

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технологічного процесу виготовлення рами контейнера**

Виконав(ла): студент 4 курсу, групи ІМПу-41

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Exiric I.M. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Береженко Є.Б. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Дячун А.Є. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Окіпний І.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Довбуш Т.А. (прізвище та ініціали)

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)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ехіріє Ікечукву Міракл
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення рами контейнера

Керівник роботи Береженко Євген Богданович, PhD
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » 01 2025 року № 4/7-68

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Розробити технологічний процес автоматизованого зварювання нижньої частини рами вантажного контейнера, визначити оптимальні параметри зварювального режиму, обґрунтувати вибір ефективного обладнання та необхідних пристосувань; виконати техніко-економічний аналіз; запропонувати комплекс заходів щодо забезпечення охорони праці

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

Реферат, Вступ, 1. Аналітична частина, 2. Технологічна частина, 3. Конструкторська частина,

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці, Висновки, Перелік посилань, Додатки.

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

Пристосування для зварювання рами контейнера 4 листи формату А1, Технологічний процес виготовлення рами контейнера 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф. МТ		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами контейнера» складається з пояснювальної записки, яка включає в себе 4 розділи та графічної частини, що складається з 4 листів формату А1 креслень складально-зварювальних пристосувань та 1 листа формату А1 технологічного процесу виготовлення рами контейнера.

Метою кваліфікаційної роботи є – підвищення продуктивності праці і якості продукції.

Розроблено технологічний процес автоматизованого зварювання нижньої частини рами вантажного контейнера; визначено оптимальні параметри зварювального режиму; обґрунтовано вибір ефективного обладнання та необхідних пристосувань; виконано техніко-економічний аналіз; запропоновано комплекс заходів щодо забезпечення охорони праці.

Ключові слова: автоматичне зварювання, напівавтомат, устаткування, зварювальний дріт, вуглекислий газ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу та постановка задач на проектування.	13
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Обґрунтування способу зварювання	21
2.2 Вибір і обґрунтування основного зварювального устаткування.	27
2.3 Вибір методу контролю якості виробу	33
2.4 Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення зварного виробу	37
2.5 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу	41
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	44
3.1 Вибір та розрахунок елементів основного чи додаткового зварювального устаткування	44
3.2 Розрахунок зварних з'єднань на міцність	54
3.3 Опис конструктивних схем пристосувань та принципи їх роботи	55
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	58
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Зварювання металів посідає провідне місце серед технологічних процесів, які використовуються у виготовленні конструкцій різного призначення. Сучасне машинобудування, будівництво та інші галузі важко уявити без застосування зварювальних технологій. Сьогодні в зварювальне виробництво активно впроваджуються заходи, спрямовані на підвищення продуктивності, удосконалення технологічних процесів, зростання рівня механізації й автоматизації, покращення якості продукції та широке використання науково-технічних досягнень у народному господарстві.

Зварювання є одним із найпоширеніших технологічних методів, що застосовуються у промисловості. Під цим процесом розуміють утворення міцного нероз'ємного з'єднання шляхом встановлення міжатомних та міжмолекулярних зв'язків між елементами металу, яке відбувається внаслідок нагрівання й плавлення матеріалу або під впливом пластичної деформації

Розвиток зварювального виробництва та впровадження новітніх методів і прийомів механізованого зварювання й наплавлення зумовлюють необхідність створення сучасних зразків устаткування та постійного його вдосконалення. Це, у свою чергу, забезпечує ефективне використання всіх наявних технологій зварювання в промисловості.

На сьогоднішній день зварювальне виробництво перетворилося на одну з ключових галузей технічного прогресу. У машинобудуванні активно застосовуються високопродуктивні та економічно вигідні методи зварювання, наплавлення, паяння, термічного різання й металізації. Ці технології забезпечують ефективну обробку майже всіх видів конструкційних матеріалів — від тонких шарів у десятки мікрометрів до масивних заготовок товщиною у кілька метрів. Досягнутий рівень розвитку зварювальних технологій створює міцну основу для подальшого зростання продуктивності праці, раціонального

використання ресурсів та енергії, підвищення якості продукції і зниження її собівартості.

Досягнення високої якості продукції потребує модернізації технічної бази виробництва та значного підвищення рівня оснащення підприємств сучасним обладнанням, а також впровадження інноваційних технологічних рішень. Важливо вжити термінових заходів щодо оптимізації системи управління виробничими процесами, розробки й промислового впровадження новітньої техніки та технологій, а також активізації діяльності науково-технічних установ з метою підвищення їх ефективності.

Створювана нова техніка та технологія мають бути не лише технічно досконалими, а й економічно обґрунтованими. Кожен інноваційний технічний об'єкт повинен супроводжуватися чіткою оцінкою ефективності на етапах розробки, виробництва та експлуатації. Усі прийняті науково-технічні рішення мають відповідати критеріям економічної доцільності.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Контейнер призначений для перевезення різноманітних вантажів дрібними партіями, включаючи швидкопсувні продукти. Його конструкція включає раму, бункери, дах, автозчепний пристрій, гальмівну систему, механізм розвантаження та візки. У цій роботі розглядається нижня рама вантажного контейнера (рис. 1.1), яка є основною несучою частиною кузова. Вона забезпечує з'єднання всіх елементів контейнера та сприймає вертикальні й горизонтальні навантаження, що виникають під час експлуатації. Нижня рама — це просторовий конструктивний елемент, що виконує функцію об'єднання окремих вузлів і деталей в цілісну систему. До основних її складових належать: упорний брус (1), розпірні бруси (2 і 4), стійка (3) та інші елементи

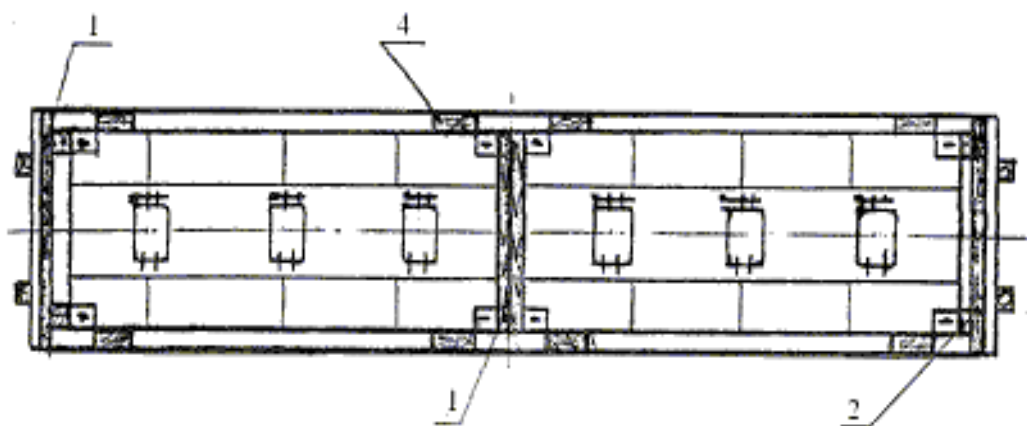
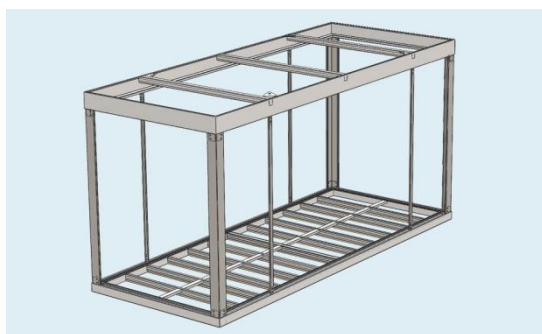


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд рами контейнера.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Під час проєктування зварних конструкцій особливу увагу приділяють вибору матеріалу, з якого буде виготовлено виріб. Такий підхід спрямований на досягнення високої якості готової продукції при мінімальній масі конструкції. За можливості перевагу надають високоміцним металам, при цьому обов'язково враховуються умови експлуатації та функціональні особливості майбутнього об'єкта.

Для зварного виробу важливо вибирати матеріал із високими міцнісними характеристиками, хорошою зварюваністю, здатністю до механічної та термічної обробки, а також доступною ціною.

Для сталевих сплавів критично важливими є низька чутливість до термічного старіння. Особливо це стосується матеріалів, які проходять операції холодного правлення та згинання – для них також необхідна мінімальна схильність до деформаційного старіння.

На підставі аналізу експлуатаційних вимог, матеріалом для виготовлення рами контейнера обрано сталь марки 09Г2. Ця низьковуглецева низьколегована конструкційна сталь відповідає всім необхідним критеріям: має добрі механічні властивості, добре зварюється та стійка до впливу зовнішніх факторів.

Технологічні властивості сталі марки 09Г2, включаючи хімічний склад (табл. 1.1) та механічні параметри (табл. 1.2), представлені у відповідних таблицях.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі марки 09Г2, % (ГОСТ 19282-73) [4, с.97]

C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S	N	As
			не більше						
до 0,12	0,17-0,37	1,4-1,8	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі марки 09Г2 [4 ,с.98]

ГОСТ	Стан поставки	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %
19282-73	Сортовий і фасонний	До 20	Не менше		
			305	440	21

Механічні властивості конструкційних матеріалів є визначальним фактором їх експлуатаційних характеристик, оскільки безпосередньо впливають на:

- здатність конструкційних елементів сприймати та розподіляти експлуатаційні навантаження;
- оптимальне співвідношення маси до несучої здатності;
- стійкість до втомного руйнування та інших видів деградації.

До ключових механічних характеристик відносяться:

- Границя міцності (σ_B) - максимальне напруження перед руйнуванням
- Границя плинності (σ_T) - напруження початку пластичної деформації
- Відносне видовження (δ) - показник пластичності матеріалу
- Ударна в'язкість (КСУ) - енергоємність при динамічному навантаженні

Ці параметри є обов'язковими для розрахунків на:

- міцність
- жорсткість
- довговічність
- стійкість до крихкого руйнування

При цьому вони взаємопов'язані та визначають:

- Оптимальність конструкторських рішень
- Ефективність використання матеріалів
- Надійність протягом всього терміну служби

Для інженерних розрахунків особливе значення мають деформаційні та міцнісні характеристики, які нормуються відповідними стандартами (ДСТУ, ISO, EN тощо).

Зварні конструкції з маловуглецевих і низьколегованих сталей характеризуються рядом технологічних складностей, зокрема:

- здатністю до загартовування з подальшим утворенням холодних тріщин;
- тенденцією до формування дефектів при високих температурах;
- потребою у забезпеченні однорідної міцності з'єднання.

Одним із підходів до аналізу тріщиностійкості є комп'ютерні моделі, що базуються на хімічному складі матеріалу. Наприклад, широко використовується критерій вуглецевого еквівалента для кількісної оцінки ризиків ($C_{екв}$).

Вуглецевий еквівалент ($C_{екв}$) – це показник, який визначає, наскільки сталь схильна до загартовування. Чим вище значення $C_{екв}$, тим нижча критична швидкість охолодження, необхідна для утворення закаленої структури. Цей параметр дозволяє порівнювати різні марки сталі та прогнозувати їхню схильність до тріщин: якщо $C_{екв}$ перевищує 0,45%, матеріал вважається потенційно нестійким до дефектів. Основним інструментом оцінки ризику холодних тріщин є розрахунок еквівалентного вмісту вуглецю. [5, с.526]:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} + 5B; \quad (1.1)$$

де C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B - максимальний вміст хімічних елементів в сталі, %.

$$C_{екв} = 0,12 + \frac{21}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,44\%$$

Для сталі марки 09Г2 значення вуглецевого еквівалента ($C_{екв}=0,44\%$) не перевищує критичний рівень 0,45%, що класифікує її до першої групи

зварюваності. Це свідчить про високу якість зварних з'єднань без ризику гартівних структур, відсутність необхідності попереднього підігріву, можливість виконання зварювання без додаткового термічного оброблення.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу

На етапах проектування та виготовлення необхідно забезпечити точне відтворення геометрії та форми виробу. Для цього встановлюються такі технологічні вимоги:

- Конструктивні рішення мають враховувати виробничі можливості та обмеження;
- Зварні з'єднання повинні відповідати нормативним вимогам щодо обробки кромek, допусків і форми сполучень;
- Технологічна дисципліна має виключати виникнення залишкових напружень і деформацій.

Геометрія та поверхня зварного шва значно варіюються залежно від застосованого методу зварювання та просторового положення (нижнє, горизонтальне, вертикальне, стельове).

Вимоги до якості з'єднань включають:

1. Геометричну відповідність - форма та розміри шва мають суворо відповідати параметрам, зазначеним у технічній документації;
2. Матеріальні обмеження - основні метали та присадкові матеріали повинні мати знижений вміст сірки ($<0,025\%$), фосфору ($<0,035\%$).

Складання - це технологічний процес послідовного з'єднання деталей згідно з вимогами технологічних карт. Існують два основних методи організації цього процесу:

- За попереднім розмічуванням (позиціонування деталей за мітками)
- За контрольними отворами (фіксація за допомогою технологічних отворів)

Використання спеціалізованого складально-зварювального обладнання дозволяє уникнути проміжного транспортування конструкції, виключити необхідність повторної установки, забезпечити високу точність геометрії, підвищити якість зварних з'єднань порівняно з традиційним методом "на прихватках".

Для виготовлення рами контейнера оптимальним рішенням є застосування спеціалізованих складально-зварювальних пристосувань.

Проектування та виготовлення зварних з'єднань потребують обліку численних факторів, що впливають на міцність конструкції:

- Зовнішні фактори: навантаження, кліматичні умови
- Внутрішні фактори: залишкові напруження, мікроструктура металу

Допустимі дефекти зварних швів регламентовані ОСТ 23.2.429-80. Сумарна довжина дефектних ділянок не повинна перевищувати 15% загальної довжини шва (для допустимих дефектів). Конструктивні параметри швів мають відповідати ОСТ 23.1.466-71.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу та постановка задач на проектування

Для виробництва рами контейнера використовується сталь марки 09Г2. Основу рами формують заготовки, виготовлені з листового металопрокату та фасонного прокату, зокрема Z-подібних профілів і кутників.

Окрім елементів, які виготовляються безпосередньо з цих заготовок, частину деталей постачають інші цехи підприємства з метою подальшого використання у складально-зварювальному процесі.

Процес виготовлення заготовок для рами контейнера включає комплекс послідовних технологічних операцій, до яких належать: правлення (вирівнювання), розмічування, різання матеріалу та очищення поверхні перед зварювальними роботами. Кожен із цих етапів виконується з дотриманням відповідних технічних вимог, що забезпечує належну якість подальших складально-зварювальних процесів.

Правлення проводиться в холодному стані на спеціальних правильних вальцях, що дозволяє усунути викривлення, хвилястість і залишкові напруги в металопрокаті, які могли виникнути під час транспортування або зберігання.

Розмічування деталей здійснюється на розмічувальних стендах із використанням шаблонів, вимірювального інструменту та спеціальних пристроїв, що забезпечують точність геометричних параметрів і відповідність кресленням.

Операція різання заготовок може виконуватись одним із двох методів — газополуменевим (киснево-ацетиленовим) різанням або механічним способом (наприклад, за допомогою стрічкових пилок, ножиць або фрез). Вибір методу залежить від товщини матеріалу, необхідної точності та специфіки деталі.

Після різання проводиться очищення заготовок з метою підготовки поверхні до зварювання. Цей етап надзвичайно важливий для забезпечення високої якості зварних швів. Для цього застосовують як механічні, так і хімічні методи. Механічна обробка включає обробку дробоструменевими апаратами, які ефективно видаляють окалину, іржу та сторонні забруднення. Хімічна обробка, у свою чергу, передбачає знежирення поверхні (наприклад, з використанням лужних розчинів) та травлення, що дозволяє усунути тонкий поверхневий шар з окислів та домішок.

Таким чином, підготовка заготовок є критичним етапом у виробництві контейнерної рами, який безпосередньо впливає на надійність, міцність і довговічність готової конструкції.

Заготовки, що застосовуються у виготовленні рами контейнера, мають відповідати ряду технологічних вимог, які гарантують ефективність подальших складально-зварювальних операцій. Зокрема, вони повинні забезпечувати:

- можливість точного та надійного розміщення у складально-зварювальних пристосуваннях для забезпечення стабільності та правильності геометрії під час зварювання;
- відкритий і зручний доступ до зон зварювання, що є необхідним для якісного виконання зварних швів;
- умови для проведення зварювання у нижньому (найзручнішому та найбільш контрольованому) положенні, що зменшує ризик дефектів;

- розташування зварних з'єднань у зонах, які не піддавались значним пластичним деформаціям під час попередніх етапів обробки, щоб уникнути внутрішніх напружень і порушення цілісності металу;
- дотримання заданих розмірних параметрів згідно з технічною документацією, а також можливість проведення точного контролю цих параметрів на всіх етапах виробництва.

У процесі виготовлення рами контейнера застосовується метод електродугового напівавтоматичного зварювання із використанням плавкого електрода в середовищі захисного газу. Як захисне середовище використовується вуглекислий газ, що забезпечує ефективний захист зони зварювання від окиснення та впливу атмосферного повітря. Подача вуглекислого газу здійснюється з балонів, у яких він зберігається в рідкому стані відповідно до вимог стандарту ГОСТ 8050-85. Такий підхід дозволяє досягти високої якості зварних з'єднань і забезпечити надійність конструкції в умовах експлуатації.

Процес зварювання рами контейнера здійснюється за допомогою напівавтоматичного апарата типу ПДГ-312. Основним робочим елементом цього обладнання є зварювальна головка, яка включає пальник із мундштуком, через який здійснюється підведення електричного струму до електродного дроту. Через пальник також проходить спеціальний шланг, що забезпечує подачу електрода та одночасно виконує функції захисту та направлення.

Подача зварювального дроту здійснюється окремим механізмом, розташованим поблизу зони роботи зварювальника. Цей механізм складається з електродвигуна і редуктора, які забезпечують рівномірне проштовхування дроту через гнучкий шланг довжиною 3–4 метри до пальника. Така конструкція дає змогу зручно працювати в різних просторових положеннях і забезпечує стабільну подачу дроту.

Система керування та контролю апарата інтегрована в окрему електричну шафу, яка забезпечує надійний захист і зручність експлуатації. Схема управління побудована на основі напівпровідникових елементів і дозволяє реалізувати необхідні робочі цикли як у режимі зварювання, так і при налаштуванні обладнання.

Гнучкий шланг, що з'єднує подаючий механізм із пальником, виконує багатофункціональну роль: він не лише є каналом для подачі електродного дроту, а й містить у собі дроти керування та кабелі живлення, які підводять зварювальний струм безпосередньо до мундштука пальника. Це дозволяє забезпечити компактність, мобільність та ефективність роботи зварювальника в умовах виробництва.

Напівавтоматичне зварювання виконується за допомогою уніфікованого зварювального пальника, який з'єднується з механізмом подачі дроту за допомогою триметрового гнучкого шланга, що фіксується швидко роз'ємними з'єднаннями (клемниками). Така конструкція забезпечує швидке підключення та зручність в експлуатації.

Пальники, що використовуються в подібних напівавтоматах, мають стандартизовані (уніфіковані) змінні компоненти — такі як наконечники, сопла, контактні клеми та інші елементи. Це дає змогу швидко здійснювати заміну зношених частин, а також обирати пальник, найбільш придатний для конкретних умов зварювання, без необхідності внесення змін у конфігурацію обладнання.

Напівавтоматичний зварювальний апарат типу ПДГ-312 укомплектовується зварювальним випрямлячем моделі ВДУ-304. Цей випрямляч дозволяє отримувати як жорсткі, так і спадаючі зовнішні вольт-амперні характеристики, що розширює можливості зварювання з урахуванням різних режимів роботи та типів металу.

Серед основних недоліків зварювальних випрямлячів такого типу варто відзначити високу чутливість до коливань напруги в електромережі. Подібні

коливання можуть негативно впливати на стабільність зварювального процесу, що вимагає додаткової уваги до якості електроживлення на виробництві.

Зварювання даного типу виробу здійснюється на постійному струмі зворотної полярності, що дозволяє забезпечити стабільний електродуговий процес та якісне формування зварного з'єднання. Робоча відстань між соплом зварювального пальника та поверхнею деталі підтримується в межах 15–20 мм, а кут нахилу пальника під час роботи становить приблизно 5–10°. Такий режим зварювання сприяє надійному захисту зони зварювання від впливу навколишнього середовища, утворенню шва з правильною геометрією та високими показниками якості.

Зварювальний процес виконується методом «кутом назад», тобто зворотним рухом пальника щодо напрямку подачі дроту. Як присадний матеріал використовується зварювальний дріт суцільного перерізу марки Св08Г2С діаметром 1,2 мм. Цей тип дроту характеризується універсальністю і може застосовуватись для зварювання у всіх просторових положеннях, включаючи вертикальні та стельові шви.

Св08Г2С має збалансований хімічний склад, зокрема підвищений вміст марганцю та кремнію, що сприяє активному розкисленню металу в зоні зварювання. У результаті отримується наплавлений метал із високими показниками міцності, пластичності та стійкості до тріщиноутворення, що є критично важливим для довговічності зварної конструкції.

Для забезпечення безпеки зварювальника під час роботи, зокрема захисту очей і обличчя від яскравого дугового випромінювання, розбризкування металу та шкідливих випарів, використовується спеціальний захисний щиток моделі ННП-С-605-40, виготовлений відповідно до вимог стандарту ГОСТ 12.4.035-78. Такий щиток гарантує достатній рівень захисту та комфорт під час виконання зварювальних операцій.

Контроль якості зварних з'єднань конструкцій даного типу виконується згідно з регламентом, встановленим державним стандартом ГОСТ 23.2.429-80.

Перевірка охоплює весь виробничий цикл і включає три основні етапи:

- попередній контроль,
- операційний контроль,
- кінцевий (фінальний) контроль.

Попередній контроль передбачає перевірку початкових умов, необхідних для забезпечення якості зварювання. Основними об'єктами оцінювання є:

- рівень кваліфікації та допуск зварювальника до виконання робіт відповідної складності;
- технічний стан зварювального обладнання, допоміжної апаратури та пристроїв для складання та фіксації деталей;
- повнота та актуальність технічної документації, яка регламентує процес зварювання;
- якість і відповідність матеріалів заготовок вимогам технічних умов;
- справність і точність вимірювальних інструментів, які будуть використовуватись на наступних етапах контролю.

Операційний контроль Здійснюється безпосередньо під час виконання зварювальних робіт і включає спостереження за такими параметрами:

- правильність підготовки поверхонь деталей до зварювання (очищення, фаски, допуски тощо);
- точність складання та фіксації елементів перед зварюванням;
- дотримання технології зварювання, вибраного режиму, послідовності проходження швів та якості виконання кожного з них у процесі роботи.

Кінцевий контроль якості зварних з'єднань здійснюється з використанням спеціалізованих методів, спрямованих на виявлення можливих дефектів у швах після завершення зварювальних робіт. Залежно від характеру потенційних пошкоджень (наприклад, тріщин, пористості, непроварів тощо), а також з урахуванням технічних вимог до експлуатаційної надійності конструкції, застосовуються відповідні методи контролю.

Перелік та порядок використання методів кінцевого контролю регламентується державним стандартом ГОСТ 3242-69. Цей нормативний документ визначає критерії вибору методів відповідно до категорії зварного з'єднання, типу матеріалу, класу відповідальності виробу та умов його подальшого використання.

Методи контролю, що можуть застосовуватись на цьому етапі, включають:

- візуально-оптичний контроль;
- капілярну дефектоскопію;
- магнітопорошковий контроль;
- ультразвукову діагностику;
- радіографічний (рентгенівський) контроль.

Кінцева перевірка є важливою частиною системи забезпечення якості, оскільки дозволяє виявити приховані дефекти, які не було помічено під час операційного контролю, та гарантує відповідність виробу встановленим стандартам і вимогам надійності.

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO_2) спостерігається інтенсивніше, порівняно з іншими методами дугового зварювання, розбризкування розплавленого електродного металу. Частина крапель, що вилітає із зони дуги, налипає або навіть частково сплавляється з поверхнею зварюваної деталі, внутрішніми стінками сопла пальника та мундштука.

Накопичення металевих бризк на соплі та мундштуку призводить до низки негативних наслідків: порушується стабільність подачі зварювального дроту, зменшується ефективність газового захисту дуги, що в результаті може спричинити утворення дефектів у зварному шві. З метою запобігання цим проблемам необхідно регулярно очищувати робочі елементи пальника від налиплих частинок розплаву.

Ще одним суттєвим недоліком чинного технологічного процесу є застосування ручних затискних пристроїв у процесі складання. Ці пристрої потребують прямої участі оператора – складальника-зварювальника – що

значно уповільнює темпи роботи. Ручне встановлення та фіксація елементів не лише збільшують тривалість складання рами вагона, але й призводять до зростання фізичних навантажень та трудомісткості виробничого процесу.

Суттєвим недоліком чинного виробничого процесу є неефективне використання зварювального обладнання, що негативно впливає на загальну продуктивність і якість зварювальних робіт. Нераціональний підбір та застосування технічних засобів призводить до перевитрати ресурсів, зниження ефективності зварювання та збільшення трудових витрат.

З огляду на перелічені недоліки, для покращення організації зварювального виробництва та підвищення якості виготовлення виробів необхідно реалізувати наступні заходи:

- Оптимізувати технологію зварювання в середовищі CO₂ шляхом розробки нових або вдосконалення наявних режимів зварювання, які дозволятимуть зменшити інтенсивність розбризкування розплавленого металу, тим самим покращуючи якість шва та зменшуючи потребу в очищенні обладнання.
- Модернізувати затискні пристрої, замінивши ручні фіксатори на механізовані або пневматичні системи затиску. Це дасть змогу скоротити час на складання, зменшити фізичне навантаження на оператора та забезпечити більш точне позиціонування деталей перед зварюванням.
- Раціонально підібрати зварювальне обладнання відповідно до специфіки технологічного процесу, виду конструкції та вимог до якості. Вибір сучасного, енергоефективного та стабільного в роботі обладнання сприятиме підвищенню надійності зварних з'єднань, зменшенню впливу зовнішніх факторів та оптимізації загальних витрат на виробництво.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу зварювання

При виборі оптимального способу зварювання для виготовлення рами контейнера необхідно враховувати низку технічних і виробничих чинників. До основних із них належать:

- тип матеріалу, з якого виготовлені елементи конструкції (його хімічний склад, зварюваність, наявність легуючих елементів тощо);
- товщина зварюваних деталей, що безпосередньо впливає на вибір джерела тепла, тип електродів і режим зварювання;
- відповідальність конструкції, тобто ступінь навантаження та впливу зовнішніх факторів у процесі експлуатації;
- масштаб виробництва – одиничне, серійне або масове, від чого залежить доцільність автоматизації процесу;
- вимоги до якості зварних з'єднань, включаючи герметичність, механічну міцність, естетичні характеристики тощо.

Залежно від вказаних параметрів, для зварювання рами контейнера можуть застосовуватись різні методи зварювання:

- Ручне дугове зварювання покритими електродами – підходить для менш масштабного або ремонтного виробництва, забезпечує універсальність, але поступається за швидкістю і якістю механізованим методам.
- Напіваавтоматичне зварювання в середовищі інертного газу (аргону) – доцільне для конструкцій, де особливо важлива якість шва та мінімальний вплив навколишнього середовища.
- Зварювання у середовищі CO_2 – широко застосовується в масовому виробництві завдяки відносній дешевизні, високій швидкості зварювання та придатності для сталі.

- Зварювання під шаром флюсу – найбільш ефективне для товстих деталей у горизонтальному положенні, забезпечує глибоке проплавлення, високу якість і мінімальне розбризкування металу.

Раціональний вибір зварювального методу дозволяє досягти оптимального співвідношення між витратами, продуктивністю та якістю кінцевого виробу.

У процесі ручного дугового зварювання з використанням покритих електродів, зварювальник самотійно виконує переміщення електрода вздовж зварювального шва, а також вручну регулює його поступову подачу в зону горіння дуги в міру його розплавлення. Такий спосіб зварювання вимагає високої концентрації уваги, досвіду та навичок, оскільки забезпечення стабільної довжини дуги є технічно складним завданням.

Невеликі коливання у відстані між кінцем електрода і поверхнею деталі (тобто довжині дугового проміжку) призводять до змін основних параметрів зварювального режиму — сил струму та напруги дуги. Ці коливання, у свою чергу, можуть негативно впливати на якість зварного з'єднання, викликаючи такі дефекти, як нестабільне проплавлення, пористість або надлишкове розбризкування металу.

Тому ручне дугове зварювання вважається менш стабільним порівняно з механізованими методами, де подача дроту та підтримка параметрів процесу автоматизовані, що дозволяє досягти більшої повторюваності та якості зварних швів.

Цей метод зварювання, який передбачає ручну подачу електрода, характеризується низьким рівнем продуктивності, особливо у порівнянні з механізованими або автоматизованими способами. Через обмеження в швидкості виконання робіт та залежність від людського фактора, він зазвичай використовується для зварювання коротких швів, переважно у важкодоступних або обмежених зонах, де інші способи зварювання є технічно неможливими або недоцільними.

Застосування аргонового зварювання при виготовленні даного виробу є економічно недоцільним, насамперед через високу вартість самого процесу та витратних матеріалів. Цей метод, як правило, призначений для зварювання кольорових металів та їхніх сплавів, таких як алюміній, магній, титан, цирконій, молібден та інші хімічно активні метали. Крім того, аргонове зварювання широко використовується у випадках, коли потрібно забезпечити високу чистоту шва та мінімізувати вплив зовнішніх факторів, наприклад, при виготовленні особливо відповідальних конструкцій у аерокосмічній або медичній галузях.

У той же час, при напівавтоматичному зварюванні під флюсом, електрична дуга горить під щільним шаром спеціального порошкоподібного флюсу, який виконує подвійну функцію — забезпечує стабільність дугового горіння та надійний захист зварювальної ванни від дії повітря. Завдяки цьому досягається глибоке проплавлення та висока якість з'єднань, особливо на товстостінних деталях у горизонтальному положенні.

Однак, незважаючи на переваги, цей метод має й певні обмеження. Одним із основних недоліків є складність візуального контролю процесу зварювання в реальному часі, оскільки дуга та шов приховані під шаром флюсу. Це може ускладнювати своєчасне виявлення дефектів під час виконання робіт та потребує високої кваліфікації персоналу, а також застосування додаткових засобів контролю після зварювання.

Напівавтоматичне зварювання під флюсом зазвичай використовується у випадках, коли необхідно виконати короткі (до 1,5 метра) шви, а також криволінійні, важкодоступні або переривчасті з'єднання, де традиційні автоматизовані методи зварювання є малоефективними або технічно складними.

Проте в останнє десятиліття спостерігається тенденція до зниження обсягів використання цього способу, зокрема в масовому та серійному виробництві. Це

пояснюється як технологічною складністю контролю процесу, так і потребою у ретельному очищенні шва від залишків флюсу після зварювання, що додає додаткових трудовитрат.

У сучасній практиці зварювання все ширше впроваджується напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO_2). Цей метод забезпечує високу продуктивність, стабільність горіння дуги, кращу видимість процесу та зменшення післяопераційної обробки, що робить його більш привабливим для промислового застосування. Крім того, він краще підходить для зварювання в різних просторових положеннях і дозволяє ефективно працювати з низьколегованими конструкційними сталями.

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO_2) захисний газ безперервно подається в зону дуги через сопло зварювального пальника. В результаті електрична дуга генерує тепло, яке розплавляє як електродний дріт, що подається у зону зварювання, так і поверхню основного металу. Утворений розплав об'єднується у спільну зварювальну ванну, яка після охолодження кристалізується, формуючи монолітний зварний шов.

Для досягнення високої якості шва необхідно дотримуватись мінімальної довжини дуги, оскільки надмірна дугова відстань знижує стабільність процесу, погіршує захист зони зварювання від кисню та азоту повітря і може призвести до виникнення пористості або непроварів.

Під час переміщення пальника дуга повинна залишатись у межах основного металу або знаходитися на межі зварювальної ванни та основи, що забезпечує оптимальне проплавлення і формування правильного профілю шва. Дотримання цих умов є критично важливим для отримання з'єднань із високими механічними характеристиками та мінімальним рівнем дефектів.

Напівавтоматичне дугове зварювання у середовищі вуглекислого газу (CO_2) з використанням плавкого електрода діаметром від 0,8 до 2 мм отримало широке застосування у зварювальному виробництві, особливо при роботі зі вуглецевими сталями завтовшки понад 3 мм. Такий метод поєднує високу

продуктивність, відносну простоту організації процесу та економічну ефективність.

Основна роль вуглекислого газу як захисного середовища полягає в тому, щоб ізолювати зону горіння дуги та зварювальну ванну від впливу атмосферного повітря. Це запобігає окисненню та забрудненню металу в зоні з'єднання, що особливо важливо для забезпечення міцності та щільності шва.

Зокрема, вуглекислий газ ефективно перешкоджає проникненню азоту з атмосфери в розплавлений метал, що є критично важливим, оскільки азот може викликати утворення пористості, крихких структур або зниження пластичних властивостей шва. Хоча захист CO₂ поступається за якістю інертним газам, таким як аргон, він є цілком достатнім для більшості конструкційних сталей і дозволяє досягти прийнятного балансу між якістю та вартістю процесу.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO₂) є одним із найбільш ефективних і широко застосовуваних методів з'єднання конструкційних сталей. Цей спосіб передбачає механізовану подачу електродного дроту безпосередньо в зону горіння дуги, що дозволяє забезпечити високу продуктивність процесу та стабільність параметрів зварювання.

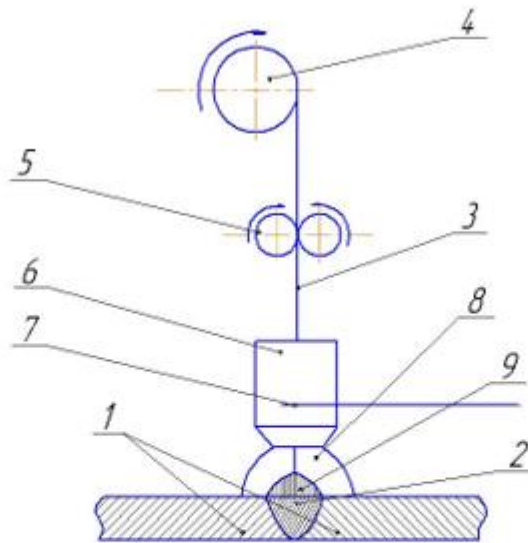
До основних переваг цього методу слід віднести:

- економічність — завдяки невисокій вартості вуглекислого газу порівняно з інертними газами;
- доступність витратних матеріалів — CO₂ є недефіцитним і легко транспортується у балонах;
- високу якість шва — за умови дотримання технологічного режиму забезпечується достатня міцність, щільність та пластичність з'єднання;
- зменшення впливу людського фактора — механізована подача дроту знижує залежність результату від навичок зварювальника.

Ураховуючи всі наведені фактори, найдоцільнішим рішенням для виготовлення рами контейнера є застосування саме напівавтоматичного

дугового зварювання плавким електродом у середовищі CO_2 . Цей спосіб забезпечує оптимальне поєднання швидкості виконання, економічності та високої якості зварних з'єднань.

Умовна схема процесу зварювання подана на рисунку 2.1, де зображено основні елементи обладнання та принцип дії зварювальної дуги у вуглекислому середовищі.



1- зварювані деталі; 2 - зварний шов; 3 - зварювальний дріт; 4-котушка з електродним дротом; 5- ролики; 6 - пальник; 7-зварювальне коло; 8-захисний газ; 9-зварювальна дуга

Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання плавким електродом в середовищі вуглекислого газу

Одним із основних недоліків напівавтоматичного зварювання плавким електродом у середовищі вуглекислого газу (CO_2) є інтенсивне розбризкування розплавленого металу, що може призводити до втрат матеріалу, утворення дефектів та необхідності додаткової післяопераційної обробки.

Для зменшення цього явища все частіше застосовують газові суміші, які покращують стабільність дуги та якість шва. Зокрема, при зварюванні конструкцій з маловуглецевих сталей ефективним рішенням є використання

суміші вуглекислого газу з киснем ($\text{CO}_2 + \text{O}_2$), де вміст кисню становить 20–30%.

Введення кисню до складу захисного газу забезпечує низку технологічних переваг:

- значно зменшується розбрикування металу, що сприяє підвищенню чистоти робочої зони;
- покращується формування шва, зокрема його геометрія, рівність і зовнішній вигляд;
- знижується вартість захисної атмосфери, оскільки кисень дешевший за інертні гази;
- у певній мірі зростає стійкість зварного металу до утворення пор, викликаних воднем, що позитивно впливає на герметичність і довговічність з'єднання.

Водночас інші експлуатаційні та механічні характеристики швів, виконаних у газовій суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, залишаються на рівні аналогічних з'єднань, отриманих у чистому CO_2 , що підтверджує доцільність використання цього методу.

Отже, для зварювання рами контейнера приймається технологія напівавтоматичного дугового зварювання у захисному середовищі, що складається з суміші CO_2 та O_2 , із вмістом кисню на рівні 30%. Такий підхід дозволяє досягти оптимального балансу між якістю зварних з'єднань, продуктивністю процесу та економічною ефективністю.

2.2 Вибір і обґрунтування основного зварювального устаткування.

Обладнання, що використовується для дугового зварювання в середовищі захисних газів, поділяється на універсальне (багатофункціональне) та спеціалізоване (призначене для виконання конкретних завдань або роботи з певними типами конструкцій). Головною особливістю такого обладнання є наявність комплексних систем, які складаються з окремих вузлів, агрегатів та

допоміжних пристроїв, основне призначення яких — забезпечити надійний захист зони зварювання та прилеглого металу від дії атмосферного повітря.

Захисна атмосфера є критично важливою при зварюванні, оскільки вона запобігає потраплянню кисню, азоту та водяної пари в розплавлений метал, що може призвести до утворення пор, тріщин або зниження міцності шва. Саме тому обладнання для зварювання в захисних газах конструктивно відрізняється від традиційних апаратів для ручного дугового зварювання.

Джерело живлення, а також зварювальний апарат разом із системами керування і регулювання, розробляються з урахуванням вимог конкретного технологічного процесу. Це стосується таких параметрів, як вид і стабільність дуги, тип і витрата захисного газу, точність керування подачею дроту, а також інтеграція із системами автоматизації або напівавтоматизації.

Таким чином, технічні та конструктивні характеристики обладнання безпосередньо визначаються особливостями зварювання в середовищі захисних газів, що вимагає ретельного підбору устаткування відповідно до поставлених виробничих завдань.

Джерела живлення зварювальної дуги повинні відповідати ряду технічних вимог, які забезпечують стабільність і якість зварювального процесу. До основних з них належать:

- Забезпечення необхідних параметрів струму та напруги — джерело живлення повинно створювати електричні характеристики, що відповідають вимогам конкретного технологічного режиму, зокрема силу струму та напругу на дузі, які дозволяють отримати надійне проплавлення і формування якісного зварного шва.
- Наявність відповідної зовнішньої вольт-амперної характеристики — від цього параметра залежить стабільність горіння дуги, тобто її здатність залишатися рівномірною та контрольованою упродовж усього процесу зварювання. Залежно від обраного методу (MIG/MAG, TIG, ручне

зварювання тощо), джерело живлення повинно мати жорстку, спадаючу або пологоспадаючу зовнішню характеристику.

- Оптимальні динамічні властивості — джерело повинно забезпечувати швидке та надійне збудження дуги, а також мінімізувати розбризкування металу під час запалювання та в процесі зварювання. Це впливає як на якість шва, так і на загальну ефективність виробництва.

Таким чином, вибір джерела живлення має базуватись не лише на номінальних електричних показниках, а й на його динамічній поведінці у реальних умовах зварювання, що дозволяє досягти високих результатів при мінімальних технологічних втручаннях.

Потужність зварювального джерела живлення визначається насамперед величиною зварювального струму, необхідного для забезпечення стабільного горіння дуги в рамках конкретного технологічного процесу [10, с.129]. Це ключовий параметр, який враховується при підборі обладнання для зварювання.

У процесі механізованого зварювання у середовищі CO_2 зазвичай використовуються зварювальні випрямлячі з жорсткою зовнішньою характеристикою. Такий тип характеристики дозволяє підтримувати стабільну силу струму незалежно від змін напруги дуги, що є особливо важливим при використанні плавких електродів і змінній довжині дуги.

Серед устаткування, що масово випускається промисловістю, найпоширенішими є:

- випрямлячі типу ВДГ — пересувні установки, придатні для роботи в умовах цехового виробництва;
- випрямлячі типу ВСЖ — стаціонарні пристрої, переважно для стаціонарних постів.

Випрямлячі ВДГ сконструйовані з урахуванням повторно-короткочасного режиму експлуатації (ПВ = 60%), що означає, що вони можуть стабільно працювати 6 хвилин із кожних 10 без перегрівання. Для ефективного

охолодження у таких пристроях передбачено примусову вентиляцію повітрям, що підвищує їхню надійність у промислових умовах.

Виходячи з вищезазначених технічних вимог і умов роботи, для зварювання рами контейнера доцільно обрати зварювальний випрямляч типу ВДГ-503-3. Цей агрегат спеціально призначений для комплектації зварювальних напівавтоматів уніфікованої серії та забезпечує всі необхідні електротехнічні параметри для якісного зварювання конструкцій із вуглецевих сталей у середовищі CO₂.

Технічні характеристики зварювального випрямляча ВДГ-503-3 наведено в таблиці 2.1. Цей пристрій відповідає вимогам механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу та забезпечує стабільну роботу напівавтоматичних установок у промислових умовах.[3, с.137].

Таблиця 2.1- Технічна характеристика випрямляча ВДГ-503-3

Номінальна робоча напруга, В	50
Номінальна сила струму, А	500
Коефіцієнт корисної дії, %	72
Межі регулювання струму, А	80 ...500
Зовнішня характеристика	жорстка
Маса, кг	210

У конструкції зварювальних напівавтоматів для дугового зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів подача електродного дроту здійснюється автоматизовано. Електродний дріт подається з касети до зони зварювання через гнучкий шланг, за допомогою електропривода та механізму подачі, інтегрованого в систему. Такий механізм забезпечує безперервну та стабільну подачу дроту до зварювального пальника, що є необхідною умовою для підтримання рівномірного горіння дуги та формування якісного зварного шва.

Підведення зварювального струму, захисного газу та сигнальних кабелів до зварювального пальника здійснюється за допомогою гнучких кабелів і трубопроводів, які зібрані в єдиний спільний шланг. Така конструкція забезпечує зручність у роботі, зменшує ризик пошкодження окремих елементів комунікації та підвищує мобільність зварювального обладнання [10, с.103].

Для виконання дугового зварювання в середовищі вуглекислого газу ефективно застосовується напівавтоматичний зварювальний апарат типу ПДГ-515. Це переносна відкрита установка штовхаючого типу, яка забезпечує механізовану подачу дроту безпосередньо з касети до пальника. Завдяки своїй компактності та універсальності, даний апарат зручно використовувати у виробничих умовах зі змінною геометрією зварювальних швів.

Напівавтомат ПДГ-515 дозволяє виконувати різні типи зварних з'єднань, зокрема:

- стикові шви,
- кутові з'єднання,
- таврові шви,
- напусткові з'єднання.

Це розширює сферу його застосування і робить придатним як для ремонтних, так і для серійних виробництв.

Технічні характеристики напівавтомата ПДГ-515 наведено в таблиці 2.2 [11, с.133].

Таблиця 2.2- Технічна характеристика напівавтомату ПДГ-515

Номінальний зварювальний струм, А	500
Діаметр електродного дроту, мм	1,2...2,0
Швидкість подачі електродного дроту, м	120...960
Маса <u>подаючого пристрою</u> , кг	12
Джерело живлення	ВДГ-503-3

Одним із ключових елементів будь-якого зварювального апарата є зварювальний пальник. У даному випадку обирається модель ГДПГ-302. Саме пальник слугує для ініціації зварювальної дуги та спрямування потоку захисного газу, що формує необхідне середовище для зварювання. Його конструкція має відповідати таким вимогам: гарантувати безпечну експлуатацію, забезпечувати стабільність зварювального процесу, надійно захищати зону зварювання, зменшувати ймовірність налипання розплавленого металу на сопло, а також дозволяти зручно та швидко замінювати зношені комплектуючі.

Під час вибору зварювального оснащення слід враховувати такі фактори:

- можливість впровадження механізованих або автоматизованих процесів зварювання;
- швидке та надійне базування й фіксацію деталей або виробу;
- забезпечення зручності під час проведення складальних і зварювальних робіт.

Водночас, для досягнення високої якості та ефективності зварювальних процесів необхідно дотримуватись наступних умов:

- правильне складання елементів з оптимальним зазором у з'єднанні;
- вільний доступ до зони зварювання для зварювального інструменту;

- логічне та ефективне поєднання етапів складання та зварювання, а також дотримання раціональної послідовності накладання зварних швів;
- точне просторове розташування зварюваних кромок і відповідне переміщення інструменту й виробу, що відповідає оптимальним режимам зварювання.

Механічні зварювальні пристосування поділяються на кілька основних типів:

Кондуктори — оснащення з жорсткою базою (рамою або плитою), на якій закріплені установчі й затискні елементи;

Стенди — конструкції з нерухомою основою, що містить установчі й затискні компоненти та додатково обладнані рухомими вузлами для полегшення позиціонування;

Універсальні складальні пристрої — мають плиту з Т-подібними пазами, які дозволяють гнучко встановлювати й фіксувати різні комбінації установчих і затискних елементів відповідно до форми конкретного виробу;

Мобільні пристосування (наприклад, стяжки, струбцини, розпірки тощо) — переважно використовуються під час монтажу великогабаритних конструкцій, забезпечуючи зручність та гнучкість у роботі.

Під час виготовлення контейнерної рами, з урахуванням технологічних і конструктивних вимог, застосовуються складально-зварювальні стенди.

Ці пристосування мають міцну основу у формі рами, на якій розташовані відповідні установчі та затискні елементи для точного позиціонування деталей.

На завершальному етапі складання та зварювання рами використовується кантувач — спеціальний механізм, що дозволяє обертати виріб навколо горизонтальної осі, забезпечуючи оптимальне положення для зварювання та покращуючи доступ до зони шва.

2.3 Вибір методу контролю якості виробу

Метою контролю є виявлення наявних або потенційних дефектів у зварних з'єднаннях, а також визначення їхніх параметрів — розмірів і характеру. Отримані дані, по-перше, дозволяють зробити висновок щодо доцільності проведення ремонту, а по-друге — допомагають з'ясувати причини виникнення дефектів і розробити профілактичні заходи для їх попередження. У межах цього процесу можуть бути застосовані такі методи контролю:

- візуально-оптичний аналіз;
- радіаційні методи дефектоскопії;
- магнітна й електромагнітна дефектоскопія;
- ультразвукове обстеження.

Візуальний метод контролю є одним із найдавніших і досі залишається надзвичайно актуальним. Здебільшого зовнішній огляд проводиться неозброєним оком, але часто для деталізації застосовують лупи. У випадках, коли доступ до зварних швів обмежений або вони приховані елементами конструкції, використовуються спеціалізовані оптичні прилади, такі як ендоскопи та перископи. Оперативне виявлення та усунення дефектів, виявлених під час візуального контролю, а також аналіз їхніх причин, дозволяють швидко коригувати технологічні процеси та значно скорочувати обсяг подальших контрольних операцій.

Принцип дії радіаційної дефектоскопії: мікроскопічна точність випромінювання. Суть радіаційних методів контролю полягає у використанні іонізуючого випромінювання, такого як рентгенівські та гама-промені. Ці типи випромінювання є електромагнітними за своєю природою. Варто зазначити, що їхні довжини хвиль є вкрай малими: для рентгенівських променів це $6 \cdot 10^{-13}$ – $6 \cdot 10^{-9}$ мм, а для гама-випромінювання – 10^{-13} – $4 \cdot 10^{-12}$ мм. Це багатократно менше, ніж довжина світлових хвиль, яка становить $4 \cdot 10^{-7}$ – $7 \cdot 10^{-7}$ мм.

Рентгенівське та гама-випромінювання мають значно вищу енергію порівняно зі світлом, що забезпечує їхню високу проникаючу здатність. Контроль зварних з'єднань цими радіоактивними методами ґрунтується на

тому, що інтенсивність рентгенівського та гама-випромінювання змінюється, коли воно проходить крізь матеріал. Ця зміна відбувається через втрату частини енергії, яка безпосередньо залежить від густини та товщини об'єкта.

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. У феромагнітних матеріалах існують крихітні ділянки, так звані домени (об'ємом приблизно $10^{-5}-10^{-8}$ см³). У межах цих доменів магнітні поля, що виникають внаслідок обертання електронів навколо власних осей, взаємно компенсують одне одного, через що весь матеріал здається розмагніченим.

Проте, коли такий матеріал потрапляє під вплив зовнішнього магнітного поля, домени починають орієнтуватися вздовж напрямку цього поля. В результаті їхня спільна дія створює загальне магнітне поле у всьому об'єкті. Цей принцип є основою для магнітної та електромагнітної дефектоскопії, що дозволяє виявляти приховані дефекти.

Коли деталь намагнічена, магнітні силові лінії проходять через неї у певному напрямку. Якщо ці лінії зустрічають дефект (наприклад, тріщину), магнітна проникність якого значно, у тисячі разів, менша за проникність основного металу, силові лінії не проходять крізь дефект, а обходять його. Це призводить до утворення так званого поля розсіювання магнітних ліній над дефектом.

Важливо зазначити, що дефекти, розташовані паралельно магнітним лініям, створюють незначні перешкоди для магнітного потоку, тому їх важко виявити за допомогою магнітного контролю. Натомість, дефекти, розташовані перпендикулярно магнітним лініям, викликають значне розсіювання, що дозволяє виявити їх значно легше.

Зауважте, що магнітними методами контролю можна перевіряти лише феромагнітні матеріали (ті, що легко намагнічуються).

Ультразвукова дефектоскопія використовує пружні механічні коливання, які, розповсюджуючись у повітрі, зазвичай сприймаються нами як звук. Ці коливання називають акустичними. Якщо їхня частота перевищує 20 кГц,

тобто виходить за межі чутливості людського вуха, їх називають ультразвуковими. У дефектоскопії застосовуються ультразвукові коливання з частотою в діапазоні від 0,5 до 20 МГц.

Суть цього методу полягає в наступному: акустичні коливання, що генеруються спеціальним випромінювачем, поширюються всередині досліджуваного матеріалу. Якщо на шляху хвилі трапляється дефект, виникає відбите поле та дифраговане поле розсіювання. За значним дефектом може утворитися так звана акустична тінь, а сама поверхня дефекту відбиває ультразвукові хвилі.

Реєструючи за допомогою приймача-шукача послаблення ультразвукової хвилі або ехо (відбиту ультразвукову хвилю), фахівці можуть зробити висновок про наявність дефекту у зварному шві, що перевіряється.

З урахуванням технологічних та конструктивних особливостей, для контролю рами контейнера для вантажних перевезень ми застосовуватимемо такі методи:

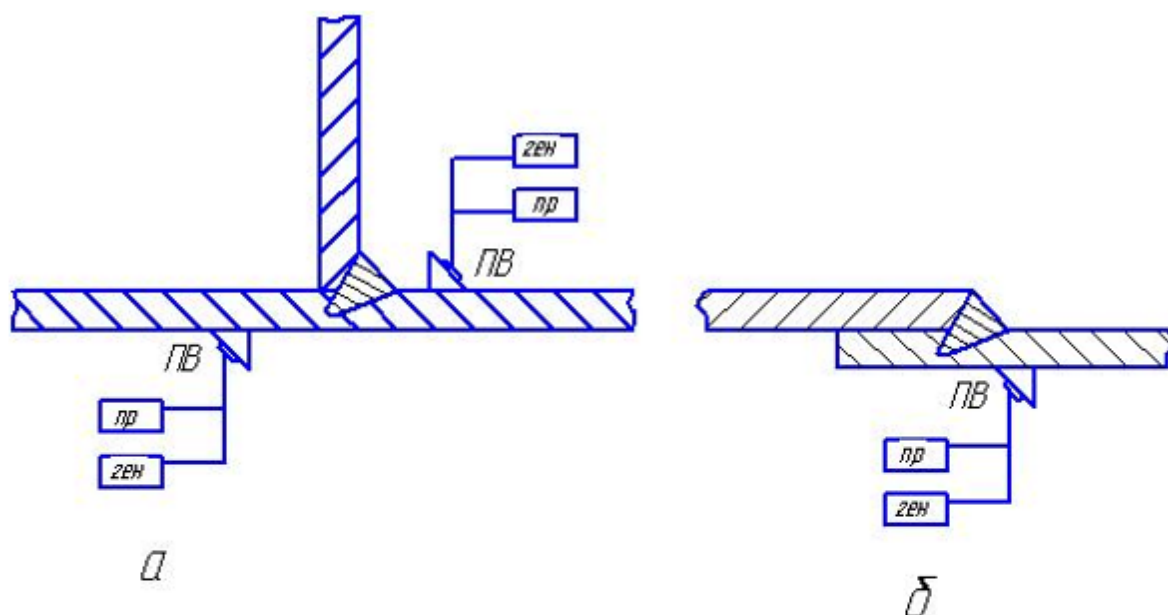
- Візуально-оптичний контроль: Цей метод дає змогу виявити зовнішні дефекти, такі як тріщини, деформації, корозія або порушення цілісності зварних швів, які можна побачити неозброєним оком або за допомогою оптичних приладів (лупи, ендоскопи). Він є швидким і ефективним для первинної оцінки стану рами.
- Ультразвукова дефектоскопія: Цей метод використовується для виявлення внутрішніх дефектів, які приховані від візуального огляду, наприклад, внутрішніх тріщин, пор, непроварів у зварних швах. Ультразвукові хвилі проникають у матеріал, і будь-які зміни в їхньому поширенні (відбиття, розсіювання) вказують на наявність дефекту.

Для проведення ультразвукової дефектоскопії ми застосовуємо ехо-імпульсний метод.

Його суть полягає у використанні відбиття ультразвукових хвиль від будь-яких несутцільностей всередині деталі. Ці несутцільності (дефекти) мають значно відмінний акустичний опір від основного металу. Відбита хвиля, змінившись, реєструється приймачем. Метод називається імпульсним тому, що об'єкт "озвучується" короткими, перервними імпульсами. Ознакою наявності дефекту є поява ехо-сигналу на екрані приймача. Ехо-імпульсний метод є універсальним і використовується для контролю всіх основних видів зварних з'єднань: стикових, кутових, напусткових і таврових. Він дозволяє виявляти дефекти в елементах товщиною до 1000 мм і навіть більше. Наприклад, дефекти площею всього 0,7 мм² можуть бути виявлені на глибині до 100 мм.

Контроль за цим методом здійснюється з однобічним доступом до з'єднання, причому для випромінювання та приймання сигналів використовується один перетворювач.

На рисунку 2.2, що додається, наведено схеми контролю кутових і напусткових швів. Ці схеми візуалізують розташування та метод перевірки, які використовуються для забезпечення якості цих типів зварних з'єднань.



а - схема контролю кутових швів; б - схема контролю напусткових швів; ПВ - перетворювач випромінювання; ПР - приймач; Ген — генератор

Рисунок 2.2 - Схеми контролю якості зварних швів

2.4 Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення зварного виробу.

Технологічний процес виготовлення рами контейнера охоплює кілька ключових етапів:

- Заготівельні операції: Це початковий етап, що включає підготовку всіх необхідних деталей.
- Складальні операції: На цьому етапі відбувається збирання окремих елементів рами в єдину конструкцію.
- Зварювання: Основний процес з'єднання елементів рами за допомогою зварювання.
- Опоряджувальні операції: Фінальна обробка та доведення рами до необхідного вигляду та функціональності.
- Допоміжні операції: Різноманітні додаткові дії, що підтримують основні етапи виробництва.

- Контрольні операції: Перевірка якості на всіх етапах виготовлення.

Для отримання заготовок, з яких формуються вузли рами контейнера, необхідно виконати такі операції:

- Правлення: Вирівнювання матеріалу для усунення деформацій.
- Розмічування: Нанесення розміток на матеріал для точного різання та обробки.
- Різання: Розкрій матеріалу на необхідні заготовки згідно з розмітками.
- Очищення: Видалення забруднень, іржі або інших домішок з поверхні заготовок перед подальшою обробкою.

Заготовки для рами контейнера виготовляють із листового прокату та фасонних профілів. Правлення листового прокату відбувається у холодному стані на листопривальних вальцях шляхом створення локальних пластичних деформацій. Профільний прокат правлять на роликових машинах, які працюють за аналогічним принципом.

Щодо розмічування, то індивідуальний підхід є дуже трудомістким. Хоча намічування (використання шаблонів) продуктивніше, виготовлення спеціальних шаблонів економічно невиправдане. Тому ми застосовуємо оптичний метод розмічування без шаблону, проєктуючи креслення безпосередньо на поверхню для розмітки.

Різання листових деталей здійснюється на гільйотинних ножицях. Для поперечного різання кутників ми використовуємо прес-ножиці з фасонними ножами.

Перед початком складальних операцій обов'язково проводиться очищення зварювальних кромок деталей. Фарбу та іржу видаляємо металевими щітками, а мастила усуваємо шляхом знежирення.

Перед складанням ми візуально перевіряємо відповідність усіх деталей вузлів вимогам креслення. Під час самого процесу складання виробу ми забезпечуємо точне взаємне розміщення деталей, щоб вони зайняли належне положення, як у готовому виробі.

Зібраний вузол повинен мати достатню жорсткість і міцність. Це необхідно для зменшення деформацій, що можуть виникнути під час зварювання. Для ефективного виконання складальних та зварювальних робіт з вузлами рами контейнера ми використовуємо складально-зварювальні стенди та кантувачі.

Ось як ми проводимо складання та зварювання складальних одиниць та всієї конструкції:

1. Встановлюємо першу деталь у пристосування, орієнтуючи її за допомогою фіксатора.
2. Розміщуємо наступні деталі в пристосуванні, фіксуючи їх по пазу та до упору до попередньої деталі.
3. Встановлюємо останні необхідні деталі у пристосування.
4. Надійно притискаємо всі встановлені деталі у пристосуванні за допомогою пневматичних затискачів.
5. Виконуємо зварювання у дозволених місцях, створюючи попередні з'єднання.
6. Відкріплюємо складальну одиницю від пристосування та обережно знімаємо її.
7. Завершуємо зварювання складальної одиниці, виконуючи всі остаточні зварювальні роботи.

Після завершення зварювальних робіт ми проводимо зачищення швів та видалення металевих бризок з поверхонь зварних вузлів рами контейнера.

Для цих опоряджувальних операцій ми використовуємо такі інструменти:

- Окуляри ЗП-12-72 для захисту очей;
- Молоток 7850-0103ц15хФ;
- Зубило 8810-0223;
- Шліфувальна машина

Ці інструменти допомагають забезпечити чистоту та належний вигляд зварних з'єднань після їх виконання.

При виготовленні рами контейнера ми виконуємо такі **допоміжні роботи**:

- **Налагоджувальні роботи:** Це підготовка та налаштування всього необхідного обладнання та інструментів перед початком основних виробничих процесів. Це гарантує ефективність та точність виконання завдань.
- **Перевантажувальні роботи:** Ці операції включають переміщення матеріалів, заготовок та готових вузлів між різними ділянками виробництва, що забезпечує безперервність технологічного процесу.
- **Підіймально-транспортні роботи:** Це використання спеціального обладнання (кранів, талей, візків) для підняття та транспортування важких або габаритних елементів рами контейнера на всіх етапах виробництва.

Перед початком зварювання ми ретельно налагоджуємо обладнання, регулюємо витрати захисного газу, встановлюємо виліт електродного дроту та задаємо всі необхідні параметри зварювального режиму.

Під час перевантажувальних та підіймально-транспортних робіт ми виконуємо низку критично важливих дій. Встановлюємо деталі у складально-зварювальні стенди та кантувачі: Це забезпечує надійну фіксацію елементів для подальшого складання та зварювання. Перевезимо заготовки на робочі місця: Заготовки доставляються саме туди, де їх оброблятимуть, оптимізуючи робочий процес. Транспортуємо вузли для виконання наступних операцій: Зібрані та частково оброблені вузли переміщуються на наступні етапи виробництва для подальшої обробки або фінального складання.

Контрольні операції – це комплекс робіт, що проводяться на кожному етапі виготовлення зварної конструкції для забезпечення її якості. Вони охоплюють такі ключові моменти:

- **Контроль вхідних зварювальних матеріалів:** Перевірка якості та відповідності матеріалів, що надходять, перед їх використанням у виробництві.

- Контроль зварювальних матеріалів: Це може стосуватися як витратних матеріалів (електроди, дріт, захисні газы), так і підготовки поверхонь.
- Контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та зварювання: Це поетапна перевірка на всіх виробничих ділянках, щоб виявити та виправити можливі відхилення на ранніх стадіях.
- Контроль зварних з'єднань і готової продукції: Фінальна перевірка якості виконаних зварних швів та всієї готової конструкції перед її відправкою.

Під час зовнішнього огляду ми перевіряємо форму та розташування швів на відповідність кресленням, виявляємо наявність зовнішніх дефектів та деформацій вузлів. Внутрішні дефекти у швах контролюються ехо-імпульсним методом ультразвукової дефектоскопії, що дозволяє "зазирнути" всередину металу.

2.5 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу.

Рівень механізації та автоматизації визначається за такою формулою:

$$U_M = \frac{P_M}{P_M + P_B} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де P_M – кількість робітників, які виконують роботу механізованим способом, чол.;

P_B – кількість робітників, які виконують роботу вручну, чол.

по заводу:

$$U_M = \frac{11}{11 + 14} \cdot 100\% = 44\%;$$

– по проекту:

$$U_M = \frac{20}{20 + 9} \cdot 100\% = 69\%.$$

Визначимо собівартість товарної продукції [13, с.35]:

$$C = B \cdot C_H = B(C_y + 0,8 \cdot Z_{00})1,1 \quad (2.2)$$

де C_H – повна собівартість зварювального виробу, грн.

– по заводському:

$$C = 2000 \cdot (24506,1 + 0,8 \cdot 92,89) \cdot 1,1 = 5407690,64 \text{ грн};$$

– по проектному:

$$C = 2000 \cdot (22482 + 0,8 \cdot 89,84) \cdot 1,1 = 4961851,84 \text{ грн}.$$

Знайдемо річний економічний ефект за даною формулою [13, с.35] :

$$E_{\phi} = ((C_{\text{пз}} + E_{\text{н}} \cdot \Phi_{\text{мз}}) - (C_{\text{пп}} + E_{\text{н}} \cdot \Phi_{\text{мп}}))B, \quad (2.3)$$

де $C_{\text{пз}}$ – нова собівартість виробу по заводських даних, грн.;

$C_{\text{пп}}$ – нова собівартість виробу по проектних даних, грн.;

$\Phi_{\text{мз}}$ – фондомісткість продукції по заводських даних, грн/шт;

$\Phi_{\text{мп}}$ – фондомісткість продукції по проектних даних, грн/шт;

$E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_{\text{н}} = 0,15$.

$$E_{\phi} = ((24506,1 + 0,15 \cdot 744,67) - (23482 + 0,15 \cdot 911,97))2000 = 599800,1 \text{ грн}$$

Визначимо термін окупності додаткових вкладень за даною формулою [13, с.36]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Phi_{\text{осп}} - \Phi_{\text{осз}}}{E_{\text{ур}}}, \quad (2.4)$$

де $\Phi_{\text{осп}}$ – вартість основних виробничих фондів по проектному варіанту, грн.;

$\Phi_{\text{осз}}$ – вартість основних виробничих фондів по заводському варіанту, грн.;

$E_{\text{ур}}$ – умовна річна економія, грн., визначаємо за формулою [13, с.35]:

$$E_{\text{ур}} = B(C_{\text{пз}} - C_{\text{пп}}), \quad (2.5)$$

$$E_{\text{ур}} = 2000(24506,1 - 23482) = 204820 \text{ грн.};$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{911973,8 - 744674,6}{204820} = 0,83 \text{ роки}.$$

Отже термін окупності менше одного року.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір та розрахунок елементів основного чи додаткового зварювального устаткування.

Підбір і проектування пристосувань є невід'ємною складовою технологічної підготовки виробництва. Розробка нових або удосконалення наявних пристосувань здійснюється з урахуванням таких аспектів:

- аналіз креслень і технічних вимог до зварної конструкції. У процесі розробки технології виробництва, вибору або створення зварювального пристосування, зазвичай необхідно оцінити технологічну придатність конструкції.

Особливу увагу приділяють формі та геометрії деталей, що входять до складальних одиниць, а також точності виготовлення заготовок і якості їхніх поверхонь. Деталі повинні легко встановлюватися і зніматися під час складання, а також забезпечувати зручний доступ до зон прихватки й зварювання.

- конструктивно продумана зварна деталь дає змогу використовувати простіші й економніші пристосування під час виготовлення;
- також враховується розробка технологічного процесу виготовлення виробу, що прямо впливає на доцільність і ефективність застосування того чи іншого типу пристосувань.

Рациональна технологія складання та зварювання виробу має бути детально розроблена у вигляді маршрутної або детальної (розгорнутої) схеми процесу, а також уважно проаналізована конструктором, який займається створенням відповідних пристосувань.

Оцінка виробничої програми виготовлення виробу. У процесі аналізу враховуються складність конструкції пристосування та доцільність його оснащення механізмами для часткової або повної механізації й автоматизації. Вибір конкретного типу пристосування обумовлюється методом зварювання й

складання, геометрією та матеріалом деталей, поперечним перерізом елементів, а також вимогами до якості, зокрема до точності розмірів, і необхідним рівнем продуктивності. Важливо прагнути до зниження трудомісткості допоміжних та складальних операцій, забезпечення стабільної якості виготовлення та створення кращих умов праці, усунення рутинних, одноманітних ручних завдань. У серійному та масовому виробництві перевага надається високошвидкісним механізованим пристосуванням, що працюють за рахунок пневматичної, гідравлічної або електричної енергії, замість фізичних зусиль працівника.

Функції людини при цьому зводяться переважно до керування пристроями, а також до завантаження/вивантаження виробів і встановлення/знімання деталей у випадках, коли повна механізація або автоматизація є технічно складною чи економічно недоцільною на даному етапі.

Техніко-економічне обґрунтування оптимального варіанту пристосування. Серед кількох можливих конструкцій пристосувань обирається та, яка демонструє найкраще співвідношення технічної ефективності та економічної доцільності. Рішення приймається на підставі порівняльного аналізу техніко-економічних показників кожного варіанту. Зазвичай перевагу надають тому рішенню, яке забезпечує високу раціональність з технічної точки зору та є найбільш вигідним з позиції витрат і прибутковості.

Під час технічного обґрунтування доцільно здійснювати комплексний аналіз і порівняння таких характеристик: рівень інноваційності пристосування (його продуктивність, ступінь механізації, ефективність використання обладнання й апаратури, здатність забезпечити необхідну якість, трудомісткість процесів, умови праці, дотримання вимог безпеки, вплив на навколишнє середовище тощо); тривалість виробничого циклу; розміри та вага пристосувань; необхідна площа й об'єм виробничих приміщень; кількість персоналу, задіяного у процесі; питома продуктивність; ступінь завантаження

основного обладнання; характер і обсяг відходів; а також споживання енергії та матеріальних ресурсів.

Під час економічного обґрунтування ефективності використання певного типу пристосування слід здійснити порівняльний аналіз капітальних витрат на виготовлення продукції та її собівартості, а також розрахувати очікуваний річний економічний ефект і визначити строк окупності інвестованих коштів.

З урахуванням викладених вище вимог та специфіки технологічного процесу, для виготовлення рами контейнера обрано складально-зварювальне пристосування. Такий підхід дозволяє досягти вищої якості зварювання, оскільки операція виконується безпосередньо після складання, без необхідності в повторному позиціонуванні конструкції чи її проміжному транспортуванні.

Для здійснення складання рами контейнера та її окремих вузлів необхідно розробити притискні елементи пристосувань, які забезпечують надійне фіксування деталей. Розрахунок необхідних зусиль притискання є доволі складним і трудомістким процесом. Такі зусилля потрібні для обмеження небажаних переміщень, які виникають через деформації під час зварювання та подальшого охолодження конструкції, а також для щільного притискання деталей під час складання з метою запобігання утворенню зазорів у місцях з'єднання.

Спираючись на практичний досвід машинобудівних підприємств і проєктних організацій, зусилля, яке створює кожен окремий притискач для фіксації деталей, зазвичай вибирається в межах від 2 до 6 кН. [17,с.40].

Беручи до уваги масу як самого пристосування, так і виробу, оптимальним значенням зусилля притискання деталей обрано 5 кН.

Важливою особливістю складальних вузлів, що формують конструкцію рами контейнера, є потреба в послідовному збиранні великої кількості деталей — іноді кількох десятків. У процесі складання раніше встановлені елементи, що прилягають до базових поверхонь пристосування, виконують роль опорної бази

для монтажу наступних компонентів. У зв'язку з цим зростають вимоги до точності та надійності закріплення перших деталей, оскільки від них залежить правильність подальшого складання.

Серед усіх типів заготовок і деталей, що входять до складу зварної конструкції, найчастіше застосовуються призматичні заготовки. Для їх фіксації зазвичай використовують три площини, розташовані взаємно перпендикулярно, які слугують установлювальними базами. При накладанні шести координатних зв'язків на таку заготовку повністю усуваються всі ступені свободи, що забезпечує її надійну фіксацію (див. рисунок 3.1).

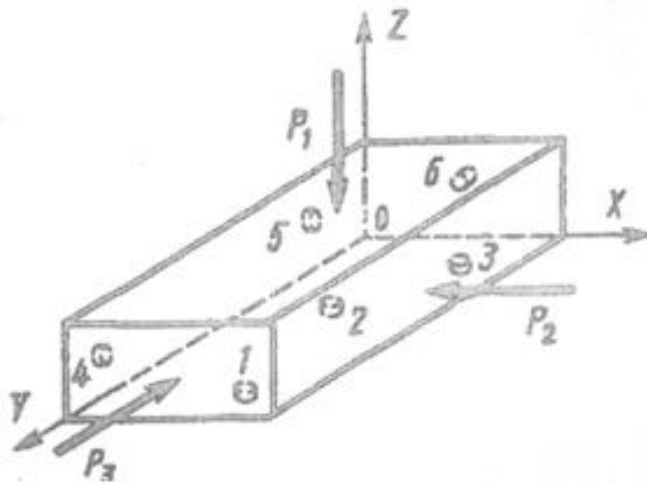
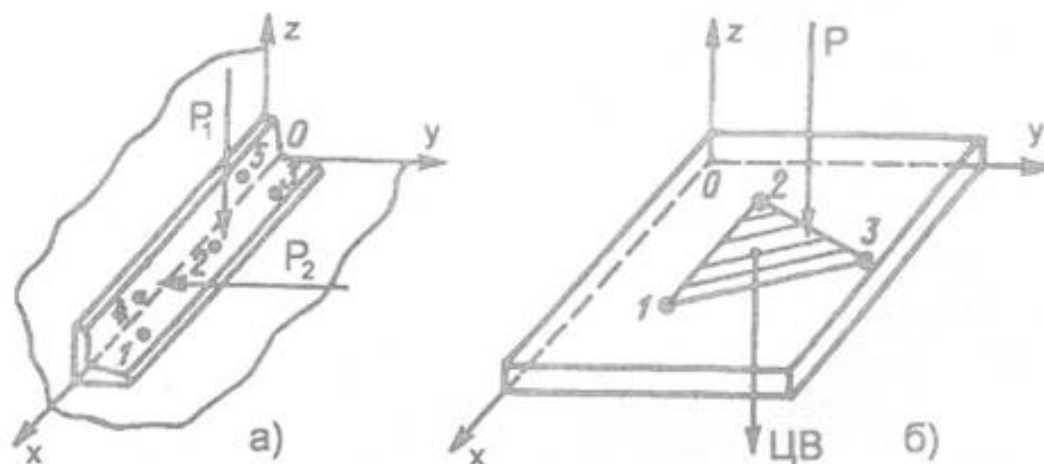


Рисунок 3.1- Базування призматичної деталі

У багатьох випадках немає потреби у високоточному розташуванні заготовки по всіх трьох координатних площинах — достатньо спрощеного базування лише по одній або двох площинах [17, с.18] (див. рисунок 3.2).



а - базування по двох площинах; б - базування по одній площині

Рисунок 3.2 - Схеми базувань деталей

У ролі головної базової поверхні слід обрати ту, що має найбільші габаритні розміри, тоді як прямою доцільно використовувати поверхню з максимальною довжиною [17, с.21].

Процес базування деталей враховує особливості поетапного складання — першої, другої тощо деталі, відповідно до технологічної послідовності їх установа, а також величину зусиль, які прикладаються для їх фіксації після позиціонування.

Особливість складання конструкцій під зварювання полягає в необхідності послідовного орієнтування усіх компонентів згідно з розмірами, заданими на складальному кресленні. До початку зварювання деталі повинні бути точно суміщені та тимчасово закріплені за допомогою спеціальних притискних елементів або точкових прихваток.

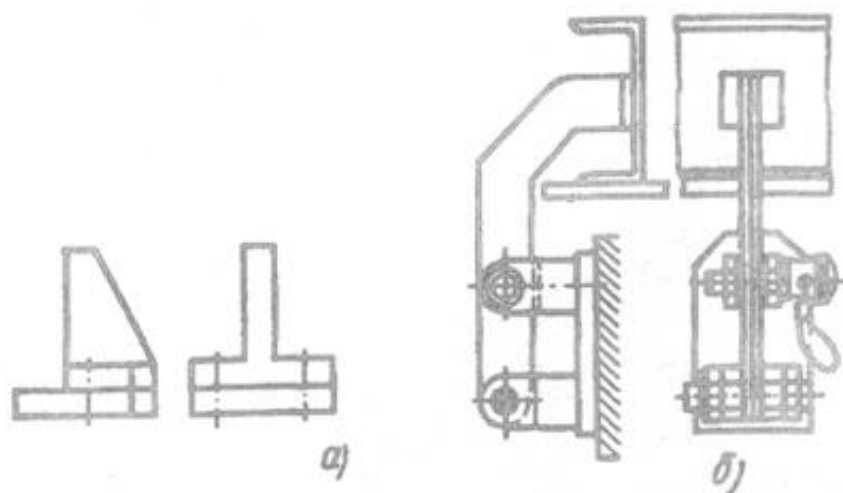
Для кожної конкретної деталі, що входить до складу виробу, її геометрична форма визначає відповідну форму та тип установлювальних елементів пристосування. Відтак конструктивне виконання цих елементів безпосередньо

залежить від правильного вибору базових точок, ліній і поверхонь на деталях, що формують певну складальну одиницю [17, с.22].

Установлювальні елементи, або фіксатори, відіграють ключову роль у забезпеченні правильного позиціонування деталей та вузлів у складальному пристосуванні. До таких елементів висуваються наступні вимоги [18, с.89]:

- гарантування необхідної точності при встановленні елементів зварного вузла або конструкції загалом;
- забезпечення зручності монтажу деталей у пристосування;
- створення умов для комфортного й безперешкодного проведення зварювальних операцій;
- наявність достатньої міцності та жорсткості, щоб уникнути деформацій виробу в процесі зварювання;
- забезпечення легкого вилучення готового виробу з пристосування після завершення робіт.

У процесі складання рами контейнера для фіксації деталей за базовими поверхнями використовують упори двох типів — постійні та відкидні (див. рисунок 3.3).



а - упор постійний; б - упор відкидний

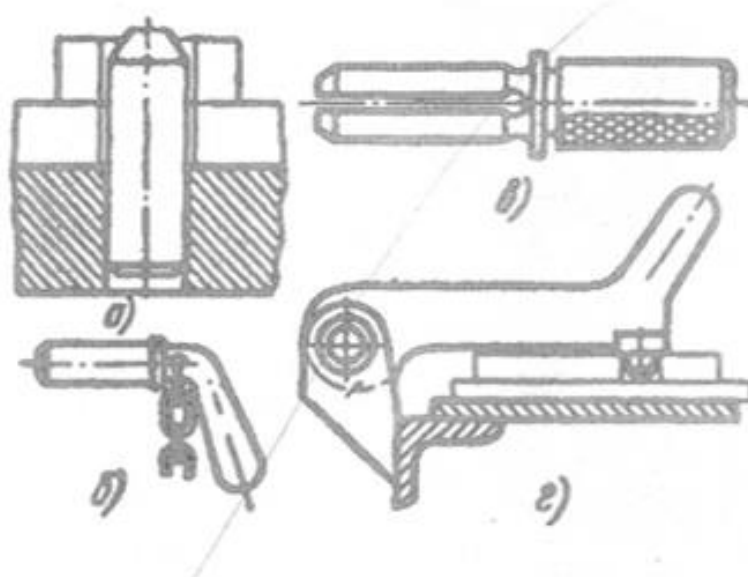
Рисунок 3.3 - Встановлювальні елементи складальних пристосувань

Постійні упори є найбільш поширеними і зазвичай виконуються у вигляді оброблених стійок, кутників або пластин. Їх кріплять до основи пристосування шляхом приварювання або прикручування з додатковим фіксуванням за допомогою штифтів.

Відкидні упори використовуються в тих випадках, коли постійні елементи заважають зручному встановленню деталі в пристосування або ускладнюють знімання готового вузла.

Для забезпечення одночасної фіксації деталі за двома поверхнями застосовують постійні кутові упори.

Якщо ж позиціонування виконується за отворами, використовують установлювальні пальці та штирі — як постійні, так і знімні або відкидні (див. рисунок 3.4).



а - постійний палець; б, в - знімні пальці; г - відкидний палець

Рисунок 3.4 - Установлювальні пальці

Постійні пальці жорстко закріплюються на пристосуванні за допомогою зварювання, запресовування або різьбового з'єднання. У випадках, коли

постійний палець заважає встановленню чи зніманню деталей, використовують знімні або відкидні пальці.

Для орієнтування окремих елементів зварюваного вузла відносно вже встановлених деталей цього ж вузла застосовують шаблони, які забезпечують точне позиціонування.

Як фіксатори також можуть використовуватися опорні гнізда, що слугують для грубого встановлення виробу по трьох площинах.

Ширину гнізда задають із невеликим запасом — вона повинна бути на кілька міліметрів більшою за максимальну ширину виробу, щоб забезпечити легке встановлення та вільне знімання.

Затискні елементи, до яких належать притискачі та затискачі, слугують для фіксації деталей зварюваної конструкції після їх розміщення в пристосуванні та протягом усього процесу складання і зварювання.

Ці елементи повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати правильний напрям і величину притискного зусилля для надійного закріплення деталей без їх зміщення відносно встановлених базових поверхонь;
- гарантувати стійку фіксацію на всіх етапах складання та зварювання;
- бути швидкодіючими, що особливо важливо для серійного виробництва;
- забезпечувати зручність встановлення деталей у пристосування, комфорт при виконанні зварювальних робіт, а також легке знімання виробу після завершення операцій;
- мати зручний доступ до приводних частин у разі ручного управління;
- відповідати вимогам безпеки праці.

Притискачі поділяються на ручні та механізовані. Механізовані притискачі забезпечують значно більші зусилля притискання,

сприяють зменшенню трудомісткості складальних робіт, підвищують рівень механізації виробництва та покращують умови праці.

Ручні притискачі класифікуються за конструкцією на:

- клинові,
- гвинтові,
- ексцентрикові,
- важільні.

Механізовані притискачі розрізняють за типом приводу:

- пневматичні,
- гідравлічні,
- пневмогідравлічні,
- електромагнітні,
- з постійними магнітами.

У деяких випадках притискачі конструктивно поєднуються з упорами або фіксаторами, утворюючи комплексні вузли у складі переналагоджуваних або універсально-складальних пристосувань.

Установлювальні та затискні елементи часто виконуються у знімному або регульованому варіанті, що підвищує гнучкість їх використання та адаптивність до різних типів виробів.

Найбільше поширення отримали притискачі з пневматичним приводом, які користуються популярністю завдяки ряду переваг:

- доступність, оскільки на більшості підприємств уже функціонує мережа стисненого повітря;
- відносна простота конструктивного виконання;
- висока експлуатаційна надійність;
- легкість та зручність в управлінні.

З технологічних міркувань для встановлення, фіксації та закріплення вузлів рами контейнера в пристосуванні використовуються постійні упори,

відвідні фіксатори, а також притискачі, зокрема притискачі з пневматичним приводом.

Керування пневматичними силовими приводами здійснюється через крани-золотники.

- Односторонньодіючі пневмоциліндри обладнані триходовими кранами.
- Двосторонньодіючі пневмоциліндри використовують чотириходові золотники. Золотники поршневого типу є врівноваженими, тому для їх переміщення потрібно мінімальне зусилля, що робить їх зручними для використання в автоматизованих системах.

Пневмопроводи, які подають стиснене повітря до циліндрів, повинні мати достатній діаметр, аби мінімізувати втрати тиску — допустиме падіння не повинно перевищувати 10%. Стиснене повітря має бути ретельно очищеним від пилу та вологи, що позитивно впливає на довговічність і надійність приводу.

Якщо пристосування включає декілька пневмоциліндрів, їх спрацювання може бути одночасним або відбуватись у визначеній послідовності. У таких випадках рекомендується використовувати єдиний кран (золотник) для керування всією системою. З метою зниження рівня шуму, спрацьоване повітря випускають через глушники.

Гвинтові притискачі є універсальними: вони мають просту конструкцію, високонадійні в експлуатації та дозволяють прикладати значно менші зусилля порівняно з необхідним притискним зусиллям.

Окрім притискачів, використовуються також важільні затискачі з пневмоприводом.

Варто розрізняти притискачі та затискачі за характером дії:

- Притискачі діють з одного боку — притискають деталі до упорів або інших компонентів.
- Затискачі фіксують деталь з обох протилежних боків і мають дві робочі поверхні, розташовані одна навпроти одної.

3.2 Розрахунок зварних з'єднань на міцність

Розрахунок виконуватиметься для кутових зварних швів з розміром катета 5 мм.

Міцність зварного з'єднання перевіряється на зріз згідно з формулою, наведеною в [17, с.40]:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau']; \quad (3.1)$$

де P – навантаження зрізу, Н;

$[\tau']$ - допустиме дотичне напруження, МПа;

F - площа поперечного перерізу шва, м^2 .

Площу поперечного перерізу в нашому випадку розраховуємо за даною формулою [17,с.40]:

$$F = h_p \cdot l, \quad (3.2)$$

де h_p – товщина шва, м;

l – довжина шва, м.

Визначимо товщину шва за даною формулою [17,с.40]:

$$h_p = k \cdot \beta, \quad (3.3)$$

де k – катет шва, $k=5$ мм;

β – коефіцієнт, для напівавтоматичного зварювання $\beta=0.8$ [19,с.55].

$$h_p = 5 \cdot 0.8 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$F = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0.32 = 1.28 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Також визначимо допустиме дотичне напруження за формулою [19,с.45]:

$$[\tau] = 0,5 \dots 0,6 \cdot [\sigma], \quad (3.4)$$

де $[\sigma]$ - нормальне допустиме напруження, в даному випадку воно рівне 370 МПа.

$$[\tau] = 0,6 \cdot 370 = 222 \quad \text{МПа.}$$

Згідно формули (3.1) маємо:

$$P = F \cdot [\tau],$$

$$P = 1,28 \cdot 10^{-3} \cdot 222 \cdot 10^6 = 0,284 \cdot 10^6 \quad \text{Н.}$$

3.3 Опис конструктивних схем пристосувань та принципи їх роботи

Для отримання зварних конструкцій високої якості необхідне точне складання деталей виробу, що зварюється, тобто їх правильне взаємне позиціонування та надійна фіксація перед зварюванням.

Процес складання зварного виробу включає низку послідовних етапів.

Спочатку потрібно доставити деталі, що входять до складу виробу або зварного вузла, до місця складання. Далі ці деталі встановлюються в складальному пристосуванні у визначеному положенні. У цьому положенні вони фіксуються, після чого виконується операція зварювання.

Подавання та позиціонування деталей забезпечується за допомогою спеціального або універсального транспортного обладнання.

Необхідне положення елементів під час складання задається установчими елементами пристосування або сусідніми, вже встановленими деталями.

Остаточне закріплення деталей здійснюється затискними елементами складальних пристосувань, які гарантують їх нерухомість у процесі зварювання.

Отже, головною функцією складального обладнання в зварювальному виробництві є точне позиціонування та надійне закріплення деталей, що підлягають зварюванню.

Складальний кондуктор — це пристрій, що складається з площинної або просторової рами (іноді плити), на якій розміщені установчі та затискні елементи.

Оскільки в таких кондукторах зазвичай здійснюється як складання, так і зварювання виробу, їх основа повинна мати високу жорсткість і міцність, щоб витримувати зусилля, що виникають у процесі зварювання.

Для остаточного складання та зварювання рами контейнера використовується кантувач — спеціальний пристрій, що дозволяє повертати виріб навколо горизонтальної осі з метою встановлення його у зручне положення для зварювання.

У даному випадку застосовується двохстійковий кантувач із фіксованою віссю обертання, який має низку переваг порівняно з іншими типами подібного обладнання:

- універсальність і простота конструкції;
- компактність і економічність;
- низьке енергоспоживання, завдяки обертанню навколо осі, що проходить поблизу центра ваги виробу.

Такий кантувач є спрощеним варіантом горизонтального обертача з однією маршовою (робочою) швидкістю.

На відміну від обертачів, які зазвичай використовуються для зварювання циркульних швів та потребують повного обертання виробу на 360° , кантувач підходить для зварювання швів різної конфігурації на виробках нестандартної або подовженої форми, де повний оберт не є обов'язковим.

Крім того, при зварюванні довгих або недостатньо жорстких конструкцій, які неможливо надійно закріпити лише за торці (на планшайбах стояків), та за відсутності можливості встановлення додаткових опор (люнетів),

використовується поворотна рама (наладка). Вона встановлюється на стояки кантувача й дозволяє надійно фіксувати конструкцію через одну зі сторін, на якій немає зварних швів.

Фіксація складальних одиниць виконується за допомогою пневматичних притискачів, які забезпечують надійне й швидкодієнне закріплення елементів у заданому положенні.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Основні вимоги безпеки, які висуваються до конструкцій машин і механізмів, полягають у забезпеченні захисту життя та здоров'я працівників, а також у надійності та зручності експлуатації обладнання.

До основних заходів, що гарантують безпечність виробничого устаткування, належать:

- вибір безпечних принципів дії та раціональних конструктивних рішень елементів обладнання;
- впровадження засобів механізації, автоматизації та дистанційного управління;
- застосування вбудованих захисних елементів і пристроїв;
- дотримання ергономічних норм і вимог;
- включення положень з охорони праці до технічної документації, що супроводжує процеси монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування й зберігання;
- використання матеріалів, які відповідають вимогам безпеки та експлуатаційної надійності.

Повне дотримання зазначених вимог можливе лише на етапі проєктування, тому питання безпеки обов'язково враховуються у всіх видах проєктної документації.

При виборі принципу дії устаткування необхідно враховувати всі потенційно можливі небезпеки та шкідливі виробничі чинники.

Загальні вимоги до виробничих процесів визначені стандартом ГОСТ 12.3.002-75. Вони спрямовані на зниження ризику впливу небезпечних та шкідливих факторів у виробництві та передбачають такі заходи:

- виключення прямого контакту працівників із вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами, які можуть мати небезпечну дію;

- заміна технологічних процесів і операцій, що супроводжуються небезпечними або шкідливими факторами, на такі, де ці фактори відсутні або проявляються менш інтенсивно;
- впровадження дистанційного керування технологічними процесами у випадках наявності потенційних загроз для працівників;
- герметизація обладнання з метою запобігання витокам шкідливих речовин;
- використання засобів колективного захисту персоналу;
- раціональна організація праці й відпочинку для профілактики втоми, монотонності та гіподинамії;
- забезпечення оперативного інформування працівників про виникнення небезпечних або шкідливих факторів у процесі роботи;
- впровадження систем керування технологічними процесами, які гарантують безпеку персоналу та можливість аварійного відключення обладнання;
- своєчасне видалення та утилізація відходів виробництва, які становлять потенційну небезпеку;
- заходи з пожежної та вибухобезпеки, відповідно до встановлених норм.

Рівень безпеки виробничих процесів значною мірою залежить від раціонального планування цехів і дільниць, належної організації робочих місць, а також від виконання вимог безпеки, що стосуються умов експлуатації виробничих приміщень, зберігання, транспортування, складання вихідних матеріалів, заготовок, готової продукції, та поводження з відходами — їх видалення і утилізації. Не менш важливим є дотримання норм безпеки безпосередньо в рамках технологічного процесу.

Оскільки під час виготовлення рами контейнера застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу, основні небезпечні фактори пов'язані з:

- ризиком ураження електричним струмом;

- опіками від розбризкування розплавленого металу із зони зварювання;
 - наявністю рухомих частин приводу, що використовуються для фіксації деталей у складально-зварювальному пристосуванні;
 - забрудненням повітряного середовища шкідливими продуктами згоряння.
- Ураження високовольтним струмом можливе у випадках:
- якщо зварювальне обладнання не має належного заземлення;
 - при пошкодженні або пробіі джерела живлення;
 - при перемиканні режимів напруги без попереднього відключення пристрою від мережі.

Для запобігання цим ризикам у конструкції обладнання передбачено системи блокування, які:

- блокують доступ до перемикачів, якщо первинне коло живлення не вимкнене;
- забезпечують автоматичне зняття напруги при відкритті дверцят шаф, пультів чи станин, де розміщені відкриті струмоведучі частини.

Захист від ураження електричним струмом передбачає комплекс заходів, спрямованих на усунення небезпеки електротравм під час експлуатації обладнання.

Основні принципи такого захисту включають:

- запобігання прямому контакту людини зі струмоведучими частинами, що перебувають під напругою;
- усунення ризику появи небезпечної напруги на корпусах та інших відкритих металевих елементах електрообладнання.

Випадковий контакт зі струмоведучими частинами запобігається надійною ізоляцією, яка повинна відповідати таким характеристикам:

- електрична міцність (стійкість до пробію при робочій напрузі);
- діелектричні втрати (втрата енергії при пропусканні змінного струму);
- електричний опір (здатність протистояти проходженню струму).

Ізоляція створює високий опір, який перешкоджає протіканню струму крізь неї, тим самим забезпечуючи безпечну експлуатацію обладнання.

Для забезпечення надійної та довговічної роботи ізоляції необхідно вживати профілактичних заходів. Насамперед слід запобігати механічним пошкодженням, зволоженню, впливу хімічних речовин і забрудненню пилом.

Однак навіть за нормальних умов експлуатації ізоляційні матеріали з часом втрачають свої початкові властивості — відбувається їх старіння. У процесі експлуатації можуть з'являтися локальні дефекти, що призводить до:

- зниження опору ізоляції;
- зростання струмів витоку;
- виникнення часткових електричних розрядів у місцях пошкоджень;
- вигорання та пробою ізоляції, що, у свою чергу, може спричинити коротке замикання, пожежу або ураження електричним струмом.

З метою попередження подібних ситуацій необхідно проводити регулярний (періодичний) та безперервний контроль стану ізоляції електрообладнання.

ВИСНОВКИ

У ході виконання даної кваліфікаційної роботи за базовий варіант було прийнято технологічний процес виготовлення рами контейнера.

У процесі удосконалення наявного технологічного процесу було реалізовано такі технічні рішення:

- замінено напівавтоматичне зварювання у вуглекислому газі на зварювання в суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, що дозволяє покращити якість шва та стабільність процесу;
- виконано модернізацію складально-зварювальних пристосувань шляхом заміни механічних притискачів на пневматичні, що підвищує швидкодію і полегшує обслуговування;
- обрано раціональніше та сучасніше зварювальне обладнання, яке відповідає вимогам сучасного виробництва.

Результати впроваджених інженерно-технічних рішень:

- продуктивність виробничого процесу зросла на 40%;
- рівень механізації та автоматизації підвищився на 80%;
- трудомісткість виготовлення виробу зменшилась на 50%.

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження становить 599 800,10 грн, а термін окупності — 0,83 року, що підтверджує доцільність запропонованих рішень з техніко-економічної точки зору.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мельников І. В. Електричне зварювання плавленням: навч. посіб. / І. В. Мельников. – Кременчук: КрНУ, 2012. – 280 с.
2. Красніченко Н. С. Довідник конструктора по сільськогосподарським машинам: навч. посіб. – Київ: Урожай, 1999. – 280 с.
3. Александров О. Г., Заруба І. І., Пінковський І. В. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням: навч. посіб. – К.: Техніка, 1998. – 174 с.
4. Довідник марок сталей і сплавів: навч. посіб. / уклад. С.М. Смета. – Харків: МСмета, 2015. – 640 с.
5. Квасницький В. В. Теорія зварювальних процесів: навч. посіб. / В. В. Квасницький. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 184 с.
6. Александров О. Г., Заруба І. І., Пінковський І. В. Технологія та устаткування зварювання плавленням: навч. посіб. – Київ: Техніка, 1998. – 174 с.
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсосбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. – Чинний від 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995. – 36с.
8. Александров О. Г., Заруба І. І. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням. – К.: Техніка, 1998. – 176с.
9. Камель Г. І., Гасило Ю. А., Івченко П. С., Романюк Р. Я. Контроль якості зварювання. Том 1: Неруйнівні методи контролю : навч. посіб. – Кам'янське : ДДТУ, 2018. – 241 с.
10. Кривов Г. О., Зворикін К. О. Виробництво зварних конструкцій [Текст]: підручник / Г. О. Кривов, К. О. Зворикін. – Київ: КВІЦ, 2012. – 896 с.: іл., табл. – ISBN 978-966-2003-75-8

11. Маршуба В.П. Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів: конспект лекцій / В. П. Маршуба. — Харків: НТУ «ХПІ», 2023.-550 с.
12. Зварювання у машинобудуванні: довідник у 4 т. Т. 3: Технології зварювання та обробки / під ред. І. І. Ткаченко. — Львів: Новий Світ-2000, 2005. — 576 с.
13. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів та курсової роботи по дисципліні “Організація, планування і управління машинобудівним виробництвом” (ОПіУВ) для студентів спеціальності “Обладнання і технологія зварювання виробництва” / І. С. Вовчак, О. І. Дубик, М. П. Галушак і ін. — Тернопіль.: ТПГ, 1993. — 40с.
14. Пістун І.П., Стець Р.Є., Трунова І.О. Охорона праці в галузі машинобудування: навч. посіб. — Суми: Університетська книга, 2011. — 557 с.
15. Охорона праці. Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. — К.: Основа, 1998. — 224с.
16. Методичні вказівки до розділу дипломного проекту по охороні навколишнього середовища / І. П. Твердоступ, А. Д. Молчанов, О. А. Буняк. — Тернопіль.: ТПІ, 1994. — 39с.
17. Чертов І. М. Зварні конструкції: підручник / І. М. Чертов. — Київ: Арістей, 2006. — 376 с.
18. Купчик, М.П. Охорона праці. Лабораторний практикум [Текст] / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець. — К.: Основа, 1998. — 224 с.
19. Чертов І. М. Розрахунок і проектування зварних конструкцій: навч. посіб. — Київ: Арістей, 2006. — 376 с.
20. Губський, А.І. Цивільна оборона [Текст] / А.І. Губський. - К.: Міністерство освіти, 1995. — 216 с.
21. Безпека життєдіяльності: Навч. Посібник для студентів вищих закладів [Текст] / За ред. Є. П. Желібо — Львів: « Новий Світ – 2000», 2000 — 328с.

22. Цивільна оборона. Підручник [Текст] / За ред. В. С. Франчука. – Львів: Афіша, 2001 – 336с.

ДОДАТКИ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка	
				<u>Документація</u>			
A1			КРБ 19-006.01.00.000 СБ	Складальне креслення	2		
				<u>Складальні одиниці</u>			
		1	КРБ 19-006.01.00.001 СБ	Притискач бокового			
				швелера	4		
		2	КРБ 19-006.01.00.002 СБ	Притискач і фіксатор			
				хребтової балки	2		
		3	КРБ 19-006.01.00.003 СБ	Притискач і фіксатор			
				листа лобового	4		
		4	КРБ 19-006.01.00.004 СБ	Опора і фіксатор			
				шкворневої балки	4		
		5	КРБ 19-006.01.00.005 СБ	Притискач листа лобового			
				до кронштейна	4		
		6	КРБ 19-006.01.00.006 СБ	Притискач шкворневої			
				балки	4		
		7	КРБ 19-006.01.00.007 СБ	Фіксатор	4		
		8	КРБ 19-006.01.00.008 СБ	Фіксатор вертикального			
				листа	2		
		9	КРБ 19-006.01.00.009 СБ	Фіксатор і притискач			
				нижнього листа	1		
		10	КРБ 19-006.01.00.010СБ	Опора	2		
				КРБ 19-006.01.00.000 СБ			
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ехігіє І.М.					
Перевір.		Береженко Є.Б.					
Реценз.		Довбуш А.Т.					
Н. контр.		Дячун А.Є.					
Зав. каф.		Окіпний І.Б.					
Пристосування для зварювання рами контейнера					Літ.	Лист	Листів
						1	2
					ТНТУ, ФМТ каф. МТ, гр.ІМПу-41		

[illegible]

Ілюстративний матеріал

до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему Розроблення технологічного процесу виготовлення рами
контейнера

Виконав:

студент __курсу, групи ІМПу-41
(шифр групи)

(підпис)

Exigie I.M.
(прізвище та ініціали)

Керівник: PhD, асистент
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Береженко Є.Б.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

К.Т.Н., доц .
(науковий ступінь, вчене звання)

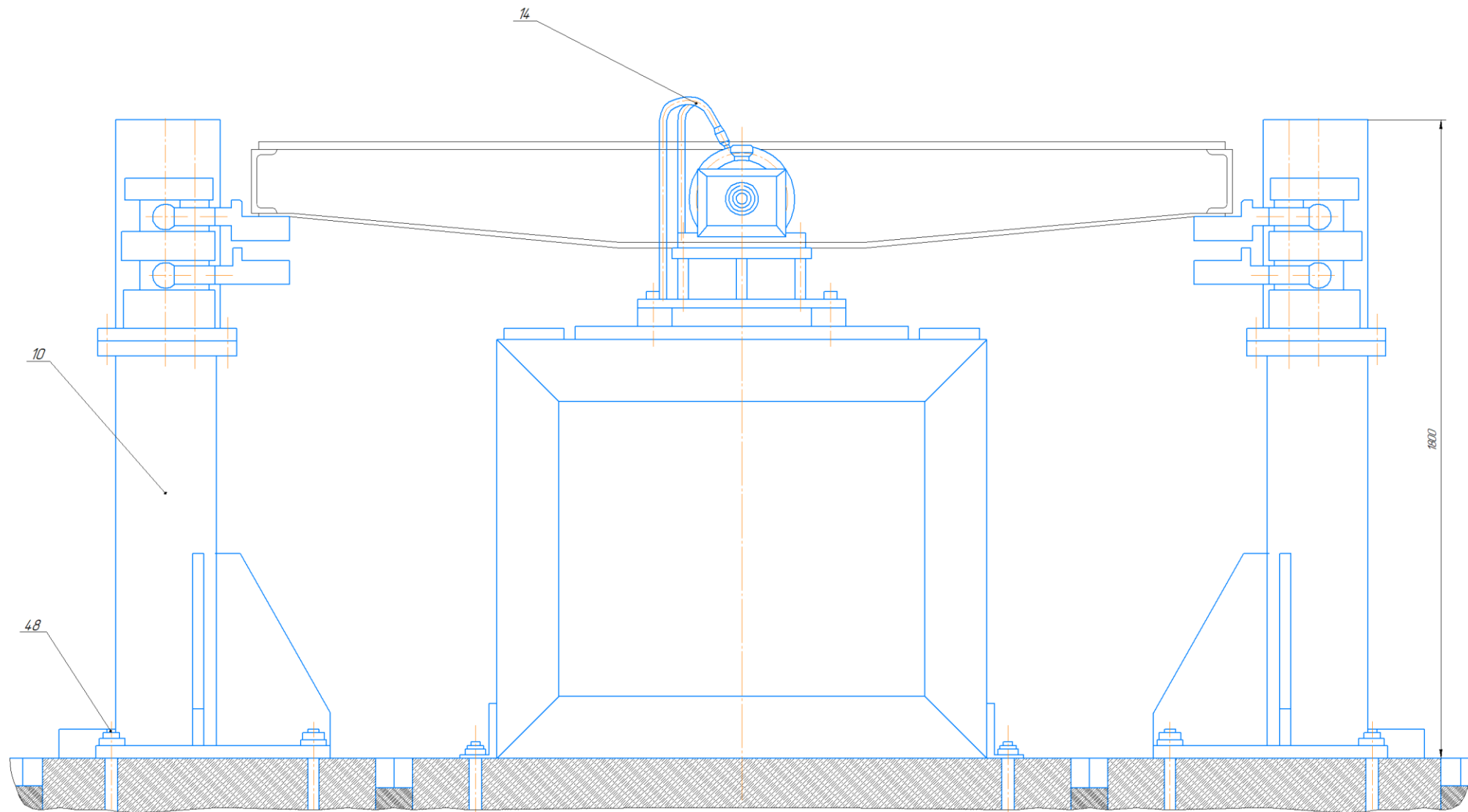
(підпис)

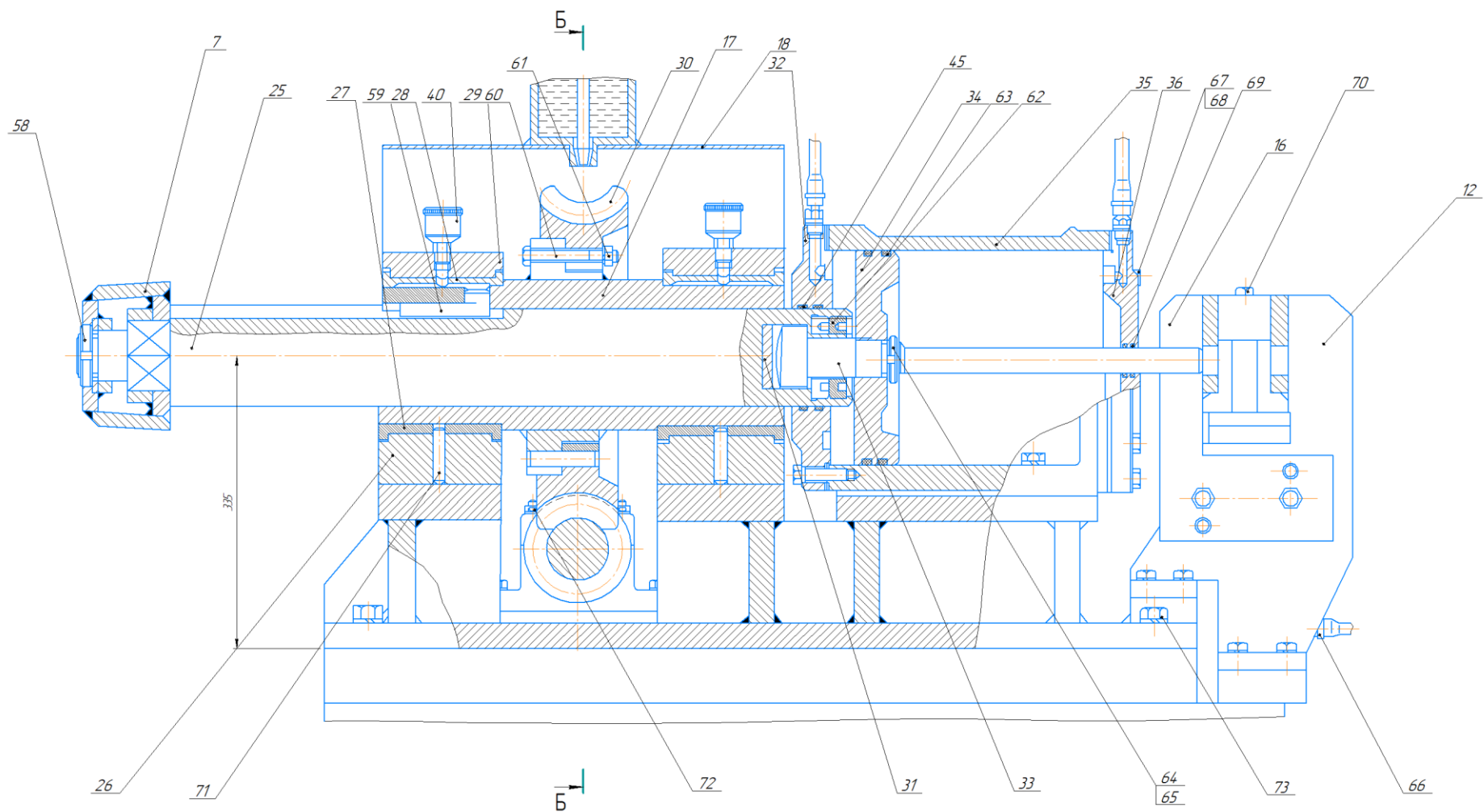
Окіпний І.Б
(прізвище та ініціали)



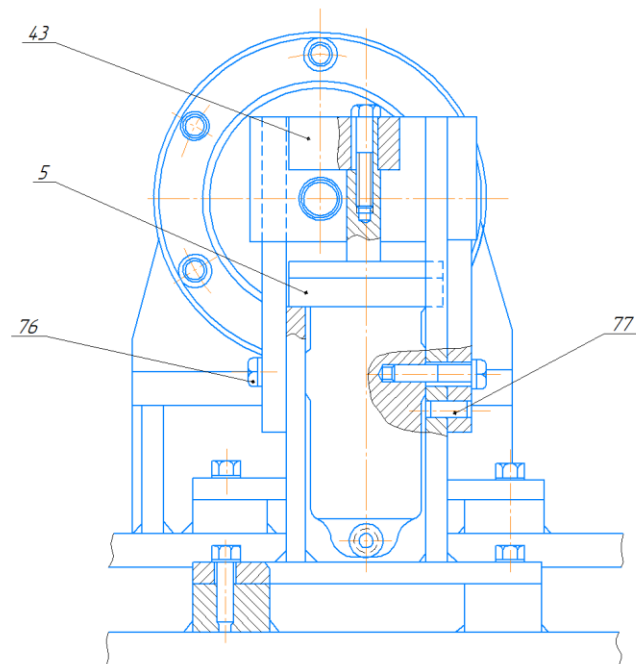
- [illegible]

A-A (1:5)

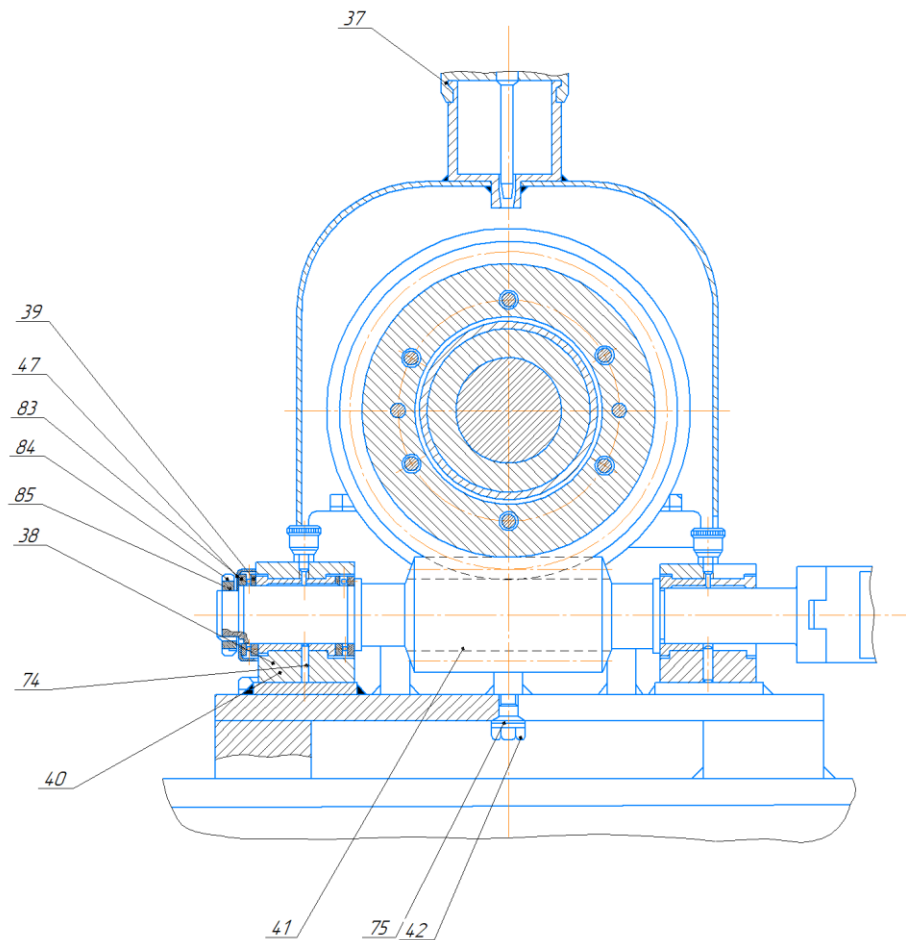




Б-Б



Б-Б



[illegible]