

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
обичайки коксової камери

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

Юрій СІНЬКЕВИЧ

Керівник

Микола ПІДГУРСЬКИЙ

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

СІНЬКЕВИЧУ Юрію Сергійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
обичайки коксової камери

Керівник роботи ПІДГУРСЬКИЙ Микола Іванович
(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 Розроблення заходів, які зменшують небезпеку виникнення вибухів і пожеж на ділянках підприємства

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення обичайки коксової камери

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення обичайки коксової камери – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення обичайки коксової камери – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення роликового обертача – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення складально-зварювального стану – 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)

Юрій СІНЬКЕВИЧ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Микола ПІДГУРСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення обичайки коксової камери 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 coke chamber shell 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	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	12
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	12
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	22
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	31
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	37
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	38
2.6.1 Заготівельні операції	39
2.6.2 Складальні операції	39
2.6.3 Складально-зварювальні операції	40

					<i>КР.422.24.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сінкевич Ю.			Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення обичайки коксової камери Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Підгурський					4	80
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	41
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	41
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	42
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	42
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	46
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	46
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	47
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	53
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	53
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	57
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	59
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	61
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	65
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	66
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	68
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	71
5.1	Розроблення заходів, які зменшують небезпеку виникнення						
	вибухів і пожеж на ділянках підприємства	.	.	.	.	.	71
5.2	Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки щодо						
	вдосконалення технологічного процесу виготовлення обичайки						
	коксової камери	.	.	.	.	.	74
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	77
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	78
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	80

ВСТУП

Розвиток сучасного машинобудування та суднобудування значною мірою визначається станом і перспективами зварювального виробництва. Підвищення продуктивності праці під час виконання зварювальних робіт забезпечується завдяки механізації та автоматизації процесів, впровадженню нової техніки й передових технологій, а також раціональному плануванню та науковій організації праці.

Якість і надійність готових конструкцій, а також ефективність виробництва в цілому безпосередньо залежать від рівня прогресивності застосованих зварювальних процесів та від якості їх виконання.

Досягнення високої якості зварних конструкцій потребує творчого підходу всіх спеціалістів, залучених до їх створення – від етапу проектування до контролю якості та здачі готової продукції. Необхідні характеристики зварних з'єднань забезпечуються завдяки застосуванню різноманітних технічних рішень.

Подальше підвищення продуктивності праці може бути забезпечене шляхом комплексної механізації не лише процесів зварювання, а й інших виробничих операцій – складальних та транспортних. Це досягається завдяки впровадженню прогресивних методів зварювання, використанню робототехнічних комплексів, маніпуляторів, кантувачів та іншого сучасного допоміжного обладнання.

Для підвищення якості продукції та продуктивності праці у зварювальне виробництво слід широко впроваджувати останні досягнення науки й техніки [1, с. 3].

Розроблені й серійно випускаються нові конструкції джерел живлення дуги, обладнання для механізованих способів зварювання, складально-зварювальні пристосування [1, с. 3].

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виріб являє собою обичайку коксової камери з габаритними розмірами 18900×5500 мм. Загальний вигляд конструкції наведено на рисунку 1.1.

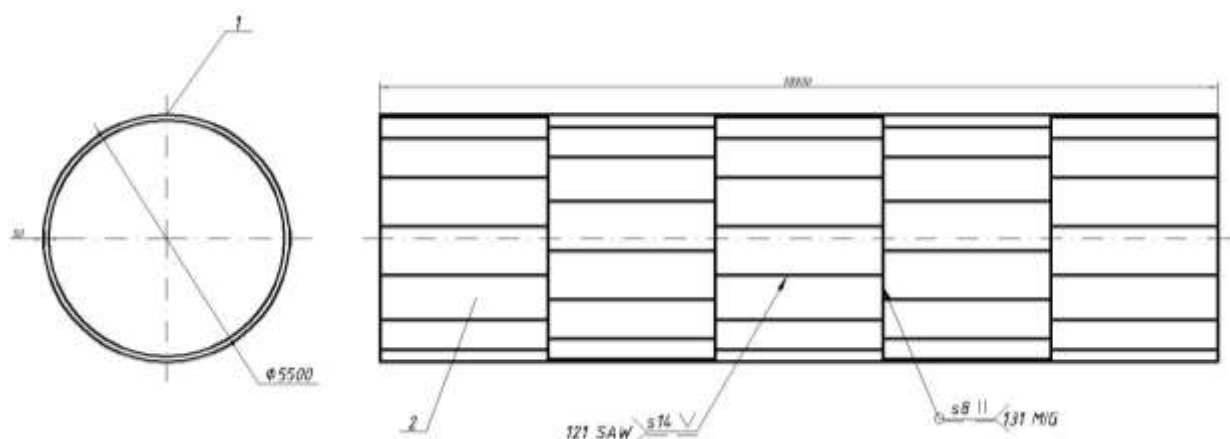


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд обичайки коксової камери

1 – обичайка; 2 – секція

Обичайка є частиною коксової камери, призначеної для отримання нафтового коксу з важких залишків первинної та вторинної переробки (гудронів, мазутів, крекінг-залишків тощо) у складі установок сповільненого коксування.

Обичайки коксових камер виготовляють із біметалевих листів, отриманих методом вибухового зварювання.

Зварювання вибухом належить до різновидів зварювання тиском і полягає у створенні з'єднання між металевими тілами, які взаємно ударяються під дією продуктів детонації вибухової речовини.

Переваги зварювання вибухом, що роблять його конкурентоспроможним способом з'єднання різнорідних металів, полягають у наступному:

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) це високопродуктивний та економічний процес, який забезпечує отримання з'єднань різних металів і сплавів із міцністю, що відповідає міцності основних матеріалів (наприклад, сталь + титан, сталь + алюміній, алюміній + мідь);

2) метод може застосовуватися на великих площах, обмежених лише розмірами використовуваних листів;

3) товщина наплавленого шару варіюється у широкому діапазоні – від 0,05 до 30 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Для виготовлення обичайки коксової камери застосовують автоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу, а також зварювання трактором під шаром флюсу.

Режими зварювання для кожного типу процесу встановлюються залежно від товщини деталей, марки сталі та застосовуваних матеріалів і повинні гарантувати високу якість зварних з'єднань. Після виконання робіт шви необхідно очищати від шлаку. Лицеві та декоративні поверхні, що підлягають фарбуванню, мають бути очищені від бризок металу, причому такі поверхні слід зазначати у конструкторській документації. Допускається залишати бризки на робочих органах виробу, які під час експлуатації контактують із ґрунтом.

Виріб, що підлягає зварюванню, має виготовлятися відповідно до креслень, державних і галузевих стандартів та чинних нормативно-технічних документів.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Матеріалом для виготовлення обичайки коксової камери є біметали – металеві вироби (лист, пластина, стрічка, дріт тощо), що складаються з двох

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шарів різнорідних металів або сплавів, міцно з'єднаних між собою. Основу становить кремній-марганцева низьколегована конструкційна сталь 16ГС, яка відзначається підвищеною міцністю та надійністю. Такі сталі характеризуються доброю пластичністю, високою ударною в'язкістю за оптимальних температур і відмінною зварюваністю.

Захисний шар біметалу утворює сталь 08Х13, яка поєднує жаростійкі та корозійностійкі властивості. Оскільки цей матеріал належить до феритного класу, його головною характеристикою є висока стійкість до корозії. Листи нержавіючої сталі 08Х13 відзначаються обмеженою зварюваністю, не схильні до міжкристалічної корозії та зберігають окислостійкість при температурах до 800 °С.

Хімічний склад сталей, які використовують в біметалі приведений в таблиці 1.1 та 1.2, а механічні властивості – в таблиці 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 16ГС у % [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,12–0,18	0,4–0,7	0,9–1,2	0,3	0,04	0,035	0,3	0,008	0,3	0,08

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 08Х13 у % [2]

C	Cr	Mn	P	S	Si	Ni
0,08	12,0-14,0	0,80	0,030	0,025	0,80	0,6

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 16ГС [2]

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	KCU
-	МПа	МПа	%	кДж м ²
Лист	450-490	275-325	21	590

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 08Х13 [2]

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	Термооброблення
—	МПа	МПа	%	—
Лист	420	295	23	Гартування 960 – 1020°C, вода; відпуск 680 – 780°C, повітря

Біметал використовують для підвищення міцності та жаростійкості конструкцій, зменшення їх маси з метою економії дорогих і дефіцитних металів, а також як матеріал зі спеціальними властивостями.

Зварюваність металу оцінюють на основі розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю C_e [4, 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 – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Отже:

$$C_{екв} = 0,18 + \frac{1,2}{6} + \frac{0,7}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,52 \quad \%$$

Еквівалентний вміст вуглецю перевищує 0,45 %, тому зварюваність цієї сталі оцінюється як задовільна. Для забезпечення якісного виконання процесу необхідно здійснювати підігрівання основного металу, що дозволяє знизити швидкість його охолодження та запобігти утворенню тріщин після зварювання.

Для сталі 08X13 фазовий склад визначають за еквівалентним вмістом хрому та нікелю, використовуючи діаграму Шеффлера [5, с. 319]:

$$Cr_{екв} = Cr + Mo + 2 \cdot Ti + 2 \cdot Al + Nb + W + 0,5 \cdot Ta + 1,5 \cdot Si; \quad (1.2)$$

$$Ni_{екв} = Ni + 30 \cdot C + 30 \cdot N + Co + 0,5 \cdot Mn; \quad (1.3)$$

$$Cr_{екв} = 14 + 1,5 \cdot 0,8 = 15,2\%.$$

$$Ni_{екв} = 0,6 + 30 \cdot 0,08 + 0,5 \cdot 0,8 = 3,4\%.$$

Підставляємо отримані значення в діаграму Шеффлера, щоб визначити який фазовий склад має сталь 08X13.

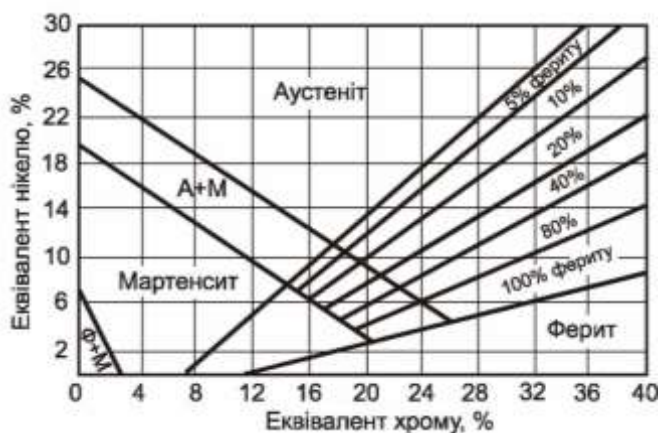


Рисунок 1.2 – Структурна діаграма Шеффлера для корозійностійких сталей (нормалізований стан)

Сталь 08X13 належить до мартенсито-феритної групи, яка характеризується схильністю до підгартування в зоні зварного з'єднання, що може призвести до утворення холодних тріщин. Для їх запобігання застосовують попередній підігрів і подальший відпуск: для сталей із вмістом вуглецю $\approx 0,10\%$: підігрів до $150\text{--}250\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відпуск при $680\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$; для сталей із вмістом вуглецю понад $0,10\%$: підігрів до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відпуск при $700\text{--}720\text{ }^{\circ}\text{C}$.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

При цьому час від моменту термообробки: для першої групи сталей ($C \approx 0,10\%$) не обмежується; для другої групи ($C > 0,10\%$) не повинен перевищувати дві години.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Усі матеріали повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-постачальника або паспортами. За їх відсутності матеріали не допускаються до виробництва без попередніх випробувань, що проводяться для підтвердження відповідності вимогам стандартів.

Додаткові вимоги до матеріалу, не передбачені стандартами чи технічними умовами, необхідно обов'язково зазначати у технічній документації.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Під час виготовлення відповідальних зварювальних конструкцій необхідно дотримуватися таких вимог: точність виготовлення визначається ступенем відповідності розмірів, форми, розташування та шорсткості поверхонь виробу параметрам, зазначеним у кресленні. Основна вимога полягає у забезпеченні відповідності розмірів деталей кресленню в межах установлених допусків.

Допуски на розміри деталей повинні гарантувати:

- а) можливість складання без додаткової підгонки;
- б) дотримання необхідних зазорів у стиках елементів;
- в) відповідність складальних розмірів та технічних вимог до зварного шва чи конструкції з урахуванням деформацій, що виникають під час зварювання та визначаються розрахунковим методом.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварне з'єднання – це ділянка конструкції, де окремі елементи поєднані шляхом зварювання. Від його якості залежить працездатність виробу та конструкції загалом, а також безпечність їх експлуатації протягом усього терміну служби для людей і навколишнього середовища.

Усі зварні з'єднання при виготовленні обичайки коксової камери виконуються стиковими та працюють під дією статичного навантаження від внутрішнього тиску. Стикові з'єднання нижньої частини камери зазнають підвищених навантажень, оскільки додатково сприймають масу виробу та дію гідростатичних сил. Загалом такі з'єднання слід відносити до особливо відповідальних. За своєю конфігурацією шви є кільцевими з великим радіусом кривизни. Доступ до них необмежений, проте зварювання рекомендується виконувати із зовнішнього боку, що забезпечує зручність роботи зварника та покращує умови вентиляції.

Основні типи та конструктивні елементи швів у зварних з'єднаннях, що виконуються автоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу або тракторним зварюванням під флюсом, повинні відповідати вимогам стандартів. Елементи нестандартних швів визначаються розробниками конструкторської документації та зазначаються на кресленнях.

Зварні з'єднання повинні відповідати нормам, встановленим стандартами, і не містити недопустимих дефектів. Основні вимоги:

- точне дотримання форми та розмірів згідно з кресленнями;
- міцність металу шва на рівні основного металу;
- раціональне розташування з'єднань;
- відсутність тріщин, пор, свищів і раковин;
- забезпечення надійності та довговічності під час експлуатації.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.4 Вимоги до складання

Складання – це процес послідовного з'єднання деталей у порядку, визначеному технологічними картами. Воно повинно забезпечувати точне розташування зварюваних елементів відповідно до креслень та створювати оптимальні умови для виконання зварювання.

Під час складання виробу необхідно дотримуватися таких вимог:

- уникати перекосів і деформацій елементів у процесі зварювання;
- не допускати грубого складання з утворенням надмірних зазорів;
- запобігати потраплянню забруднень у зону складання та зварювання;
- забезпечувати точне встановлення деталей відповідно до креслення.

Складання здійснюють із використанням знімних болтів, фіксаторів та спеціальних пристосувань.

На зварювальних поверхнях та в зазорах між деталями, підготовленими до зварювання, не повинно бути мастил, бруду, вологи чи слідів корозії.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість продукції – це здатність її властивостей задовольняти визначені експлуатаційні вимоги [3, с. 158].

При контролі якості зварних з'єднань і оцінюванні придатності до експлуатації необхідно знати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на міцнісні характеристики виробу. Це залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів [3, с. 158].

Технологічний процес має забезпечити необхідну якість зварних з'єднань, тобто отримання ядра відповідних розмірів, без недопустимих дефектів, а також стійкість процесу, тобто малу чутливість до самовільного відхилення параметрів режиму зварювання [3, с. 158].

Показниками якості зварних з'єднань є такі характеристики: міцність, відсутність дефектів, наявність підсилення шва, показники надійності, рівень

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

працездатності, структура металу та інші властивості, що визначають довговічність та безпечність конструкції.

Якість зварного з'єднання визначає працездатність виробу та конструкції загалом, а також їхню безпечність під час експлуатації для людей і навколишнього середовища.

Управління якістю – це забезпечення необхідного рівня якості продукції шляхом використання зворотних зв'язків від контролю до технології та здійснення активного впливу на всіх етапах виробничого процесу.

Висока якість зварного з'єднання насамперед визначається рівнем застосованої технології та дотриманням технологічної дисципліни. Виявлені дефекти є сигналом не лише для відбракування продукції, а й для оперативного коригування технологічного процесу.

Під час виготовлення обичайки дефекти зварних з'єднань не повинні перевищувати допустимі норми, визначені стандартами. Усунення дефектів дозволяється виконувати не більше двох разів у тому самому місці. Основні типи та конструктивні елементи шва мають відповідати вимогам стандарту.

Під час проектування зварних конструкцій необхідно проводити дослідження їх технологічності, яке виконують розробники конструкторської документації спільно з технологічною службою.

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

Існуючий технологічний процес виготовлення обичайки коксової камери має такі недоліки:

– зварювання листів раніше виконувалося напівавтоматичним способом у середовищі захисних газів. Згодом його замінили на більш продуктивне автоматичне зварювання під флюсом, що дозволило якісніше виконувати поздовжні шви та мінімізувати участь працівника, підвищивши надійність з'єднань;

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

– при зварюванні сталі 16ГС у CO₂ спостерігалися значні втрати електродного металу через розбризкування. Бризки на поверхні виробів знижували якість шва (нерівності, груба лускуватість) і негативно впливали на механічні властивості, особливо на ударну в'язкість при низьких температурах. Усунути ці недоліки можна застосуванням суміші захисних газів Ar (80%) і CO₂ (20%), що полегшує процес, покращує захист зварювальної ванни, зменшує розбризкування та забезпечує чистоту поверхні шва.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність вибору способу зварювання при виготовленні обичайки коксової камери визначається аналізом таких факторів: марка та товщина матеріалу (50 мм); якість виконання зварного з'єднання; технічні й економічні вимоги; конструктивні умови (зварювання у нижньому положенні); необхідна продуктивність; можливості механізації та автоматизації процесу; безпечність і екологічність роботи; вартість обладнання та матеріалів.

Найпоширеніші дугові способи зварювання плавким електродом відзначаються універсальністю та простотою. До них належать: зварювання покритим електродом, напівавтоматичне й автоматичне зварювання дротом суцільного перерізу в середовищі CO_2 та його сумішах, зварювання під флюсом і зварювання порошковим дротом. Найчастіше застосовують дугове зварювання суцільним дротом під флюсом та в захисних газах.

Автоматичні способи зварювання плавким електродом більш продуктивніші, ніж зварювання покритим електродом і напівавтоматичні способи зварювання суцільним дротом. Висока продуктивність автоматичних дугових способів досягається можливістю їх виконання на більш підвищених режимах зварювання, в першу чергу це стосується зварювального струму. При їх використанні зварні з'єднання мають високу якість. Забезпечення стабільності якості з'єднань при автоматичному зварюванні досягається за рахунок автоматичного виконання плавлення та формування зварного з'єднання [3, с. 70].

При виготовленні обичайок перевагу надають автоматичному зварюванню під флюсом та в середовищі захисних газів. Це зумовлено виконанням робіт у нижньому положенні та значною довжиною зварних швів.

Зварювання виконують у суміші захисних газів – аргону (80%) та CO_2 (20%), а для висококолегованої сталі застосовують чистий аргон. Це

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує якісне формування шва, підвищує продуктивність і зменшує розбризкування металу. Автоматичне зварювання дозволяє виконувати безперервні шви довжиною до 16,5 м, що неможливо при напівавтоматичному способі. Така технологія зменшує кількість зупинок, усуває потребу додаткового зварювання кратерів, скорочує витрати дроту та підвищує ефективність процесу. Зварювання під флюсом здійснюється з високою концентрацією енергії дуги, що забезпечує глибоке проплавлення деталей. Завдяки підвищеним швидкостям формується відносно невелика зона структурних змін і зменшуються деформації конструкцій.

Для зварювання обичайки камери коксування застосовують електродугове автоматичне зварювання плавким електродом у суміші газів Ar (80%) + CO₂ (20%), а також автоматичне зварювання під флюсом. При діаметрі обичайки 5500 мм ці способи є найбільш раціональними та мають переваги над іншими методами. Основні переваги автоматичного зварювання в захисних газах:

- а) зменшене розбризкування електродного металу порівняно з напівавтоматичним зварюванням у CO₂;
- б) висока концентрація тепла дуги, що забезпечує мінімальну зону структурних змін і невеликі деформації конструкції;
- в) підвищена продуктивність завдяки автоматизованій подачі дроту та швидкому переміщенню апарата;
- г) ефективний захист металу зварювальної ванни.

До основних переваг автоматичного зварювання під флюсом належать:

- значне підвищення продуктивності (у 6–12 разів) завдяки використанню високих струмів і глибокому проплавленню;

- відсутність розбризкування металу;
- надійний захист зони зварювання;
- низька чутливість до утворення оксидів;

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- відсутність потреби у захисних пристроях від світлового випромінювання, оскільки дуга горить під шаром флюсу;
- повільне охолодження металу, що забезпечує високі механічні властивості шва.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення обичайки коксової камери застосовують такі зварювальні матеріали: дріт, флюс та захисні гази. Використання біметалу потребує двох типів дроту – Св-08Г2С і Св-06Х19Н9Т. Відповідно до марки дроту підбирають флюс: для Св-08Г2С – АН-348А, для Св-06Х19Н9Т – АН-26.

Для зварювання застосовується флюс марки АН-348А, призначений для маловуглецевих та низьколегованих сталей. Він забезпечує надійний захист розплавленого металу та формування шва з підвищеною міцністю і високою ударною в'язкістю при низьких температурах. Хімічний склад флюсу наведено в таблиці 2.1.

Флюс АН-26 застосовується для механізованого дугового зварювання корозійностійких і жароміцних хромонікелевих сталей. Його основні зварювально-технологічні властивості: стабільне горіння дуги; розривна довжина дуги до 10 мм; якісне формування шва з плавним переходом до основного металу; низька схильність до утворення пор і тріщин; легке відділення шлакової кірки.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад флюсу АН-348А, [5, с. 117]

Хімічні елементи	SiO ₂	MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	K ₂ O і Na ₂ O	P	S
Вміст, %	41-44	5-7,5	4-5,5	4,5	2,0	34-38	6,5	-	0,12	0,15

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу АН-26, [5, с. 117]

Хімічні елементи	SiO ₂	MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	C	P	S
Вміст, %	29-33	15-18	20-24	19-23	1,5	2,5-4,0	4-8	0,05	0,1	0,1

Зварювальний дріт Св-08Г2С застосовується для зварювання вуглецевих сталей на напівавтоматах і автоматах. Він забезпечує міцне та якісне з'єднання, формує рівний і чистий шов. Використовується для заповнення зазору між кромками металу та формування валика на зварному шві.

Зварювальний дріт Св-08Г2С є вуглецевим, легованим 2% марганцю та 1% кремнію. Марганець підвищує міцність шва, а оптимальне співвідношення марганцю й кремнію (1,95 / 0,83) забезпечує надійність з'єднання. Вміст шкідливих домішок (сірки та фосфору) не перевищує 0,03%. Завдяки цим властивостям дріт формує міцний і якісний шов, що підтверджено багаторічним використанням у суднобудуванні та машинобудуванні.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С наведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [5, с.87]

Марка дроту	Вміст, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,5-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,20	0,25	0,025	0,030

Стан поверхні електродного дроту визначає його корозійну стійкість, рівень газів і домішок у зварних швах, впливає на зусилля прошовування та надійність струмопідводу.

Удосконалення електродного дроту спрямоване, зокрема, на покращення стану його поверхні. Для цього застосовують очищення, обміднення, електролітно-плазмову обробку та інші технології виробництв.

При використанні обмідненого дроту втрати металу на розбризування зменшуються на 20–40% порівняно з дротом із технологічним мастилом або ржавчиною.

Слід зазначити, що обміднений дріт має певні недоліки, проте залишається основним матеріалом для механізованого дугового зварювання як у захисних газах, так і під флюсом.

Для зварювання внутрішнього шару обичайки коксової камери зі сталі 08X13 застосовують зварювальний дріт марки Св-06Х19Н9Т.

Зварювальний дріт Св-06Х19Н9Т – корозійностійкий хромонікелевий матеріал. Використовується для автоматичного зварювання мартенситно-феритних нержавіючих сталей під шаром флюсу, а також для високоміцних, жаростійких і хромистих нержавіючих сталей. Може застосовуватися для наплавлення вуглецевих низьколегованих сталей. Дріт придатний для деталей внутрішніх пристроїв, що працюють при температурі 570–650 °С та високому тиску, а також для зварювання сталей відповідних марок.

Хімічний склад зварювального дроту Св-06Х19Н9Т представлений в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Хімічний склад зварювального дроту Св-06Х19Н9Т [5, с.87]

Марка дроту	Вміст, %							
	C,	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Ti
						не більше		
СВ- 06Х19Н9Т	0,08	1,0- 2,0	0,4- 1,0	18,0- 20,0	8,0- 10,0	0,015	0,030	0,5- 1,0

Для зварювання застосовується суміш захисних газів – аргон (80%) та CO₂ (20%). При автоматичному електродуговому зварюванні основним матеріалом є зварювальний дріт, а допоміжним – захисний газ.

Відповідно до ТУ 2114-001-76237928-2013, зварювання обичайки виконується газоподібним аргоном високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

При зварюванні обичайки коксової камери як захисний газ застосовується вуглекислий газ вищого сорту з максимально допустимим вмістом домішок не більше 0,1%.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Режими зварювання – це сукупність параметрів процесу, що забезпечують отримання з'єднань потрібних розмірів, форми та якості. До основних характеристик автоматичного зварювання в захисних газах і під флюсом належать: діаметр електродного дроту, сила струму, напруга дуги, швидкість подачі дроту та переміщення апарата, виліт електрода, витрати газу або флюсу, нахил електрода відносно осі шва, рід струму та полярність.

При визначенні параметрів режиму зварювання багатопрохідних швів слід забезпечити:

- а) достатнє проплавлення притуплення;
- б) повне заповнення розроблених кромek із формуванням валика потрібної конфігурації.

Необхідна глибина проплавлення притуплення повинна досягатися вже під час виконання першого шару (першого проходу).

При зварюванні на високих струмах форма провару може бути несприятливою для кристалізації металу, що спричиняє утворення гарячих тріщин. Тому густину струму в електродному дроті слід обирати ближче до нижньої межі допустимого діапазону для відповідного діаметра дроту.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому випадку зварювання обичайки виконують стиковими з'єднаннями типів С5 та С17 при товщині 50 мм (рис. 2.1). Леговану сталь зварюють в один прохід, а вуглецеву низьколеговану – у три проходи.

При розрахунку параметрів режиму зварювання для стикового з'єднання типу С5 основним геометричним показником, що визначає його надійність, є глибина проплавлення. Для даного випадку вона становить 8 мм.

Діаметр електродного дроту визначають залежно від товщини металу, що зварюється. Орієнтовні значення наведені в таблиці 2.5, а надалі вони уточнюються відповідно до величини зварювального струму. Марку дроту обирають згідно з маркою основного металу.

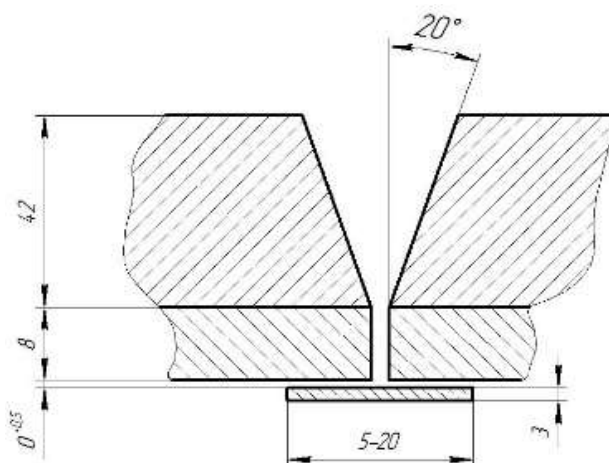


Рисунок 2.1 – Схематичне вигляд розроблення кромки, та геометричні розміри зварного з'єднання

Таблиця 2.5 - Залежність діаметру електродного дроту ($d_{ел}$) від товщини зварюваного металу (S) [6, с. 4]

Товщина металу (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-42,0
Діаметр дроту ($d_{ел}$), мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

В нашому випадку вибираємо дріт діаметром 2 мм.

Величина зварювального струму визначається за формулою [6, с. 4]:

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

де h – розрахункова глибина проплавлення, мм; K_a - коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, (мм/А), його величина вибирається з таблиці 2.6.

$$I_{зв} = \frac{8}{1,55} \cdot 100 = 569 A.$$

Таблиця 2.6 – Залежність коефіцієнта (K_a) від діаметру електродного дроту ($d_{ел}$) [6, с.4]

$d_{ел}, мм$	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
$K_a,$ $мм/100A$	2,10	2,0	1,75	1,55	1,45	1,35	1,20

При зварюванні високолегованих сталей, враховуючи їх теплопровідність, отримане значення струму потрібно зменшити на 10-30%. Враховуючи цей фактор, зменшуємо зварювальний струм на 10% і він буде рівний 512А. Приймаємо $I_{зв}=510A$.

По розрахунковому значенню зварювального струму уточнюємо діаметр електродного дроту, використовуючи дані таблиць 2.7 і 2.8 за формулою [6, с. 5]:

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

де j - рекомендована густина струму, А/мм², вибрана з таблиці 2.7.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 - Залежність густини струму (j) від діаметру електроду ($d_{ел}$) при зварюванні стикових швів без розроблення кромки [6, с. 5]

Діаметр дроту ($d_{ел}$), мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
Густина струму (j), А/мм ²	100-300	90-250	80-230	65-200	45-90	35-60	30-50

При зварюванні з розробленням кромки допустима густина струму зростає.

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{510}{160}} = 2 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.8 - Залежність величини зварювального струму і напруги на дузі від діаметру електродного дроту [6, с. 5]

Діаметр дроту, мм	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3
Зварювальний струм, А	30-100	50-150	60-180	90-400	100-500	120-550	200-600	250-700	300-800
Напруга на дузі, В	18-20	18-22	18-24	18-42	18-45	19-46	23-40	24-42	25-46

Величина вильоту електроду впливає на стабільність процесу зварювання і формування розмірів шва. Із збільшенням вильоту електрода збільшується коефіцієнт розплавлення за рахунок підігрівання електродного дроту зварювальним струмом. Надмірне збільшення вильоту електроду приводить до погіршення формування шва і до підвищення розбризкування електродного металу. При малому вильоті збільшується розбризкування електродного металу на струмопідвідний мундштук і сопло, а також

ускладнюється спостереження за процесом. Тому для різних діаметрів маловуглецевих і низьколегованих електродних дротів оптимальними є встановлені дослідним шляхом наступні значення величини вильоту електроду (таблиця 2.9) [6, с. 5].

Таблиця 2.9 - Залежність величини вильоту електроду від діаметра дроту

Діаметр (d_{el}), мм	0,5-0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-3,0
Виліт (l_{el}), мм	6-12	8-15	15-25	18-30

Для електродного дроту виготовленого із високолегованих сталей виліт електроду зменшується в 1,5 рази, так як, їх омичний опір значно більший.

Напруга на дузі визначається в залежності від величини зварювального струму і діаметра електродного дроту з врахуванням даних таблиці 2.8. В нашому випадку для діаметра дроту 2 мм і сили струму 510 А напруга буде 32 В.

Швидкість подачі електродного дроту залежить від величини зварювального струму, діаметра електродного дроту і визначається із графіка рисунок 2.2 [6, с. 35]. З графіка вибираємо 280 м/год.

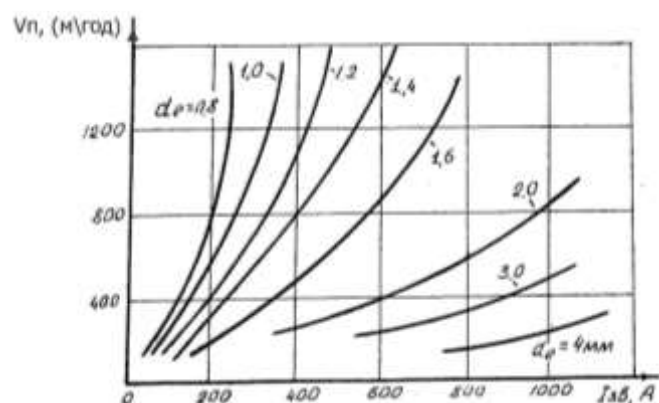


Рисунок 2.2 – Залежність швидкості подачі (V_n) дроту від діаметру дроту (d_{el}) і зварювального струму ($I_{зв}$)

Якщо на кресленнях задані геометричні розміри шва і зазор між зварюваними виробами, то швидкість зварювання розраховується за формулою [6, с. 7]:

$$V_{зв} = \frac{F_{н.ел.} \cdot V_{н.ел.}}{F_n}, м / год, \quad (2.3)$$

де $V_{н.ел.}$ - швидкість подачі електродного дроту, $м/год$; $F_{н.ел.}$ - площа поперечного перерізу електродного дроту, $мм^2$; F_n - площа поперечного перерізу наплавленого металу, $мм^2$;

Площа поперечного перерізу наплавленого металу розраховується за формулою [6, с. 7]:

$$F_n = F_г + F_з, мм^2, \quad (2.4)$$

де $F_г$ - площа поперечного перерізу валика шва, розраховується за формулою [6, с. 7]:

$$F_г = \mu_г \cdot v \cdot a, мм^2, \quad (2.5)$$

$$F_г = 0,73 \cdot 12 \cdot 2 = 17,52 мм^2,$$

а $F_з$ – площа поперечного перерізу зазору розраховується за формулою [6, с. 7]:

$$F_з = S \cdot e, мм^2, \quad (2.6)$$

де S – товщина зварюваного металу, $мм$; e – величина зазору, $мм$.

$$F_з = 8 \cdot 2 = 16 мм^2.$$

$$F_n = 16 + 17,52 = 33,52 мм^2,$$

$$V_{зв} = \frac{12,48 \cdot 28}{33,52} = 10,42 м / год.$$

Витрати захисного газу залежать від діаметру електродного дроту (зварювального струму) і швидкості зварювання. Орієнтовні дані по вибору витрат захисного газу наведені в таблиці 2.10.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 – Витрати захисного газу в залежності від діаметру електродного дроту і відстані сопла пальника до поверхні виробу [6, с. 8]

Діаметр дроту, мм	0,5-0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-30
Витрата газу, л/хв	5-8	8-16	15-20	20-30
Відстань від сопла до виробу, мм	7-10	8-14	12-18	16-22

Відстань від сопла пальника до поверхні виробу повинна бути в межах 8...15 мм.

Проводимо розрахунок параметрів режиму зварювання для швів типу С17 товщиною 42мм:

Діаметр електродного дроту вибирається в залежності від товщини зварюваного металу із таблиці 2.5. Марка дроту вибирається в залежності від марки зварюваного металу. В нашому випадку вибираємо дріт діаметром 4 мм.

Величина зварювального струму визначається за формулою [5, с.182]:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot j}{4}, A, \quad (2.7)$$

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 4^2 \cdot 50}{4} = 628 A.$$

де d – діаметр електроду, мм; j – густина струму, А/мм².

Приймаємо силу струму 630А.

По розрахунковому значенню зварювального струму уточнюємо діаметр електродного дроту, використовуючи дані таблиць 2.7 і 2.8 за формулою (2.2):

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{630}{50}} = 4 \text{ мм.}$$

Отже, діаметр зварювального дроту підібрано правильно.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга на дузі визначається в залежності від величини зварювального струму і діаметра електродного дроту з формули [5, с. 194]:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d^{0,5}} \cdot I_{зв} \pm 1; \quad (2.8)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{4^{0,5}} \cdot 630 \pm 1 = 36 В.$$

В нашому випадку для діаметра дроту 4 мм сили струму 630 А, а напруга буде 36 В.

Знаючи коефіцієнт форми провару, який рівний $\psi_{np} = 2,9$ визначаємо ширину шва за формулою [7, с. 247]:

$$e = \psi_{np} \cdot h = 2,9 \cdot 14 = 40,6 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

Знаючи що коефіцієнт форми валика $\psi_{\epsilon} = \frac{e}{q} = (5 \div 8)$, визначаємо випуклість q за формулою [7, с. 247]:

$$q = \frac{e}{\psi_{\epsilon}} = \frac{40,6}{8} = 5 \text{ мм.} \quad (2.10)$$

приймаємо $\psi_{\epsilon} = 8$, тоді:

Площу поперечного перерізу наплавленого металу визначається із формули [7, с. 247]:

$$F_H = 0,75 \cdot e \cdot q = 0,75 \cdot 40,6 \cdot 5 = 152,25 \text{ мм}^2 = 1,52 \text{ см}^2. \quad (2.11)$$

При зварюванні постійним струмом зворотної полярності коефіцієнт наплавлення $\alpha_n = 11,6 \pm 0,4 \frac{\%}{(A \cdot год)}$.

Дійсний $\alpha_{н.д.}$ визначаємо з формули [7, с. 247]:

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{н.д.} = \alpha_n + \Delta\alpha_n = 12 \cdot +0,5 = 12,5 \text{ }^{\circ}/(A \cdot год). \quad (2.12)$$

Швидкість зварювання визначається із формули [7, с. 247]:

$$v_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100} = \frac{12,5 \cdot 630}{1,5225 \cdot 7,8 \cdot 100} = 6,63 \text{ м}/год. \quad (2.13)$$

Швидкість подачі дроту визначається з формули [7, с. 247]:

$$v_{н.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 12,5 \cdot 630}{3,14 \cdot 4^2 \cdot 7,8} = 80,4 \text{ м}/год. \quad (2.14)$$

Витрати захисного газу залежать від діаметру електродного дроту, зварювального струму і швидкості зварювання. Орієнтовні дані по вибору витрат захисного газу наведені в таблиці 2.10.

Розрахункові параметри режиму автоматичного дугового зварювання в суміші газів Ar+CO₂ представлені в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Параметри режиму зварювання

Параметри	Тип з'єднання	
	C5	C17
Сила зварювального струму, А	510	630
Напруга на дузі, В	32	36
Швидкість зварювання, м/год	10,42	6,63
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	280	80,4
Діаметр електродного дроту, мм	2	4
Витрати захисного газу, л/хв	18	-

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для зварювання обичайки коксової камери застосовують два типи установок: автомат А-1418 підвісного типу для виконання кільцевих швів у захисних газах, укомплектований випрямлячем ВДГ-1001. Автомат АДФ-1004-УЗ тракторного типу для поздовжніх швів під шаром флюсу, оснащений випрямлячем ВДУ-1250 (рис. 2.3, 2.4).

Зварювальний самохідний автомат А-1418 підвісного типу призначений для дугового зварювання в середовищі захисного газу виробів із різною формою та розмірами швів (криволінійні, зі змінним перерізом, кільцеві, таврові, кутові, стикові тощо). Пересування здійснюється по направляючій рейці за допомогою самохідного візка.

Апарат розрахований на тривалу роботу й може використовуватися як окремо, так і в складі автоматизованої зварювальної лінії. Основна його перевага – універсальність у виконанні різних типів швів. Автомат має широкий діапазон регулювання режимів (табл. 2.12) та забезпечує швидке переналаштування при зміні технології зварювання.

До складу автомата А-1418 для дугового зварювання в середовищі захисних газів входять: супорт, механізм подачі та вертикального переміщення, самохідний візок, газова апаратура, касета з електродним дротом і пульт керування. Живлення апарата забезпечує випрямляч ВДГ-1001, характеристики якого наведені в таблиці 2.13.

Автомат тракторного типу АДФ-1004-УЗ призначений для дугового зварювання плавким електродом під флюсом на постійному струмі. Він забезпечує одношарове та багат шарове виконання прямолінійних стикових, кутових і таврових швів – як із розробленням кромок, так і без нього. Охолодження струмопідвідної частини зварювальної головки та сопла здійснюється природним способом.

Технічні характеристики автомата наведені в таблиці 2.14, а випрямляча ВДУ-1250 – у таблиці 2.15.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автомат виготовляється у виконанні УЗ, призначеному для роботи в умовах помірного клімату при температурі від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря до 80%. Експлуатація допускається лише у вибухобезпечному середовищі, без агресивних газів і парів, що руйнують метал чи ізоляцію, а також без струмопровідного пилу та водяних парів.

Таблиця 2.12 – Характеристика автомату А-1418 [8, с. 288]

Найменування параметру	Значення
Номінальний зварювальний струму, А	1000
Діаметр електродного дроту	2,0-5,0
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	47-508
Швидкість зварювання, м/г	12-120
Габаритні розміри автомата, мм	1405x840x1920
Маса, кг	240

Таблиця 2.13 – Характеристика випрямляча ВДГ-1001 [8, с. 258]

Найменування параметру	Значення
Напруга мережі живлення, В	380
Потужність, кВт	105
Номінальний зварювальний струм, А	1000
Номінальний режим роботи ПВ, %	100
Вторинна напруга напруга, В	66
Напруга холостого ходу, В	75
Діапазон регулювання струму, А	300-1000
Габаритні розміри, мм	950x1150x1850
Маса, кг	750

Таблиця 2.14 – Характеристика автомату АДФ-1004-УЗ [8, с. 288]

Найменування параметру	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	1000
Діаметр електродного дроту, мм	4-5
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	18-120
Швидкість зварювання, м/год	12-120
Маса, кг	60
Габаритні розміри, мм	1050x365x655

Зварювальний випрямляч ВДУ-1250 – напівкерований тиристорний апарат, який у комплекті зі зварювальним трактором застосовується для автоматичного зварювання сталевих виробів під шаром флюсу. Крім того, він придатний для повітряно-дугового різання та стругання вугільним електродом.

Основні переваги автомата ВДУ-1250:

- надійне запалювання та стабільне горіння дуги;
- висока стійкість процесу в усьому діапазоні напруги, включно з нижніми значеннями, що робить апарат придатним як для зварювання й наплавлення під флюсом, так і для роботи в середовищі захисних газів;
- наявність двох типів жорстких зовнішніх вольт-амперних характеристик для зварювання та наплавлення;
- захист від короткого замикання з обмеженням відкриття тиристорів при різкому зростанні струму;
- індикація теплового перевантаження;
- можливість дистанційного регулювання параметрів;
- висока надійність при тривалих навантаженнях (ПВ 100 %), що дозволяє застосовувати апарат для відповідальних робіт.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

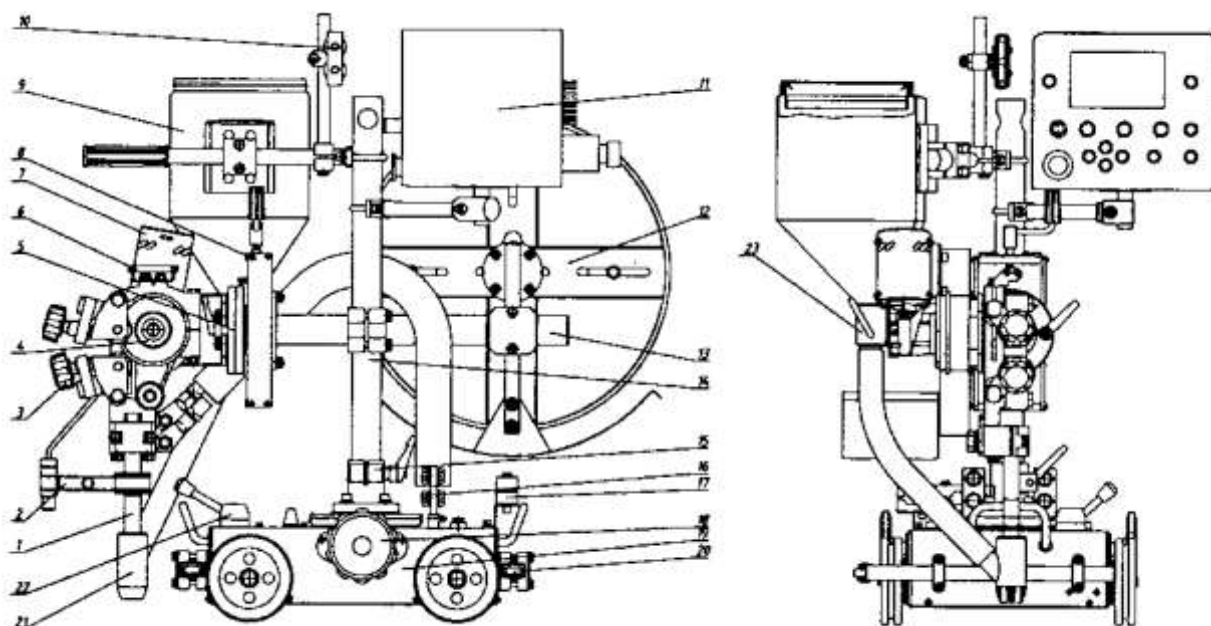


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення автомату АДФ-1004-УЗ

1 – струмовідвід; 2 – світловий показник положення електродного дроту; 3 – механізм подачі дроту; 4 – ролик подачі; 5 – поворотний пристрій; 6 – надсилаються ролик; 7 – привід механізму подачі дроту; 8 – пристрій вертикального переміщення зварювальної головки (вертикальний супорт); 9 – бункер для флюсу; 10 – направляючий ролик; 11 – блок управління; 12 – касета з гальмівним пристроєм; 13 – стійка; 14 – вертикальна стійка; 15 – кронштейн поворотного пристрою вертикальної стійки; 16 – шина підключення кабелів; 17 – кронштейн кріплення кабелів; 18 – пристрій поперечного переміщення зварювальної головки (горизонтальний супорт); 19 – візок; 20 – напрямні; 21 – флюсова сопло; 22 – рукоятка включення муфти, механізму переміщення візка; 23 – флюсова заслінка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.422.24.00.00.000.ПЗ

Арк.

34

Таблиця 2.15 – Характеристика випрямляча ВДУ-1250 [8, с. 260]

Найменування параметра	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	1250
Діапазон регулювання зварювального струму, А	250-1250
Діапазоні регулювання напруги, В	26-56
Первинна потужність, кВА	135
Напруга холостого ходу, В	85
Номінальна робоча напруга, В	56
Номінальний режим роботи (ТВ),%	100
Габаритні розміри, мм	1400x850x1250
Маса, кг	520

Вимоги до джерела живлення зварювальної дуги:

- забезпечення необхідних значень струму та напруги для конкретного технологічного процесу;
- відповідний тип зовнішньої характеристики для стабільного горіння дуги;
- динамічні властивості, що гарантують легке збудження дуги та мінімальне розбризкування металу.

Як допоміжне зварювальне обладнання застосовують технологічну оснастку: пересувну площадку, портал та роликовий стенд.

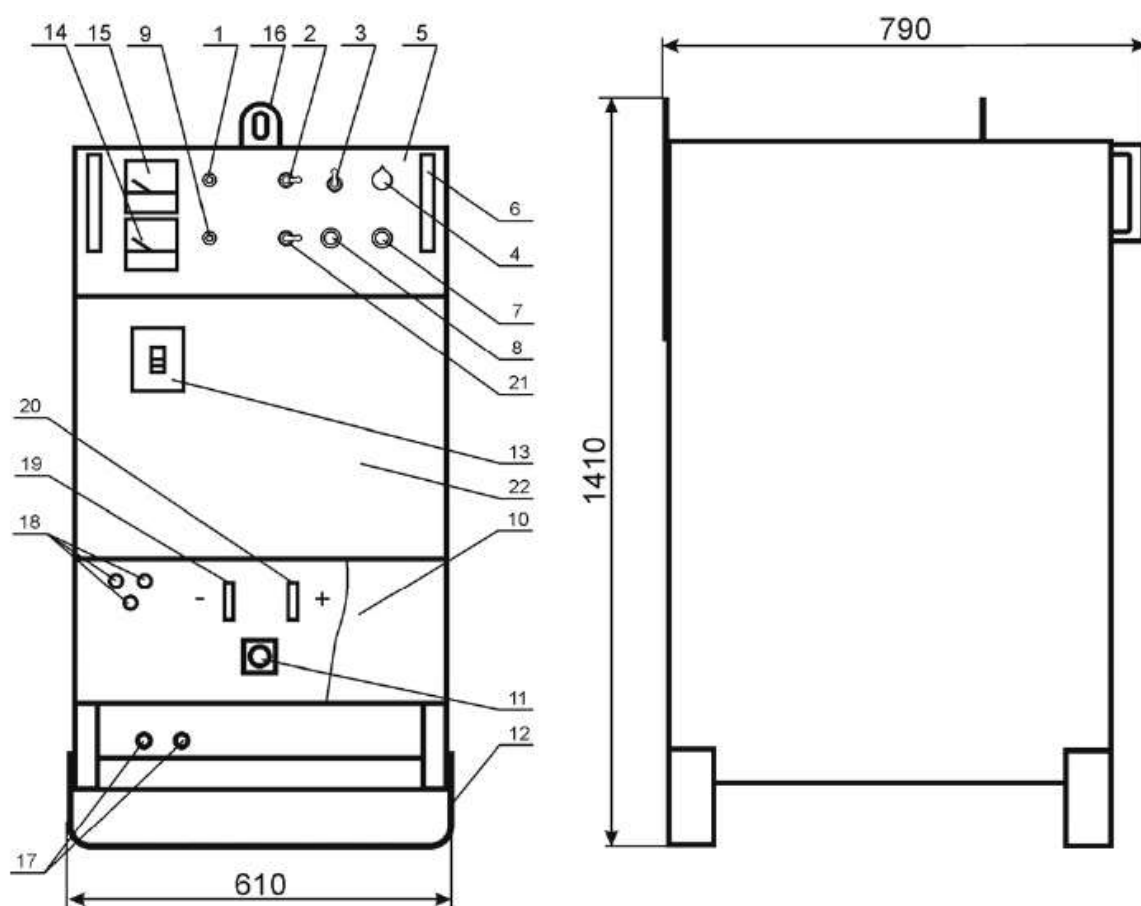


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд випрямляча ВДУ – 1250

1 – індикатор «Мережа»; 2 – тумблер «Місцеве/дистанційне»; 3- тумблер «Вкл. зварювання»; 4 – потенціометр регулювання вихідної напруги; 5 – панель керування; 6 – ручка; 7 – кнопка «СТОП»; 8 – кнопка «ПУСК»; 9 – індикатор перегріву; 10 – нижня панель; 11 – роз’єм для підключення зварювального апарату; 12 – опора; 13 – автоматичний вимикач «Мережа»; 14 – амперметр; 15 – вольтметр; 16 – скоба для підйому вантажозахоплюючих пристроїв; 17 – пристрій заземлення; 18 – місце вводу мережевих проводів; 19 – вихідна шина « - »; 20 – вихідна шина « + »; 21 – тумблер «Зварювання/наплавлення»; 22 – середня панель

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Завдання контролю якості полягає у визначенні показників, що характеризують міцність, відповідність матеріалу нормативним вимогам і заданим розмірам, якість оброблення, а також підтверджують відсутність дефектів.

До контрольних операцій належать:

- а) попередній контроль – перевірка якості вихідних матеріалів, підготовки деталей та складання вузлів;
- б) поточний контроль – забезпечення дотримання технології зварювання;
- в) кінцевий контроль – неруйнівна перевірка готових конструкцій для виявлення внутрішніх дефектів у шві.

Контроль якості продукції здійснюється двома методами: візуально-оптичним та ультразвуковим.

Принцип дії та результат візуально-оптичного методу контролю полягає в огляді поверхні об'єкта за допомогою оптичних засобів для виявлення дефектів та аномалій. Метод може застосовуватися як самостійно, так і в поєднанні з іншими способами контролю.

Ультразвукова дефектоскопія – метод неруйнівного контролю, запропонований С. Я. Соколовим у 1928 р. Він базується на дослідженні поширення ультразвукових коливань із частотою 0,5–25 МГц у виробах за допомогою спеціального обладнання – ультразвукового дефектоскопа. Це один із найпоширеніших способів перевірки якості матеріалів.

Для проведення ультразвукової дефектоскопії використано прилад УД2301 Novotest, призначений для неруйнівного контролю якості металів, пластиків, скла, композиційних матеріалів та перевірки зварних швів. Схематичне зображення процесу ультразвукового контролю наведено на рисунку 2.5.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.1 Заготівельні операції

До заготівельних операцій підготовки металу належать:

а) правлення – листовий прокат вирівнюють у холодному стані на багатовалкових листоправильних машинах; процес базується на місцевій пластичній деформації, що виникає при багаторазовому пропусканні листів між шахово розташованими рядами валків;

б) розмічування – трудомістка операція, яка полягає у намічуванні деталей за допомогою спеціальних шаблонів;

в) згинання – виконується в холодному стані на листозгинальних пресах і верстатах;

г) зачищення – механічне видалення забруднень, іржі та окалини за допомогою зачисних верстатів; ручне або механізоване зачищення малопродуктивне й застосовується переважно для швів та опоряджувальних робіт;

г) розроблення кромek – здійснюється кисневим різакom на автоматичних газорізальних машинах.

2.6.2 Складальні операції

Складальні операції спрямовані на забезпечення правильного взаємного розташування та надійного закріплення деталей зварної конструкції. Для їх виконання застосовують спеціальні складальні або складально-зварювальні пристосування.

Складений вузол має забезпечувати достатню жорсткість і міцність, необхідні для його зняття зі складального пристосування, транспортування до місця зварювання та зменшення деформацій у процесі роботи. Фіксація деталей виконується гвинтовими стяжками, а співвісність – за допомогою ручних центраторів.

Послідовність виконання складальних операцій:

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) доставити всі складові вузла на робоче місце;
- б) встановити підготовлені (вигнуті) листи на роликовий стенд;
- в) приварити з зовнішнього боку до чорної сталі допоміжні елементи – гвинтові стяжки та ручні центратори;
- г) виставити необхідний зазор між деталями за допомогою гвинтових стяжок;
- г) забезпечити співвісність елементів відносно один одного за допомогою ручних центраторів.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Перед початком зварювання необхідно виконати налагодження обладнання: відрегулювати витрати флюсу або захисного газу, встановити оптимальний виліт електродного дроту та задати параметри потрібного режиму зварювання.

Якщо зварювання виконати після повного складання, просторова жорсткість конструкції зменшить деформації, проте доступ до окремих з'єднань може бути утруднений. Чергування складальних і зварювальних операцій полегшує роботу зі швами, але часто збільшує деформації. Тому перед загальним складанням доцільно формувати та зварювати прості вузли з достатньою жорсткістю і зручним доступом до місць з'єднання.

Зварювання виконують у нижньому положенні, наступним чином:

- два листи біметалу встановлюють на роликовий стенд (рис. 2.6);
- після приварювання допоміжної оснастки з зовнішнього боку листів проводять зварювання;
- листи об'єднують у секції по три елементи;
- далі складають п'ять секцій, які фіксують гвинтовими стяжками та вирівнюють співвісність за допомогою ручних центраторів;
- завершальним етапом є розміщення обичайки на стапелі та виконання зварювання.

					<i>КР.422.24.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

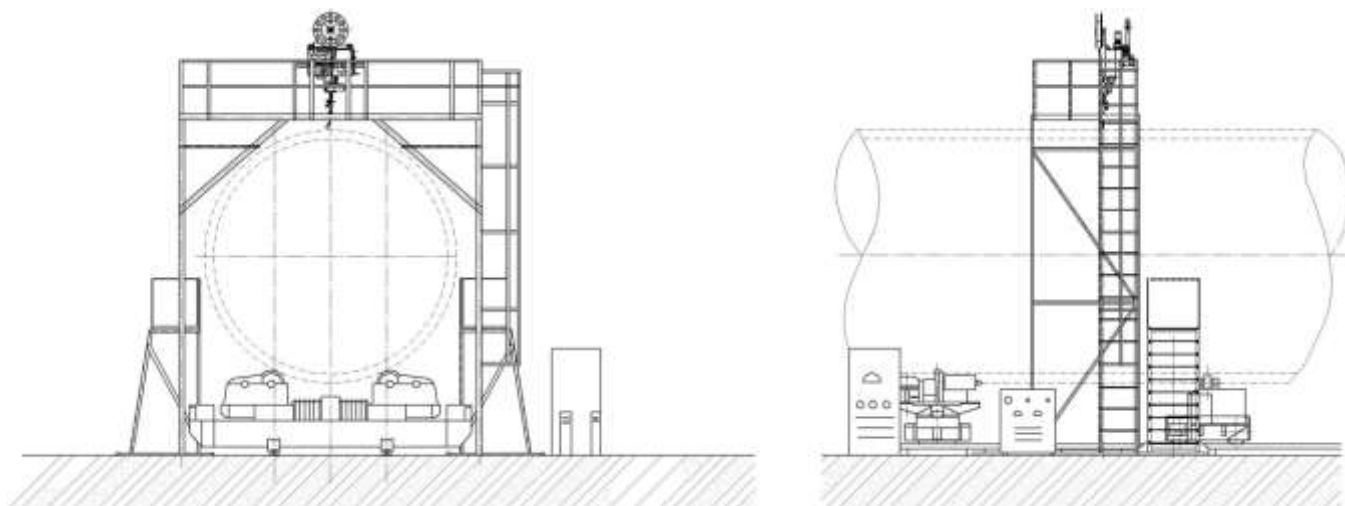


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд складально-зварювального устаткування

2.6.4 Опоряджувальні операції

До опоряджувальних операцій належать:

- а) механічне оброблення виробу – зрізання допоміжних елементів (ручних центраторів, гвинтових стяжок, вихідних планок);
- б) зачищення швів після зварювання – видалення металевих бризок із поверхні деталей;
- в) зрізання підсилення шва з низьколегованої сталі перед зварюванням високолегованого шару, щоб уникнути перемішування легованих елементів у шві.

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних робіт належать транспортно-підіймальні та перевантажувальні операції, налагодження зварювального й іншого обладнання, комплектування деталей та розподіл завдань. Переміщення виробів здійснюється внутрішньоцеховим краном.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.6.6 Контроль якості

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

- вхідний контроль матеріалів, що підлягають зварюванню;
- перевірку зварювальних матеріалів;
- оцінку якості заготівельних, складальних, опоряджувальних та зварювальних операцій;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Контроль якості конструкції здійснюється у два етапи:

а) спочатку проводять зовнішній огляд для перевірки форми та розташування швів відповідно до креслення, а також виявлення можливих дефектів і деформацій;

б) далі застосовують ультразвуковий ехо-імпульсний метод, що дозволяє оцінити внутрішній стан шва та визначити якість готової продукції.

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

Технічна норма витрат матеріалів – це мінімальний обсяг ресурсів, необхідний для виготовлення виробу відповідно до встановлених технічних умов [9].

Норми витрат зварювальних матеріалів визначаються на основі креслень і специфікацій деталей та вузлів, а також технологічних процесів зварювання й різання.

Розрахунок норм витрат зварювальних матеріалів ускладнюється труднощами, пов'язаними з забезпеченням високої точності результатів.

Витрати електродного дроту визначаються залежно від маси наплавленого металу за формулою [9]:

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = a \cdot F \cdot L \cdot \gamma, \quad (2.15)$$

де a – коефіцієнт витрат електродного дроту на розбризкування, $a=1,15$; F – площа поперечного перерізу шва, m^2 ; L – довжина шва, m .

Довжина всіх швів становить 349,5м.

- для сталі 16ГС:

$$Q = (1,15 \cdot (3 \cdot 0,00015225) \cdot 349,5 \cdot 7800) = 1431,9 \text{ кг},$$

- для сталі 08Х13:

$$Q = (1,15 \cdot 3,352 \cdot 10^{-5} \cdot 349,5 \cdot 7800) = 105 \text{ кг}.$$

Визначаємо витрати флюсу для зварювання зовнішніх швів за формулою:

$$Q_{\phi} = H_{\text{вит}} \cdot K_{\phi}, \quad (2.16)$$

де $H_{\text{вит}}$ – витрати зварювального дроту на зварювання шва, кг ; K_{ϕ} – коефіцієнт, який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого флюсу, $K_{\phi}=1,7$;

- для сталі 16ГС:

$$Q_{\phi} = 1431,9 \cdot 1,7 = 2434,23 \text{ кг}.$$

- для сталі 08Х13:

$$Q_{\phi} = 105 \cdot 1,7 = 178,5 \text{ кг}.$$

Нормування витрат захисного газу на виріб визначаємо за формулою:

$$H = Q_{\Gamma} \cdot L + Q_{\text{доо}}, \quad (2.17)$$

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_{Γ} – питома норма витрат газу на 1 м шва, л; L – довжина шва, м; $Q_{доd}$ – додаткові витрати газу на підготовчо-завершальні операції: продування газових комунікацій перед початком зварювання, захист зварювальної ванни після закінчення зварювання, $Q_{доd}=0,8$ л.

Питому норму витрати газу визначаємо за формулою :

$$Q_{\Gamma} = q_2 \cdot t_0, \quad (2.18)$$

де q_2 – витрати захисного газу, л/хв.; t_0 – основний час зварювання 1м шва, хв./м.

Основний час зварювання визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{60}{V_{36}}, \quad (2.19)$$

де V_{36} – швидкість зварювання, м/год.;

Основний час зварювання шва:

- типу С5:

$$t_0 = \frac{60}{10,42} = 5,76 \text{ год.}$$

- типу С17:

$$t_0 = \frac{60}{6,63} = 9 \text{ год.}$$

Підставивши, отримаємо питому норму витрат газу на 1 м шва типу С5:

$$Q_{\Gamma} = (18 \cdot 5,7) = 102,6 \text{ л / м.}$$

Питома норма витрат газу на 1 м шва типу С17:

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_r = (35 \cdot 9) = 315 \text{ л / м.}$$

Отже, норма витрат захисного газу рівна:

$$H_r = (102,6 \cdot 66 + 0,8) + (315 \cdot 66 + 0,8) = 27563 \text{ л.}$$

Витрати електроенергії на погонну довжину шва 1м при механізованому зварюванні визначаємо за формулою:

$$A = \frac{0,001 \cdot U_{\partial} \cdot I_{зв}}{\eta \cdot V_{зв}}, \quad (2.20)$$

де U_{∂} – напруга на дузі, В; $I_{зв}$ – сила зварювального струму, А; η – коефіцієнт корисної дії установки; $V_{зв}$ – швидкість зварювання, м/год.

При виконанні швів типу С5 питомі витрати електроенергії становлять:

$$A = \frac{0,001 \cdot 32 \cdot 516}{0,82 \cdot 10,42} \approx 1,9 (\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{м},$$

при виконанні швів типу С17:

$$A = \frac{0,001 \cdot 36 \cdot 630}{0,83 \cdot 6,63} \approx 4,1 (\text{кВт} \cdot \text{год}) / \text{м}.$$

Загальні витрати електроенергії для виготовлення обичайки коксової камери визначаємо, як добуток питомих витрат електроенергії на довжину шва:

$$Q = A_1 \cdot L_1 + A_2 \cdot L_2, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2.21)$$

$$Q = 1,9 \cdot 349,5 + 3 \cdot (4,1 \cdot 349,5) = 4962,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Сучасне виробництво активно застосовує складально-зварювальне обладнання, яке значно знижує трудомісткість операцій, забезпечує високу якість продукції та покращує умови праці.

У зварювальному виробництві застосовують обладнання двох типів: складальне – використовується для з'єднання деталей, операція завершується їх прихоплюванням; складально-зварювальне – забезпечує складання та повне чи часткове зварювання, а за потреби й витримку після процесу для зменшення деформацій. Зварювання може виконуватися як після прихоплювання, так і без нього. Конструкція обладнання визначається технологічним процесом, що залежить від форми й розмірів виробу, вимог до точності, типу виробництва, програми випуску, наявних площ, завантаження робочих місць, способу зварювання та інших чинників.

При технічному обґрунтуванні необхідно порівнювати та аналізувати: тривалість виробничого циклу; рівень прогресивності виробництва (продуктивність, механізація, раціональність використання обладнання, забезпечення якості, трудомісткість, умови праці та безпека, екологічні показники); габарити й масу пристосувань; площу та об'єм виробничих приміщень; кількість робітників; питому продуктивність і завантаження обладнання; вид та обсяг відходів; витрати енергії й матеріалів.

Економічне обґрунтування застосування пристосувань передбачає порівняння капітальних витрат на виготовлення виробів із собівартістю їх виробництва, а також визначення річного економічного ефекту та терміну окупності вкладень.

З урахуванням вимог та особливостей технологічного процесу для виготовлення обичайки застосовують складально-зварювальне обладнання.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це забезпечує вищу якість швів, оскільки зварювання виконується одразу після складання, без переустановлень і проміжного транспортування конструкції.

Під час виготовлення обичайки камери коксування застосовують ручний центратор, стапель та роликовий обертач. Основна функція фіксуючих пристроїв полягає у закріпленні зварюваних деталей, а їх положення під час складання визначається установчими елементами обладнання.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Особливістю складальних одиниць обичайки коксової камери є необхідність послідовного складання кількох листів біметалу. При цьому раніше встановлені деталі, що прилягають до установлювальних поверхонь пристосувань, слугують базою для монтажу наступних елементів. Тому вимоги до точності закріплення перших деталей значно зростають.

Серед зварювальної оснастки для складання конструкцій найчастіше застосовують ручні центратори (рис. 3.1), які приварюються до одного з листів біметалу та центруються притискними гвинтами (рис. 3.2), а також гвинтовими стяжками (рис. 3.3). Використання чотирьох центраторів і трьох стяжок забезпечує високу точність складання та зварювання листів обичайки (рис. 3.4).

В якості головної базуючої поверхні необхідно вибрати поверхню, яка має найбільші габаритні розміри, а в якості направляючої – поверхню з найбільшою довжиною [10].

Базування деталей ґрунтується на обліку специфіки складання декількох деталей - першої, другої і так далі (в послідовності їх встановлення за технологічним процесом), а також величини зусилля їх затискання після базування [10].

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

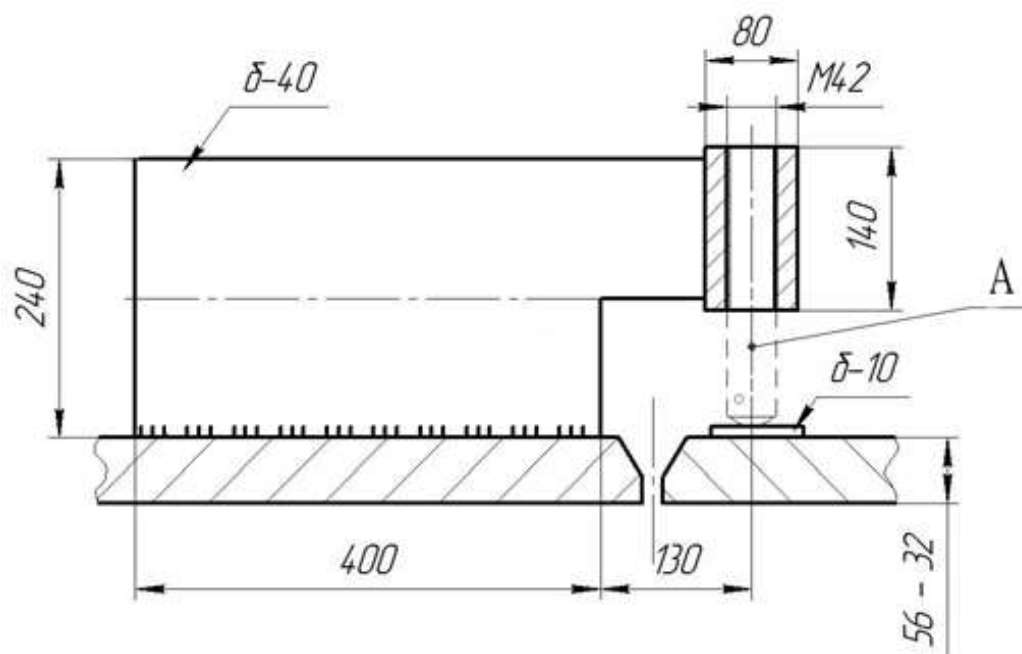


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд ручного центратора

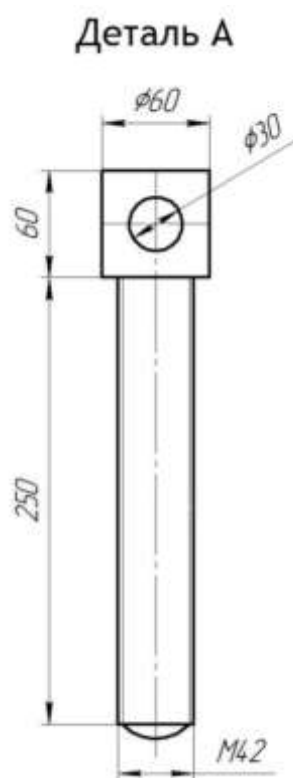


Рисунок 3.2 – Притискний гвинт

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.422.24.00.00.000.ПЗ

Арк.

48

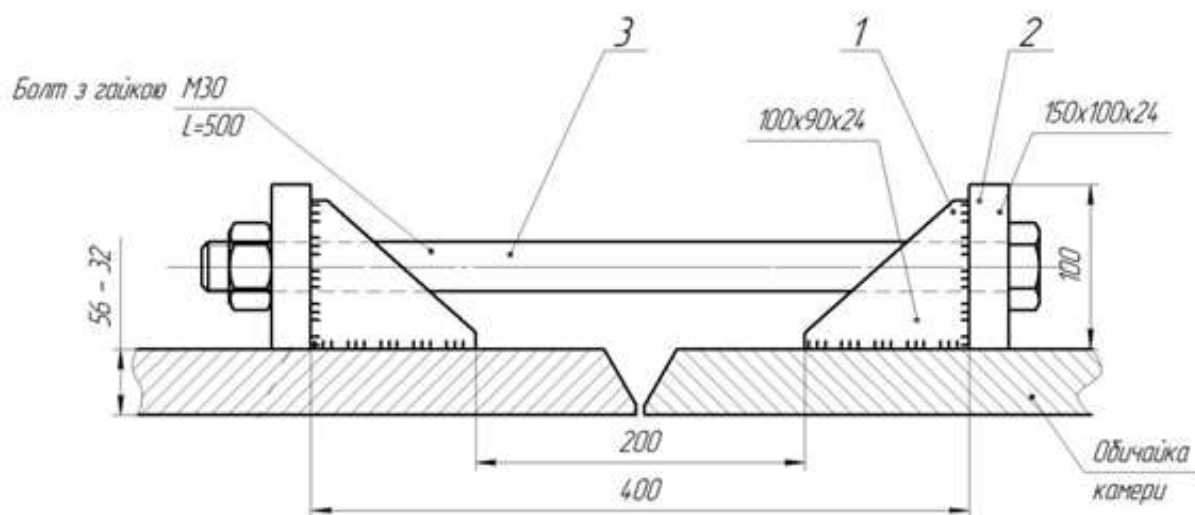


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд гвинтових стяжок

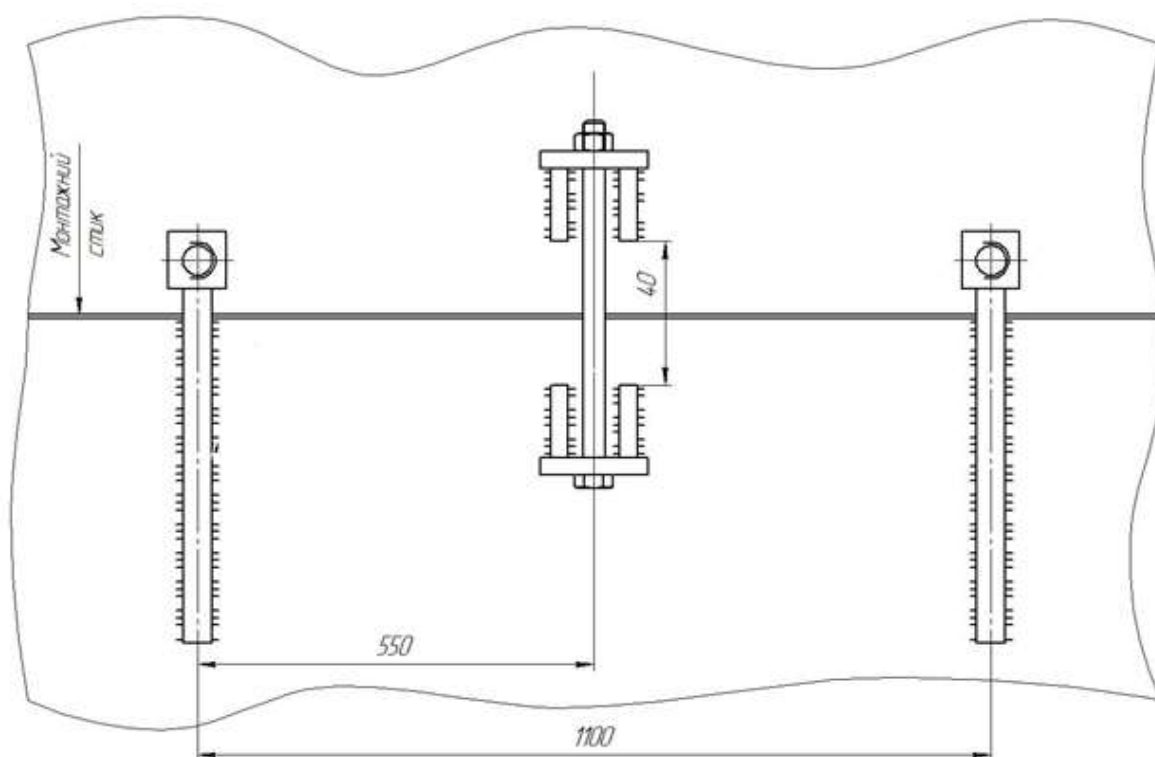


Рисунок 3.4- Розміщення оснастки на листах обичайки

Специфіка складання під зварювання полягає в необхідності послідовного орієнтування всіх деталей виробу, який складається, їх

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

суміщення у відповідності з розмірами складального креслення і тимчасового закріплення перед зварюванням за допомогою затискних пристосувань або прихоплювань [10].

Для кожної конкретної деталі виробу, що складається, форма її поверхні визначає форму поверхні і тип деталей пристосування. Таким чином, конструкція установлювальних елементів, пристосування буде залежати від правильності вибору базових точок, ліній та поверхонь на деталях, які входять в склад тої чи іншої складальної одиниці [10].

Установлюючі елементи або фіксатори забезпечують правильне встановлення деталей вузла в складальному пристосуванні. До фіксаторів ставляться наступні вимоги [11]:

- забезпечення необхідної точності при встановленні деталей зварного вузла чи конструкції з цілому;
- можливість зручного встановлення деталей в складальне пристосування;
- можливість зручного зварювання вузла;
- необхідна міцність і жорсткість, що запобігають деформації виробу під час зварювання;
- можливість вільного знімання виготовленого виробу з пристосування [11].

Для монтажу деталей зварюваного вузла за раніше встановленими елементами застосовують спеціальні шаблони.

В якості фіксаторів застосовують також опорні гнізда, які використовують для грубого встановлення виробу по трьох поверхнях. Ширина гнізда повинна бути на декілька міліметрів більшою максимально можливої ширини виробу для можливості його вільного встановлення та знімання [11].

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ручні притискачі поділяють на клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні, байонетні. За видом приводу механізовані притискачі діляться на пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні електромагнітні, з постійним магнітом [11].

У складально-зварювальних пристосуваннях найчастіше застосовуються притискачі з механічним, пневматичним, гідравлічним, магнітним або електромеханічним приводом. В одному пристосуванні бажано застосовувати не більше двох типів притисків. За ступенем механізації затискачі поділяють на: ручні - працюють від мускульної сили робітника (їх рекомендується застосовувати в одиничному і дрібносерійному виробництві); механізовані - працюючі від силового приводу, керованого вручну; автоматизовані - здійснюють затиск і звільнення деталей і вузлів без участі робітника. Останні два типи затискачів рекомендується застосовувати в серійному і масовому виробництві. Різні конструкції затискачів мають різний час спрацювання і закріплення (звільнення) деталей. Розрахунок затискних пристроїв проводиться зазвичай у дві стадії: спочатку визначають необхідні зусилля затискання деталей та виробів, потім розраховують конструкції затискного пристрою та інших елементів пристосування на міцність і жорсткість під дією притискаючих зусиль. Закріплені деталі повинні знаходитися в рівновазі під дією притискних сил, а також сил, що виникають в процесі зварювання, реакцій опор, причому повинен забезпечуватися повний контакт базових поверхонь деталей з усіма установочними елементами пристосування і виключена можливість зсуву деталей [11].

Для встановлення та закріплення листів обичайки коксової камери в пристосуваннях застосовують постійні упори, відвідні фіксатори, притискачі та гвинтові затискачі, що забезпечують надійне фіксування й точність складання.

Затискні механізми призначаються для закріплення встановлених у пристосування деталей, заготовок, складальних одиниць і повинні відповідати

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ряду вимог [11]:

а) затискне зусилля повинно прикладатися до обраної точки і мати напрямок, вказаний в схемі закріплення. Як правило, затискачі розташовуються над опорами або поблизу них. Вони не повинні створювати перекидного моменту;

б) затискні механізми повинні розвивати задане розрахункове зусилля для надійного закріплення деталей;

в) розрахунок елементів затискачів (діаметрів пневмоциліндрів, гвинтів, перерізу важелів і т.п.) повинен проводитися заздалегідь обраному або розрахованому зусиллю, розвинутому затискачем, а не навпаки;

г) затискачі не повинні порушувати задане положення деталей, псувати їх поверхні і викликати деформування;

г) притиски повинні бути швидкодіючими;

д) затискні механізми повинні бути зручними і безпечними в роботі [11].

Гвинтові притискачі - універсальні, надійні в експлуатації, мають просту конструкцію і значно зменшені зусилля, що прикладаються по відношенню до закріплювального виробу [11].

Притискачі відрізняються від затискачів тим, що їх зусилля направлене з одного боку, тобто вони притискають деталі або до упорів, або до інших деталей. Затискачі ж затискають деталь із двох протилежних боків. Затискач має дві робочі поверхні, розміщені одна навпроти одної [11].

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
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 обичайки коксової камери

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	ø5500x18900	ø5500x18900
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
листовий прокат	кг	126360	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	1435	
зварювальний дріт Св-06Х19Н9Т	кг	102	
флюс АН-348А	кг	2334,2	
флюс АН-26	кг	178,5	
захисна суміш – Ar 80% + CO ₂ 20%	м ³	415	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	1040	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
листовий прокат:			
сталь 08Х13	грн	244,0	239,7
сталь 16ГС	грн	164,25	163,42
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	143,37	142,81
зварювальний дріт Св-06Х19Н9Т	грн	557,68	556,97
флюс АН-348А	грн	106,16	105,85
флюс АН-26	грн	101,20	101,20
захисна суміш – Ar 80% + CO ₂ 20%	грн	46,5	46,3
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	4160	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
обичайки коксової камери

Зміст операції	Варі- анти	Устаткування		Потуж- ність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна		Назва	Ціна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заготівельні операції	$\frac{3}{П}$	Сортопр. машина Roundo PRH-570	905000	120	щітка лінійка молоток маркер	40 183 360 51	III	$\frac{40,6}{38,5}$
Розроблення кромок	$\frac{3}{П}$	Газоріза льна машина CG1-100	28000				III	3,7
Складання	$\frac{3}{П}$	Ролико- вий стенд, скл. зв. пристос.	970300 490000	2 5,5			III	20,2
Зварювання кільцевих швів	3	Автомат А-1418, випрямл. ВДГ 1001	585200	5,5			IV	20,1
Зварювання поздовжніх швів	3	Автомат АДФ-1004, Випрямляч ВДУ 1250	530500	5,5			IV	15,2
Зачищення швів від шлаку	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Bosh Profession al GWS 22-230 JH	5400	2,2	зачисн. диск молоток щітка	64 360 40	III	9,4
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоск. УД2303	82000		зблнц лм	180	VI	9,5
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Мостовий кран	7350000	32			III	11,2

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 118,7;

по проекту 116,6;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 11,2;

по проекту 11,2.

Загальна штучна норма часу: по заводу 129,9;

по проекту 127,8.

Для виготовлення обичайки коксової камери застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [12, с.8]:

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

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, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,1) \approx 1822 \text{ год.}$$

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 [12, с.9]:

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

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=0,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 35 шт.$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні обичайки коксової камери:

$$n = \frac{38,5 \cdot 35}{1822 \cdot 0,1} = 7,4 \approx 7 шт.$$

Для розроблення кромки кількість робочих місць рівна:

$$n = \frac{3,7 \cdot 35}{1822 \cdot 0,1} = 0,71 \approx 1 шт.$$

Для виконання складання необхідно:

$$n = \frac{20,2 \cdot 35}{1822 \cdot 0,1} = 3,88 \approx 4 шт.$$

Для зварювання кільцевих і поздовжніх швів кількість робочих рівна:

$$n = \frac{35,3 \cdot 35}{1822 \cdot 0,1} = 6,78 \approx 7 шт.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

$$n = \frac{9,4 \cdot 35}{1822 \cdot 0,1} = 1,8 \approx 2 шт.$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = \frac{9,5 \cdot 35}{1822 \cdot 0,1} = 1,83 \approx 2 шт.$$

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість засобів конвеєрного типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [12, с.13]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 35 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 $K_{кр} = 0,1...0,7$.

$$n = \frac{35 \cdot 11 \cdot 0,9}{2100 \cdot 0,1} = 1,65 \approx 2 \text{шт.}$$

Приймаємо два мостових крана для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

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 [12, с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_{i=1}^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

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

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 35 \text{ шт}$;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн}=0,1...0,2$;

Необхідна кількість заготівельників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot 40,6}{1850 \cdot 0,1} = 7,68 \approx 8 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot 38,5}{1850 \cdot 0,1} = 7,28 \approx 7 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість кромкувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot 3,7}{1850 \cdot 0,1} = 0,7 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot 20,2}{1850 \cdot 0,1} = 3,82 \approx 4 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників для зварювання кільцевих і поздовжніх швів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot (20,1 + 15,2)}{1850 \cdot 0,1} = 6,68 \approx 7 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot 9,4}{1850 \cdot 0,1} = 1,78 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{35 \cdot 9,5}{1850 \cdot 0,1} = 1,8 \approx 2 \text{чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 2$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

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	8	7	III	III
кромкувальники	1	1	III	III
зварювальники	7	7	IV	IV
складальники	4	4	III	III
зачищувальники	2	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	2	2	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	2	2	—	—
Разом	35	34	—	—

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.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим .	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн							
					на один виріб				на програму			
3/П	Сталь 16ГС	кг	164,25	163,42	17789753,25	1769856,78	622641363,8	619494987,3				
3/П	Сталь 08Х13	кг	244	239,7	4404444	4326824,7	154155540	151438864,5				
3/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	143,37	142,81	205735,95	204932,35	7200758,25	7172632,25				
3/П	З. д. Св-06Х19Н9Т	кг	557,68	556,97	56883,36	56810,94	1990917,6	1988382,9				
3/П	Флюс АН-348А	кг	106,16	105,85	247798,67	247075,07	8672953,52	8647627,45				
3/П	Флюс АН-26	кг	101,2	101,2	18064,2	18064,2	632247	632247				
3/П	Захисна суміш – Ar 80% + CO ₂ 20%	кг	46,5	46,3	19297,5	19214,5	675412,5	672507,5				
Р- ом					2274197693	225727854	795969192,6	790047248,9				
В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн				
	% ц. куп .	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму		
3/П	5	8,21	8,17	89487,66	884992,84	3113208,19	3097474,37	4160	4160	145600	145600	
3/П	5	12,2	11,99	220222,2	216341,24	7707777	7571943,23					
3/П	5	7,17	7,14	10286,8	10246,62	360037,91	358631,61					
3/П	5	27,88	27,85	2844,17	2840,55	99545,88	99419,15					
3/П	5	5,31	5,29	12389,93	12353,75	433647,68	432381,37					
3/П	5	5,06	5,06	903,21	903,21	31612,35	31612,35					
3/П	5	2,33	2,32	964,88	960,73	33770,63	33625,38					
Р- ом		68,16	67,81	1137085	1126389	3978459,63	3950236,45	4160	4160	145600	145600	

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [12, с.16]:

$$Z_{oo} = \sum_{i=1}^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

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) [12, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [12, с.16]:

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

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 [12, с.17]:

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

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

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

$$З_{\text{оо}} = 0,7 \cdot 23,5 \cdot 40,6 = 667,87 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 667,87 \cdot (0,2 + 0,15) = 233,76 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 667,87 \cdot 0,4 = 267,15 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 0,7 \cdot 23,5 \cdot 38,5 = 633,33 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 633,33 \cdot (0,2 + 0,15) = 221,66 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 633,33 \cdot 0,4 = 253,33 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці кромкувальників:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 25,5 \cdot 3,7 = 660,45 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 660,45 \cdot (0,2 + 0,15) = 231,16 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 660,45 \cdot 0,4 = 264,18 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

$$З_{\text{оо}} = 1,5 \cdot 25,5 \cdot 20,2 = 772,65 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 772,65 \cdot (0,2 + 0,15) = 270,43 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 772,65 \cdot 0,4 = 309,06 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварників для зварювання кільцевих і поздовжніх швів:

$$З_{\text{оо}} = 0,9 \cdot 26 \cdot (20,1 + 15, 2) = 826,02 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 826,02 \cdot (0,2 + 0,15) = 289,11 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 826,02 \cdot 0,4 = 330,41 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

$$З_{\text{оо}} = 3 \cdot 23,5 \cdot 9,4 = 662,7 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 662,7 \cdot (0,2 + 0,15) = 231,95 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 662,7 \cdot 0,4 = 265,08 \text{ грн}.$$

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 2,8 \cdot 27,5 \cdot 9,5 = 731,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 731,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 256,03 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 731,5 \cdot 0,4 = 292,6 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 2,5 \cdot 25,5 \cdot 11,2 = 714 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 714 \cdot (0,2 + 0,15) = 249,9 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 714 \cdot 0,4 = 285,6 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [12, с.16]:

$$З_{\text{од}} = r_{\text{д}} \cdot C_p \cdot \Phi_{\text{еф}}, \quad (4.8)$$

де $З_{\text{од}}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{\text{д}}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 70,5 \cdot 1850 = 260850 \text{ грн};$$

$$З_{\text{нд}} = 260850 \cdot 0,35 = 91297,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 260850 \cdot 0,4 = 104340 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 70,5 \cdot 1850 = 260850 \text{ грн};$$

$$З_{\text{нд}} = 260850 \cdot 0,35 = 91297,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 260850 \cdot 0,4 = 104340 \text{ грн}.$$

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 2 \cdot 70,5 \cdot 1850 = 260850 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 260850 \cdot 0,35 = 91297,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 260850 \cdot 0,4 = 104340 \text{ грн}.$$

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[12, с.17]:

$$З_{он} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де $З_{он}$ - 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 ($З_{он}$) та премії і надбавки ($З_{nn}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 18750 \cdot 12 = 225000 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 225000 \cdot 0,35 = 78750 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 225000 \cdot 0,4 = 90000 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 2 \cdot 14000 \cdot 12 = 336000 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 336000 \cdot 0,35 = 117600 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 336000 \cdot 0,4 = 134400 \text{ грн}.$$

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
заготівельники	1351768,88	1121618,58	473119,1	392566,5	540707,55	448647,43
кромкувальники	167093,85		58482,85		66837,54	
складальники	781921,8		273672,63		312768,72	
зварювальники	1462881,42		512008,5		585152,57	
зачищувальники	335326,2		117364,17		134130,48	
контролери	370139		129548,65		148055,6	
транспортувальники	361284		126449,4		144513,6	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	260850		91297,5		104340	
ремонтники	260850		91297,5		104340	
електрики	260850		91297,5		104340	
ІТР	225000		78750		90000	
МОП	336000		117600		134400	
Разом	6173965,15	5943814,85	2160887,8	2080335,2	3745958,56	3653898,44

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	
	2	3
1	З	П
Основні матеріали:	22741976,93	22572778,54
сталь 16ГС	17789753,25	17699856,78
сталь 08Х13	4404444	4326824,7
зв. дріт Св-08Г2С	205735,95	204932,35
зв. дріт Св-06Х19Н9Т	56883,36	56810,94
флюс АН-348А	247798,67	247075,07
флюс АН-26	18064,2	18064,2
захисна суміш – Ar 80% + CO ₂ 20%	19297,5	19214,5
Поворотні відходи	4160	
Паливо та енергія на технологічні цілі	82036,25	81554,8
Основна заробітна плата основних робітників	138011,86	131436,14
Додаткова заробітна плата основних робітників	48304,15	46002,65
Премії та надбавки основних робітників	55204,75	52574,46
Відрахування на соціальне страхування	3381,29	3220,19
Відрахування на медичне страхування	6038,02	5750,33
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	60368,14	60368,14
Цехові (дільничні) витрати	43277,14	43277,14
Всього цехова собівартість	23174438,53	22992802,39

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
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
заготівельне	8	7	905000	905000	45250	45250
кромкувальне	1	1	28000	28000	1400	1400
складальне	4	4	1460300	1460300	73015	73015
зварювальне	7	7	1115700	1115700	55785	55785
слюсарне	2	2	5400	5400	270	270
контрольне	2	2	82000	82000	4100	4100
транспортне	2	2	7350000	7350000	367500	367500
Інструменти:						
молоток	14	13	360	360	18	18
щітка	6	6	40	40	2	2
зачисний диск	6	6	64	64	3,2	3,2
лінійка	10	10	183	183	9,15	9,15
маркер	10	10	51	51	2,55	2,55
збільшувальна лупа	2	2	180	180	9	9
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	190000000	189850000	5	9500000	9492500
Устаткування:					
заготівельне	7285250	6380250	8,5	619246,25	542321,25
кромкувальне	29400	29400	8,5	2499	2499
складальне	5914215	5914215	23,5	1389840,53	1389840,53
зварювальне	7865685	7865685	19,5	1533808,58	1533808,58
слюсарне	11070	11070	8,5	940,95	940,95
контрольне	168100	168100	10,5	17650,5	17650,5
транспортне	15067500	15067500	8,5	1280737,5	1280737,5
Інструменти:					
молоток	5058	4698	18	910,44	845,64
щітка	242	242		43,56	43,56
зачисний диск	387,2	387,2		69,7	69,7
лінійка	1839,15	1839,15		331,05	331,05
маркер	512,55	512,55		92,26	92,26
збільшувальне скло	369	369		66,42	66,42
Разом	226349627,9	225294267,9		14346236,72	14261746,92

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [12,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=30713943,22$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=30484600,42$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт
($\Phi_{мз}=23174438,53$ грн/шт);

$\Phi_{мп}$ - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт
($\Phi_{мп}=22992802,39$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((30713943,22 + 0,15 \cdot 23174438,53) - (30484600,42 + 0,15 \times \\ \times 22992802,39)) \cdot 35 = 8980587,74 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [12,с.27]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осз} - \Phi_{осп}}{E_{ур}}, \quad (4.11)$$

де $\Phi_{осп}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн
($\Phi_{осп}= 1015780605$ грн);

$\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн
($\Phi_{осз}= 1023108740$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [12, с.26]:

$$E_{ур} = B \cdot (C_{пз} - C_{мп}), \quad (4.12)$$

$$E_{ур} = 35 \cdot (30713943,22 - 30484600,42) = 8026998 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{1023108740 - 1015780605}{8026998} = 0,91 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	35	35
Кількість технологічного устаткування	шт	18	17
Собівартість товарної продукції	грн	30713943,22	30484600,42
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	35	34
- основних робітників	чол	26	25
Фондомісткість продукції	грн/шт	23174438,53	22992802,39
Умовна річна економія	грн	-	8026998
Річний економічний ефект	грн	-	8980587,74
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,91
Місячний оклад основних робітників:			
- заготівельники	грн	24544,22	23274,69
- кромкувальники	грн	24271,54	24271,54
- складальники	грн	28394,89	28394,89
- зварювальники	грн	30356,24	30356,24
- зачищувальники	грн	24354,23	24354,23
- контролери	грн	26882,63	26882,63
- транспортувальники	грн	26239,5	26239,5

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Розроблення заходів, які зменшують небезпеку виникнення вибухів і пожеж на ділянках підприємства

Проведення будь-яких типів зварювальних робіт або плазмового різання є потенційно небезпечним процесом так як можуть раптово формуватися вогнища загоряння або задимлення. Саме тому відповідальні особи повинні забезпечити весь комплекс заходів з пожежної безпеки при зварювальних роботах.

Найпоширенішими причинами виникнення пожежі на об'єкті під час проведення зварювальних робіт є:

- 1) краплі гарячого шлаку або металу, що потрапили на суху траву, деревину, папір, ганчір'я та інші горючі і легкозаймисті матеріали;
- 2) неправильне поводження зі зварювальним апаратом або газовим пальником, порушення правил їх експлуатації;
- 3) знаходження горючих речовин в безпосередній близькості від робочого місця зварника.

Можливість виникнення загоряння набагато вище при проведенні робіт на будівельних об'єктах, в закритих кімнатах, не пристосованих для такого типу технологічних операцій. У підвальних приміщеннях або приміщеннях закритого типу слід залишати вікна, двері або люки у відкритому стані, включати вентиляцію або монтувати тимчасову систему видалення повітря. Крім того, необхідно очистити територію навколо місця зварювання радіусом не менше ніж 5 метрів.

Для запобігання виникнення пожежі необхідно дотримуватися таких правил безпеки:

- зварювальні кабелі повинні знаходитися не менше ніж в 50 сантиметрах від трубопроводів і газових балонів;
- місця здійснення зварювальних робіт повинні бути обладнаними

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

первинними засобами пожежогасіння;

- для захисту від бризок розплавленого металу слід використовувати спеціальні екрани;

- зварювальник повинен мати спеціальний захисний одяг з вогнестійким покриттям, який здатен витримувати нетривалий за часом вплив електричної дуги;

- категорично забороняється використання кисневого рукава замість ацетиленового;

- застосування зріджених газів для зварювальних робіт в колодязях і цокольних поверхах заборонено;

- використання відкритого полум'я для підігріву обладнання заборонено.

Помітний осередок загоряння може сформуватися не відразу, а тільки через деякий проміжок часу - необхідно уважно оглянути місце проведення робіт і упевнитися у відсутності характерного запаху гару і диму.

Особа, яка призначена відповідальною за протипожежну безпеку на об'єкті проведення зварювальних робіт, повинна до їх початку перевірити наявність первинних засобів гасіння. До таких засобів відносяться:

- ящик з піском і дві лопати;
- відра з водою;
- вогнегасник.

Вогнегасники є найбільш ефективним засобом, за допомогою яких можна погасити вогнище загоряння на ранньому етапі його формування. За типом порошкової суміші вони діляться на вуглекислотні і порошкові [13].

Порошковий вогнегасник використовує мінеральну порошкоподібну суміш, яка витісняється з балона газовим зарядом під тиском. Вони є найбільш поширеними моделями на ринку завдяки відносно невисокій ціні, а також універсальністю застосування – з їх допомогою можна боротися із загоряннями класів А, В, С і Е, а також використовувати для електрообладнання під напругою до 1000 В. Гасячий ефект досягається за

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

рахунок запобігання надходження кисню з місця загоряння. Загальний вигляд порошкового вогнегасника показано на рисунку 5.1.

Вуглекислотний вогнегасник використовує зріджений діоксид вуглецю, який, вириваючись з сопла, переходить в газоподібну форму і розширюється в об'ємі, що призводить до різкого зниження його температури. Вуглекислий газ швидко і ефективно охолоджує палаючу поверхню, а також витісняє кисень з вогнища пожежі. На відміну від порошкових моделей вуглекислотні не забруднюють внутрішнього простору при використанні – приміщення досить провітрити для видалення надлишків газу. Загальний вигляд вуглекислого вогнегасника вказано на рисунку 5.2.



Рисунок 5.1 – Загальний вигляд порошкового вогнегасника



Рисунок 5.2 – Загальний вигляд вуглекислотного вогнегасника

Заходи (міроприємства), які зменшують небезпеку виникнення вибухів і пожеж на зварювальній дільниці:

- 1) спеціальне навчання працівників, інструктажі та перевірка знань з питань пожежної і вибухової безпеки;
- 2) щорічне, щоквартальне, щомісячне проходження інструктажів з пожежо- і вибухобезпеки робітниками;
- 3) облаштування підприємства, цеху, дільниці, робочого місця відповідно до вимог безпеки;
- 4) наявність засобів, матеріалів та інструментів у відведених місцях дільниці в разі виникнення аварійної ситуації;
- 5) світлова, звукова сигналізація в разі виникнення аварійної ситуації, яка необхідна для сповіщення робочого персоналу;
- 6) суворе виконання всіх вимог техніки безпеки, які безпосередньо відносяться до працівників того чи іншого робочого місця зварювальної дільниці.

На основі статистичних даних можна зробити висновок, що через порушення правил пожежної безпеки під час проведення різних вогневих робіт (електрогазозварювання, різання металу, паяльні роботи, тощо) трапляється від 10 до 12 % виробничих пожеж. Для попередження пожеж, вибухів на промислових підприємствах, дільницях доцільно розробляти заходи з охорони праці, пожежної безпеки.

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення обичайки коксової камери

Обичайка коксової камери виготовляється способом автоматичного зварювання під флюсом, тому в роботі доцільно розглянути основні питання вимог охорони праці під час зварювальних робіт.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювання під флюсом – прогресивний процес не тільки за технічними, а й за гігієнічними характеристиками. При цьому процесі зварювальна дуга закрита шаром флюсу, внаслідок чого усувається шкідливий вплив випромінювання дуги, відсутні іскри та бризки розплавленого металу, рівень шуму дуги незначний і сама головна перевага – рівень виділень зварювальних аерозолів (ЗА) на 1 – 2 порядки нижчий, ніж при зварюванні покритими електродами і в захисних газах [14, с.40].

Джерелами утворення ЗА є, переважно, сам флюс, а також електродний дріт. Разом з тим шар флюсу виконує роль фільтра, при проходженні через який основний потік ЗА осаджується і лише незначна частина розсіюється в навколишню атмосферу.

Рівень виділень ЗА визначається потужністю зварювальної дуги, тобто залежить від діаметру зварювального дроту, що використовується, і, відповідно, режиму зварювання.

Хімічний склад ЗА визначається складом флюсу та електродного дроту. Обов'язковими компонентами ЗА, що утворюється при зварюванні під флюсом, є сполуки марганцю (9 – 12 %), кремнію (3 – 9 %), заліза (30 – 70 %), а також розчинні і нерозчинні фториди. Крім того, при зварюванні під флюсом в повітря надходять фтористий водень та тетрафтористий кремній, а також незначна кількість оксидів азоту і монооксиду вуглецю [14, с.40].

При зварюванні під плавленими флюсами концентрація ЗА і пилу флюсу в зоні дихання зварника може досягати 3...50 мг/м³, а при використанні керамічних флюсів – 50...170 мг/м³. При застосуванні керамічних флюсів концентрація розчинних фторидів в повітрі така ж сама, як і при зварюванні під плавленими флюсами, а вміст монооксиду вуглецю досягає (для флюсів К-2п, К-5) 400...500 мг/м³. Причиною цього є наявність в керамічних флюсах карбонатів кальцію та магнію, які розкладаючись, призводять до утворення великих кількостей діоксиду і монооксиду вуглецю. Крім того, технологія виготовлення керамічних флюсів дозволяє вводити в них легуючі сплави

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

(феромарганець, ферохром тощо), що призводить до підвищеного вмісту в ЗА токсичних сполук марганцю, хрому та інших [14, с.40].

При зварюванні легованих сталей під флюсами у складі ЗА може бути присутній нікель, шестивалентний та трьохвалентний хром. Причому при використанні керамічних флюсів концентрація шестивалентного хрому вища, ніж при зварюванні під плавленими флюсами. Це пояснюється наявністю в керамічних флюсах рідкого скла як зв'язуючого, що вміщує оксиди натрію і калію, які зв'язують нестійкий хромовий ангідрид (CrO_3) в хромати калію та натрію.

Найбільш шкідливими компонентами ЗА, що утворюються при зварюванні під флюсами вуглецевих і низьколегованих сталей, є фтористий водень, тетрафторид кремнію, розчинні фториди натрію та калію, сполуки марганцю; при зварюванні легованих сталей – сполуки шестивалентного хрому і нікелю [14, с.41].

Отже, дотримання основних вимог охорони праці при виготовленні обичайки коксової камери є необхідною умовою в процесі розроблення технології виробництва зварних конструкцій. Питання пожежної безпеки більш детально були розглянуті в першому пункті даного розділу.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Для вдосконалення технології виготовлення обичайки коксової камери запропоновано:

- застосовувати напіваавтоматичне зварювання у суміші аргону (80%) та вуглекислого газу (20%), що забезпечує кращий захист зварювальної ванни та зменшує розбризкування металу;
- використовувати спеціальні пристосування й обладнання для запобігання веденню металу та надійної фіксації елементів конструкції;
- впроваджувати автоматичне зварювальне устаткування.

Обичайка коксової камери виготовляється з двошарового біметалу, що складається зі сталей 16ГС та 08Х13. Зварювання виконують напіваавтоматичним способом у суміші 80% Ar + 20% CO₂ для кільцевих швів та під флюсом для прямолінійних. Використовуються дроти Св-08Г2С діаметром 2,0 мм і Св-06Х19Н9Т діаметром 4,0 мм відповідно.

Зварювальне обладнання:

- для роботи під флюсом застосовується трактор АДФ-1004-УЗ у комплекті з випрямлячем ВДУ-1250;
- для зварювання в захисних газах використовується самохідний автомат А-1418 з випрямлячем ВДГ-1001.

У ході роботи були визначені параметри режиму зварювання, що мають такі значення:

- зварювання в захисних газах: зварювальний струм $I_{зв}$ – 510 А, напруга на дузі U_d – 32 В, швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}$ – 280 м/год, швидкість зварювання $V_{зв.}$ – 10 м/год, витрати захисного газу Q_r – 18 л/хв.
- зварювання під флюсом: зварювальний струм $I_{зв}$ – 630 А, напруга на дузі U_d – 36 В, швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}$ – 80 м/год, швидкість зварювання $V_{зв.}$ – 7 м/год.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						77
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. Марки сталей. Довідник: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/?srsId=AfmBOorG-MW0z3Ikawj6VjQUd-yCU9I1zkYFfneemeyng7n1_e9hHpcg (дата звернення: 20.05.2026).
3. Технологія, механізація і автоматизація виготовлення зварних конструкцій. Сумський державний університет: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/401638/> (дата звернення: 22.05.2026).
4. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
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: 24.05.2026).
6. Татарин Б.П. Розрахунок і вибір параметрів режиму зварювання і геометричних розмірів шва при зварюванні плавким електродом у захисному газі: методичні вказівки з дисципліни «Зварювання плавленням». Тернопіль: ТНТУ, 2010. 37 с.
7. 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: 24.05.2026).
8. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Конструювання і розрахунок зварювальних пристосувань. Зварювальні пристосування: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/109-metallurgiya> (дата звернення: 01.06.2026).

11. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького національного технічного університету: веб-сайт. URL: https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263 (дата звернення: 02.06.2026).

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

13. Види вогнегасників і особливості експлуатації. Пожежна безпека України: веб-сайт. URL: <https://euroservis.com.ua/ua/kak-rasschitat-kolichestvo-ognetushiteley-dlya-pomeshcheniya/> (дата звернення: 10.06.2026).

14. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.24.00.00.000.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		