

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

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
ємкості для парафіну

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

Ігор СКІРПАН

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

Рецензент

Богдан БЕРЕЖЕНКО

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

«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

СКИРПАНУ Ігорю Володимировичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
ємкості для парафіну

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віталій Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 29. 04. 2025 року № 4/9-209

Термін подання студентом роботи 20.06.2025р.

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 Засоби захисту при виконанні зварювальних робіт

5.2 Планування та розробка заходів з охорони праці та протипожежного захисту

Перелік графічного матеріалу

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

2. Складальне креслення ємкості для парафіну – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення обертача роликів Т 60М – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення поворотної колони ПК-1 – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)
Охорона праці	Лілія СЕМКІВ, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)

Дата видачі завдання 19.05.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	22.05.2025	
2	Технологічний розділ	26.05.2025	
3	Конструкторський розділ	04.06.2025	
4	Організаційно-економічний розділ	09.06.2025	
5	Охорона праці	12.06.2025	
6	Графічна частина	16.06.2025	
7	Перевірка на плагіат	18.06.2025	

Студент

(підпис)

Ігор СКИРПАН

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення ємкості для парафіну 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 paraffin tank manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
1.3.4 Вимоги до складання	13
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	18
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	18
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	21
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	23
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	27
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	30
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	31
2.6.1 Заготівельні операції	32
2.6.2 Складальні операції	34
2.6.3 Складально-зварювальні операції	35

					<i>КР.422.15.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Скирпан				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення ємкості для парафіну Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Сенчишин						4	78
Реценз.	Береженко					ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	35
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	36
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	37
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	38
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	41
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	41
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	43
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	47
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	47
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	53
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	56
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	57
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	63
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	64
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	68
5.1	Засоби захисту при виконанні зварювальних робіт	.	.	.	.	.	68
5.2	Планування та розробка заходів з охорони праці та						
	протипожежного захисту	.	.	.	.	.	71
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	74
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	75
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	78

ВСТУП

Процес зварювання включає в себе з'єднання металевих частин за допомогою нагрівання та/або тиску, щоб створити міцне сполучення з'єднувальних частин. Основні характеристики зварювання включають наступне:

- 1) нагрівання – може відбуватися за допомогою різних методів, таких як електрична дуга, газове полум'я, лазер та інші;
- 2) тиск (тиснення) – деякі методи зварювання включають застосування тиску для сполучення деталей;
- 3) додаткові матеріали – можуть використовуватися додаткові матеріали, такі як зварювальні дроти або електроди;
- 4) автоматизація – зварювальні процеси можуть бути автоматизовані для підвищення ефективності та якості виконання робіт.

Область застосування зварювання дуже широка і включає наступне:

- будівництво сталевих каркасів, мостів, будівель та інфраструктури;
- виробництво автомобілів, зокрема шасі, кузовів та інших компонентів;
- зварювання металевих елементів частин корпусів суден;
- виготовлення зварних труб, будівництво газо-, нафтопроводів;
- металеві елементи авіаційної та космічної промисловості.

Запровадження нових способів зварювання, в т. ч. у середовищі захисних газів, під флюсом, електрошлакового, тощо, дозволяє вирішити проблему широкого використання в промисловості зварних виробів із деталями і складальними одиницями з спеціальних сталей, кольорових металів та їх сплавів [1, с. 4].

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					<i>KP.422.15.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>7</i>

Місткість ємкості становить 2,5 м³, при наступних габаритних розмірах: довжина – 2340 мм, діаметр 630 мм. Маса конструкції рівна 4130 кг, однак при виконанні гідро-випробувань маса збільшується до 4370 кг. Гарантований термін експлуатації ємкості для зберігання парафіну складає 12 років.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Технічні умови (ТУ) на виготовлення зварного виробу є документом, який визначає всі вимоги до матеріалів, процесу виробництва, контролю якості та інших аспектів, необхідних для виготовлення зварних конструкцій. Ось основні пункти, які входять до ТУ:

- 1) загальні положення: назва виробу, призначення та область застосування, нормативні документи, на які посилаються ТУ;
- 2) вимоги до матеріалів: типи та марки сталей або інших матеріалів, хімічний склад матеріалів, механічні властивості (міцність, пластичність, твердість);
- 3) конструктивні вимоги: схеми та креслення виробу, точність виготовлення та допуски, розміри та геометрія елементів;
- 4) технологія зварювання: методи зварювання (ММА, MIG/MAG, TIG та інші), режими зварювання (струм, напруга, швидкість зварювання), вимоги до попереднього нагрівання та механічної обробки після виконання процесу зварювання;
- 5) вимоги до зварних швів: типи та розміри зварних швів, вимоги до якості швів (відсутність пор, тріщин, включень), методи контролю якості (візуальний огляд, ультразвукова, рентгенографічна перевірка);
- 6) контроль якості: методи та обсяг контролю якості, вимоги до випробувань (механічні випробування, випробування на міцність, пневмо-гідравлічні випробування);

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7) пакування, маркування і транспортування: вимоги до пакування виробів, способи маркування готових виробів, правила транспортування та зберігання;

8) вимоги до документації: перелік необхідної документації (паспорти, сертифікати), вимоги до ведення та зберігання документації.

Ці технічні умови забезпечують високу якість та безпечність експлуатації зварних виробів і гарантують, що вироби відповідають усім необхідним стандартам та нормам.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Зварні вироби можуть бути виготовлені з одного або комбінації декількох матеріалів залежно від вимог до конструкції та умов її експлуатації. Правильний вибір матеріалу є ключовим для забезпечення довговічності та надійності ємкості для парафіну.

Враховуючи особливості експлуатації зварної конструкції, для її виготовлення буде використовуватись сталь низьколегована марки 09Г2С. Дана сталь володіє високою міцністю, що дозволяє використовувати її в конструкціях, які повинні витримувати значні навантаження. Особливістю сталі 09Г2С є її температурна стійкість, яка дозволяє застосовувати сталь при дуже низьких і високих температурах - від -70 до +450 °С. Також достатня корозійна стійкість сталі впливає на її довговічність експлуатації.

Хімічні елементи, що присутні в даній марці сталі представлені в таблиці 1.1, крім цього в таблиці 1.2 приведені її основні механічні властивості.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С у % [2]

C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
не більше							
0,12	0,6 - 0,8	1,3-1,7	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 09Г2С [2]

Переріз, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %
До 10	не менше		
	345	490	21

Зварюваність сталі - це здатність матеріалу утворювати міцний та якісний зварний шов без утворення дефектів під час зварювального процесу. Це характеристика, яка показує, наскільки легко і ефективно певна сталь може бути зварена з використанням різних методів зварювання.

Основними факторами, що впливають на зварюваність є:

- хімічний склад сталі: вміст вуглецю, легуючих елементів та інших домішок може впливати на зварювальні властивості;
- фізичні властивості сталі: міцність, твердість, пластичність та температура плавлення мають важливе значення при зварюванні;
- технічні умови зварювання: метод зварювання, режим нагрівання, захист від окислення та інші параметри.

Сталі з доброю зварюваністю можуть легко з'єднуватися між собою, утворюючи надійний і довговічний зварний шов. Сталі із задовільною зварюваністю можуть вимагати додаткових заходів, таких як попереднє

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

підігрівання або спеціальні зварювальні матеріали, для досягнення бажаних результатів.

Визначення показника зварюваності обчислюється із рівняння еквівалентного вмісту вуглецю у сталі 09Г2С [3, с.127]:

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

де С, Мп, Si, Ni, Cr, Мо, Cu, V, В –вміст хімічних елементів у сталі, %.

Підставивши відповідні значення хімічних елементів, одержимо:

$$C_{\text{екв}} = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,8}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,54\%.$$

Так як для сталі 09Г2С значення еквівалентного вмісту вуглецю становить 0,54%, що перевищує допустиме 0,45%, то це вказує на те, що дана марка сталі зварюється задовільно і для того, щоб не утворювалися дефекти – холодні тріщини, потрібний попередній підігрів, що значно сповільнить швидкість охолодження зварного шва та імовірність утворення тріщин відповідно знизиться.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Основним матеріалом при виготовленні ємкості для парафіну є метал – низьколегована сталь 09Г2С, що повинна володіти необхідними механічними властивостями в процесі своєї експлуатації. Також важливим фактором є стійкість до корозії основного металу.

Вирішальне значення має попередня підготовка основного металу перед зварюванням. Поверхні матеріалів повинні бути ретельно очищені від

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

окалини, масла, іржі та інших забруднень, це забезпечує якісний зварний шов без дефектів.

Використання високоякісних зварювальних матеріалів, які відповідають марці основного матеріалу. Це важливо для забезпечення сумісності та міцності зварного з'єднання.

Обов'язковою умовою є те, що після зварювання необхідно проводити контролю якості, для виявлення зовнішніх і внутрішніх дефектів. Це забезпечує довговічність і безпеку застосування ємкості для парафіну.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Вимоги до шорсткості, геометричної форми та розмірів зварних виробів визначаються технічними стандартами та залежать від конкретного типу виробу, умов його експлуатації та вимог з якості. Ось основні аспекти, які потрібно враховувати:

- шорсткість поверхні зварних швів повинна бути мінімальною, щоб уникнути концентрації напружень і зменшити ризик корозії, для цього використовуються різні методи обробки поверхні, такі як шліфування або інші види механічної обробки;
- вимірювання шорсткості здійснюється за допомогою спеціальних приладів і відповідно до встановлених стандартів;
- зварні шви повинні мати правильну форму без значних відхилень, також важливо забезпечити рівномірність зварних швів, відсутність зламів і розривів;
- контроль геометричної форми здійснюється за допомогою інструментів, таких як шаблони, лінійки, калібри та спеціальні вимірювальні пристрої;
- всі розміри зварних швів (ширина, висота, глибина провару) повинні відповідати проектній документації та встановленим допускам;
- точність дотримання розмірів забезпечується за рахунок

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання точних зварювальних технологій і постійного контролю під час технологічного процесу виготовлення ємкості для парафіну.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Вимоги до зварних з'єднань ємкості для парафіну охоплюють кілька основних аспектів, спрямованих на забезпечення надійності, міцності та безпеки конструкції. По-перше, зварні шви повинні бути міцними та надійними, здатними витримувати робочі навантаження, що діють на конструкцію. Це означає, що шви мають бути без тріщин, розривів та інших дефектів, які можуть знизити їх міцність.

Дуже важливою вимогою є герметичність зварних з'єднань. Герметичність допомагає уникнути протікань, що можуть призвести до втрат вмісту речовини або виникнення аварійних ситуацій.

Також з'єднання повинні відповідати технічним стандартам і нормативам, як-от ДСТУ або ISO. Це гарантує, що всі етапи виробництва виконані відповідно до встановлених правил і забезпечують належну якість і безпеку конструкції.

Крім цього, з'єднання повинні бути технологічними, тобто їх виготовлення повинно бути зручним і ефективним. Вибір відповідних методів зварювання забезпечує якісні з'єднання та підвищує продуктивність виробничого процесу.

1.3.4 Вимоги до складання

Вимоги до складання зварних виробів можуть варіюватися залежно від конкретного проекту, матеріалу і галузевих стандартів. Проте, ось кілька загальних вимог.

По-перше, поверхні деталей повинні бути очищені від іржі, окалини,

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

масла та інших забруднень. Це забезпечує кращий контакт між деталями та якісніший зварювальний шов. По-друге, деталі повинні бути точно підігнані та зафіксовані у правильному положенні. Це гарантує точність зварного шва та зменшує ризик виникнення дефектів. Важливо використовувати спеціальні фіксуючі пристрої, такі як скоби, затискачі або зварювальні фіксатори. Вони забезпечують стабільність деталей під час зварювання і допомагають уникнути деформацій.

Дотримання правильного температурного режиму є критичним аспектом процесу зварювання. Висока або низька температура може призвести до деформацій або утворення дефектів. Тому важливо контролювати температуру під час зварювання, особливо для чутливих матеріалів. Крім того, після складання та зварювання необхідно провести візуальний огляд та контроль якості зварного шва. Це дозволяє виявити можливі дефекти, такі як тріщини, пористість або нерівності та вжити відповідних заходів для їх усунення.

Також можуть існувати додаткові вимоги, залежно від специфікацій проекту та галузевих стандартів. Наприклад, для деяких матеріалів може бути потрібне спеціальне зварювальне обладнання або додаткові підготовчі процедури.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Вимоги до якості зварної конструкції залежать від її призначення, галузевих стандартів і нормативних документів. Використовувані матеріали повинні відповідати технічним характеристикам і вимогам проекту, бути сертифікованими і відповідати стандартам, таким як ASTM, ISO або ДСТУ.

Елементи конструкції повинні бути виготовлені з високою точністю відповідно до проектних креслень і специфікацій, враховуючи розміри,

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

допуски і геометричні параметри. Якість зварних швів має відповідати встановленим стандартам, бути однорідними, без тріщин, пор і включень.

Перевірка якості зварних з'єднань може включати візуальний огляд, ультразвуковий контроль, рентгенографію та інші методи неруйнівного контролю. Металеві конструкції повинні мати ефективний захист від корозії, особливо якщо вони будуть експлуатуватися в агресивних середовищах, включаючи нанесення захисних покриттів, фарбування або використання корозійностійких матеріалів.

Під час монтажу конструкцій необхідно дотримуватися вимог до точності установки, зварювання і кріплення елементів, забезпечуючи правильну геометрію і стійкість конструкції. Готові конструкції піддаються різним випробуванням на міцність, жорсткість, стійкість до навантажень та інші параметри, включаючи статичні та динамічні випробування.

Металеві зварні конструкції повинні відповідати чинним будівельним нормам і правилам, таким як ДБН в Україні або інших відповідних нормативних документів. Дотримання цих вимог забезпечує високу якість і надійність металевих зварних конструкцій, що важливо для їх безпечного практичного застосування.

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

Аналіз існуючого технологічного процесу зварювання ємкості для парафіну дозволяє виявити слабкі місця та розробити рекомендації для підвищення ефективності та якості зварювальних робіт. Основні аспекти, які слід враховувати під час аналізу є такими.

Проаналізувати сам процес зварювання, включаючи методи зварювання, температуру, швидкість зварювання та послідовність виконання

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

швів. Виявити можливі проблеми, такі як нерівномірне нагрівання, надмірна швидкість зварювання або неправильно вибрана послідовність швів.

Звернути увагу на вибір зварювальних матеріалів, таких як електродів, зварювальних дрітків, захисних газів та флюсів. Перевірити відповідність матеріалів технічним вимогам та специфікаціям проекту.

Оцінити стан і технічні характеристики зварювального обладнання. Переконаватися, що використовуються сучасні зварювальні апарати, які забезпечують стабільну роботу та необхідну якість процесу зварювання.

Визначити, наскільки якісно очищаються поверхні деталей перед зварюванням. Необхідно врахувати очищення від іржі, окалини, масла та інших забруднень.

Перевірити наявність і точність документації, яка супроводжує зварювальний процес. Це можуть бути технологічні карти, інструкції зварювання, специфікації матеріалів та обладнання. Наявність детальної документації допомагає забезпечити узгодженість і повторюваність процесу.

Оскільки існуючий процес зварювання ємкості для парафіну використовує ручний дуговий спосіб, який забезпечує необхідну якість, але його продуктивність є не надто високою. Тому потрібно запровадити заходи, які дозволять ще додатково підвищити якість зварних швів, при додатковому підвищенні продуктивності даного технологічного процесу. Отже, замість ручного дугового зварювання ефективним буде запровадження автоматичного методу під шаром флюсу.

Також будуть дієвими наступні впровадження у технологічний процес виготовлення ємкості для парафіну:

1. Оцінити можливість впровадження нових технологій у процесі зварювання, таких як автоматичне або роботизоване зварювання, використання сучасних зварювальних матеріалів або обладнання з автоматичним контролем параметрів. Це може суттєво підвищити ефективність і якість виконання зварювальних робіт.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вести облік і аналізувати дефекти, які виникають під час зварювання. Це дозволяє виявити закономірності, причини виникнення дефектів і розробити заходи щодо їх усунення. Регулярний аналіз дефектів допомагає покращити якість зварювання у довгостроковій перспективі.

3. Вивчення дії зварювального процесу на навколишнє середовище і розробити заходи для мінімізації негативного впливу. Це можуть бути системи очищення повітря від зварювальних газів, утилізація відходів або використання екологічно чистих матеріалів.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Зварювання ємкості для парафіну можливе всіма існуючими на сьогоднішній день методами. Однак потрібно врахувати технологічність, особливості виконання та переваги і недоліки кожного із запропонованих способів зварювання.

Ручне дугове зварювання (ММА) має свої переваги та недоліки, що робить його відповідним для певних застосувань та менш підходящим для інших. Переваги ручного дугового зварювання включають універсальність, оскільки його можна використовувати з різними металами і у різних умовах, включаючи важкодоступні місця та ремонтні роботи. Цей метод не вимагає складного обладнання, тому є відносно дешевим. ММА забезпечує високу якість зварного шва при правильному виконанні, а також дає можливість регулювати параметри зварювання безпосередньо під час роботи. Крім того, ММА можна використовувати на відкритому повітрі та при низьких температурах, що робить його корисним для виконання будівельних і ремонтних робіт при різних кліматичних умовах.

Однак у даного методу є й свої недоліки. Ручне дугове зварювання має відносно низьку продуктивність через необхідність частого замінювання електродів і зупинок для очищення шлаку. Цей метод також вимагає високої кваліфікації зварювальника для отримання якісних зварних швів, і може бути складним для початківців. Крім того, цей метод не підходить для тонких матеріалів через ризик перегріву та деформації. Нарешті, шлак, що утворюється під час зварювання, потребує додаткового очищення і може вплинути на якість зварного шва, якщо він не видаляється належним чином.

Напівавтоматичне зварювання в захисних газах, також відоме як MIG/MAG зварювання (Metal Inert Gas / Metal Active Gas), має свої переваги та недоліки, які варто враховувати при виборі цього методу.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Перевагами напіваавтоматичного зварювання є його висока продуктивність, що досягається завдяки безперервному подачі зварювального дроту. Це дозволяє виконувати довгі зварні шви без необхідності зупинок для заміни електродів. Крім того, MIG/MAG зварювання забезпечує високу якість зварного шва завдяки стабільному процесу зварювання і захисту від окислення за допомогою газової захисної оболонки. Цей метод також дозволяє зварювати різні типи металів і сплавів, включаючи алюміній і нержавіючу сталь. Напіваавтоматичне зварювання відзначається високою точністю і мінімальними деформаціями, що робить його ідеальним для тонких матеріалів і складних конструкцій.

Водночас недоліки у цьому способі зварювання також присутні. Напіваавтоматичне зварювання вимагає використання газових балонів для захисту зварювального процесу, що може бути незручно на відкритому повітрі або у важкодоступних місцях. Також MIG/MAG зварювання потребує додаткового обладнання для подачі дроту, що підвищує вартість і складність процесу. Крім того, цей метод вимагає високої кваліфікації зварювальника для налаштування параметрів зварювання і контролю процесу. Використання газової захисної оболонки робить метод чутливим до вітру та інших атмосферних умов, що може вплинути на якість зварного шва. Нарешті, напіваавтоматичне зварювання може бути менш ефективним для товстих матеріалів або великих конструкцій, де краще підходять інші методи зварювання.

До основних переваг автоматичного зварювання під флюсом відноситься його висока продуктивність. Даний спосіб зварювання дозволяє виконувати довгі шви без зупинок, забезпечуючи високу швидкість зварювання. Цей метод гарантує відмінну якість зварного шва завдяки стабільному процесу зварювання і захисту від окислення за допомогою флюсу, який покриває дугу і зварювальну ванну. SAW має високу ефективність використання матеріалів, оскільки більшість флюсу можна повторно

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

використовувати. Крім того, цей метод забезпечує низький рівень випромінювання ультрафіолету і диму, що покращує умови праці.

Крім переваг автоматичне зварювання під флюсом (SAW) має і свої недоліки. Цей метод обмежено використовується до горизонтальних і деяких вертикальних положень зварювання через гравітаційний ефект флюсу, що може обмежувати його застосування. Даний процес потребує спеціального обладнання і складної підготовки, що підвищує початкові витрати і вимагає кваліфікованого персоналу для налаштування і обслуговування. Крім того, SAW не підходить для тонких матеріалів, оскільки висока теплова потужність може призвести до утворення дефектів у зварних швах. Ще один недолік – велика кількість флюсу, який може бути втрачений або забруднений, що підвищує додаткові витрати на матеріали.

Враховуючи переваги і недоліки кожного із запропонованих способів, а також конструктивні особливості ємкості для парафіну, найбільш оптимальним варіантом буде використання автоматичного зварювання під флюсом (SAW), схема виконання якого представлена на рисунку 2.1.

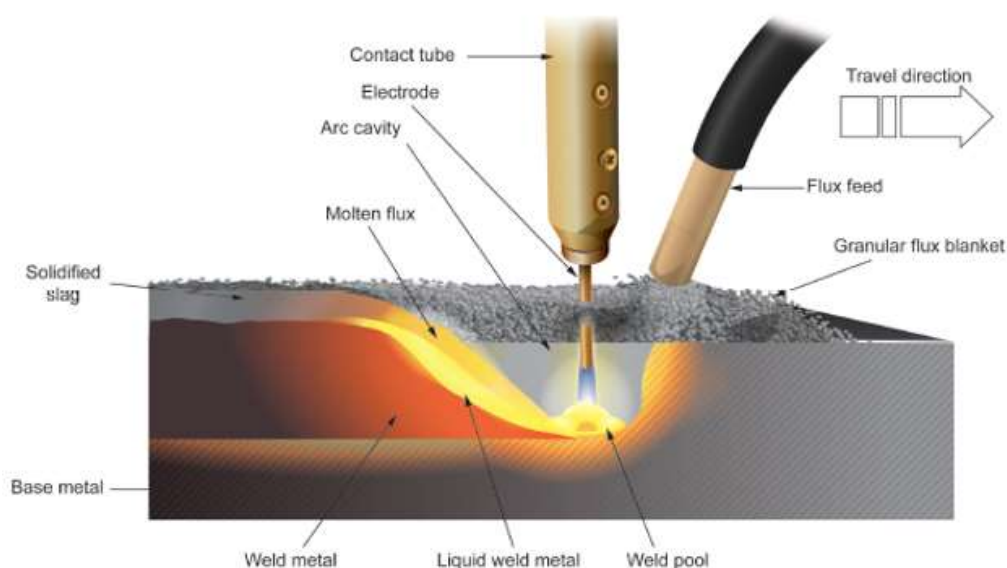


Рисунок 2.1 - Схема автоматичного зварювання під флюсом

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення ємкості для парафіну основним матеріалом є низьколегована сталь марки 09Г2С. Оскільки зварювання ємкості відбуватиметься автоматичним методом під флюсом, то зварювальними матеріалами будуть дріт і флюс.

Вибір зварювального дроту визначається його технічними характеристиками, якістю матеріалу і відповідністю певним стандартам. Основне при виборі полягає в тому, що склад дроту має відповідати типу матеріалу, який зварюється. Також діаметр дроту має бути обраний відповідно до товщини металу, що зварюється. Тонкі метали вимагають дроту з меншим діаметром, щоб уникнути перегріву і деформації основного матеріалу, а товсті метали – дроту з більшим діаметром для забезпечення достатньої глибини проплавлення.

Правильний вибір і використання зварювального дроту забезпечують високу якість зварних швів, підвищену продуктивність процесу і надійність виконання зварювальних робіт.

Отже, для виготовлення ємкості для парафіну буде застосовуватися зварювальний дріт марки Св-08Г2С, його хімічний склад представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08Г2С [3, с. 177]

Вміст елементів, %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,05- 0,11	0,70- 0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

Вибір зварювального флюсу відбувається відповідно до встановлених вимог, щоб забезпечити високу якість і надійність зварного шва. Флюс повинен мати хорошу здатність до захисту зварювальної дуги від впливу кисню і азоту з повітря, що може викликати окислення і інші дефекти. Флюс також повинен сприяти стабільності горіння дуги і полегшувати процес зварювання.

Важливою вимогою є те, що флюс повинен мати відповідний склад, який забезпечує високу якість зварного шва. Наприклад, він може містити легуючі елементи, такі як марганець, кремній або хром, які покращують механічні властивості і корозійну стійкість зварного шва. Також флюс повинен мати добру здатність до очищення металу від домішок і оксидів, що покращує проникнення і адгезію зварного шва. Він також має сприяти утворенню шлаку, який легко видаляється після зварювання.

Крім того, флюс повинен мати стабільний гранулометричний склад, що забезпечує рівномірне плавлення і подачу під час зварювання. Важливо, щоб флюс не містив вологи, оскільки це може призвести до утворення пористості у зварних швах.

Враховуючи вищенаведені вказівки, виготовлення ємкості для парафіну буде відбуватися із застосуванням флюсу марки АН-22 хімічний склад якого представлений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу АН-22 [4, с.108-109]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
18-21,5	7-9	12-15	11,5-15	19-23	20-24	1,0	1-2	1-2

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Розрахунок параметрів режиму зварювання є важливим етапом для забезпечення якісного та ефективного зварювального процесу. Особливості виконання розрахунків залежать від типу зварювання, матеріалу, що зварюється і вимог, які пред'являються до зварного шва.

Основними параметрами режиму зварювання ємкості для парафіну є: сила зварювального струму, напруга на дузі, швидкість подачі зварювального дроту і швидкість зварювання (переміщення зварювального автомату).

Оскільки ємкість зварюється різними типами з'єднань, все ж таки основними є стикові, від якості яких залежить загальна надійність зварної конструкції. Схема стикового з'єднання показана на рисунку 2.2.

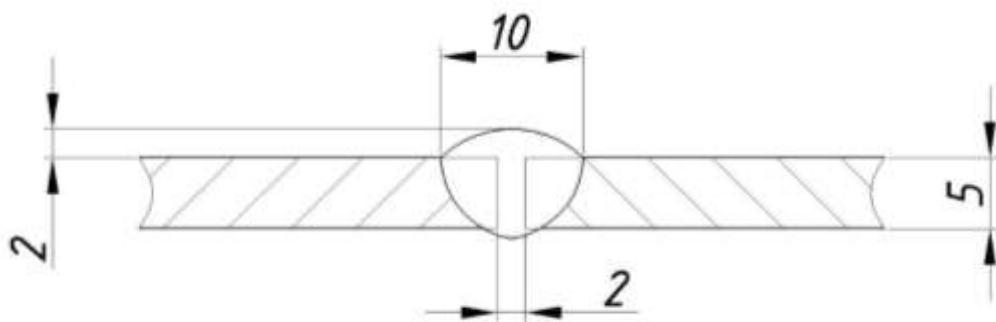


Рисунок 2.2 – Схема стикового з'єднання

Сила зварювального струму визначається за формулою:

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

де h – глибина проплавлення, мм, при повному проплавленні, $h = 5$ мм;

k – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов проведення зварювання (рід струму, полярність), мм/100А.

Для електродного дроту діаметром 2 мм, $k = 1,45$ мм/100А [5, с.193].

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$I_{зв} = \frac{5}{1,45} \cdot 100 = 344,83 \sim 345 \text{ A.}$$

Зварювальний струм становить 345 А.

Діаметр електродного дроту визначається за формулою:

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

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

j – густина струму, А/мм²;

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{345}{100}} = 2,1 \text{ мм.}$$

В даному випадку діаметр електродного дроту рівний 2 мм.

Напругу на дузі визначається за формулою:

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

де $I_{зв}$ – струм зварювальний, А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм;

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2^{0,5}} \cdot 345 \pm 1 = 32,2 \text{ В.}$$

Приймаємо напругу на дузі 32 В.

Площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва дорівнює сумі площ підсилення і величини зазору в у перерізі.

Площа підсилення в поперечному перерізі шва визначається за формулою:

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

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де l – ширина зазору шва, м;

q – величина підсилення шва, м;

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

Площу наплавленого металу в зазорі шва визначається за формулою:

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

де $h_{ш}$ – висота шва, м;

l – ширина зазору шва, м;

h_p – висота розроблення, м;

α – кут розроблення;

$$F_2 = 5 \cdot 2 + 3 \cdot tg30 \cdot 3 = 9,94 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

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

де F_1 – площа поперечного перерізу підсилення шва, м²;

F_2 – площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва, м²;

$$F = 3 \cdot 10^{-6} + 9,94 \cdot 10^{-6} = 12,94 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт наплавлення розраховується за формулою:

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

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

B – коефіцієнт пропорційності при постійному струмі, $B=0,065$;

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

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$d_{ел}$ – діаметр зварювального дроту, мм;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{345}{2} = 13,5 \frac{\text{г} \cdot \text{А}}{\text{год}}.$$

Швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання визначається за формулою:

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

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

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

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

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм;

γ – густина наплавленого металу, кг/м³. Густина сталі рівна 7800кг/м³;

$$V_{п.д.} = \frac{4 \cdot 13,5 \cdot 345}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 190,16 \text{ м/год}.$$

Швидкість зварювання розраховується за формулою:

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

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

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

F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу, м²;

γ – густина наплавленого металу, кг/м³;

$$V_{зв} = \frac{13,5 \cdot 10^{-3} \cdot 345}{12,94 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 35,32 \approx 35 \text{ м/год}.$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом стикового шва ємкості для парафіну

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
2	345	32	35	190

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Так як ємкість для парафіну виготовляється автоматичним зварюванням під флюсом, то в якості обладнання необхідно вибрати власне зварювальний автомат та джерело живлення до нього.

Зварювання ємкості буде виконуватися автоматичною головкою Lincoln Electric NA5 (рис. 2.3) американського виробництва. Дані автомати спеціально розроблені для збільшення продуктивності процесу при високих швидкостях зварювання.



Рисунок 2.3 – Автоматична зварювальна головка Lincoln Electric NA5 [6]

Основні переваги зварювальної головки Lincoln Electric NA5 [6]:

- система управління дозволяє точно контролювати зварювальний процес, характеристики дуги, а також розмір і зовнішній вигляд шва;
- швидке налаштування під широкий діапазон зварювальних процесів, швидкостей подачі і розмірів дроту;
- компактні елементи з відмінною можливістю компонуватися в прості комбінації найбільш складних автоматизованих виробничих ліній.
- міцна і надійна конструкція мінімізує простій та затримки на ремонт [6].

Технічні характеристики зварювальної головки Lincoln Electric NA5 представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики зварювальної головки Lincoln Electric NA5 [6]

Параметри	Значення
Діаметр суцільного дроту, мм	0,9 – 5,6
Діаметр порошкового дроту, мм	1,2 – 4,0
Діапазон регулювання швидкості подачі дроту, м/хв	0,6 – 16,5

В комплекті до цієї зварювальної головки використовується універсальне джерело живлення для зварювання під флюсом Power Wave AC/DC 1000 американського виробника Lincoln Electric.

Power Wave 1000 AC/DC пропонує нову якість зварювання під флюсом. Крім стандартних переваг цього методу, таких як високий коефіцієнт наплавлення та хороше проплавлення, джерело пропонує додатково покращений контроль та більшу стабільність дуги. В однодуговому процесі Power Wave AC/DC забезпечує універсальність при застосуванні Waveform Control Technology. У багатодугових процесах універсальність досягається шляхом контролю фаз між дугами. Пристрій спроектований таким чином, щоб

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у разі потреби високого струму зварювання можна було послідовно з'єднувати апарати [7].

Перевагами джерела живлення Power Wave 1000 AC/DC є [7]:

- простота в експлуатації завдяки простому перемикачу полярності - не потрібне переналаштування обладнання;
- покращена стабільність складання фаз з кількома дугами;
- підвищена ефективність та надійність забезпечується системою охолодження, виконаною за запатентованою технологією Coaxial Transformer Technology;
- коефіцієнт потужності 95% дозволяє під'єднати декілька апаратів одного посту, що значно знижує витрати;
- для реєстрації параметрів зварювання застосовується система дистанційного керування процесами ArcLink, Ethernet та DeviceNet;
- необмежений контроль частоти та балансу позитивних і негативних циклів та амплітуд [7].

Загальний вигляд і технічні характеристики джерела живлення Power Wave 1000 AC/DC показані на рисунку 2.4 і таблиці 2.5 відповідно.



Рисунок 2.4 – Джерело живлення Power Wave 1000 AC/DC [7]

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики джерела живлення Power Wave 1000 AC/DC [7]

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення / фаз, В, Гц	400/3/50-60
Зварювальний струм при ПВ 100%, А	1000
Мережевий запобіжник, А	80
Діапазон регулювання сили зварювального струму, А	200-1000
Габаритні розміри, мм:	
висота	1100
ширина	488
довжина	838
Маса, кг	250

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Багато факторів впливають на вибір методу контролю якості зварної конструкції. Тип матеріалу визначає метод контролю, оскільки різні матеріали потребують різних підходів. Наприклад, для сталевих конструкцій може бути використаний ультразвуковий контроль, тоді як для алюмінієвих конструкцій краще буде застосувати магнітний контроль.

Тип дефектів також впливає на вибір методу, оскільки різні методи ефективні для різних типів дефектів. Наприклад, ультразвуковий контроль добре підходить для виявлення внутрішніх нещільностей, тоді як візуально-оптичний контроль може виявити тільки зовнішні дефекти.

Розмір та форма конструкції можуть вимагати більш складних методів контролю, таких як комп'ютерна томографія. Вимоги до точності також визначають вибір методу, оскільки деякі методи можуть бути більш точними,

ніж інші. Наприклад, ультразвуковий контроль може бути точнішим, ніж магнітний.

Витрати на проведення контролю якості також мають велике значення, оскільки різні методи потребують різних рівнів інвестицій у техніку та обладнання. Наприклад, рентгенівський контроль може бути дорожчим, ніж ультразвуковий.

Час і ефективність також відіграють важливу роль, оскільки деякі методи можуть бути швидшими або ефективнішими, ніж інші. Наприклад, магнітний контроль може бути швидшим, ніж ультразвуковий.

Наявність кваліфікованого персоналу також важлива, оскільки деякі методи потребують спеціалізованого навчання та досвіду. Наприклад, використання ультразвукового дефектоскопа може вимагати кваліфікованого оператора.

Правильний вибір методу контролю якості залежить від комбінації цих факторів, тому щоб забезпечити найкращу якість виготовлюваної зварної конструкції потрібно детально вивчити її особливості та рівень відповідальності при подальшому застосуванні.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення ємкості для парафіну включає кілька ключових етапів, кожен з яких має свої особливості та вимоги. Спочатку проводиться підготовка матеріалів, що включає очищення поверхонь від іржі, окалини, масла та інших забруднень. Потім деталі точно підганяються та фіксуються у правильному положенні, щоб забезпечити потрібну точність зварних швів.

Наступним етапом є підготовка зварювальних матеріалів, таких як зварювальний дріт і флюс, які повинні відповідати технічним характеристикам

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічного процесу. Важливо також використовувати спеціальні фіксуючі пристрої, такі як скоби, затискачі або зварювальні фіксатори для забезпечення стабільності положення деталей під час виконання складання.

Зварювання виконується автоматичним способом під флюсом. Під час виконання даного процесу важливо дотримуватися правильного температурного режиму, щоб уникнути деформацій і забезпечити утворення якісних зварних швів. Після зварювання проводиться контроль якості зварних з'єднань для виявлення присутності можливих дефектів.

Далі слідує механічна обробка після зварювання, яка може включати очищення швів від шлаку, шліфування та нанесення антикорозійних покриттів для запобігання корозії та покращення зовнішнього вигляду зварних з'єднань.

Завершальним етапом є випробування та контроль готових конструкцій на міцність, жорсткість, герметичність, стійкість до навантажень та інші параметри, щоб переконатися в їх надійності та відповідності вимогам технологічного процесу.

2.6.1 Заготівельні операції

Ємкість для парафіну є конструкцією оболонкового типу, тому основною умовою буде правильне формування об'ємних заготовок. Для того, щоб отримати потрібні розміри майбутніх деталей виконується операція розмічування. Дрібні деталі будуть розмічатись за допомогою ручних вимірювальних інструментів та відповідних шаблонів, а от розмічування об'ємних листових заготовок не потрібне, тому що буде використовуватися установка з числовим програмним керуванням із застосуванням системи плазмового різання Hypertherm Powermax 45XP [8], яка показана на рисунку 2.5. Крім того розрізання заготовок менших розмірів та розроблення кромek на них, також відбувається плазмовим методом з використанням однойменного обладнання.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головною деталлю ємкості є обичайка, її одержання відбувається методом вальцювання із використанням трьох валкового електромеханічного вальцювального верстату марки ASM-S [9] (рис. 2.6).

Формування днищ відбувається методом штампування із застосуванням пресу для фланжування Bendmak BMBP 1000xD [10], що показаний на рисунку 2.7.



Рисунок 2.5 – Система плазмового різання Hypertherm Powermax 45XP [8]



Рисунок 2.6 – Електромеханічний вальцювальний верстат ASM-S [9]



Рисунок 2.7 – Прес Bendmak BMBP 1000xD [10]

Свердління отворів у фланцях горловин відбувається з використанням фрезерно-свердлильного верстату JET JMD-18 [11], що представлений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Фрезерно-свердлильний верстат JET JMD-18 [11]

2.6.2 Складальні операції

Складальні операції в технологічному процесі виготовлення ємкості для парафіну полягають у виконанні наступного:

- виготовлення обичайки ємкості за рахунок з'єднання її торців поздовжнім стиковим швом;
- прикладання з двох боків до обичайки попередньо відпресованих днищ та їх загальне зварювання стиковими кільцевими швами;
- окреме зварювання горловин разом із фланцями в кількості двох штук кутовими кільцевими швами;
- виготовлення кронштейнів методом зварювання двох пластин тавровим швом в кількості чотирьох штук;
- прикладання попередньо одержаних елементів – кронштейнів і горловин разом із фланцями до попередньо сформованої ємкості та їх зварювання з метою одержання вже готового зварного виробу.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Складально-зварювальні операції при виготовленні ємкості для парафіну включають кілька важливих етапів, кожен з яких відіграє ключову роль у забезпеченні високої якості готового виробу.

Початок даних операцій здійснюється тимчасовим фіксування деталей за допомогою спеціальних пристроїв, таких як затискачі або фіксатори, щоб забезпечити точність і стабільність положення при подальшому зварюванні.

Далі виконується монтаж деталей у правильне положення, що включає вирівнювання і орієнтацію елементів відповідно до проектних вимог. Після цього проводиться попереднє зварювання або прихоплювання, яке дозволяє зафіксувати деталі у правильному положенні перед основним зварюванням.

Після попереднього зварювання виконується основне зварювання, яке включає з'єднання деталей за допомогою зварювальних швів. Важливо дотримуватися правильного режиму зварювання, щоб уникнути деформацій і забезпечити утворення якісних зварних з'єднань.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Опоряджувальні операції при виготовленні ємкості для парафіну включають кілька важливих етапів, які спрямовані на забезпечення остаточного вигляду, міцності та довговічності зварного виробу. Спочатку проводиться шліфування зварних швів, щоб видалити залишки шлаку та нерівності, а також для досягнення гладкої поверхні. Це покращує зовнішній вигляд і запобігає утворенню можливих дефектів.

Наступним етапом є очищення поверхонь, що може включати хімічне очищення або обробку абразивними матеріалами для видалення залишків окалини, масла та інших забруднень. Це забезпечує чистоту зварних з'єднань і підвищує адгезію покриттів. Виконання даних робіт відбувається із

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

застосуванням кутової шліфувальної машини Metabo WEBA 20-125 Quick BL [12], яка зображена на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Кутова шліфувальна машина Metabo WEBA 20-125 Quick BL [12]

Після очищення може проводитися нанесення антикорозійних покриттів, таких як ґрунтовка, фарба або спеціальні захисні суміші. Це необхідно для запобігання корозії і забезпечення довговічності конструкції, особливо якщо вона експлуатуватиметься в агресивних середовищах.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції при виготовленні ємкості для парафіну включають низку дій, які забезпечують підготовку матеріалів, інструментів та обладнання для виконання основного технологічного процесу, а також завершальні роботи для забезпечення якості і довговічності зварної конструкції.

Основним етапом є підготовка інструментів і обладнання, що включає перевірку справності зварювальних апаратів, налаштування параметрів зварювання, підготовку зварювального дроту та флюсу. Важливо, щоб всі інструменти були в робочому стані і відповідали вимогам технологічного процесу виготовлення ємкості для парафіну.

Крім того важливим також є виготовлення пристосувань і шаблонів, які використовуються для точного вирізання, стикування і фіксації деталей. Це включає розмічування заготовок, виготовлення відповідних шаблонів, а також використання спеціальних затискачів і фіксаторів для забезпечення точності під час виконання складання і наступного зварювання.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.6.6 Контроль якості

Ємкість для парафіну є зварною конструкцією оболонкового типу, тому для якісного виконання її контролю якості одночасно використовується два методи контролю – візуально-оптичний та гідравлічні випробування. Останній метод потрібний для визначення герметичності зварних швів.

Візуально-оптичний контроль якості зварних швів є важливим методом неруйнівного контролю, який дозволяє оцінити якість зварних з'єднань за допомогою оптичних приладів і безпосереднього огляду. Перед початком контролю слід забезпечити належне освітлення робочої зони. Використання збільшувальних луп чи інших оптичних приладів може допомогти у виявленні дефектів, які не видно неозброєним оком. Також необхідно переконатися, що поверхні зварних швів чисті від забруднень, шлаку та окалини. Контроль починається з огляду зовнішнього вигляду шва, його форми і розмірів. Далі проводиться детальний огляд шва на предмет наявності видимих дефектів.

Для оцінки якості зварних швів можуть бути використані спеціальні вимірювальні прилади, такі як штангенциркулі, шаблони для вимірювання висоти і ширини шва, а також калібри для визначення глибини проплавлення. Це дозволяє оцінити відповідність шва проектним вимогам і нормативним документам. На основі отриманих даних проводиться аналіз якості зварного шва і розробляються рекомендації для покращення технологічного процесу зварювання ємкості для парафіну.

Гідравлічні випробування зварних конструкцій є важливим методом контролю якості, який використовується для оцінки міцності та герметичності зварних з'єднань під впливом високого тиску води.

Конструкцію заповнюють водою, яка створює високий тиск на зварний шов. Це дозволяє виявити можливі тріщини, свищі або інші наскрізні дефекти, які можуть виникнути під впливом тиску. Для того, щоб створити

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

надлишковий тиск води використовується маслозаповнений гвинтовий компресор типу CWD30A II-PM [13], що зображений на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Маслозаповнений гвинтовий компресор CWD30A II-PM [13]

Весь час проведення випробування слідкують за тиском води, щоб забезпечити безпеку і точність випробувань. Після випробувань аналізують результати, перевіряючи наявність дефектів у зварних з'єднаннях, а також вивчають можливі причини, що викликають їх появу. Всі результати випробувань документуються для подальшого аналізу та прийняття рішень, щодо необхідних виправлень у технологічному процесі виготовлення конструкції.

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

Нормування витрат для зварювання під флюсом починається з визначення необхідних матеріалів, таких як флюс та зварювальний дріт. Витрати визначаються на основі досвіду, спеціальних досліджень та необхідних розрахунків. Важливо постійно відстежувати використання матеріалів, щоб впевнитися, що вони використовуються ефективно. Аналіз

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отриманих даних дозволяє знайти можливості для зменшення витрат, наприклад, за рахунок вдосконалення технологічного процесу. Результати нормування заносяться до відповідної документації для подальшого аналізу та прийняття рішень щодо оптимізації процесу. Це допомагає знизити витрати і підвищити ефективність виробництва ємкостей для парафіну.

Виконання наступних арифметичних розрахунків буде виконуватися згідно рекомендацій державного стандарту ДСТУ 3159-95 [14].

Витрати зварювального дроту для виконання зварювальних швів визначаються за формулою:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (2.10)$$

де M – маса наплавленого металу, кг;

k_b – коефіцієнт витрат матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів, $k_b=1,10$.

Маса наплавленого металу визначаються за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.11)$$

де F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, m^2 ;

ρ – густина наплавленого металу, kg/m^3 ;

L – довжина всіх швів виробу, м.

Згідно креслень довжина всіх швів становить, $L=13,7$ м.

$$M = 12,94 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 13,7 = 1,38 \text{ кг};$$

$$H_b = 1,38 \cdot 1,1 = 1,52 \text{ кг}.$$

Витрати флюсу АН-22 для зварювання швів визначаються за формулою:

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\phi} = H_b \cdot K_{\phi}, \quad (2.12)$$

де H_b – витрати зварювального дроту на зварювання шва, кг;

K_{ϕ} – коефіцієнт який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого флюсу, $K_{\phi}=1,7$;

$$Q_{\phi} = 1,52 \cdot 1,7 = 2,59 \text{ кг.}$$

Витрати електроенергії для кожного зварного шва визначаються за формулою:

$$Q_e = \frac{U_{\delta}}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (2.13)$$

де R_u – коефіцієнт роботи дуги, $R_u=0,2$;

n – коефіцієнт пропорційності, $n=0,75$;

U_{δ} – напруга на дузі;

α_n – коефіцієнт наплавлення;

$$Q_e = \frac{32}{13,5 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 15,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Час зварювання для кожного шва визначаються за формулою:

$$t_o = \frac{H_b}{I_{3\phi} \cdot \alpha_n}, \quad (2.14)$$

$$t_o = \frac{1,52 \cdot 10^3}{345 \cdot 13,5} = 0,33 \text{ год} \approx 20 \text{ хв.}$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Складально-зварювальне устаткування використовується для підготовки та з'єднання частин у процесі зварювання. Воно допомагає забезпечити точне і стабільне положення деталей, що дуже важливо для якісного результату. До такого устаткування належать спеціальні стенди, тримачі, кондуктори та інші пристрої, які утримують деталі разом під час роботи.

Основними їх перевагами є точність, економія часу та підвищення продуктивності. Деякі види устаткування навіть автоматизують частину процесу, що особливо корисно при великих обсягах виробництва.

Складально-зварювальні пристосування повинні відповідати ряду вимог, щоб забезпечити якість і ефективність виконання зварювальних робіт. До основних вимог складально-зварювальних пристосувань відносяться:

- 1) точність – пристосування повинні забезпечувати правильне розташування деталей для зварювання, щоб уникнути деформацій і певних неточностей;
- 2) міцність і надійність – їх конструкція має витримувати навантаження під час зварювання, зберігаючи при цьому необхідну стабільність;
- 3) універсальність – можливість адаптації для різних типів деталей і зварювальних процесів;
- 4) ергономічність – зручність у використанні для зменшення фізичного навантаження на працівників;
- 5) автоматизація – у сучасних умовах важливо, щоб пристосування могли інтегруватися в автоматизовані системи;

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

б) довговічність – використання матеріалів, стійких до зношування та високих температур.

Вибір складально-зварювальних пристосувань залежить від кількох важливих чинників. По-перше, необхідно враховувати тип і форму деталей, які будуть з'єднуватися: пристосування має бути адаптоване під розміри та конструктивні особливості виробів.

Також важливим є технологічний процес, адже для різних методів зварювання, таких як ручне, автоматичне або роботизоване, можуть знадобитися відповідні пристосування. Вимоги до точності відіграють ключову роль, оскільки високоточне обладнання потрібне для складних і точних з'єднань.

Обсяги виробництва також впливають на їх вибір: для масового виробництва найкраще підходять автоматизовані системи, тоді як для малосерійного випуску краще використовувати простіші пристосування. Матеріал деталей визначає специфіку пристосувань, наприклад, наявність спеціальних покриттів для захисту поверхонь.

Умови експлуатації, такі як температура чи вологість, безумовно впливають на вибір, оскільки пристосування повинні бути стійкими до цих факторів. Крім того, економічні міркування є важливими: баланс між вартістю обладнання та його ефективністю сприяє оптимальному вибору. Усі ці аспекти допомагають визначити, які саме складально-зварювальні пристосування будуть найбільш підходящими для конкретного завдання.

Особливості роботи складально-зварювальних пристосувань визначаються їх функціями та призначенням. Основними ключовими аспектами їх роботи є наступні показники:

- фіксація деталей: пристосування забезпечують надійне утримання деталей у заданому положенні, щоб уникнути їх зміщення під час зварювання;

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- точність позиціонування: завдяки пристосуванням можна досягти високої точності з'єднання елементів, що є важливим для складних конструкцій;
- стійкість до навантажень: пристосування мають витримувати теплові й механічні навантаження, які виникають під час зварювального процесу;
- простота у використанні: конструкція повинна бути ергономічною, щоб забезпечити зручність для оператора та зменшити час на підготовчі роботи;
- адаптивність: універсальні пристосування дозволяють використовувати їх для деталей різної форми та розміру, що підвищує ефективність виробництва;
- підтримка автоматизації: багато пристосувань можна інтегрувати в автоматизовані або роботизовані системи, що значно підвищує продуктивність роботи.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Роликовий обертач – це пристрій, який використовується для обертання циліндричних деталей або конструкцій, таких як ємкості, труби, резервуари чи барабани, під час зварювання або інших технологічних операцій. Його основною метою є забезпечення рівномірного обертання заготовки, що дозволяє зварнику або автоматизованому обладнанню працювати більш точно та ефективно.

Роликовий обертач складається з двох або більше пар роликів, розташованих паралельно одна до одної. Складена конструкція укладається на ролики, які обертаються завдяки електроприводу чи механічному двигуну. Оператор може регулювати швидкість обертання залежно від потреби: наприклад, для рівномірного зварювального шва потрібна повільна стабільна швидкість.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки цьому пристрою скорочується трудомісткість робіт виконуваних оператором, покращується контроль над процесом, а також підвищується якість готового виробу. Обертачі можуть використовуватися, як для зварювання, так і нанесення покриттів, зачищення чи шліфування поверхонь виробів.

В технологічному процесі виготовлення ємкості для парафіну застосовуються роликові обертачі серії Т 60М, схема одного з них показана на рисунку 3.1.

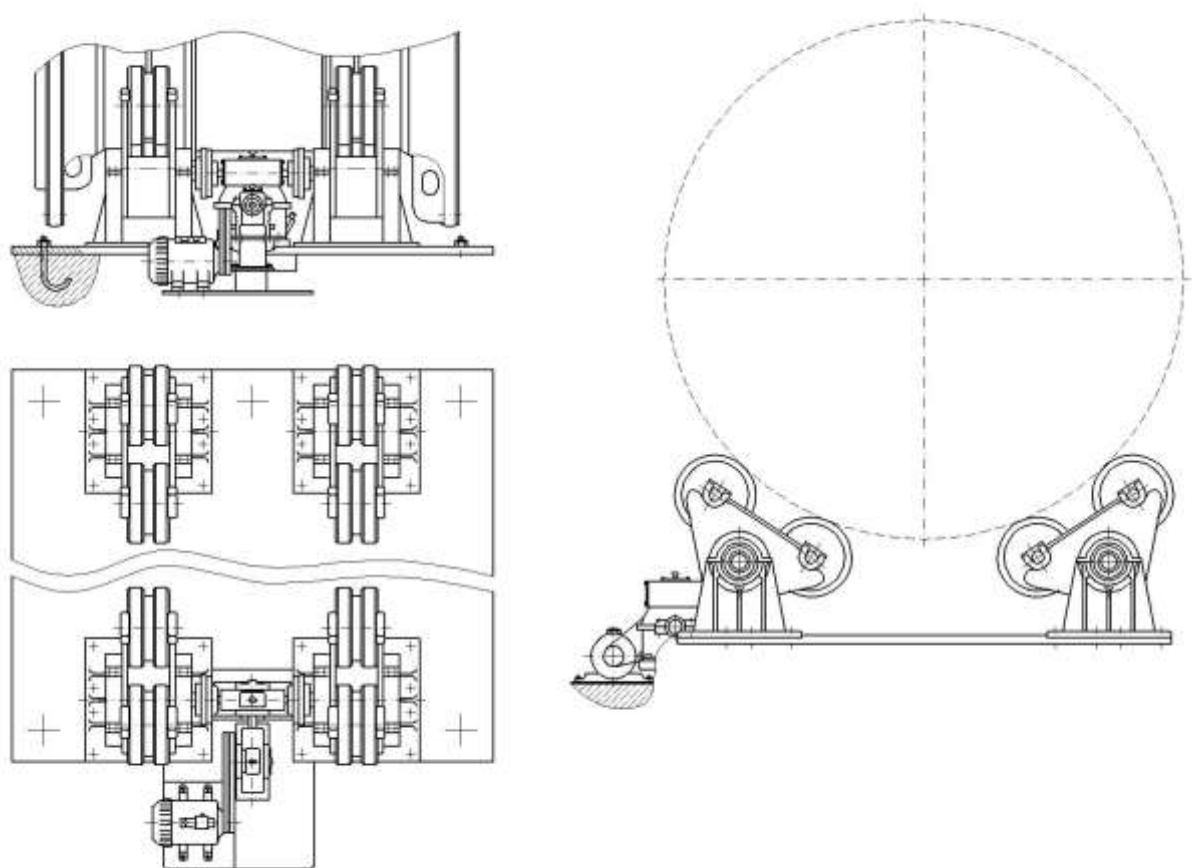


Рисунок 3.1 – Обертач роликовий Т 60М

Виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні ємкості для парафіну також відбувається із застосуванням поворотних колон типу ПК-1. Загальний вигляд якої показаний на рисунку 3.2.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Поворотна колона – це спеціалізоване обладнання, яке використовується у зварювальному та механоскладальному виробництві для обертання деталей навколо горизонтальної або вертикальної осі. Це забезпечує доступ до всіх ділянок заготовки, що полегшує процес зварювання, свердління чи іншої механічної обробки.

Поворотна колона складається з основи, несучої конструкції (колони) та механізму обертання. Складений виріб закріплюється на спеціальному тримачі або платформі, яка знаходиться на пристосуванні. За допомогою двигуна або ручного механізму платформа обертається, дозволяючи оператору змінювати положення деталі. У деяких випадках швидкість обертання або кут нахилу можуть регулюватися для забезпечення максимальної точності.

Основними перевагами поворотних колон є вільний доступ до поверхонь заготовки, зменшення трудових витрат оператора і підвищення якості виконуваних робіт. Вони широко застосовуються в різних галузях, де працюють з великими металоконструкціями. Сучасні моделі можуть бути інтегровані в автоматизовані системи виробництва.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

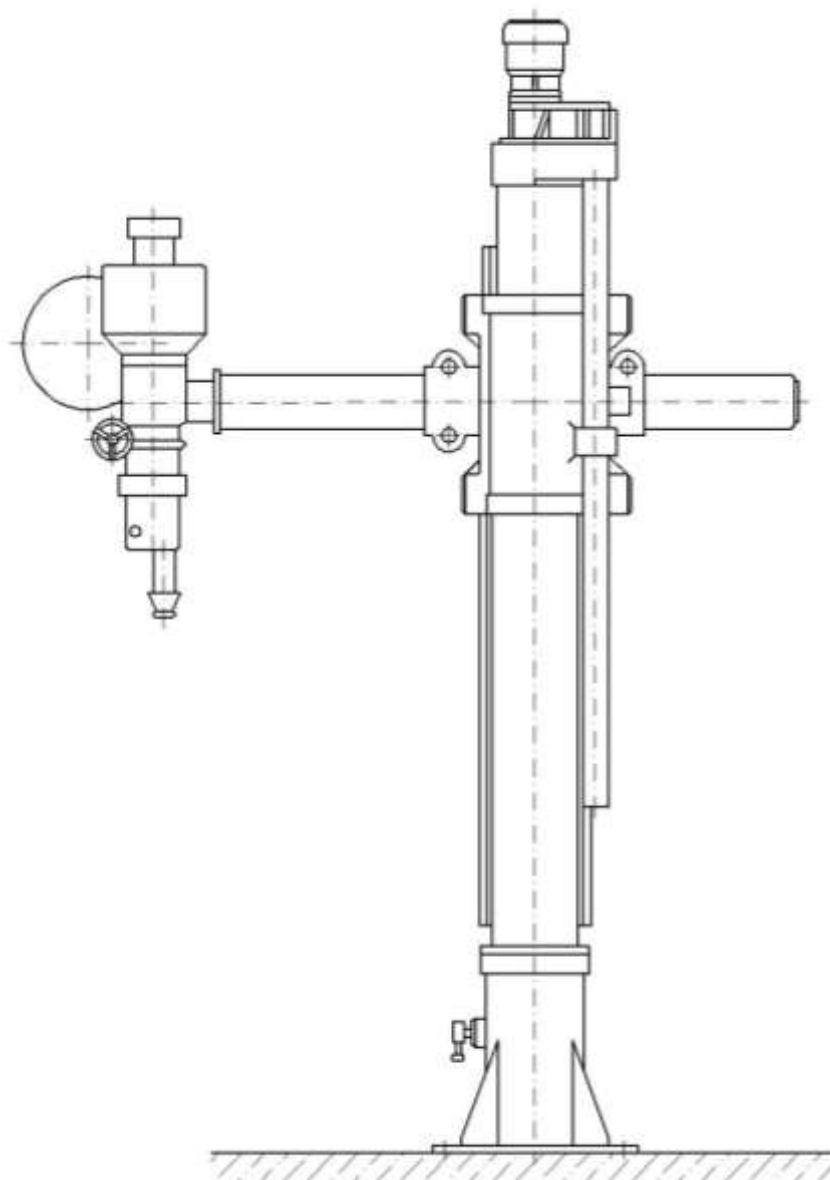


Рисунок 3.2 – Поворотна колона ПК-1

					<i>КР.422.15.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика ємкості для парафіну

Показник	Одиниці вимірюв.	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	2340хø630х800	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат 09Г2С	кг	4130	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	4,52	
зварювальний флюс АН-22	кг	8,59	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	48	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 09Г2С	грн	45,32	45,26
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	144,21	138,75
зварювальний флюс АН-22	грн	137,5	137
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	240	

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
ємкості для парафіну

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка лінійка кернер маркер	193 149 155 85	IV	$\frac{4,4}{4,2}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Плазм. система Hypertherm Powermax 45XP	118000			IV	$\frac{4,5}{4,4}$
Свердління	$\frac{3}{П}$	Фрезерно-свердл. верстат JET JMD-18	190000	ціпка	50	IV	1,7
Штампування	$\frac{3}{П}$	Прес Bendmak BMBP 1000xD	7000000	молоток	170	III	$\frac{3,9}{3,2}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Обертач роликів. Т 60М, поворотна колона ПК-1	2160000	молоток	170	IV	$\frac{5,5}{4,5}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Автомат. Lincoln Electric NA5, джерело живлен. Power Wave 1000 AC/DC	930000			IV	$\frac{4,4}{4,2}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Metabo WEBA 20-125 Quick BL	15000	диск зачисний, молоток	91 170	III	$\frac{3,9}{3,1}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Маслозапов. гвинт. компресор CWD30A II-PM	535000	лупа	75	VI	3,0
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Кран-балка	1390000			IV	1,6

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 31,3;

по проекту 28,3;

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ		Арк.
							48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,6;
по проекту 1,6.

Загальна штучна норма часу: по заводу 32,9;
по проекту 29,9.

Для виготовлення ємкості застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [15, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,06) \approx 1903 \text{ год.}$$

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 [15, с.10]:

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

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

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

$B_{пр}$ - програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 1520 \text{ шт.}$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні ємкості для парафіну:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,2 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,05 \approx 3_{шт}.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,27 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,19 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для свердління заготовок (за двома варіантами):

$$n = \frac{1,7 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 1,23 \approx 1_{шт}.$$

Для штампування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,9 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,83 \approx 3_{шт},$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,32 \approx 2 \text{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,99 \approx 4 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,27 \approx 3 \text{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,2 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,05 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,9 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,83 \approx 3 \text{шт.},$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,25 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу (за двома варіантами):

$$n = \frac{3,0 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,18 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [15, с.12]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 1520 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,6 \dots 0,7$.

$$n = \frac{1520 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 0,83 \approx 1 \text{шт.}$$

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

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

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 [15, с.13]:

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 1520$ шт;

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

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

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання свердління (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 1,7}{1850 \cdot 1,1} = 1,27 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання штампування:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,91 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,2}{1850 \cdot 1,1} = 2,39 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 5,5}{1850 \cdot 1,1} = 4,1 \approx 4 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,91 \approx 3 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,1} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,0}{1850 \cdot 1,1} = 2,24 \approx 2 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	3	3	IV	IV
різальники	3	3	IV	IV
свердлильники	1	1	IV	IV
штампувальники	3	2	III	III
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер ділянки	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	30	27	—	—

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.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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				
З/П	Сталь 09Г2С	кг	45,32	45,26	187171,6	186923,8	284500832	284124176			
З/П	Зварюв. дріт Св-08Г2С	кг	144,21	138,75	651,82	627,15	990780,38	953268			
З/П	Зварювальний флюс АН-22	кг	137,5	137	1181,13	1176,83	1795310	1788781,6			
Р- ом					189004,55	188727,78	287286922,4	286866225,6			
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	
З/П	5	2,27	2,26	9358,58	9346,19	14225041,6	14206208,8	240	240	364800	364800
З/П	5	7,21	6,94	32,59	31,36	49539,02	47663,4				
З/П	5	6,88	6,85	59,06	58,84	89765,5	89439,08				
Р- ом		16,35	16,05	9450,23	9436,39	143634612	143431128	240	240	364800	364800

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 [15, с.18]:

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						57

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [15, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15, с.18]:

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

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 [15, с.18]:

$$Z_{по} = Z_{до} \cdot P, \quad (4.7)$$

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

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

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 3,8 \cdot 26,5 \cdot 4,4 = 443,08 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 443,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 155,08 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 443,08 \cdot 0,4 = 177,23 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 3,8 \cdot 26,5 \cdot 4,2 = 422,94 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 422,94 \cdot (0,2 + 0,15) = 148,03 \text{ грн};$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$З_{по} = 422,94 \cdot 0,4 = 169,18 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,6 \cdot 27 \cdot 4,5 = 437,4 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 437,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,09 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 437,4 \cdot 0,4 = 174,96 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,6 \cdot 27 \cdot 4,4 = 427,68 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 427,68 \cdot (0,2 + 0,15) = 149,69 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 427,68 \cdot 0,4 = 171,07 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці свердлильників:

$$З_{оо} = 9,7 \cdot 26,5 \cdot 1,7 = 436,99 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 436,99 \cdot (0,2 + 0,15) = 152,95 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 436,99 \cdot 0,4 = 174,79 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,2 \cdot 27 \cdot 3,9 = 442,26 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 442,26 \cdot (0,2 + 0,15) = 154,79 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 442,26 \cdot 0,4 = 176,9 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,2 \cdot 27 \cdot 3,2 = 362,88 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 362,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 127 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 362,88 \cdot 0,4 = 145,15 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,1 \cdot 28,5 \cdot 5,5 = 485,93 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 485,93 \cdot (0,2 + 0,15) = 170,07 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 485,93 \cdot 0,4 = 194,37 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$З_{\text{оо}} = 3,1 \cdot 28,5 \cdot 4,5 = 397,58 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 397,58 \cdot (0,2 + 0,15) = 139,15 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 397,58 \cdot 0,4 = 159,03 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,8 \cdot 29,5 \cdot 4,4 = 493,24 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 493,24 \cdot (0,2 + 0,15) = 172,63 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 493,24 \cdot 0,4 = 197,3 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,8 \cdot 29,5 \cdot 4,2 = 470,82 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 470,82 \cdot (0,2 + 0,15) = 164,79 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 470,82 \cdot 0,4 = 188,33 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,2 \cdot 27 \cdot 3,9 = 442,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 442,26 \cdot (0,2 + 0,15) = 154,79 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 442,26 \cdot 0,4 = 176,9 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,2 \cdot 27 \cdot 3,1 = 351,54 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 351,54 \cdot (0,2 + 0,15) = 123,04 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 351,54 \cdot 0,4 = 140,62 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 31 \cdot 3 = 483,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 483,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 169,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 483,6 \cdot 0,4 = 193,44 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 9 \cdot 31,5 \cdot 1,6 = 453,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 453,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 158,76 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 453,6 \cdot 0,4 = 181,44 \text{ грн.}$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [15, с.19]:

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 36,25 \cdot 1850 = 134125 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 134125 \cdot 0,35 = 46943,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 134125 \cdot 0,4 = 53650 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 36,25 \cdot 1850 = 134125 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 134125 \cdot 0,35 = 46943,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 134125 \cdot 0,4 = 53650 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 36,25 \cdot 1850 = 67062,5 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 67062,5 \cdot 0,35 = 23471,88 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 67062,5 \cdot 0,4 = 26825 \text{ грн}.$$

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 [15, с.19]:

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

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

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 ($З_{пп}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 9550 \cdot 12 = 114600 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 114600 \cdot 0,35 = 40110 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 114600 \cdot 0,4 = 45840 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8500 \cdot 12 = 102000 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 102000 \cdot 0,35 = 35700 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 102000 \cdot 0,4 = 40800 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основ. робітники:						
розмічувальники	336297,72	321011,46	117704,2	112354,01	134519,09	128404,58
різальники	331986,6	324609,12	116195,31	113613,19	132794,64	129843,65

Продовження таблиці 4.5

свердлильники	110557,21		38695,02		44222,88	
штампувальники	335675,34	183617,28	117486,37	64266,05	134270,14	73446,91
складальники	491756,1	301759,43	172114,64	105615,8	196702,44	120703,77
зварювальники	374369,16	357352,38	131029,21	125073,33	149747,66	142940,95
зачищувальники	335675,34	177879,24	117486,37	62257,73	134270,14	71151,7
контролери	244701,6		85645,56		97880,64	
транспортувальники	114760,8		40166,28		45904,32	
Доп. робітники:	134125		46943,75		53650	
налагоджувальники						
ремонтники						
електрики						
ІТР	114600		40110		45840	
МОП	102000		35700		40800	
Разом	3227692,37	2688161,01	1129692,33	940856,35	1815393,82	1599581,28

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:	189004,55	188727,78
сталь 09Г2С	187171,6	186923,8
зварювальний дрiт Св-08Г2С	651,83	627,15
зварювальний флюс АН-22	1181,13	1176,83
Поворотні відходи	240	
Паливо та енергія на технологічні цілі	140,80	140,35
Основна заробітна плата основних робітників	1760,38	1405,43
Додаткова заробітна плата основних робітників	616,13	491,9
Премії та надбавки основних робітників	704,15	562,17

Продовження таблиці 4.6

Відрахування на соціальне страхування	43,13	34,43
Відрахування на медичне страхування	77,02	61,49
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	595,62	595,62
Цехові (дільничні) витрати	384,75	384,75
Всього цехова собівартість	193086,53	192163,92

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 витрат	Кількість в натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	118000	118000	5900	5900
свердлильне	1	1	190000	190000	9500	9500
штампувальне	3	2	70000000	70000000	3500000	3500000
складальне	4	3	2160000	2160000	108000	108000
зварювальне	3	3	930000	930000	46500	46500
зачищувальне	3	2	15000	15000	750	750
контрольне	2	2	535000	535000	26750	26750
транспортне	1	1	1390000	1390000	69500	69500
Інструменти:						
молоток	8	6	170	170	8,5	8,5
диск зачисний	6	4	91	91	4,55	4,55
щітка	6	4	50	50	2,5	2,5
рулетка	3	3	193	193	9,65	9,65
кернер	3	3	155	155	7,75	7,75

Продовження таблиці 4.7

лінійка	5	5	149	149	7,45	7,45
маркер	3	3	85	85	4,25	4,25
лупа	2	2	75	75	3,75	3,75
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будівлі та споруди	4725000	4725000	5	236250	236250	
Устаткування:						
різальне	359900	359900	8	28792	28792	
свердлильне	199500	199500	8	15960	15960	
штампувальне	213500000	143500000	8	17080000	11480000	
складальне	8748000	6588000	7	612360	461160	
зварювальне	2836500	2836500	6,5	184372,5	184372,5	
зачищувальне	45750	30750	8	3660	2460	
контрольне	1096750	1096750	6	65805	65805	
транспортне	1459500	1459500	7	102165	102165	
Інструменти: молоток диск зачисний щітка рулетка кернер лінійка маркер лупа			16			
	1368,5	1028,5		218,96	164,56	
	550,55	368,55		88,09	58,97	
	302,5	202,5		48,4	32,4	
	588,65	588,65		94,18	94,18	
	472,75	472,75		75,64	75,64	
	752,45	752,45		120,39	120,39	
	259,25	259,25		41,48	41,48	
	153,75	153,75		24,6	24,6	
	Разом	232975348,4		160799726,4		18330076,24

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [15, с.27]:

$$E_{\phi} = ((C_{пз} + E_{н} \cdot \Phi_{мз}) - (C_{пн} + E_{н} \cdot \Phi_{мн})) \cdot B, \quad (4.10)$$

де $C_{пз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{пз} = 347811,8$ грн);

$C_{пн}$ - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{пн} = 302554,75$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз} = 193086,53$ грн/шт);

$\Phi_{мн}$ - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{мн} = 192163,92$ грн/шт);

$E_{н}$ - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_{н} = 0,15$).

$$E_{\phi} = ((347811,8 + 0,15 \cdot 193086,53) - (302554,75 + 0,15 \cdot 192163,92)) \times 1520 = 69001071,08 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [15, с.28]:

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

де $\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз} = 508136805,6$ грн);

$\Phi_{осп}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осп} = 440311304,8$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [15, с.28]:

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

$$E_{ур} = 1520 \cdot (347811,8 - 302554,75) = 68790716 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{508136805,6 - 440311304,8}{68790716} = 0,99 \text{ р.}$$

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниці вимірюв.	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	1520	1520
Кількість технологічного устаткування	шт	18	16
Собівартість товарної продукції	грн	347811,8	302554,75
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	30	27
- основних робітників	чол	23	20
Фондомісткість продукції	грн/шт	193086,53	192163,92
Умовна річна економія	грн	-	68790716
Річний економічний ефект	грн	-	69001071,08
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,99
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	16283,19	15543,05
- різальники	грн	16074,45	15717,24
- свердлильники	грн	16059,2	16059,2
- штампувальники	грн	16253,06	13335,84
- складальники	грн	17857,74	14610,88
- зварювальники	грн	18126,57	17302,64
- зачищувальники	грн	16253,06	12919,1
- контролери	грн	17772,3	17772,3
- транспортувальники	грн	16669,8	16669,8

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Засоби захисту при виконанні зварювальних робіт

У виробничих умовах не завжди можна знизити вміст усіх шкідливих речовин до ГДК за рахунок застосування тільки загально-обмінної (припливно-витяжної) та місцевої вентиляції. Тому в таких випадках необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД).

До ЗІЗОД належать респіратори, промислові протигази та ізолюючі дихальні апарати, які застосовуються для захисту від шкідливих речовин (аерозолів, газів, пари), що знаходяться в навколишньому повітрі.

За принципом дії (ДСТУ ЕМ. 133) ЗІЗОД поділяються на фільтруючі (застосовуються при наявності у повітрі вільного кисню не менше 18% і обмеженого вмісту шкідливих речовин) та ізолюючі (при недостатньому для дихання вмісту в повітрі кисню та необмеженої кількості шкідливих речовин).

Основні стандарти для ЗІЗОД – ДСТУ EN 133:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація»; ДСТУ 12.4.041:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги» [16, 17].

Створення металевих конструкцій, будівництво, виготовлення нероз'ємних вузлів не обходяться без участі зварювальника. Ця технологія застосовується в виробничих процесах, при ремонтах і в побутових умовах. Ці процеси пов'язані з небезпекою травматизму і виникненням хронічних захворювань. Засіб індивідуального захисту мінімізує ризики і забезпечить комфортні умови праці фахівця.

Спеціальні засоби захисту зварника. Зварювальник буде відчувати себе безпечно в різних умовах, якщо застосує спеціалізоване обладнання та спецодяг. Захист під час зварювальних робіт регламентується відповідними типами стандартів і є обов'язковим до використання.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

У перелік засобів індивідуального захисту включені:

- спецодяг - комбінезони, штани, куртки повинні бути промарковані символом «ТР». Вбереже від попадання від крапель і бризок розплавленого металу, іскор і окалини. Робочий одяг виготовляється в літньому і зимовому виконанні (рис. 5.1);



Рисунок 5.1 – Зварювальний костюм

- захист при зварюванні органів дихання забезпечується спеціальними респіраторами, які зупиняють пил, дим і токсичні гази, в особливо складних випадках застосовуються ізолюючі протигази;

- маски і окуляри запобігають опік сітківки, потрапляння розпечених часток в очі (рис. 5.2);



Рисунок 5.2 – Зварювальна маска

- в індивідуальні засоби захисту зварника входять брезентові і шкіряні рукавиці або рукавички, промарковані відповідним чином;

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- взуття шкіряне з посиленими носками повинне відповідати вимогам ДСТУ.

Незалежно від призначення і конструкційних особливостей ЗІЗОД повинні відповідати вимогам, що ставляться до показників їх якості, які поділяють на такі основні групи:

- показники захисної ефективності, що характеризуються коефіцієнтами проникання шкідливих речовин через усю конструкцію (коефіцієнт проникання), а також через окремі його елементи, вузли та деталі (коефіцієнти проникання лицевої частини, фільтруючих елементів, клапанів видихання тощо);

- показники надійності, які характеризують час захисної дії протигазових, комбінованих (газопилозахисних) і автономних ЗІЗОД, пилоємкість фільтруючих елементів протипилових та газопилозахисних респіраторів, стійкість конструкційних і фільтруючих матеріалів до дії хімічних, механічних та термічних факторів навколишнього середовища і при санітарній обробці, а також зберігання захисних властивостей в процесі транспортування та зберігання;

- ергономічні показники, що оцінюють можливий вплив ЗІЗОД на здоров'я, функціональний стан і працездатність людини, тобто які характеризують ступінь безпечного використання ЗІЗОД для людини та збільшення робочого напруження в процесі їх експлуатації. До групи цих показників належать опір диханню, що створюється ЗІЗОД і окремими його вузлами — фільтруючими елементами, клапанами; рівні зміни температури, відносної вологості та газового складу повітря, яке вдихається; ступінь обмеження функції зору, мовлення, слуху; вагу ЗІЗОД у комплекті і тих його частин, які чинять навантаження на голову та тіло людини; ступінь обмеження пересування, а також необхідна кількість розмірів лицевих частин ЗІЗОД, що забезпечують охоплення основного контингенту працюючих відповідно до антропометричних даних тощо;

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- показники технічної досконалості ЗІЗОД, до яких належать показники естетичного виконання, стандартизації і уніфікації окремих вузлів та деталей; економічності, технологічності виробництва.

Однією з основних характеристик ЗІЗОД є коефіцієнт захисту K_3 . Він позначає кратність зниження концентрації шкідливої речовини, що забезпечується даним засобом індивідуального захисту, і визначає умови, за яких гарантується надійний захист людини від впливу шкідливих речовин, що містяться в повітрі робочої зони [18, с. 80].

Отже, засоби індивідуального захисту є невід'ємною частиною при виконанні зварювання, тому що вони захищають зварника від шкідливих і небезпечних факторів, які існують при різних зварювальних процесах.

5.2 Планування та розробка заходів з охорони праці та протипожежного захисту

Планування та розробка заходів з протипожежного захисту на підприємстві відіграє важливу роль.

Координація і вдосконалення роботи із забезпечення пожежної безпеки та контролю за проведенням і виконанням протипожежних заходів здійснюється службою пожежної безпеки (далі СПБ), яка створюється на підприємствах різної форми власності. Діяльність СПБ регламентується Кодексом цивільного захисту України та Типовим положенням про службу пожежної безпеки, затвердженим наказом №945 МВС України 21.11.2023р. [19].

Основними завданнями служби пожежної безпеки є [19]:

1) забезпечення пожежної безпеки на підприємствах, в установах, організаціях та об'єктах, які належать до сфери управління відповідного органу державної влади (далі - об'єкти);

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) вдосконалення та координація профілактичної роботи з питань пожежної безпеки;

3) організація розроблення комплексних заходів щодо забезпечення та покращення пожежної безпеки на об'єктах і контроль за їх виконанням;

4) контроль за дотримання (виконанням) нормативно-правових актів та нормативних документів з питань пожежної безпеки;

5) здійснення методичного керівництва і контролю за діяльністю пожежно-рятувальних підрозділів для забезпечення відомчої та/або добровільної пожежної охорони;

6) облік пожеж та їх наслідків на об'єктах.

Відповідно до покладених завдань СПБ виконує наступне [19]:

1) перевіряє діяльність об'єктів щодо забезпечення пожежної безпеки. Вивчає і поширює передовий досвід роботи в цьому напрямку;

2) організовує розроблення галузевих програм і планів заходів, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки об'єктів, і контролює їх виконання;

3) подає пропозиції щодо науково-дослідних робіт з питань пожежної безпеки;

4) розробляє проекти нормативно-правових актів та інших організаційно-розпорядчих документів з питань пожежної безпеки;

5) готує та вносить до установчих документів пропозиції, спрямовані на підвищення рівня протипожежного захисту об'єктів;

6) погоджує проекти відомчих (галузевих) документів у сфері пожежної безпеки, які розробляються іншими структурними підрозділами органів державної влади;

7) здійснює контроль за виконанням в органах державної влади та на об'єктах установлених законодавством вимог з питань пожежної безпеки;

8) організовує проведення нарад, семінарів, навчань та конкурсів щодо вдосконалення роботи із забезпечення пожежної безпеки, діяльності пожежно-

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рятувальних підрозділів для забезпечення відомчої та/або добровільної пожежної охорони; готує матеріали для розгляду найважливіших питань пожежної безпеки на засіданнях колегії, службових нарадах;

9) надає методичну допомогу в організації навчання та перевірки знань з питань пожежної безпеки, організовує та контролює проведення інструктажів з персоналом;

10) за дорученням керівника бере участь у службових розслідуваннях причин і обставин виникнення пожеж;

11) веде облік пожеж та їх наслідків на об'єктах, аналізує причини їх виникнення, готує звітні матеріали, подає пропозиції щодо запобігання пожежам;

12) здійснює профілактично-роз'яснювальні заходи щодо запобігання виникненню пожеж;

13) подає пропозиції необхідного обсягу фінансування протипожежних заходів на об'єктах;

14) здійснює контроль за обладнанням та експлуатацією на об'єктах систем протипожежного захисту, систем протипожежного водопостачання, пожежною, аварійно-рятувальною та іншою спеціальною технікою, спеціальним обладнанням, пожежно-технічним оснащенням, пожежним обладнанням, первинними засобами пожежогасіння та бере участь у роботі відповідних комісій щодо їх списання [19].

Таки чином, розробка та планування заходів з протипожежного захисту є важливим елементом життєдіяльності та функціонування підприємства.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Сутність роботи полягає у вдосконаленні наявної технології виготовлення ємкості для парафіну. Тобто проходить покращення або заміна деяких технологічних операцій чи навіть процесів. Основні вдосконалення стосуються використання автоматизованих процесів зварювання під флюсом та облікування даних під час проведення операцій з контролю якості.

Ємкість для зберігання парафіну є металевою, зварною конструкцією циліндричної форми. Важливими показниками даної конструкції є необхідна міцність, герметичність швів та хороші теплоізоляційні властивості. Її виготовляють із конструкційної низьколегованої сталі марки 09Г2С, яка відповідає вимогам всіх експлуатаційних показників.

Технологічний процес виготовлення ємкості для парафіну містить у своєму складі такі основні операції: розмічування, різання, вальцювання, штампування, свердління, складання, зварювання, зачищування та контроль якості. Відповідно їх виконання потребує необхідного устаткування, а саме – автоматичної зварювальної головки Lincoln Electric NA5, джерела живлення Power Wave 1000 AC/DC, обертача роликового Т 60М, поворотної колони ПК-1, системи плазмового різання Hypertherm Powermax 45XP, електромеханічного вальцювального верстату ASM-S, пресу Bendmak BMBP 1000xD, фрезерно-свердлильного верстату JET JMD-18 та маслозаповненого гвинтового компресора CWD30A II-PM.

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 09Г2С. Довідник. Сталі низьколеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-09g2s/> (дата звернення: 23.05.2025).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/337-dumov-s-i-tekhnologiya-elektricheskoy-svarki-plavleniem> (дата звернення: 28.05.2025).
5. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/558-akulov-a-i-tekhnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem> (дата звернення: 28.05.2025).
6. Автоматична зварювальна головка Lincoln Electric NA5. Головки для зварювання під флюсом: веб-сайт. URL: <https://svarcom.net/katalog/automation/saw/saw-heads/avtomaticheskaya-sistema-podachi-provoloki-lincoln-electric-na5.html> (дата звернення: 29.05.2025).
7. Універсальне джерело для зварювання під флюсом Power Wave AC/DC 1000. Джерела живлення для зварювання під флюсом: веб-сайт. URL: <https://svarcom.net/katalog/automation/saw/powersources/source-for-submerged-arc-welding-ideal-arc-power-wave-ac-dc-1000.html> (дата звернення: 29.05.2025).
8. Система плазмового різання Hypertherm Powermax 45XP. Системи плазмового різання: веб-сайт. URL https://techcom.kh.ua/ua/p466571710-sistema-plazmennoj-rezki.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

CjwKCAiAtNK8BhBBEiwA8wVt9wV_n1-gYl2UqvZzE8GQOdY5X6E8DBm
YAmWxGmI0eV85D46Eei-HJBoCgUAQAvD_BwE (дата звернення:
30.05.2025).

9. Електромеханічний вальцювальний верстат ASM-S. Металообробні
верстати: веб-сайт. URL: https://prom.ua/ua/p2015410913-valkovyj-valtsovochnyj-standok.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAtNK8BhBBEiwA8wVt98yU638nWRxm3w4p2cgpzLJnmq8HgaхсqnXMZaF9PyMtJ16mW0nk3RoCCSAQAvD_BwE (дата звернення:
30.05.2025).

10. Прес Bendmak BMBP 1000xD. Ковальсько-пресове обладнання: веб-
сайт. URL: <https://bendmak.com.ua/press-dlia-flanzhyrovky-bendmak-bmbp-1000xd-tolshchyna-metalla-45-mm-usylye-800-t/> (дата звернення: 30.05.2025).

11. Фрезерно-свердлильний верстат JET JMD-18. Верстати фрезерні
JET: веб-сайт. URL: https://storgom.ua/ua/product/jet-jmd-18.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20351763078&utm_content=&utm_term=&utm_id=&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAtNK8BhBBEiwA8wVt9-wwMgRNTpasWsluVSDzgNqFqTY3vTLkNfYyVe1RRihboPq7C05R4hoCoP4QAvD_BwE (дата звернення: 30.05.2025).

12. Кутова шліфувальна машина Metabo WEBA 20-125 Quick BL.
Болгарки Metabo з диском 125 мм: веб-сайт. URL: https://metabo-center.kiev.ua/kutova-shlifmashyna-metabo-weba-20-125-quick-bl-600642000/?gclid=Cj0KCQiA19e8BhCVARIsALpFMgHbQWXXzFRj3usmysoy8f0uvxe_5Gr4I_CEAAbz9i4VeFARjfiNF1VUaAt3EEALw_wcB (дата звернення: 30.05.2025).

13. Маслозаповнений гвинтовий компресор CWD30A II-PM.
Двоступеневий компресор PM VSD: веб-сайт. URL: <https://www.crownwell-compressor.com.ua/D0%B5%D1%81%D0%BE%D1%80-cwd30a-ii-pm.html>
(дата звернення: 02.06.2025).

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

14. 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).

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

16. ДСТУ EN 133:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація».

17. ДСТУ 12.4.041:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги».

18. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві. Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей. Київ: Основа, 2004. 98 с.

19. Кодекс цивільного захисту України. Типове положення про службу пожежної безпеки, наказ №945 МВС України від 21.11.2023р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2222-23#Text> (дата звернення: 12.06.2025).

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.15.00.00.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		