащення

об'єктів первинними засобами пожежогасіння і вказуються в наряді-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт.

5. Після закінчення вогневих робіт виконавець зобов'язаний ретельно оглянути місце їх проведення, за наявності горючих конструкцій полити їх водою, усунути можливі причини виникнення пожежі.

6. Посадова особа, відповідальна за пожежну безпеку місць, де проводилися вогневі роботи, повинна забезпечити перевірку місця проведення цих робіт упродовж двох годин після їх закінчення.

Про приведення місця вогневих робіт у пожежобезпечний стан виконавець та відповідальна за пожежну безпеку посадова особа роблять відповідні позначки у наряді-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт.

7. Технологічне обладнання, на якому передбачається проведення вогневих робіт, повинно бути приведене у вибухопожежобезпечний стан до початку цих робіт.

8. Розміщені в межах указаних радіусів будівельні конструкції, настили підлог, оздоблення з матеріалів груп горючості Г2, Г3, Г4, а також горючі частини обладнання та ізоляція мають бути захищені від потрапляння на них іскор металевими екранами, покривалами з негорючого теплоізоляційного матеріалу чи в інші способи і за необхідності політі водою.

9. Щоб уникнути потрапляння розпечених часток металу в суміжні приміщення, на сусідні поверхи, близько розташоване устаткування, всі оглядові, технологічні й вентиляційні люки, монтажні та інші отвори в перекриттях, стінах і перегородках приміщень, де здійснюються вогневі роботи, повинні бути закриті негорючими матеріалами.

10. Приміщення, в яких можливе скупчення парів ЛЗР, ГР та горючих газів, перед проведенням вогневих робіт мають бути провентильовані.

11. Двері, що з'єднують приміщення, де виконуються вогневі роботи, з суміжними приміщеннями, повинні бути зачинені.

12. Місце для проведення зварювальних та різальних робіт у будинках і приміщеннях, у конструкціях яких використані горючі матеріали, має бути

огорожене суцільною перегородкою з негорючого матеріалу. При цьому висота перегородки повинна бути не менше 1,8 м, а відстань між перегородкою та підлогою – не більше 50 мм. Щоб запобігти розлітання розпечених часток, цей зазор повинен бути огорожений сіткою з негорючого матеріалу з розміром чарунок не більше 1 x 1 мм.

13. Під час проведення вогневих робіт у вибухопожежонебезпечних місцях має бути встановлений контроль за станом повітряного середовища шляхом проведення експрес-аналізів із застосуванням газоаналізаторів.

14. Під час перерв у роботі, а також у кінці робочої зміни зварювальну апаратуру необхідно відключати від електромережі, шланги від'єднувати і звільняти від горючих рідин та газів, а у паяльних лампах тиск має бути повністю знижений. Після закінчення робіт усю апаратуру й устаткування слід прибрати в спеціально відведені приміщення (місця).

15. Якщо організовуються постійні місця проведення вогневих робіт більше ніж на десяти постах (зварювальні, різальні майстерні), має бути передбачене централізоване електро- та газопостачання.

16. У зварювальній майстерні за наявності не більше десяти зварювальних постів для кожного з них дозволяється мати по одному запасному балону з киснем та горючим газом. Запасні балони повинні бути огорожені щитами з негорючих матеріалів або зберігатися у спеціальних прибудовах до майстерні.

17. Вогневі роботи дозволяється проводити на відстані не ближче 15 м від відчинених отворів фарбувальних та сушильних камер. Місце зварювання слід огорожувати захисним екраном.

Забороняється:

- приступати до роботи при несправній апаратурі;
- розміщувати постійні місця для проведення вогневих робіт упожежонебезпечних та вибухопожежонебезпечних приміщеннях;
- допускати до зварювальних та інших вогневих робіт осіб, які не мають кваліфікаційних посвідчень та не пройшли у встановленому порядку навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму та щорічної перевірки знань з

одержанням спеціального посвідчення;

– зварювати, різати або паяти свіжопофарбовані конструкції та вироби до повного висихання фарби;

– виконуючи вогневі роботи, користуватися одягом та рукавицями зі слідами масел та жирів, бензину, гасу й інших ГР;

– зберігати у зварювальних кабінах одяг, ГР та інші горючі предмети і матеріали;

– допускати стикання електричних проводів з балонами зі стисненими, зрідженими й розчиненими газами;

– виконувати вогневі роботи на апаратах і комунікаціях, заповнених горючими й токсичними матеріалами, а також на тих, що перебувають під тиском негорючих рідин, газів, парів та повітря або під електричною напругою;

– здійснювати вогневі роботи на елементах будинків, виготовлених із металевих конструкцій з горючими й важкогорючими утеплювачами.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання КРБ було прийнято ряд інженерних та конструкторських рішень:

- для зварювання поздовжнього та кільцевих швів використовувати автоматичне зварювання під шаром флюсу;

- для зварювання шпангоутів і технологічних планок використовувати механізоване зварювання в середовищі захисних газів.

Проектний технологічний процес дозволить покращити якість зварних з'єднань, збільшити тривалість експлуатації виробу, дозволить економити зварювальні матеріали, збільшує рентабельність виготовлення деталі.

Методично грамотно підібрано зварювальні матеріали:

- тип флюсу - АН-648А;

- вид зварювального дроту - Св 12Х2НМА;

- формула захисної газової суміші $\text{CO}_2 + \text{Ar}$.

Для запропонованих методів розраховано режими зварювання, підібрано зварювальне обладнання, оснащення для складально-зварювальних робіт та описано методи контролю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизоване керування зварюванням: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, Р. Б. Діжак [та ін.]. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 562 с.
2. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням: Навч. посібник для учнів проф.-техн. закладів освіти / О. Г. Александров, І. І. Заруба, І. В. Пінковський. К.: Техніка, 1998. 176 с.
3. Виробництво зварних конструкцій: підручник / Г. О. Кривов, К. О. Зворикін. К. : КВІЦ, 2012. 896 с.
4. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення: навч. посіб. / О. Г. Александров, Д. А. Антонюк, О. Є. Капустян. Львів: Новий Світ-2000, 2013. 224 с.
5. Джерела живлення для дугового та плазмового зварювання і різання: навч. посіб. / Г. П. Болотов, М. Г. Болотов, Чернігів. нац. технол. ун-т. Чернігів: ЧНТУ, 2017. 178 с. ISBN 978-617-7571-06-2.
6. Довідник зварника / О. Г. Биковський, І. В. Пінковський. К. : Техніка, 2002. 336 с.
7. Матійко М. М. Розвиток дугового електрозварювання на Україні. К., 1960.
8. Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів: навч. посіб. / В. М. Палаш. Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. 236 с.
9. Обладнання і технологія газозварвальних робіт : Підручник / І. В. Гуменюк, О. Ф. Іваськів. К.: Грамота, 2005. 272 с. ISBN 966-349-000-4.
10. Александров О. Г., Заруба І. І. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням. К.: Техніка, 1998. 176 с.
11. Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками: Навч. посібник / За ред. В.К.Лебедева, В.П.Черниша. К. : Вища шк., 1994. 391 с.
12. Автоматизоване керування зварюванням: навч. посіб. / Г.Н. Семенцов, Я.Р. Когуч, Р.Б. Діжак [та ін.]. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 562 с.

13. Охорона праці. Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. К.: Основа, 1998. 224 с.
14. Расчет сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи / А. Н. Серенко, М. Н. Крумбольт, К. В. Багрянский ; Под. ред. А. Н. Серенко. К.: Вища школа, 1977. 336 с.
15. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання: навч. посіб. / О. Г. Александров, Д. А. Антонюк. Львів: Новий Світ-2000, 2011. 312 с.
16. Спеціальні способи зварювання: навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
17. Теоретичні основи процесів зварювання: навч. посіб. / В. М. Мілютін, Г. І. Камель, П. С. Івченко, Ю. А. Гасило. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 629 с. ISBN 966-175-141-4.
18. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання. : навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 184 с.
19. Технологія та обладнання електричного контактного зварювання: навч. посіб. для ПТНЗ / О. Г. Биковський, Д. М. Лутов, І. В. Піньковський. К.: Технологія, 2001. 240 с.

ДОДАТКИ