

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ
КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
ємкості СІР

Виконав: студент II курсу, групи ПМ-422ск
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Андрій САМБОРСЬКИЙ

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

Рецензент

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення	транспорту та інженерної механіки
Циклова комісія	зварювальних технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень	фаховий молодший бакалавр
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

САМБОРСЬКОМУ Андрію Григоровичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
ємкості СІР

Керівник роботи ГУМЕНЮК Ігор Всеволодович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 20. 04. 2026 року № 4/9-200

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

Вихідні дані до роботи креслення виробу, базовий технологічний процес
виготовлення виробу

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу
(конструкції) та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу
(конструкції) і витрат матеріалів та електроенергії

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при
виготовленні виробу чи конструкції

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Контроль і нагляд за станом охорони праці на підприємстві

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення ємкості СІР

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення ємкості СІР – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення ємкості СІР – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стенду для складання поздовжнього стика обичайки – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення стапеля для складання ємкості СІР – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Наталія ІГНАТОВА, викладач	(підпис)	(підпис)
		(дата)	(дата)
Охорона праці	Геннадій ГОРЯЧЕК, викладач	(підпис)	(підпис)
		(дата)	(дата)

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	21.05.2026	
2	Технологічний розділ	25.05.2026	
3	Конструкторський розділ	03.06.2026	
4	Організаційно-економічний розділ	08.06.2026	
5	Охорона праці	11.06.2026	
6	Графічна частина	15.06.2026	
7	Перевірка на плагіат	19.06.2026	

Студент

(підпис)

Андрій САМБОРСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ГУМЕНЮК
(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення ємкості СІР є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of CIP tank manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
1.3.4 Вимоги до складання	14
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	14
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	17
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	19
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	26
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	28
2.6.1 Заготівельні операції	29
2.6.2 Складальні операції	30
2.6.3 Складально-зварювальні операції	30

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення ємкості СІР Пояснювальна записка					Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Самборський										
Перевір.		Гуменюк									4	65
Реценз.										ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька										
Затв.		Дранівська										

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	31
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	32
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	35
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	35
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	39
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	39
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	44
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	46
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	47
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	52
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	53
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	54
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	57
5.1	Контроль і нагляд за станом охорони праці на підприємстві	.	.	.	.	.	57
5.2	Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під						
	час виготовлення ємкості СІР	.	.	.	.	.	60
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	62
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	63
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	65

ВСТУП

При відновленні спрацьованих деталей машин і механізмів, а також при виготовленні нових деталей із зносостійкою поверхнею широко використовуються різні механізовані способи наплавлення [1, с. 3].

Промисловість України випускає значну кількість різних марок електродів для дугового зварювання конструкцій із вуглецевих, легованих, жароміцних, тепло-, корозіє-, жаростійких та інших сталей. Випускають також електроди для відновлювального зносостійкого наплавлення різних сталей, для зварювання і наплавлення чавуну й кольорових металів [1, с. 4].

Зварювання – це багатогранний технологічний процес, що охоплює широкий спектр методів і застосувань. Воно може здійснюватися за допомогою електричної дуги у середовищі вуглекислого газу, аргону чи гелію, високотемпературної плазми, електронного променя, лазерного випромінювання, а також із використанням систем програмного управління. У сучасному виробництві застосовуються камери з контрольованою атмосферою, де зварник працює у спеціальному захисному костюмі-скафандрі.

До унікальних технологій належать контактні машини, здатні виконувати точкове зварювання цілих вузлів автомобілів за один цикл. Постійно розвиваються нові методи – дифузійне, холодне та вибухове зварювання, при яких метал не переходить у рідкий стан.

Зварювання використовується не лише у промисловості, а й у медицині – для проведення складних хірургічних операцій, а також у виготовленні високоточного обладнання та апаратури. Його можливості практично необмежені: від виробництва устаткування для ізотопних і радіоактивних препаратів до з'єднання двошарових сталей і сплавів, виконання робіт під водою та навіть у космосі.

Висока продуктивність, якість зварних з'єднань та раціональне використання металу зумовили те, що зварювання стало провідним

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічним процесом у виготовленні металевих конструкцій різних типів. Сучасний рівень механізації та автоматизації постійно зростає, що сприяє підвищенню продуктивності праці, удосконаленню культури зварювального виробництва та покращенню умов праці.

Вагомий внесок у розвиток металургійної бази устаткування та пристосувань роблять вітчизняні заводи й конструкторські бюро, де ведеться робота над розробленням та вдосконаленням обладнання і пристосувань для зварювального виробництва.

Забезпечення високої якості продукції потребує вдосконалення виробничої бази, оснащення підприємств сучасним обладнанням та впровадження передових технологій. Важливим є також удосконалення системи управління процесами, промислове освоєння нової техніки й підвищення ефективності роботи науково-технічних організацій.

Нова техніка має бути не лише технічно вдосконаленою, а й економічно ефективною. Кожен її зразок повинен супроводжуватися чіткою оцінкою результативності розроблення, виробництва та експлуатації, а всі науково-технічні рішення – відповідати критеріям економічної доцільності.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Неізольована ємність CIP (Cleaning In Place) є складовою мийної станції, призначеною для очищення продукту, промивання та дезінфекції важкодоступних ділянок обладнання, зокрема трубопроводів і закритих резервуарів, де ручне миття неможливе через конструктивні особливості. Вона використовується для зберігання миючих розчинів – лужних, кислотних та дезінфікуючих. Залежно від комплектації станції, робота може здійснюватися у трьох режимах: ручному, напівавтоматичному або автоматичному.

Виріб являє собою циліндричну оболонкову конструкцію, що складається з обичайки, кришки, днища, опор та різних патрубків і клапанів. Ємність виготовляється з діаметром 1150 мм, висотою 2550 мм та товщиною стінки 3 мм.

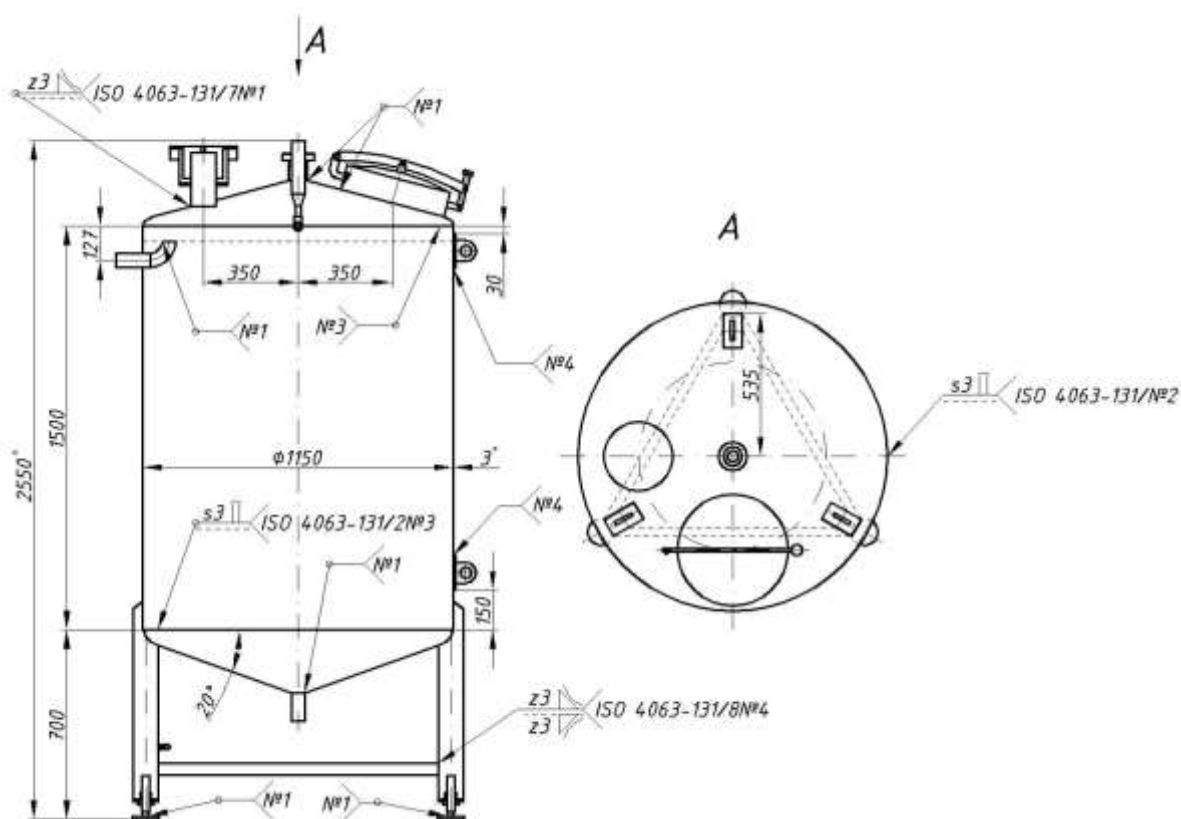


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд ємності CIP

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основні технічні вимоги до виробу та його зварювання передбачають точне дотримання розмірів деталей і параметрів режиму зварювання. Режим повинен гарантувати якість зварних з'єднань відповідно до вимог, що визначаються для кожного типу шва залежно від товщини деталей, марки сталі та застосованих матеріалів. Зварні шви мають виконуватися з підсиленням, бути очищеними від шлаку, а лицеві поверхні – від бризок.

Правлення виробу після зварювання дозволяється лише за умови збереження міцності та герметичності зварних з'єднань.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Оскільки виріб експлуатується у відкритому повітрі та всередині корозійно-активного середовища, доцільно виготовляти ємність із високоякісної сталі аустенітного класу.

Для виготовлення конструкції застосовується високолегована нержавіюча хромонікелева сталь підвищеної міцності марки AISI 304 (аналог 08X18H10). Хоча використання цього матеріалу збільшує витрати, воно є доцільним завдяки значно вищим антикорозійним властивостям порівняно з низьколегованими та вуглецевими сталями. Такий вибір основного металу обґрунтований, адже корозійна стійкість і довговічність конструкції виступають ключовими критеріями при визначенні матеріалу виробу.

Хімічний склад сталі AISI 304 (аналог 08X18H10), що застосовується для виготовлення ємності, наведено в таблиці 1.1.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 08X18H10, % [2]

Вміст елементів, %								
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
						не більше		
до 0,8	до 0,8	до 0,2	17,0-19,0	9,0-11,0	0,5	0,020	0,035	0,30

Механічні властивості сталі приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 08X18H10 [2]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
не менше				
206	509	40	55	2,2

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є зварюваність, що визначає здатність матеріалу утворювати зварне з'єднання, яке відповідає конструктивним та експлуатаційним вимогам. Технологічна зварюваність розглядається як ступінь відповідності властивостей зварного шва властивостям основного металу.

Зварюваність високолегованої сталі 08X18H10 оцінюється за еквівалентом вуглецю, який визначається за спеціальною формулою [3, с.127]:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B, \quad (1.1)$$

де C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – відсотковий вміст відповідних елементів у сталі.

$$C_{екв} = 0,8 + \frac{0,2}{6} + \frac{0,8}{24} + \frac{11}{10} + \frac{19}{5} + \frac{0,3}{15} = 5,786\%$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При аналізі сталі 08X18H10 слід відзначити, що вона переважно застосовується для виготовлення виробів, які працюють в агресивних технологічних умовах. Відомо, що співвідношення легуючих елементів $\frac{Cr}{Ni}$ становить < 2 , тому за умови правильного вибору зварювальних матеріалів ця сталь добре зварюється. Водночас термічний цикл зварювання менш суттєво впливає на ударну в'язкість металу шва та біляшовної зони, ніж на його корозійну стійкість, особливо при повторному нагріванні. У деяких випадках виникає потреба у термообробці виробу: біляшовну ділянку нагрівають до температури 500–800 °C і повільно охолоджують, що дозволяє зберегти антикорозійні властивості сталі.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для виготовлення ємності СІР необхідно застосовувати матеріали та напівфабрикати, що відповідають чинним стандартам і технічним умовам. Їхній хімічний склад та механічні властивості повинні відповідати вимогам, встановленим для виробництва даного обладнання.

Якість та характеристики матеріалів повинні підтверджуватися сертифікатами, що надаються постачальником. За їх відсутності придатність і відповідність матеріалу визначає заводська лабораторія.

При виборі матеріалів для виготовлення ємностей необхідно враховувати розрахунковий тиск, температуру стінок, хімічний склад і характер робочого середовища, технологічні особливості виробництва та вимоги до корозійної стійкості.

При виборі матеріалів для ємності, що встановлюється на відкритій місцевості або в неопалюваному приміщенні, необхідно враховувати абсолютну мінімальну температуру повітря, середню температуру протягом найхолоднішої п'ятиденки даного району та максимальну температуру.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Сталеві листи повинні бути рівними, без хвилястості, заусениць, тріщин та інших дефектів, що знижують їх експлуатаційну надійність.

Якість та властивості матеріалів і напівфабрикатів повинні відповідати вимогам стандартів та технічних умов. Вони мають бути сертифіковані підприємствами-виробниками, а за відсутності сертифікатів необхідні випробування виконуються у центральній заводській лабораторії. Результати випробувань затверджує завідувач лабораторії або керівник групи, що їх проводила.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Шорсткість поверхні – це характеристика мікронерівностей, яка кількісно визначає ступінь їх відхилення на базовій довжині від ідеально гладкої поверхні заданої геометричної форми.

Міцність деталей значною мірою залежить від шорсткості поверхні. Руйнування при змінних навантаженнях часто спричинене концентрацією напружень, що виникають через нерівності.

Основні вимоги:

- 1) зменшення шорсткості знижує ймовірність утворення поверхневих тріщин від втоми металу;
- 2) розміри деталей повинні відповідати кресленням у межах допусків;
- 3) низька шорсткість поверхні необхідна також для забезпечення естетичного вигляду та зручності підтримання чистоти.

При виготовленні ємності СІР та на етапі її проектування необхідно забезпечити збереження геометричних розмірів, форми виробу та чистоти поверхонь. Це досягається шляхом встановлення таких вимог:

- розроблення конструкції з урахуванням технологічних особливостей виробництва;
- правильне оформлення всіх зварних з'єднань з урахуванням способу їх обробки, форми підготовки кромки та допусків на розміри;

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- дотримання технології, що запобігає виникненню напружень і деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Конструкція виробу та розташування зварних швів повинні забезпечувати:

- виконання зварювання відповідно до встановлених технологічних вимог;
- можливість вільного встановлення нагрівальних пристроїв у разі необхідності місцевого підігріву;
- проведення контролю якості зварних з'єднань передбаченими методами;
- умови для виконання ремонтних робіт.

Властивості зварних з'єднань повинні максимально відповідати характеристикам основного металу. У разі потреби встановлюються мінімально допустимі показники механічних властивостей – міцність, ударна в'язкість та пластичність. Типові конструктивні елементи швів визначаються стандартами, а нестандартні – розробниками конструкторської документації та зазначаються на кресленнях.

Для вузлів, що працюють в умовах змінних навантажень, не рекомендується застосовувати стикові з'єднання з накладками, зрізами, закругленими кутами чи у формі ромбів. За потреби допускається використання стикових з'єднань за умови забезпечення рівномірного розподілу напружень.

Конструктивні елементи зварних з'єднань перевіряють на відповідність технічній документації. Усі шви повинні мати маркування, що дозволяє визначити зварника, який виконував роботи.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3.4 Вимоги до складання

Великий вплив на якість зварних з'єднань має правильне складання під зварювання. До процесу не допускаються деталі, що пройшли термічне гартування, цементацію чи оксидування. Складання повинно виконуватися у спеціальних складально-зварювальних пристроях.

При визначенні базових розмірів складально-зварювальних пристроїв, установок та стендів слід враховувати деформації, що виникають під час зварювання.

При складанні прихоплення слід виконувати лише у визначених технологічним процесом місцях та послідовності. Їх довжина не повинна перевищувати 25 мм, а переріз має становити 0,35–0,75 мм.

Під час виготовлення виробу необхідно дотримуватися вимог технічної документації. Зварювальні кромки та прилеглі поверхні основного металу завширшки не менше 15 мм перед зварюванням слід зачищати від забруднень до появи металевого блиску. Після обробки поверхня кромок повинна бути рівною та не мати подряпин глибиною понад 0,5 мм.

Під час складання необхідно забезпечити паралельність стиків кромок та сталість зазору між ними в межах, визначених інструкцією. Використані способи складання не повинні спричиняти деформацій металу.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

При розробленні технологічного процесу складання та зварювання слід забезпечити високу якість шляхом мінімізації перерізів швів і ширини біляшовної зони. Необхідний рівень якості зварного з'єднання досягається лише за умови вільного доступу до місця зварювання.

Якість зварювання забезпечується за умови:

- використання відповідних матеріалів;
- відсутності дефектів у з'єднаннях;

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- дотримання необхідної точності складання;
- проведення контролю герметичності зварних швів.

Якщо у зварному з'єднанні наявні дефекти, допустимі без виправлення, їх сумарна довжина не повинна перевищувати 15% загальної довжини шва. Тріщини, непровари та пори в зоні термічного впливу й металі шва не допускаються.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

Технологічний процес виготовлення ємності СІР включає попереднє правлення, розмічування та різання листового прокату на заготовки необхідних розмірів. Кромки заготовок обробляються на кромкостругальних машинах.

Обичайки циліндричної частини ємності виготовляють на валкоформувальних машинах, а кришку та днище формують за допомогою пресового обладнання.

Прихоплення обичайок та зварювання ємності виконують напівавтоматичним способом під шаром флюсу.

Технологічний процес має такі недоліки:

- напівавтоматичне зварювання під флюсом виконується лише в один прохід;
- потрібна участь висококваліфікованих зварників;
- необхідне залучення допоміжного персоналу для очищення кожного шару шва від шлаку;
- застосовуються механічні затискачі.

Загалом технологічний процес відзначається значною трудомісткістю.

У зв'язку з розширенням програми випуску продукції та застосуванням високолегованої сталі виникла потреба змінити чинний технологічний процес

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

виготовлення конструкції. Це вимагає заміни зварювальної оснастки та використання більш продуктивного обладнання.

Таким чином, удосконалення технологічного процесу передбачає заміну напіваавтоматичного зварювання під флюсом на напіваавтоматичне зварювання в аргоні та модернізацію застарілого обладнання на сучасне.

Запропоновані вдосконалення дозволяють підвищити рівень механізації та автоматизації процесу виготовлення ємності СІР. Це сприятиме зростанню продуктивності, зменшенню трудомісткості та, загалом, позитивно позначиться на собівартості й якості виробу.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

При виборі способу зварювання для виготовлення ємності СІР слід враховувати матеріал виробу, товщину деталей, відповідальність конструкції, масштаб виробництва та вимоги до якості зварних з'єднань.

Складові частини ємності СІР можуть зварюватися різними способами:

- ручним дуговим зварюванням покритим електродом;
- напівавтоматичним зварюванням у захисному газі;
- автоматичним зварюванням у захисному газі;
- імпульсно-дуговим зварюванням у вуглекислому газі;
- автоматичним зварюванням під флюсом.

Основним недоліком ручного дугового зварювання металевим електродом є низька продуктивність та залежність якості шва від рівня практичних навичок зварника.

Ручне дугове зварювання доцільно застосовувати для коротких швів у різних просторових положеннях та при дрібносерійному виробництві. Під час монтажу цей спосіб виправданий за невеликого обсягу робіт, навіть коли потрібні якісні шви. Також ручне зварювання ефективно при виконанні ремонтних операцій.

Напівавтоматичне зварювання в захисному газі може виконуватися у всіх просторових положеннях. Його застосування розширюється завдяки поступовій заміні ручного дугового зварювання.

Автоматичне дугове зварювання під флюсом, попри складність та високу вартість обладнання, набуло широкого застосування. Використання цього методу забезпечує стабільність режимів та високу якість зварних швів.

Переваги автоматичного зварювання порівняно з напівавтоматичним:

- а) вища продуктивність;
- б) економне використання зварювальних матеріалів;

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

в) відсутність потреби у висококваліфікованому зварнику (достатньо оператора);

г) забезпечення глибшого проплавлення за один прохід.

Суттєвим недоліком автоматичного дугового зварювання під флюсом є неможливість його застосування для виконання швів у різних просторових положеннях.

Останнім часом для зварювання металів застосовують імпульсно-дуговий метод. Метал розплавляється дугою, що періодично горить імпульсами постійного струму з визначеним інтервалом. При тривалих паузах дуговий проміжок деіонізується, що ускладнює повторне збудження. Для усунення цього недоліку підтримується малопотужна чергова дуга. Метод вирізняється ефективністю та низькими витратами, тому має перспективи використання у виробництві конструкцій даного типу.

Враховуючи особливості різних методів зварювання та специфіку технології роботи з високолегованими сталями, для виготовлення ємності СІР обрано напівавтоматичне дугове зварювання в захисному газі (аргоні). Схему цього способу наведено на рисунку 2.1.

Такий вибір гарантує дотримання технологічних умов та вимог до міцності й надійності конструкції.

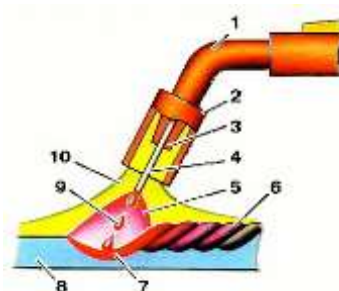


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання в захисному газі

1 - пальник; 2 - сопло; 3 – струмопровідний мундштук; 4 – електродний дріт; 5 - зварювальна дуга; 6 – зварний шов; 7 – зварювальна ванна; 8 - основний метал; 9 – краплі електродного металу; 10 – газовий захист

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення ємності застосовується сталь AISI 304 (аналог 08X18H10). Вибір зварювального матеріалу визначається необхідністю отримання бездефектної структури металу шва, яка за своїми властивостями відповідає вимогам експлуатації конструкції.

При зварюванні високолегованих корозійностійких жароміцних сталей аустенітного класу головним завданням є правильний вибір зварювальних матеріалів, що забезпечують властивості основного металу. Для сталі 08X18H10 доцільно застосовувати дріт аналогічного хімічного складу, однак на практиці це не завжди ефективно, оскільки частина хрому витрачається на утворення сполук та випаровування. Тому слід використовувати дріт із підвищеним вмістом хрому для стабілізації процесу та введенням активних добавок, які зв'язують оксиди й виводять їх на поверхню шва (наприклад, ніобій). Цим вимогам відповідає зварювальний дріт марки Св-08Х19Н10Б, який застосовується в захисній атмосфері аргону.

Хімічний склад зварювального дроту приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08Х19Н10Б [4, с.76]

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Примітки
					не більше		
0,05-0,10	≤0,70	1,2-1,7	18,5-20,5	9,0-10,5	0,018	0,025	Nb 1,2-1,5

Аргон у промисловості отримують із повітря методом низькотемпературної ректифікації, разом із киснем та азотом. Це інертний газ, який постачається у рідкому або газоподібному стані. Відповідно до ТУ 2114-001-76237928-2013, зварювання ємності виконується газоподібним аргonom високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Основні параметри напіваавтоматичного зварювання в захисному газі: сила зварювального струму та напруга дуги, швидкість зварювання, діаметр дроту і швидкість його подачі в зону зварювання, витрати захисного газу.

Розрахунок параметрів режиму зварювання виконується відповідно до типу з'єднання, наведеного на рисунку 2.2.

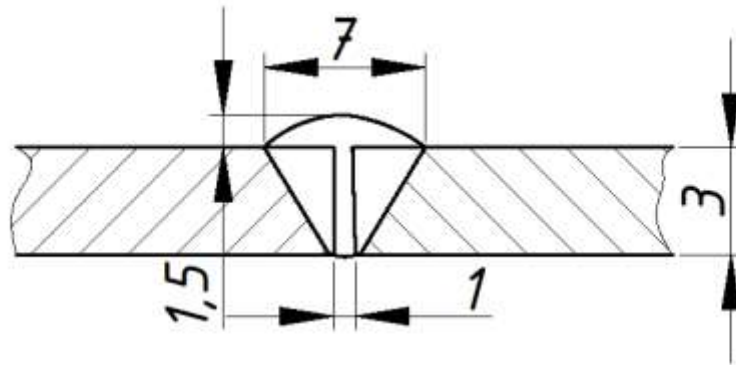


Рисунок 2.2 - Схема зварного стикового з'єднання

Визначимо силу зварювального струму за формулою:

$$I_{зв} = \frac{h}{k} \cdot 100, \quad [5, \text{с.192}] \quad (2.1)$$

де h – глибина проплавлення, мм, виходячи з умови повного проплавлення, приймаємо глибину проплавлення 3 мм;
 k – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов проведення зварювання, мм/100А.

Для зварювального дроту діаметром 1,0 мм, $k=2,5$ мм/100А [5, с.193].

$$I_{зв} = \frac{3}{2,5} \cdot 100 = 120 \text{ А.}$$

Зварювальний струм становить 120 А.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Визначимо діаметр електродного дроту за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зг}}{j}} \quad [5, \text{с.193}] \quad (2.2)$$

де $I_{зг}$ – сила зварювального струму, A ;

j – густина струму, A/mm^2 [5, с. 193];

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{120}{180}} = 0,92 \approx 1,0 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр електродного дроту рівний 1,0 мм.

Визначаємо напругу на дузі за формулою:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} \cdot I_{зг} \pm 1, \quad [5, \text{с.194}] \quad (2.3)$$

де $I_{зг}$ – струм зварювальний, A ;

d_e – діаметр електродного дроту, $мм$;

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,0^{0,5}} \cdot 120 \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо напругу на дузі рівну 26 В.

Розрахуємо площу наплавленого металу в поперечному перерізі шва, яка рівна сумі площ підсилення і величини зазору в поперечному перерізі шва.

Площа підсилення в поперечному перерізі шва розрахуємо за формулою:

$$F_1 = 0,75 \cdot l \cdot q, \quad (2.4)$$

де l – ширина зазору шва, $м$;

q – величина підсилення шва, $м$;

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

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$F_2 = h_u \cdot l + h_p \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h_p, \quad (2.5)$$

де h_u – висота шва, $м$;

l – ширина зазору шва, $м$;

h_p – висота розроблення, $м$;

α – кут розроблення;

$$F_2 = 3 \cdot 1,0 \cdot + 3 \cdot \operatorname{tg} 90 \cdot 3 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

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

де F_1 – площа поперечного перерізу підсилення шва, $мм^2$;

F_2 – площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва, $мм^2$;

$$F = 1,1 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} = 4,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт наплавлення розрахуємо за формулою:

$$\alpha_n = A + B \cdot \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad [4, \text{с.246}] \quad (2.7)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, при постійному струмі, $A=2,3$;

B – коефіцієнт пропорційності при постійному струмі, $B=0,04$;

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

$d_{ел}$ – діаметр електрода, $мм$;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,09 \cdot \frac{120}{1,0} = 13,1 \text{ } ^\circ \text{ } A/\text{год}.$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Визначимо швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання за формулою:

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{ел}^2 \cdot \gamma}, \quad [4, \text{с.246}] \quad (2.8)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $г/А/год$;

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

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

$d_{ел}$ – діаметр електрода, $мм$;

γ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$. Густина сталі рівна $7,8 г/см^3$;

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot 13,1 \cdot 120}{3,14 \cdot 10^2 \cdot 7,8} = 156,7 \text{ м/год} \approx 157 \text{ м/год}.$$

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad [4, \text{с.250}] \quad (2.9)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $г/А/год$;

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

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

γ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$;

$$V_{зв} = \frac{13,1 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{4,1 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 14,8 \approx 15 \text{ м/год}.$$

Витрати захисного газу $Q_{г} = 7$ л/хв [6, с.105].

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання заносимо в таблицю 2.2.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.2 – Параметри режиму напівавтоматичного зварювання в аргоні ємкості СІР

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруг а на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год	Витрати захисного газу, л/хв
1,0	120	26	15	157	7

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для зварювання ємкості СІР застосовується напівавтомат Fronius TPS 270i C PULSE. Це зварювальний апарат інверторного типу з повністю цифровим мікропроцесорним керуванням і вбудованим 4-роликівим приводом подачі дроту [7].

Модульна конструкція та здатність розширювати систему за допомогою додаткових компонентів забезпечують необхідний рівень гнучкості. TPS 270i C вирізняється своєю компактністю, тому він особливо підходить для використання в портативному режимі [7].

Зварювальний апарат можна адаптувати до будь-якої конкретної ситуації [7].

Основний блок керування і налаштування джерел струму зв'язаний із цифровим сигнальним процесором (DSP). Основний блок керування та налаштування джерел струму та цифровий сигнальний процесор контролюють увесь процес зварювання. Фактичні показники безперервно зчитуються під час зварювання, і пристрій одразу реагує на будь-які зміни й відхилення. Алгоритми відстежування забезпечують стабільність вибраного стану [7].

Це забезпечує:

- точний процес зварювання;
- точну відтворюваність результатів;

- чудові характеристики шва [7].

Технічні характеристики напівавтомата представлені у таблиці 2.3, а його загальний вигляд на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики апарата Fronius TPS 270i C [7]

Напруга мережі, В	3х400
Частота мережі, Гц	50/60
Межі регулювання зварювального струму, А	3-270
Періодичність вмикання ПВ при струмі 270 А, %	40
Періодичність вмикання ПВ при струмі 190 А, %	100
Напруга на дузі, В	14,2-48,5
Напруга холостого ходу, В	57
Клас захисту	IP23
Габаритні розміри, мм	687х276х445
Маса, кг	33,1



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата Fronius TPS 270i C [7]

Найважливішим вузлом будь-якого зварювального апарата є пальник. Він забезпечує збудження дуги та формування й спрямування потоку захисного газу. Комплектування апарату Fronius TPS 270i C відбувається пальником типу MHP 250i G ML (див. рис. 2.4), технічні характеристики якого представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального пальника Fronius MHP 250i G ML [8]

Номінальний зварювальний струм, А	250
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,6
Довжина шлангового пакету, м	5,85



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд зварювального пальника Fronius MHP 250i G ML [8]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Вибір методів контролю якості залежить від необхідної інформації, особливостей об'єкта та умов виробництва. Зовнішні дефекти зварних з'єднань визначають візуально-оптичним методом – неозброєним оком або за допомогою лупи. Перевірку слід виконувати ретельно й професійно, з обов'язковою реєстрацією всіх виявлених дефектів для подальшого аналізу та встановлення причин їх виникнення.

Своєчасне усунення дефектів, виявлених під час візуального огляду, та визначення причин їх виникнення дає змогу оперативно регулювати якість і скоротити обсяг подальших етапів неруйнівного контролю.

Для виявлення внутрішніх дефектів зварних швів, таких як тріщини, непровари чи неметалеві включення, застосовують радіаційний та ультразвуковий методи контролю. У разі потреби можуть використовуватися також магнітний контроль і перевірка на герметичність.

Магнітному контролю піддаються лише феромагнітні матеріали. Основна складність перевірки пов'язана з великими габаритами виробу, оскільки для цього потрібен потужний електромагніт відповідних розмірів.

Основою радіаційних методів контролю є використання іонізуючого випромінювання – рентгенівських променів та γ -випромінювання. Перевірка зварних з'єднань ґрунтується на зміні інтенсивності випромінювання, яке втрачає частину енергії при проходженні крізь матеріал залежно від його густини та товщини. На рентгенівському знімку відображаються світлі й темні ділянки: різниця у відтінках свідчить про зміну густини металу та може вказувати на наявність дефектів.

Ультразвукова дефектоскопія ґрунтується переважно на двох методах:

1. Тіньовий та дзеркально-тіньовий методи. Дефекти визначаються за зменшенням амплітуди сигналу при імпульсному або неперервному випромінюванні. Тіньовий метод потребує двобічного доступу до з'єднання. Дзеркально-тіньовий не вимагає двобічного доступу та дозволяє виявляти дефекти в кореневих швах стикових з'єднань. Обидва методи придатні для контролю об'єктів із грубо обробленими поверхнями та широко застосовуються для перевірки стиків арматури залізобетону періодичного профілю.

2. Ехо-імпульсний метод. Базується на реєстрації відбитих ультразвукових хвиль від ділянок із відмінним акустичним опором. Ознакою дефекту є поява ехо-сигналів на екрані приймача. Метод застосовується для

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю всіх основних видів зварних з'єднань (стикових, кутових, напусткових, таврових) і дозволяє виявляти дефекти в елементах товщиною до 1000 мм і більше.

Дефекти площею до 0,7 мм² можуть бути виявлені на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному доступі до з'єднання з використанням одного перетворювача для випромінювання та приймача для реєстрації й підсилення сигналу.

Перевірка виробів на герметичність здійснюється за допомогою оболонкових форм та спеціальних установок. Процес включає такі етапи:

- 1) встановлення виробу у випробувальне місце;
- 2) під'єднання труб та герметизація всіх отворів;
- 3) заповнення виробу водою з повним видаленням повітря;
- 4) підвищення тиску води до випробувального рівня (приблизно на 50 % вище робочого);
- 5) витримування виробу під тиском протягом встановленого часу;
- 6) скидання тиску та звільнення виробу від рідини.

Випробувальний тиск зазвичай становить 3–3,5 МПа, а час витримки виробу під тиском – до 60 с.

Отже, для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів застосовується зовнішній огляд. Оскільки виріб призначений для зберігання рідких хімічно активних розчинів, додатково проводиться перевірка його герметичності.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення ємності СІР включає такі основні операції:

- підготовка матеріалів та деталей;
- формування вузлів і елементів конструкції;
- виконання зварних з'єднань та їх обробка;

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- очищення, шліфування, нанесення покриттів;
- транспортні, підготовчі та інші допоміжні роботи;
- перевірка якості та відповідності виробу технічним вимогам.

2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, призначених для складання, виконують такі операції:

- а) очищення;
- б) правлення;
- в) розмічування;
- г) різання;
- д) вальцювання;
- е) штампування.

Очищення листів виконується на зачисному верстаті ЗВ-1А. Обробці підлягають лише забруднені або частково забруднені листи.

Правлення листів здійснюється на листопрямильній машині МЛЧ-1725. У результаті обробки листи набувають правильної форми. Правленню підлягають лише ті заготовки, що деформувалися під час транспортування або неправильного зберігання.

Розмічування листів відповідно до заданих розмірів виконується на спеціальній дільниці ручним, напівмеханізованим або механізованим способом. Основне завдання цієї операції – з високою точністю перенести розміри з креслення на заготовку. Помилки під час розмічування можуть спричинити утворення не виправних дефектів.

Операція різання здійснюється на гільйотинних ножицях марки MAST Metalltechnik Q11 із використанням подавального пристрою та участю оператора. Для надання виробу циліндричної форми виконується операція вальцювання на вальцювальному верстаті EVOLUTIONER BAE.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Штапування забезпечує формування напівсферичної поверхні кришки та днища. Операція виконується на гідравлічному пресі METCOR HPP-1010.

2.6.2 Складальні операції

Перед зварюванням проводиться візуальна перевірка відповідності деталей вимогам креслень і технологічного процесу. Під час складання забезпечується правильне взаємне розташування елементів, яке вони повинні мати у готовому виробі. Для цього застосовується складально-зварювальне пристосування, де деталі центруються, фіксуються та з'єднуються в єдину конструкцію.

Обичайці надають циліндричної форми за допомогою вальцювального верстата EVOLUTIONER BAE. Після правлення готову обичайку стикують на спеціальному пристосуванні з кришкою та днищем, після чого монтують інші конструктивні елементи – опори, патрубки, люк та інші деталі.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Початкові зварювальні роботи виконуються шляхом прихоплювання деталей на складальних пристосуваннях. Основним завданням цього етапу є правильне встановлення виробу та забезпечення необхідного зазору між кромками.

Після прихоплювання виконують основне зварювання, під час якого формується міцне та герметичне з'єднання деталей.

Спочатку виконують поздовжні шви, після чого переходять до кільцевих швів, зварюючи обичайку з кришкою та днищем.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання виконують зачищення швів та видаляють металеві бризки з поверхні виробу. Для опоряджувальних операцій застосовують як ручні, так і механізовані способи обробки.

Для зачищення застосовують ручні інструменти (молоток, зубило, металеві щітки) та механізовані засоби – кутові шліфувальні машини з зачисними дисками. Після обробки виріб проходить контроль на виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів.

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних операцій при виготовленні виробу належать:

- налагоджувальні;
- перевантажувальні;
- піднімально-транспортні;
- роботи з приймання та видачі інструменту й зварювальних матеріалів.

Перед початком зварювання виконують налагодження обладнання: регулюють витрати захисного газу та встановлюють початковий виліт електродного дроту, щоб уникнути утворення пор і забезпечити правильне формування початку шва.

Під час перевантажувальних і транспортних операцій здійснюють установку деталей у складальні пристосування, переміщення заготовок між дільницями та доставку готової продукції на склад.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють перевірку на всіх етапах виготовлення зварної конструкції, зокрема:

- а) контроль вихідних зварювальних матеріалів;
- б) контроль зварних матеріалів;

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

в) контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операцій зварювання;

г) контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Контроль готової продукції здійснюється у два етапи:

1. Візуальний огляд – перевірка зовнішньої частини шва з метою виявлення поверхневих дефектів.

2. Випробування на герметичність – визначення можливих порушень герметичності швів, спричинених внутрішніми дефектами.

У окремих випадках, для визначення причин появи дефектів, проводять дослідження структури металу шва. Для цього застосовують методи ультразвукової дефектоскопії або радіографічного контролю.

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварної конструкції і витрат матеріалів та електроенергії

При нормуванні витрат зварювальних матеріалів застосовують питомі показники, що визначають необхідну кількість матеріалів на один виріб. Для дугового зварювання такими показниками є витрати, розраховані на 1 метр зварного шва.

Розрахунок витрат при зварюванні ємності СІР здійснюють для стикових з'єднань, згідно ДСТУ 3159-95 [9].

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [9,с.6]:

$$Q_n = \alpha_n \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.10)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_n = 13,1$ г/А·год;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв} = 120$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 8,75$ м.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$Q_n = 131 \cdot 120 \cdot 8,75 \cdot 10^{-3} = 13,755 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [9,с.7]:

$$H_{el} = Q_p + Q_{nn}; \quad (2.11)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

$$Q_p = Q_n \cdot K_p, \quad (2.12)$$

де K_p – коефіцієнт витрат зварювального дроту, $K_p=0,7$;

$$Q_p = 13,755 \cdot 0,7 = 9,63 \quad \text{кг.},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

$$Q_{nn} = Q_n \cdot K_0, \quad (2.13)$$

де K_0 – коефіцієнт витрат зварювального дроту, $K_0=0,5$;

$$Q_{nn} = 13,755 \cdot 0,5 = 6,8775 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{el} = 9,63 + 6,8775 = 16,5 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [9,с.10]:

$$H_z = Q_p \cdot K_z, \quad (2.14)$$

де K_z – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_z=0,85\dots0,9$;

$$H_z = 9,63 \cdot 0,87 = 8,377 \quad \text{л / хв.}$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

$$E = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta_n \cdot K_n}, \quad (2.15)$$

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

K_n – коефіцієнт корисної дії джерела дуги, $K_n=0,75$;

$$E = \frac{26}{13,1 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,94 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_d \cdot I_{зв} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.16)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,07$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 26 \cdot 120 \cdot 0,07}{0,9 \cdot 0,75} = 3,2356 \quad \kappa Bm \cdot год.$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Для виготовлення зварних конструкцій високої якості важливим є точне складання деталей виробу – правильне взаємне розташування та надійне закріплення. З цією метою у зварювальному виробництві застосовують спеціальне складальне устаткування.

Складальне устаткування поділяється за функціональним призначенням на два типи:

- 1) власне складальне – використовується для виконання операцій складання, які завершуються прихоплюванням деталей;
- 2) складально-зварювальне – окрім складання, забезпечує повне або часткове зварювання виробу, а за потреби й витримку після зварювання для зменшення деформацій.

Зварювання може проводитися як після попереднього прихоплювання, так і без нього. Вибір устаткування визначається технологічним процесом, що залежить від особливостей виробу: його форми, розмірів, вимог до точності, типу виробництва та програми, наявності виробничих площ, завантаження робочих місць, способу зварювання та інших чинників.

Отже, головна функція складального устаткування у зварювальному виробництві полягає у точній фіксації та надійному закріпленні деталей, що підлягають зварюванню.

Ознаками класифікації різноманітних притискачів є ступінь механізації та конструкція притискачів. За ступенем механізації розрізняють притискачі немеханізовані та механізовані. До немеханізованих притискачів відносяться такі конструктивні типи притискачів: гвинтові, клинові, ексцентрикові, важільні, байонетні, комбіновані та пружинні. Немеханізовані притискачі

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

потребують застосування мускульної сили і використовуються в одиничному й дрібносерійному виробництвах [10, с. 127,128].

Механізовані притискачі оснащені силовим приводом і включають такі притискачі: пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні та електромагнітні. До пневматичних притискачів відносяться притискачі прямої дії, вакуумні та комбіновані. У свою чергу притискачі прямої дії включають пневмоциліндри, пневмокамери та пневматичні шланги [10, с. 128].

До комбінованих притискачів відносяться притискачі, які зблоковані з декількох простих механізмів та оснащені силовим приводом. Це пневмоклинні та пневмоважільні притискачі [10, с. 128].

Механізовані притискачі використовуються в складально-зварювальній оснастці, що призначена для серійного та багатосерійного виробництва [10, с. 128].

Зварювання ємності СІР здійснюється поетапно із застосуванням різного технологічного устаткування.

На першому етапі застосовують складальне пристосування для складання та зварювання обичайки. Технологічно це з'єднання виконують однобічним напівавтоматичним зварюванням у середовищі аргону без попередньої підготовки кромок.

На другому етапі здійснюють складання циліндричних частин ємності за допомогою стенда з роlikоопорами. На ньому деталі встановлюються, стикаються та зварюються, утримуючись і обертаючись на роlikових опорах.

Такі стенди призначені для обертання виробів, центр ваги яких співпадає з віссю обертання. Вони розраховані на зварювання конструкцій довжиною кілька метрів і масою до 10 тон.

1. Розташування роlikоопор (повздовжнє та поперечне) і їх кількість визначаються конструкцією, розмірами та вагою виробу.
2. Робоча швидкість обертання регулюється зміною числа обертів двигуна постійного струму й може становити від 10 до 77 м/год.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3. Маршева швидкість дорівнює 13 м/хв. Перемикання редуктора з робочої на маршеву швидкість здійснюється електромагнітом із дистанційним керуванням.

4. При необхідності використання флюсової подушки роликоопора встановлюється на спеціальну підставку, що забезпечує вільний простір для її розміщення.

5. На третьому етапі проводиться стикування кришки і днища з циліндричною частиною і подальше зварювання за допомогою пристосувань, які використовуються на другому етапі.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Згідно технологічного процесу виготовлення виробу, першочергово виконують розмічування та різання листів із застосуванням гільйотинних ножиць. Принцип роботи цього обладнання полягає у вертикальному русі одного з ножів. Завдяки великому зусиллю та високій швидкості руху листову сталь ріжеться якісно, без утворення окалини, нерівностей чи забруднень на місцях зрізу.

Формування обичайки ємності здійснюють на вальцювальних верстатах. Листову сталь пропускають між вальцями, розташованими таким чином, щоб надати їй форму циліндричної оболонки діаметром 1150 мм.

Однією з перших операцій на цьому етапі є прихоплювання кромки стиків під час складання. Спочатку виконують складання циліндричних обичайок на спеціальному складальному пристосуванні, яке забезпечує необхідний зазор та паралельність кромки. Це має вирішальне значення для подальших етапів формування виробу.

Наступним етапом виконують зварювальні операції із застосуванням сучасного потужного напівавтомата Fronius TPS 270i C, який забезпечує максимальний робочий зварювальний струм 270 А.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Стикування обичайки з кришкою та днищем здійснюється на спеціальному пристосуванні – стапелі. Його особливість полягає в тому, що величина зазору задається заздалегідь і зберігається незмінною під час зварювання кількох стиків.

Точність складання забезпечується завдяки центруванню обичайки, кришки та днища за допомогою центратора та розмічувальних операцій.

Виконання кільцевого шва здійснюється на роликовому стенді. Точність складання забезпечується попередніми операціями та центруванням частин ємності. Необхідний зазор підтримується за допомогою спеціальних вставок, які перед початком зварювання знімають.

При виконанні прямолінійних швів виріб зазвичай залишається нерухомим, а зварювальник переміщує пальник уздовж лінії шва, виконуючи основні робочі рухи. Допоміжні та коригуючі переміщення також здійснюються зварювальником, оскільки рівномірне пересування виробу разом із пристосуванням є значно складнішим.

Отже, одним із ключових показників технологічного процесу виготовлення ємностей СІР є висока кваліфікація робочого персоналу, адже саме від рівня професійної підготовки напряду залежить якість готової продукції.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 - Характеристика ємкості СІР

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	ø1150x2550	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
прокат	кг	300	
зварювальний дріт Св-08Х19Н10Б	кг	16,5	
захисний газ – аргон	л	8,38	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	25,8	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
прокат:			
сталь 08Х18Н10	грн	144,0	143,5
зварювальний дріт Св-08Х19Н10Б	грн	216	215,7
аргон (л)	грн	60	58,5
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	104	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення ємкості СІР

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна	Назва	Ціна		
1	2	3	4	5	6	7	8
Заготівельні операції	$\frac{3}{П}$	Зачисний верстат ЗВ-1А,	20000			III	$\frac{4,4}{3,5}$
		листоправ. машина МЛЧ-1725,	2100000	щітка	55		
				лінійка	180		
				рулетка	250		
		гільйотинні ножиці MAST Metalltechnik Q11	500000	молоток	290		
				маркер	120		
Вальцювання	$\frac{3}{П}$	Вальц.верст. EVOLUTIONE R BAE	100800			IV	2,4
Штампування	$\frac{3}{П}$	Прес гідравлічний METCOR HPP -1010	452000			IV	2,12
Складання і прихоплювання	$\frac{3}{П}$	Стенд,	870700			IV	5,2
		стапель	740000				
Зварювання	3	Fronius TPS 270i C PULSE	168000			IV	4,32
Зачищення швів	$\frac{3}{П}$	шліфмашина Metabo WEV 850-125	4300	зачисн. диск	58	III	3,1
				молоток	290		
				щітка	55		
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Установка компресорна	281000	болт	270	VI	2,52
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Кран-балка	480000			IV	1,43

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 24,06;

по проекту 23,16;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,43;

по проекту 1,43.

Загальна штучна норма часу: по заводу 25,49;

по проекту 24,59.

Для виготовлення ємкості СІР застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [11, с.9]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (4.1)$$

де $D_{роб}$ ~ кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 253$ дні;

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

K_p - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,05) \approx 1920 \text{ год.}$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [11, с.10]:

$$n = \frac{T_{шт} \cdot B_{пр}}{\Phi_{yc} \cdot K_{вн}}, \quad (4.2)$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

де $T_{шт}$ - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 4.2);

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=1,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2000 шт.$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні ємкості (заводський варіант):

$$n = \frac{4,4 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 4,17 \approx 4 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні ємкості (проектний варіант):

$$n = \frac{3,5 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 3,31 \approx 3 шт.$$

Для виконання вальцювання кількість робочих місць рівна:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2,27 \approx 2 шт.$$

Для виконання штампування кількість робочих місць рівна:

$$n = \frac{2,12 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2 шт.$$

Для складання і прихоплювання необхідно:

$$n = \frac{5,2 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 4,92 \approx 5 шт.$$

Для зварювання швів кількість робочих місць рівна:

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{4,32 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 4,09 \approx 4 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

$$n = \frac{3,1 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2,94 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = \frac{2,52 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2,4 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість засобів транспортувального типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [11, с.12]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 2000 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$ - кількість кранових операцій на один i -тий об'єкт;

$t_{кр}$ - тривалість одної операції, год;

Φ_n - номінальний річний фонд часу, год., приймається для однозмінної роботи рівним 2100 год;

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{2000 \cdot 5 \cdot 0,20}{2100 \cdot 0,65} = 1,4 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо один кран-балку для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [11, с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

де r_{oi} - кількість основних працівників i -тої професії, чол;

$\sum_1^y T_{um} i$ - штучна норма часу по i -тим операціям, год;

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 2000$ шт;

Φ_{ef} - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 1,1 \dots 1,2$;

Необхідна кількість заготівельників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,2} = 3,96 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 3,5}{1850 \cdot 1,2} = 3,15 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість вальцювальників (за двома варіантами):

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,2} = 2,16 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість штампувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 2,12}{1850 \cdot 1,2} = 1,9 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 5,2}{1850 \cdot 1,1} = 4,68 \approx 5 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 4,32}{1850 \cdot 1,2} = 3,89 \approx 4 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,2} = 2,79 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 2,52}{1850 \cdot 1,2} = 2,27 \approx 2 \text{чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 1$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
заготівельники	4	3	III	III
вальцювальники	2	2	IV	IV
штампувальники	2	2	IV	IV
складальники	5	5	IV	IV
зварювальники	4	4	IV	IV
зачищувальники	3	3	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	2	2	—	—
Разом	29	28	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

де y - кількість технологічних операцій;

C_{pi} - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [11, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [11, с.18]:

$$Z_{oo} = Z_{oo} (D_1 + D_2), \quad (4.6)$$

де D_1 - доплата за шкідливість, грн, $D_1 = 12...24 \%$, приймаємо $D_1 = 20 \%$; D_2 - інші доплати, грн, $D_2 = 15...20 \%$, приймаємо $D_2 = 15 \%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [11, с.18]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P, \quad (4.7)$$

де P - розмір премій та надбавок, грн, $P = 40 \%$.

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (4.5), (4.6) та (4.7) множаться на кількість виробів (B).

Затрати по оплаті праці заготівельників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 2,9 \cdot 56,5 \cdot 4,4 = 720,94 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 720,94 \cdot (0,2 + 0,15) = 252,33 \text{ грн};$$

$$Z_{но} = 720,94 \cdot 0,4 = 288,38 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 2,9 \cdot 56,5 \cdot 3,5 = 573,48 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 573,48 \cdot (0,2 + 0,15) = 200,72 \text{ грн};$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 573,48 \cdot 0,4 = 229,39 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці вальцювальників:

$$З_{оо} = 3,9 \cdot 61,6 \cdot 2,4 = 576,58 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 576,58 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,8 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 576,58 \cdot 0,4 = 230,63 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

$$З_{оо} = 4,4 \cdot 62,5 \cdot 2,12 = 583 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 583 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,05 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 583 \cdot 0,4 = 233,2 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

$$З_{оо} = 2 \cdot 60,3 \cdot 5,2 = 627,12 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 627,12 \cdot (0,2 + 0,15) = 219,49 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 627,12 \cdot 0,4 = 250,85 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварників:

$$З_{оо} = 2,6 \cdot 61,5 \cdot 4,32 = 690,77 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 690,77 \cdot (0,2 + 0,15) = 241,77 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 690,77 \cdot 0,4 = 276,31 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 58 \cdot 3,1 = 575,36 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 575,36 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,38 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 575,36 \cdot 0,4 = 230,14 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{оо} = 4,3 \cdot 59,5 \cdot 2,52 = 644,74 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 644,74 \cdot (0,2 + 0,15) = 225,66 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 644,74 \cdot 0,4 = 257,9 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{оо} = 6,9 \cdot 61,7 \cdot 1,43 = 608,79 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 608,79 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,08 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 608,79 \cdot 0,4 = 243,52 \text{ грн.}$$

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [11, с.19]:

$$Z_{од} = r_{од} \cdot C_p \cdot \Phi_{эф}, \quad (4.8)$$

де $Z_{од}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{од}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

C_p - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата ($Z_{од}$) та премії і надбавки ($Z_{нд}$) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 70,5 \cdot 1850 = 130425 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 130425 \cdot 0,35 = 45648,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 130425 \cdot 0,4 = 52170 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 70,5 \cdot 1850 = 130425 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 130425 \cdot 0,35 = 45648,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 130425 \cdot 0,4 = 52170 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 70,5 \cdot 1850 = 130425 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 130425 \cdot 0,35 = 45648,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 130425 \cdot 0,4 = 52170 \text{ грн}.$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою [11, с.19]:

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{on} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де Z_{on} - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

Додаткова заробітна плата (Z_{on}) та премії і надбавки (Z_{nn}) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$Z_{on} = 1 \cdot 18950 \cdot 12 = 227400 \text{ грн};$$

$$Z_{дп} = 227400 \cdot 0,35 = 79590 \text{ грн};$$

$$Z_{пп} = 227400 \cdot 0,4 = 90960 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{on} = 2 \cdot 13600 \cdot 12 = 326400 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 326400 \cdot 0,35 = 114240 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 326400 \cdot 0,4 = 130560 \text{ грн}.$$

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
заготівельники	729591,28	435267,53	255356,95	152343,63	291836,51	174107
вальцювальники	291747,46		102111,61		116698,98	
штампувальники	294998		103249,3		117999,2	
складальники	793306,8		277657,38		317322,72	
зварювальники	699057,22		244670,03		279622,89	

Продовження таблиці 4.5

зачищувальники	436698,24	152844,38	174679,3			
контролери	326239,45	114183,81	130495,78			
транспортувальники	154024,86	53908,7	61609,94			
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	130425	45648,75	52170			
ремонтники	130425	45648,75	52170			
електрики	130425	45648,75	52170			
ІТР	227400	79590	90960			
МОП	326400	114240	130560			
Разом	4670738,3	4376414,55	1634758,41	1531745,09	2766116,57	2648387,07

4.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:		
сталь 08X18H10	43200	43050
зварювальний дріт Св-08X19H10Б	3564	3559,05
аргон	502,8	490,23
Поворотні відходи	104	
Паливо та енергія на технологічні цілі	733	731,5
Основна заробітна плата основних робітників	1862,83	1715,67
Додаткова заробітна плата основних робітників	651,99	600,48
Премії та надбавки основних робітників	745,13	686,27
Відрахування на соціальне страхування	45,64	42,03
Відрахування на медичне страхування	81,5	75,06
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	528,22	528,22
Цехові (дільничні) витрати	747,63	747,63
Всього цехова собівартість	52558,74	52122,14

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці,грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
заготівельне	4	3	2620000	2620000	131000	131000
вальцювальне	2	2	100800	100800	5040	5040
штампувальне	2	2	452000	452000	22600	22600
складальне	5	5	1610700	1610700	80535	80535
зварювальне	4	4	168000	168000	8400	8400
слюсарне	3	3	4300	4300	215	215
контрольне	2	2	281000	281000	14050	14050
транспортне	1	1	480000	480000	24000	24000
Інструменти:						
молоток	12	11	290	290	14,5	14,5
рулетка	6	5	250	250	12,5	12,5
щітка	7	6	55	55	2,75	2,75
зачисний диск	7	6	58	58	2,9	2,9
лінійка	6	5	180	180	9	9
маркер	9	8	120	120	6	6
збільшувальне скло	2	2	270	270	13,5	13,5
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума аморти. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будівлі та споруди	11000000	10985000	5	550000	549250	
Устаткування:						
заготівельне	10611000	7991000	8,5	901935	679235	

Продовження таблиці 4.7

вальцювальне	206640	206640	8,5	17564,4	17564,4
штампувальне	926600	926600	8,5	78761	78761
складальне	8134035	8134035	23,5	1911498,23	1911498,23
зварювальне	680400	680400	19,5	132678	132678
слюсарне	13115	13115	8,5	1114,78	1114,78
контрольне	576050	576050	10,5	60485,25	60485,25
транспортне	504000	504000	8,5	42840	42840
Інструменти:					
молоток	3494,5	3204,5	18	629,01	576,81
рулетка	1512,5	1262,5		272,25	227,25
щітка	387,75	332,75		69,8	59,9
зачисний диск	408,9	350,9		73,6	63,16
лінійка	1089	909		196,02	163,62
маркер	1086	966		195,48	173,88
збільшувальне скло	553,5	553,5		99,63	99,63
Разом	32660372,15	30024419,15		3698412,44	3474790,9

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [11,с.27]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{nn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (4.10)$$

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=73938,87$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=72030,18$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=52558,74$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=52122,14$ грн/шт);

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_n=0,15$).

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$E_{\phi} = ((73938,87 + 0,15 \cdot 52558,74) - (72030,18 + 0,15 \cdot 52122,14)) \cdot 2000 = 3948360 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [11,с.28]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{ocz} - \Phi_{ocn}}{E_{yp}}, \quad (4.11)$$

де Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 130793900$ грн);

Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 134079440$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [11,с.28]:

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{mn}), \quad (4.12)$$

$$E_{yp} = 2000 \cdot (73938,87 - 72030,18) = 3817380 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{134079440 - 130793900}{3817380} = 0,86 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниці вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	2000	2000
Кількість технологічного устаткування	шт	23	22
Собівартість товарної продукції	грн	73938,87	72030,18
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	29	28
- основних робітників	чол	23	22
Фондомісткість продукції	грн/шт	52558,74	52122,14
Умовна річна економія	грн	-	3817380
Річний економічний ефект	грн	-	3948360
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,86
Місячний оклад основних робітників:			
- заготівельники	грн	26494,55	21075,21
- вальцювальники	грн	21189,17	21189,17
- штампувальники	грн	21425,25	21425,25
- складальники	грн	23046,66	23046,66
- зварювальники	грн	25385,72	25385,72
- зачищувальники	грн	21144,48	21144,48
- контролери	грн	23694,27	23694,27
- транспортувальники	грн	22373,18	22373,18

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Контроль і нагляд за станом охорони праці на підприємстві

Для забезпечення виконання вимог законодавства з охорони праці в Україні створено систему державного нагляду, відомчого і громадського контролю цих питань [12, с.275].

Державний нагляд за дотриманням законів та інших НПАОП, відповідно до Закону «Про охорону праці» здійснюють:

- спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці (з лютого 2015 – Державна служба України з питань праці, далі «Держпраці»). Свою роботу уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці проводить через територіальні (обласні) управління, галузеві державні інспекції охорони праці, експертно-технічні центри;
- спеціально уповноважений державний орган з питань радіаційної безпеки (Комітет ядерного регулювання Міністерства охорони природного середовища);
- спеціально уповноважений державний орган з питань пожежної безпеки;
- спеціально уповноважений державний орган з питань гігієни праці.

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від будь-яких господарських органів, суб'єктів підприємництва, об'єднань громадян, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій і органів місцевого самоврядування. Діяльність органів державного нагляду за охороною праці регулюється законами України «Про охорону праці», «Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», іншими нормативно-правовими актами та положеннями про ці органи, що затверджуються Президентом України або Кабінетом Міністрів України.

Інспектори наглядових органів мають право [12, с.276]:

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- безперешкодно відвідувати підконтрольні підприємства (об’єкти виробництва) та здійснювати в присутності роботодавця або його представника перевірку дотримання законодавства з охорони праці;
- одержувати пояснення, висновки обстежень, аудитів, звіти про рівень і стан профілактичної роботи, причини порушень законодавства та вжиті заходи щодо їх усунення;
- видавати обов’язкові для виконання приписи (розпорядження) про усунення порушень і прорахунків з охорони праці;
- забороняти, зупиняти, припиняти, обмежувати експлуатацію виробництв, робочих місць, будівель, устаткування, виконання певних робіт, застосування нових небезпечних речовин, реалізацію продукції, а також скасовувати або припиняти дію виданих ними дозволів і ліцензій до усунення порушень, які створюють загрозу життю працівників;
- притягати до адміністративної відповідальності працівників, винних у порушенні законодавства про охорону праці;
- надсилати роботодавцям подання про невідповідність окремих осіб їхній посаді, передавати матеріали органам прокуратури для притягнення цих осіб до відповідальності згідно із законом.

Відомчий контроль покладено на адміністрацію підприємства та на господарські організації вищого рівня. Цей контроль здійснюють відповідні служби охорони праці [12, с.276].

Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці, створенням безпечних і нешкідливих умов праці, належних виробничих і санітарно-побутових умов, забезпеченням працівників спецодягом, спецвзуттям, іншими засобами індивідуального та колективного захисту здійснюють професійні спілки в особі своїх виборних органів і представників (уповноважених осіб). У разі загрози життю або здоров’ю працівників професійні спілки мають право вимагати від роботодавця негайного припинення робіт на період, необхідний для усунення загрози життю або здоров’ю працівників. Професійні спілки також мають право: проводити

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

незалежну експертизу умов праці, а також об'єктів виробничого призначення, що проектуються, будуються чи експлуатуються, на відповідність їх НПАОП; брати участь у розслідуванні причин нещасних випадків та професійних захворювань і надавати свої висновки про них, вносити роботодавцям, державним органам управління і нагляду подання з питань охорони праці та отримувати від них аргументовану відповідь [12, с.277].

У разі відсутності професійної спілки на підприємстві громадський контроль здійснює уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці, яка має право безперешкодно перевіряти на підприємствах виконання вимог з охорони праці і вносити обов'язкові для розгляду роботодавцем пропозиції про усунення виявлених порушень НПАОП. Для виконання цих обов'язків роботодавець за свій рахунок організовує навчання, забезпечує необхідними засобами і звільняє уповноважених з охорони праці від роботи на передбачений колективним договором термін із збереженням за ними середнього заробітку. Не можуть бути проігноровані будь-які законні інтереси працівників у зв'язку з виконанням ними обов'язків уповноважених з охорони праці. Звільнення або притягнення працівників до дисциплінарної чи матеріальної відповідальності здійснюють лише в порядку, визначеному колективним договором [12, с.277].

Якщо уповноважені з охорони праці вважають, що профілактичні заходи вжиті роботодавцем є недостатніми, вони можуть звернутися за допомогою до органу державного нагляду за охороною праці. Вони також мають право брати участь і вносити відповідні пропозиції під час інспекційних перевірок підприємств чи виробництв [12, с.277].

Отже, контроль і нагляд за станом охорони праці на підприємстві має важливе значення, оскільки від цього залежить здоров'я самих працівників, а також збереження навколишнього середовища.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення ємкості СІР

Технологічний процес виготовлення ємкості СІР відбувається із використанням способу автоматичного зварювання під флюсом. Оскільки даний тип зварювання використовує електричну енергію, тому потрібно вжити певних заходів, щодо забезпечення електробезпеки [1, с.464]:

1) необхідно надійно заземляти: корпуси зварювальних апаратів і установок; затискачі вторинного кола зварювальних трансформаторів, призначені для підключення зворотного проводу; зварні вироби й конструкції;

2) не торкатися незахищеними руками (без діелектричних рукавиць) струмонесучих частин зварювальних установок, а також проводів без ізоляції або з пошкодженою ізоляцією;

3) перед початком роботи слід перевірити ізоляцію зварювальних проводів, зварювального інструменту та обладнання, а також надійність усіх контактних з'єднань зварювального кола;

4) при тривалих перервах зварювального процесу відключити джерело зварювального струму;

5) металеві конструкції й трубопроводи (без гарячої води або вибухонебезпечного середовища) рекомендується застосовувати у якості зворотного проводу зварювального кола тільки у випадках, коли їх зварюють; забороняється використовувати в якості зворотного проводу зварювального кола контури заземлення, труби санітарно-технічних пристроїв, металоконструкції закінчених заходів будов і технологічного обладнання;

6) при прокладанні зварювальних проводів і їх переміщення не допускати пошкодження ізоляції та контакту проводів з водою, маслом, сталевими канатами, рукавами (шлангами) і трубопроводами з горючими газами й киснем, а також з гарячими трубопроводами;

7) гнучкі проводи електричного керування зварювальної установки при значній їх протяжності для захисту від пошкоджень розміщують у гумові або

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

брезентові рукави; при необхідності зварювальний провід додатково обмотують брезентовою стрічкою;

8) надійно заземляти металевий корпус осцилятора, конструкція якого повинна забезпечувати автоматичне виключення струму при відкриванні його дверей;

9) не ремонтувати зварювальне обладнання та установки, які знаходяться під напругою;

10) при зварюванні в особливо небезпечних умовах (всередині металевих ємкостей, трубопроводів, у тунелях, на понтонах) необхідно:

- електрозварювальні установки оснащувати пристроями автоматичного відключення напруги холостого ходу або обмеження його до напруги 12 В з витримкою не більше 0,5 с;

- виділяти допоміжного робітника, який повинен знаходитися поза ємкістю для спостереження за безпекою роботи зварника; зварнику видають пояс із шнурком, кінець якого не менше 2 м повинен бути в руках допоміжного працівника;

11) не допускати до дугового зварювання або різання зварників у мокрих рукавицях, взутті та спецодязі [1, с.464].

Заходи пожежної безпеки при виготовленні ємкості СІР пов'язані із безпечним виконанням зварювального процесу відносно вибухонебезпечних та легкозаймистих місць, де знаходяться відповідні продукти та речовини.

Отже, технологія виготовлення ємкості СІР повинна бути чітко розписаною відносно питань охорони праці та пожежної безпеки, які мають безпосередній вплив на безпечність виконання робіт, в тому числі і зварювальних.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз існуючої технології зварювання ємності СІР, виготовленої зі сталі марки AISI 304 (аналог 08Х18Н10), а також обладнання, що застосовується у процесі її виробництва. Виявлено низку недоліків, які обмежують можливості підвищення продуктивності та не забезпечують належного рівня якості готової продукції.

Загалом технологічний процес відзначається значною трудомісткістю.

У зв'язку з розширенням програми випуску продукції та застосуванням високолегованої сталі виникла потреба змінити чинний технологічний процес виготовлення конструкції. Це вимагає заміни зварювальної оснастки та використання більш продуктивного обладнання.

Таким чином, удосконалення технологічного процесу передбачає заміну напіваавтоматичного зварювання під флюсом на напіваавтоматичне зварювання в аргоні та модернізацію застарілого обладнання на сучасне.

Запропоновані вдосконалення дозволяють підвищити рівень механізації та автоматизації процесу виготовлення ємності СІР. Це сприятиме зростанню продуктивності, зменшенню трудомісткості та, загалом, позитивно позначиться на собівартості й якості виробу.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 08X18H10. Довідник сталей і сплавів: веб-сайт. URL: splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=327 (дата звернення: 20.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 23.05.2026).
5. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 23.05.2026).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Fronius TPS 270i C. Operating Instructions: веб-сайт. URL: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/zvaryuvalni-tekhnolohiyi/produkty/%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/migmag/tpsi/tpsi-compact/tps-270i-c-pulse> (дата звернення: 23.05.2026).
8. MHP 250i G ML. Зварювальний пальник MHP із системою Multilock: веб-сайт. URL: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/zvaryuvalni->

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

tekhnohohiyi/informatsiya-pro-produkt/mig-mag-torches/gas-cooled-mig-mag-welding-torches#anc_pullmig (дата звернення: 23.05.2026).

9. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

10. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ: Арістей, 2006. 272 с.

11. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

12. Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В., Полукаров Ю.О., Землянська О.В.; за ред. О.Г. Левченка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.22.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		