

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
кейсу інструментального

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

Юрій КУХАРУК

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

КУХАРУКУ Юрію Ігоровичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
кейсу інструментального

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 Гігієнічна характеристика механізованих способів зварювання

5.2 Розрахунок штучного освітлення для ділянки, що проектується

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення кейсу інструментального – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення кейсу інструментального – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стола зварювального рухомого – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення затискача зварювального – 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)

Юрій КУХАРУК

(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 кейсу інструментального 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 tool case manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	12
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	17
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	23
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	26
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	27
2.6.1 Заготівельні операції	27
2.6.2 Складальні операції	29
2.6.3 Складально-зварювальні операції	29

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Кухарук			Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготов- лення кейсу інструментального Пояснювальна записка				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Сенчишин									4	70
Реценз.		Береженко							ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск			
Н. Контр.		Залуцька										
Затв.		Дранівська										

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	29
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	30
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	31
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	31
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	35
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	35
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	40
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	40
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	45
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	48
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	49
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	54
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	56
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	57
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	60
5.1	Гігієнічна характеристика механізованих способів зварювання						60
5.2	Розрахунок штучного освітлення для ділянки, що проектується						62
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	68
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

Зварювання – це прогресивний технологічний процес отримання нероз’ємних з’єднань деталей, який дозволяє одержувати конструкції із високими експлуатаційними властивостями. Переваги зварних з’єднань дозволяють їх широко використовувати в різних конструкціях відповідно до призначення. Процес зварювання має багато переваг, серед яких це економія часу, а також матеріалів в процесі виробництва конструкцій. Як наслідок це сприяє значно підвищити рівень механізації та автоматизації виробництва, створюються можливості для підвищення продуктивності, покращуються умови праці робітників.

Новий етап розвитку науково-технічного прогресу дає можливість зварювання деталей різних товщин матеріалів, а в зв’язку із цим і кількість видів та способів зварювання. В даний час зварюють деталі товщиною від декількох мікрометрів (в мікроелектроніці) до десятків сантиметрів і навіть метрів (у важкому машинобудуванні). Поряд з конструкційними вуглецевими і низьколегованими сталями все більше доводиться зварювати спеціальні сталі, легкі сплави і сплави на основі титану, молібдену, цирконію та інших матеріалів, а також різнорідних матеріалів. Від прогресивності використовуваних зварювальних процесів і якості виконання цих робіт безпосередньо залежить якість і надійність готових конструкцій та ефективність виробництва в цілому. Один із найбільш розвинутих напрямків у зварювальному виробництві – широке застосування механізованого та автоматизованого дугового зварювання. Отже дані питання можна вирішити використовуючи механізацією та автоматизацією, як самих зварювальних процесів, так і комплексною механізацією та автоматизацією, що охоплює всі види робіт, які пов’язані із виготовленням зварних конструкцій (заготівельні, складальні і ін.) та створення поточних і автоматизованих виробничих ліній. Важливе значення при цьому займає створення спеціального зварювального обладнання та засобів оснащення технологічних процесів.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розвиток зварювального виробництва, впровадження прогресивних способів зварювання підвищують вимоги щодо рівня підготовки зварників. Підвищення теоретичних знань і практичних навичок у роботі, засвоєння нових методів і прийомів зварювання при сучасному рівні виробництва є одним із основних завдань освоєння й впровадження у виробництво досягнень науки і техніки в галузі зварювання [1, с. 3, 4].

Виготовлення різного зварювального устаткування відбувається і у нашій країні, що дозволяє якісно комплектувати різні галузі народного господарства та промисловості.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Кейс інструментальний є зварною металевою конструкцією, який призначений для транспортування, а також зберігання різного інструменту, наприклад, ключів, викруток, головок, шестигранників та ін. Конструкція кейсу показана на рисунку 1.1.

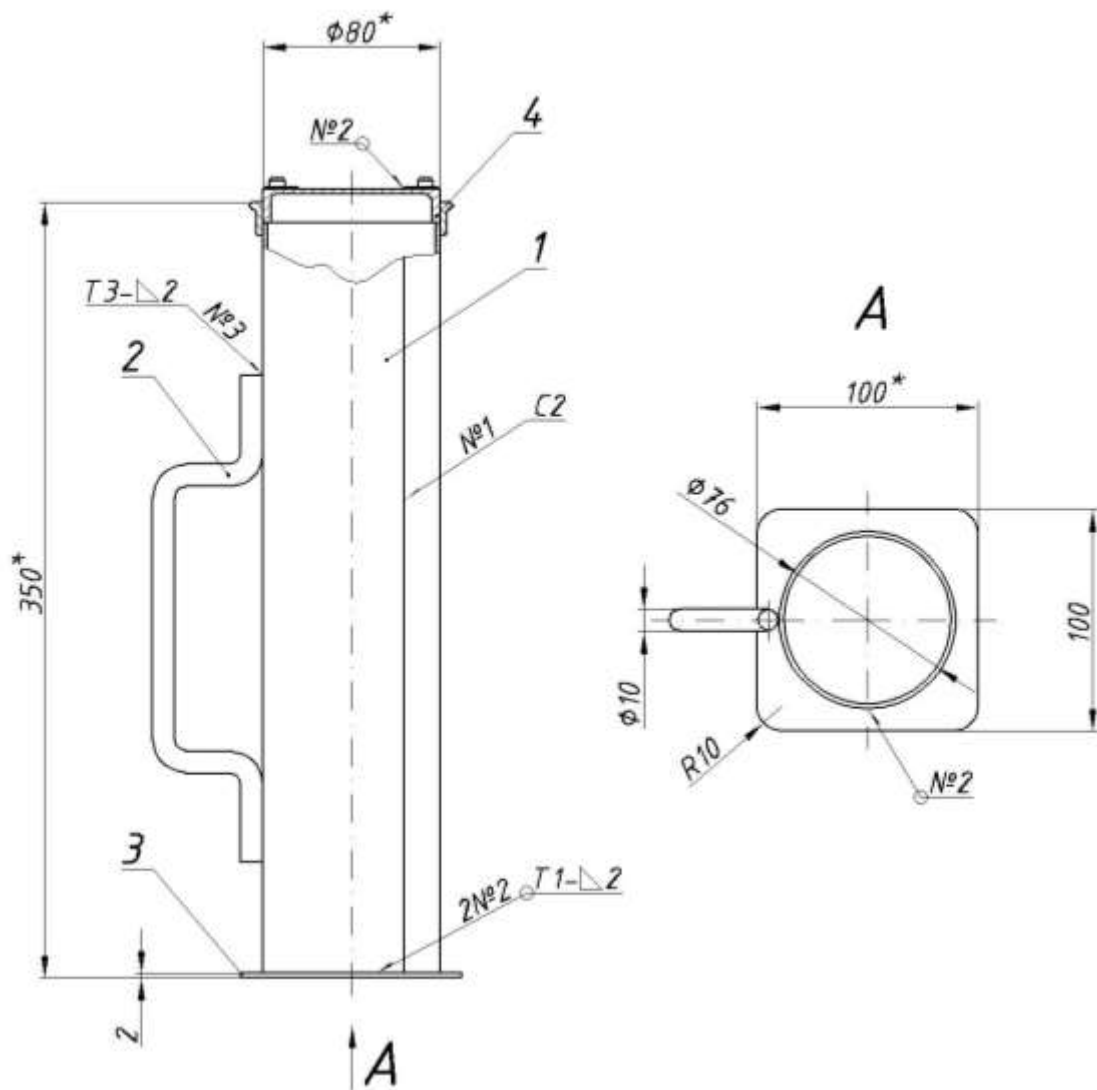


Рисунок 1.1 – Кейс інструментальний

1 – корпус, 2 – ручка, 3 – днище, 4 – кришка

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Кейс інструментальний представляє собою циліндричну конструкцію із зовнішнім діаметром 80 мм, при цьому товщина металу з якого він виготовляється становить 2 мм. Довжина конструкції складає 350 мм.

Особливістю даного інструментального кейсу служить його ручка, яка забезпечує необхідну зручність при його переміщенні, а також служить фіксатором від можливих скочувань та перекидань, так як конструкція циліндричної форми.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

В процесі виготовлення кейсу інструментального повинні виконуватись наступні технічні умови:

- відповідність розмірів та форми виробу кресленням за рахунок високої точності виконання складальних робіт;
- правильна конфігурація складальних деталей з наперед зачищеними стикувальними поверхнями;
- виконання зварювання на стаціонарних місцях при режимах процесу, що дозволяють повністю проплавляти з'єднувальні метали;
- нагляд за виконанням складальних робіт служби технічного контролю;
- застосування устаткування, що задовольняє всі особливості технологічного процесу;
- спосіб зварювання повинен задовольняти вимогу отримання бездефектних швів, крім того він повинен бути ще і високоефективним, ручний метод в основному використовується для накладання прихоплень.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Кейс інструментальний виготовляється зі сталі Ст2пс, яка є конструкційною низьковуглецевою сталлю звичайної якості, що призначена для виготовлення зварних конструкцій, які є малонавантаженими та працюють

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

при звичайних умовах при постійному навантаженні. Хімічний склад сталі Ст2пс приведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст2пс, % [2]

Вміст елементів, %									
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
не більше									
0,09-0,15	0,09-0,15	0,25-0,50	0,30	0,30	0,30	0,040	0,050	0,08	0,012

Механічні властивості сталі приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі Ст2пс [2]

Межа плинності $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне видовження δ_5 , %	Тимчасовий опір, Н/мм ²
не менше		
225	32	335 – 430

Властивість металів забезпечувати формування бездефектних зварних з'єднань визначає зварюваність, яка в свою чергу розраховується за еквівалентним вмістом вуглецю $C_{\text{екв}}$ [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 C, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст відповідного елемента в сталі, %.

Тому:

$$C_{\text{екв}} = 0,15 + \frac{0,50}{6} + \frac{0,15}{24} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} = 0,35 \text{ \%}.$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Розрахунки показують, що зварюваність даної марки сталі є доброю, тому що $C_{скв} \leq 0,45$.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Хімічний склад та механічні властивості застосовуваних матеріалів повинні регламентуватись спеціальними стандартами у відповідності до технічних умов.

Важливою властивістю матеріалів є їх якість, що підтверджується відповідними сертифікатами, які повинні надати їх виробники або постачальники.

На всі застосовувані матеріали у технологічному процесі повинні відповідати ДСТУ, в яких повинні бути вказаним їх можливе застосування відповідно до призначення.

Якщо конструкція є особливо відповідальною, то у технічній документації повинні бути прописані додаткові вимоги, що пред'являються до використовуваних матеріалів.

Для виготовлення конструкцій використовується конструкційна низьковуглецева сталь, відповідно стандарту вона постачається за нормованим хімічним складом і механічними характеристиками.

Метал, який використовується для виготовлення інструментального кейсу повинен бути ретельно очищений від наявних забруднень. Так як їх присутність може служити джерелом виникнення подальших дефектів.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Виготовлення кейсу інструментального виконується із забезпеченням його правильної геометричної форми, відповідних розмірів та шорсткості поверхонь. Тому в технологічному процесі повинні враховуватись:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- технологічність конструкції відповідно до можливостей виробництва з врахуванням його слабких сторін;
- форма і розміри зварних з'єднань, які здатні будуть витримувати робочі навантаження, які діятимуть на них;
- використання відповідних прийомів і заходів, що дозволять зменшити значення залишкових напружень і деформацій конструкції.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Важливою вимогою, яка ставиться до зварних з'єднань є забезпечення однакової міцності, як зварного шва, так і основного металу. Також повинно враховуватись компонування конструкції, місця розміщення майбутніх зварних швів та послідовність їх виконання.

Розміщення зварних швів повинно бути таким, щоб можливо було безперешкодно виконувати процес зварювання, встановлювати додаткові пристосування, якщо це передбачено технологією, можливість перевірки їх якості чи взагалі проводити необхідний ремонт конструкції, коли в цьому буде необхідність.

Для забезпечення рівномірності швів з металом, потрібно правильно підібрати зварювальні матеріали, які мають відповідний хімічний склад та вміст легуючих елементів. В окремих випадках, якщо неможливо отримати таку рівномірність, то встановлюються мінімально необхідні механічні властивості швів – це міцність та ударна в'язкість.

Зварювання повинно забезпечувати отримання з'єднань без зовнішніх та внутрішніх дефектів, також важливим є збереження конструктивних форм швів, які задаються відповідними розділами технічної документації.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання займає важливе місце в загальному технологічному процесі виготовлення конструкції. Суть його полягає у взаємному розміщенні між

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

собою деталей та подальшого їх закріплення, для формування конструкції відповідно до технологічних карт.

Складальні операції можуть виконуватись по-різному, але найбільш поширеними схемами є за попереднім розмічуванням та за контрольними отворами.

Суть методу за попереднім розмічуванням полягає у встановленні кожного елементу конструкції по місцях, де наперед нанесені розмічувальні лінії. Якщо складання виконується по контрольних отворах, то вони конструктивно повинні бути присутніми на поверхнях деталей.

В процесі виконання складання повинні враховуватись різні чинники, які впливають на якість, продуктивність і енерговитратність використовуваного устаткування, так виконання одночасного складання і зварювання на одному й тому ж обладнанні має більше переваг, але негативною стороною цього є відносно висока його вартість.

Тому для якісного виконання технологічного процесу виготовлення інструментального кейсу повинно використовуватись спеціалізоване складально-зварювальне обладнання.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Конструкція повинна виготовлятись із забезпеченням високої якості, тому якщо деякі незначні дефекти є присутніми у зварних швах, то вони не мають перевищувати встановлених норм. Якщо в зварних з'єднаннях є недопустимі нормами дефекти, то їх потрібно видалити механічними методами та заварити знову. Не допускається виправлення дефектів більше двох разів в одному і тому ж самому місці.

Ще на стадії проектування конструкції потрібно приймати заходи по скороченню кількості зварних з'єднань, застосовуючи штамповані заготовки або гнуті профілі. Якщо виріб складної конструкції, то він повинен бути

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

розбитий на складальні одиниці в процесі виготовлення. Проектуючи конструкцію потрібно перевіряти її технологічність, що виконується розробниками конструкторської документації та службою технічного контролю.

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

Процес виготовлення інструментального кейсу складається із операцій пов'язаних з очищенням зварюваного металу, різанням, згинанням, прихоплюванням та кінцевим зварюванням. Виконання прихоплень, а також і подальшого зварювання відбувається способом ручного зварювання покритими електродами за один прохід.

Недоліки цього технологічного процесу пов'язані із:

- використанням ручного зварювання, що не дозволяє збільшити швидкість виконання за рахунок частих змін електродів, а також вимагає висококваліфікованого персоналу для проведення робіт;
- надмірна забрудненість прилягаючих поверхонь електродним металом, що викликає наступну необхідність у виконанні робіт по їх видаленню;
- використовуються неспеціалізовані засоби та пристосування для виконання процесу складання.

Тому базовий технологічний процес виготовлення кейса характеризується надто високою трудомісткістю виконуваних операцій.

У зв'язку із виникненням необхідності збільшення програми випуску продукції виникла необхідність зміни існуючого технологічного процесу виготовлення конструкції, що вимагає заміни технологічної зварювальної оснастки та застосування більш продуктивного зварювального обладнання.

Таким чином, ми можемо вдосконалити існуючий технологічний процес заміною ручного електродугового зварювання напівавтоматичним в захисних

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

газах. Змінити використовуване обладнання на більш сучасніше, високопродуктивне.

Запропоновані вдосконалення дають можливість підвищити рівень механізації та автоматизації технологічного процесу виготовлення інструментального кейсу, що підвищить продуктивність виробництва, зменшить трудомісткість та в цілому позитивно відіб'ється на собівартості та якості зварної конструкції.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Зварювання є основною операцією технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій.

При виборі способу зварювання робиться облік наступних чинників: хімічний склад і фізико-механічні властивості; товщина металу; протяжність швів в конструкції; продуктивність способу; характер виробництва.

Найбільш прийнятними способами зварювання інструментального кейсу являється механізоване зварювання в захисних газах.

Переваги механізованого зварювання в середовищі CO₂:

- підвищення продуктивності праці в 1,5 разу в порівнянні з РДЗ;
- забезпечує високу стабільність горіння дуги при зварюванні;
- помітне зниження рівня розбризкування і налипання електродного металу внаслідок його струменевого перенесення;
- хороше формування і зовнішній вигляд шва;
- можливість зварювання у важко доступних місцях у будь-якому просторовому положенні;
- в порівнянні з автоматичним зварюванням має високу маневреність і мобільність;
- високі показники механічних характеристик зварних з'єднань;
- заощадження часу на очищення біляшовних зон від бризок електродного металу.

Недоліки:

- утруднення зварювання на відкритому повітрі із-за здування захисного газу;
- при зварюванні стельових швів - збільшені витрати захисного газу.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення кейсу інструментального застосовується механізоване зварювання в середовищі CO_2 , схема якого показана на рисунку 2.1.

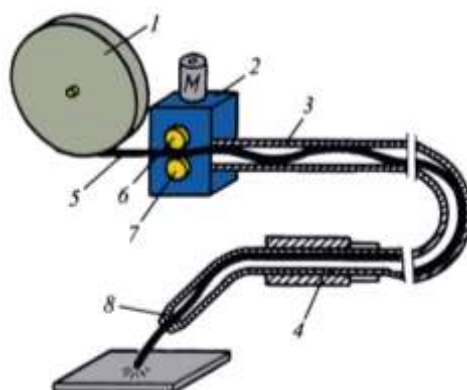


Рисунок 2.1 - Схема напіваавтоматичного зварювання у вуглекислому газі [1, с.163]

1 - котушка; 2 - механізм для подавання дроту; 3 - рукав; 4 -тримач; 5 - зварювальний дріт; 6 - коробка швидкостей ведучого та притискувального ролика; 7 –притискувальний ролик; 8 - наконечник; М - електродвигун

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів повинен відповідати умові одержання бездефектних зварних з'єднань, властивості яких відповідають умовам експлуатації конструкції.

Зварювання низьковуглецевих сталей в основному виконується зварювальними дротами, які в своєму складі містять кремній та марганець, найбільш використовувані марки Св-08ГС та Св-08Г2С, що найменше забруднюють наплавлений метал оксидними включеннями. Якщо виконувати зварювання цими дротами, то метал шва буде містити до 0,12...0,14% С, не нижче 0,17...0,20% Si, не менше 0,5...0,8% Mn і в його структурі не будуть

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюватися гарячі тріщини зі збереженням високих механічних властивостей.

Якщо зварювати низьковуглецеві сталі дротом Св-08Г2С, то вміст оксидних включень складає 0,009%, а коли використовувати дріт Св-08ГС – 0,014%. Дріт марки Св-08Г2С дає меншу забрудненість – це пояснюється тим, що він містить більш раціональний склад кремній та марганцю, які дозволяють з продуктів окислення, що виникають при зварюванні формувати рідкі силікати.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4, с.87]

Марка дроту	Вміст, %						
	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,5-0,11	1,8-2,1	0,70-0,95	0,20	≤0,25	0,025	0,030

Основним зварювальним матеріалом є дріт, а допоміжним – захисний газ. Без використання газу при зварюванні суцільним металевим дротом неможливо забезпечити захист розплавленого металу зварювальної ванни від шкідливої дії повітря.

Оскільки для виготовлення кейсу інструментального використовується напіваавтоматичне зварювання, то захисною атмосферою для нього буде вуглекислий газ, який відповідає ДСТУ 4817:2007 та вміст CO₂ не повинен бути менше 99,8%.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Оскільки кейс інструментальний в основному зварюється тавровими з'єднаннями, а також стиковими, тому всі розрахунки будуть виконуватись для Т1 (див. рис. 2.2) з величиною катета 2 мм. Дана величина катета є оптимальною тому що забезпечує необхідну міцність та надійність з'єднання протягом визначеного експлуатаційного періоду.

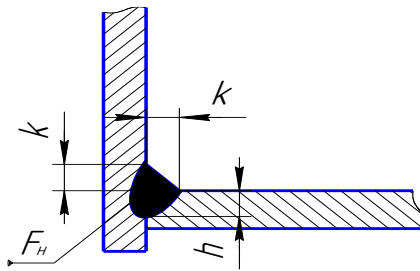


Рисунок 2.2 - Таврове з'єднання типу Т1

k – катет шва; F_h – площа наплавленого металу; h – глибина проплавлення основного металу

Розраховуємо площу наплавленого металу F_h за формулою [4, с.196]:

$$F_h = \frac{K^2}{2}, \quad (2.1)$$

де K – катет шва, $K=2$ мм,

$$F_h = \frac{2^2}{2} = 2 \text{ мм}^2.$$

Розраховуємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [4, с.197]:

$$h_n = \sqrt{F_h}, \quad (2.2)$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$h_{\text{н}} = \sqrt{2} = 1,41 \text{ мм.}$$

Розраховуємо ширину шва l за формулою [4, с.197]:

$$l = \sqrt{2K^2}, \quad (2.3)$$

$$l = \sqrt{2 \cdot 4} = 2,83 \text{ мм.}$$

Розраховуємо загальну висоту шва H за формулою [4, с.196]:

$$\psi_{\text{м}} = \frac{l}{H}, \quad (2.4)$$

$$H = \frac{l}{\psi_{\text{м}}}, \quad (2.5)$$

вибираємо значення $\psi_{\text{м}}$, яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], воно складатиме $\psi_{\text{м}}=0,95$.

Отже:

$$H = \frac{2,83}{0,95} = 2,98 \text{ мм.}$$

Мала величина $\psi_{\text{м}}$ відповідає великим струмам, що дозволяє збільшити продуктивність зварювання.

Розраховуємо глибину проплавлення h_0 за формулою [4, с.197]:

$$h_0 = H - h_{\text{н}}, \quad (2.6)$$

$$h_0 = 2,98 - 1,41 = 1,56 \text{ мм.}$$

Врахувавши катет шва 2 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 0,8 мм.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою [4, с.192]:

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=2,1$ [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,56}{2,1} \cdot 100 = 74,43 \text{ А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 74 А.

Розраховуємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [5,с.212]:

$$V_{п.д.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \rho}, \quad (2.8)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12$ г/А·год [5, с.212];

ρ – густина електродного дроту, для сталі $\rho=7,8 \times 10^3$ кг/м³;

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електрода, яка розраховується за формулою:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,5 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$V_{п.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 74}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 226,6 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=227$ м/год.

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [4, с.194]:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{зв}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 74}{1000 \cdot \sqrt{0,8}} = 23,3 \pm 1 \text{ В.}$$

Величина напруги на дузі складає $U_d=23 \text{ В}$.

Розраховуємо швидкість зварювання за формулою [4, с.194]:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, для нашого випадку для $d_e = 0,8 \text{ мм}$ – $A=1-3 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{мм}/\text{год}$ [4, с.194]:

$$V_{зв} = \frac{1,25 \cdot 10^3}{74} = 16,89 \text{ м/год.}$$

Заокруглюємо значення $V_{зв}=17 \text{ м/год}$.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [4, с.193]:

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром $0,8 \text{ мм}$ $\gamma=75...300 \text{ А/мм}^2$ [4, с.193],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{74}{150}} = 0,79 \text{ мм.}$$

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d=10 \text{ мм}$ [6, с.103].

Витрати захисного газу $Q_r = 7 \text{ л/хв}$ [6, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання записуємо в таблицю 2.2.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

П А Р А М Е Т Р			значення
назва	символ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	74
Напруга на дузі	U_d	В	23
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	0,8
Виліт електрода	l_d	мм	10
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	17
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	227
Витрати захисного газу	$Q_{г}$	л/хв	7

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Кейс інструментальний виготовляється за допомогою механізованого (напівавтоматичного) зварювання в середовищі CO_2 . Найкращим варіантом буде використання професійного зварювального обладнання німецької компанії EWM. Враховуючи необхідні параметри режиму для якісного зварювання кейсу застосовуватиметься апарат Titan XQ 350 puls CW HP. Це апарат інверторного типу для імпульсного зварювання MIG/MAG із вмонтованим механізмом подачі дроту. Дане зварювальне обладнання забезпечує одержання ідеальних зварних швів MIG/MAG навіть при використанні довгих зварювальних кабелів. Панель управління HP-XQ забезпечує прямий доступ до всіх головних налаштувань, яка включає схему процесу зварювання для найпростішого регулювання параметрів [7].

Головними особливостями Titan XQ 350 puls CW HP є наступні [7]:

- зварювальні характеристики Synergic для стандартного або імпульсного зварювання MIG/MAG сталі, хромонікелевих сплавів чи алюмінію;
- зварювальні характеристики Synergic для порошкового дроту;

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- режим Non-Synergic для ручного налаштування параметрів зварювання;
- можливість індивідуального налаштування програм для кожного зварювального завдання (JOB);
- високоточний, потужний 4-роликовий привід механізму подачі дроту EWM eFeed для надійної подачі порошкового дроту та дроту суцільного перерізу всіх типів;
- налаштування функцій зварювання кратера на початку і вкінці шва;
- плавне регулювання динаміки зварювальної дуги (дроселювання).

Зварювальний апарат Titan XQ 350 puls CW HP володіє наступними перевагами [7]:

- 1) система корпусу flexFit: більшість комплектуючих та опцій кріпляться за допомогою звичайних фіксаторів на зварювальному апараті;
- 2) світлодіодна інформаційна панель: кольорова сигналізація робочого стану;
- 3) економії електроенергії завдяки високому ККД і функції енергозбереження;
- 4) ідеально підходить для використання з довгими рукав-пакетами;
- 5) можливість підключення дистанційного регулятора та функціонального пальника;
- 6) проста зміна полярності зварювального струму без інструментів;
- 7) ізолюваний відсік для дроту;
- 8) захист від бризків води IP23;
- 9) в якості опції можливого об'єднання в мережу через вмонтований або зовнішній шлюз за допомогою програмного забезпечення ewm Xnet;
- 10) комп'ютерний інтерфейс для програмного забезпечення PC300 XQ;
- 11) відмінне охолодження пальника, яке дозволяє скоротити витрати на швидкозношувальні частини завдяки високій холодоутворюваності 1500 Вт,

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужному центробіжному насосу і 8-літровому баку з охолоджувальною речовиною;

12) безплатний пакет WPQR для сертифікації згідно стандарту EN 1090 для виготовлення зварних конструкцій до класу виконання EXC2 включно з використанням нелегованих сталей до S355 включно.

На рисунку 2.3 показаний зварювальний апарат Titan XQ 350 puls CW HP, а його технічні характеристики вказані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики апарату Titan XQ 350 puls CW HP

Характеристика	Значення
Напруга мережі, В	3х380/400
Допуск мережевої напруги, %	-25 до +20
Частота мережі живлення, Гц	50/60
Швидкість подачі дроту, м/хв	0,5 – 25
Рекомендована потужність генератора, кВА	19,3
Коефіцієнт корисної дії, %	88
Діапазон регулювання зварювального струму, А	5 – 350
Напруга холостого ходу, В	82
Споживча потужність, Вт	34
Потужність охолодження при подачі 1 л/хв, Вт	1500
Тиск насосу, бар	3,5
Клас захисту	IP 23
Знак якості	CE, UKCA, EAC
Стандарти	IEC 60974-1, -2, -5
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	1150х678х972
Вага, кг	131



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального апарату Titan XQ 350 puls CW HP [7]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості є важливим етапом технологічного процесу виготовлення, оскільки дозволяє виявити відповідні дефекти на виробі та відштовхуючись від них можна зробити висновки, які стосуються якості і надійності виготовлюваної продукції.

При виготовленні кейсу інструментального застосовується поопераційний і приймальний контроль якості. Поопераційний контроль виконується при кожній операції технологічного процесу виготовлення, що стосується підготовки заготовок, механічної обробки, складання, зварювання і т. п. Приймальний контроль є завершальним етапом технологічного циклу виготовлення, після його проведення можна робити висновки, що дозволяють оцінити властивості виготовлюваної продукції.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тобто чи вироби якісні або браковані. Контроль повинен перевірити всі властивості, які відповідають умовам експлуатації, тоді він буде доречним.

Контролювати інструментальний кейс можливо багатьма відомими методами контролю, але все ж таки вибереться найбільш доречний, технологічно і економічно обґрунтований метод контролю. Метод і поетапність його виконання буде описана в наступних підрозділах.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення інструментального кейсу супроводжується деякими удосконаленнями відносно попереднього базового, наприклад:

- застосовується покращений метод зварювання, напівавтоматичний в захисних газах замість ручного дугового;
- використовується зварювальне обладнання, що задовольняє всі вимоги;
- процес відбувається на режимах, що дозволяють формувати якісні типи з'єднань.

Ці зміни нового технологічного процесу приведуть до покращеного виконання заданих операцій, зменшиться негативний вплив забруднення прилягаючих деталей, збільшиться продуктивність виконання різного роду робіт, що дозволить зробити технологію більш ефективною.

2.6.1 Заготівельні операції

Заготівельні операції займають одне з основних місць в будь-якому технологічному процесі виготовлення зварних конструкцій, тому на їх виконання затрачається багато часу та ресурсів. Відносно виготовлення

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструментального кейсу, то всі деталі отримуються з металевого прокату із використанням відповідних технологічних операцій.

Першою операцією технологічного процесу є різання, яке використовується для розділення труб із застосуванням стрічкопильного верстату по металу BS 712-R STILER, що зображений на рисунку 2.4 [8].

Розмічувальні роботи здійснюється за допомогою ручних інструментів таких як маркери, лінійки та рулетки.

Процеси гнуття для отримання заготовки ручки із суцільного прокату виконуються на універсальних згинальних верстатах CORMAK UB 100A [9], один з яких показаний на рисунку 2.5.



Рисунок 2.4 – Стрічкопильний верстат по металу BS 712-R STILER



Рисунок 2.5 – Універсальний згинальний верстат CORMAK UB 100A

2.6.2 Складальні операції

Складальні операції є одні з основних при виготовленні інструментального кейсу, тому що від якості складання залежить конфігурація та геометричні розміри конструкції. Суть складання полягає у правильності розміщення деталей згідно певної послідовності відповідно до технічних умов вказаних на креслениках. Фіксування деталі в певному положенні відбувається за допомогою установчих та притискних механізмів, які монтуються на спеціалізованому обладнанні та пристосуваннях.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

До цих операцій відноситься комплекс робіт, які полягають у одночасному або послідовному виконанні складання і зварювання. Часткове виконання цих операцій здійснюється ще не етапі складання конструкції, тому що для надання жорсткості виконуються прихоплення у місцях передбачених технологією. В процесі виготовлення інструментального кейсу до цих операцій більшою мірою відноситься зварювання ніж складання. Тому при їх виконанні потрібно забезпечити правильне налаштування зварювального обладнання, для того щоб установлювальні значення відповідали розрахованим параметрам режиму зварювання для стикового С2 і таврового з'єднання типу ТЗ, Т1 з величиною катета 2 мм.

2.6.4 Опоряджувальні операції

До опоряджувальних операцій відносяться процеси зачищування зварних швів та лицевих поверхонь конструкції від надлишків шлаку та крапель електродного металу. Тому для виконання цих робіт використовуються, як ручні так і механічні методи зачищення.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ручними інструментами для виконання зачищування є металеві щітки, а також молотки для оббивання крапель з поверхні металу. Для механічного очищення використовуються кутові шліфувальні машини із зачисними дисками. Після зачищення проводять контроль з'єднань на наявність зовнішніх дефектів. На рис. 2.6 представлений загальний вигляд шліфувальної машинки Metabo W 1100-125.



Рисунок 2.6 –Кутова шліфувальна машина Metabo W 1100-125 [10]

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних операцій відноситься ремонт і налаштування обладнання на правильні режими роботи. Що стосується зварювального обладнання, то перед виконанням зварювання його потрібно налаштувати на розраховані чи підібрані параметри режиму, а саме встановити силу струму, напругу, швидкість подачі дроту, швидкість зварювання та витрати захисного газу. Крім цього ще потрібно встановити на апарат котушку зварювального дроту потрібного діаметру.

Також в склад цих операцій входять різні транспортні та розвантажувальні роботи без якого технологічний процес виготовлення інструментального кейсу був би неможливим.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.6 Контроль якості

Технологічні процеси виготовлення зварних конструкцій включають в свій склад різноманітні операції контролю серед яких:

- вхідний, контролює якість застосовуваних матеріалів основних або допоміжних;
- технологічний, визначає правильність виконання всіх технологічних операцій, що задіяні в процесі виготовлення виробів або конструкцій;
- кваліфікаційний, методи його роботи спрямовані на визначення рівня кваліфікації технологічного персоналу;
- кінцевий, перевіряє якість геометричної форми, розмірів, а також зварних з'єднань виготовленої конструкції та назначає відповідні причини утворення дефектів того чи іншого роду; стосовно відповідальності виробів його застосування може бути загальним або вибіркоvim.

Кейс інструментальний експлуатується в нормальних умовах невисокої складності, тому доцільним буде застосування методу візуально-оптичного контролю. Він контролює якість як вхідних матеріалів, так і вже готових виробів. Особливого контролю заслуговують зварні з'єднання, тому для кращого виявлення присутності зовнішніх дефектів застосовується лупа 3x Buromax 75.

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

Нормування витрат матеріалів виконується для того, щоб визначити їх необхідну кількість, яку потрібно для виготовлення конструкції з умовою раціонального використання. Так при напівавтоматичному зварюванню

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормуванню підлягають витрати електричної енергії, зварювального дроту та захисного газу чи суміші.

Для виконання розрахунків використовується спеціальна методика, яку встановлює ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [11].

Нормувальні витрати матеріалів при виготовленні кейсу інструментального будуть представлені відповідними обрахунками.

Маса наплавленого металу обраховується за формулою [11,с.6]:

$$Q_n = \alpha_n \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.12)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, $\alpha_n=11$ г/А·год;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=74$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=0,86$ м.

Одержимо:

$$Q_n = 11 \cdot 10^{-3} \cdot 74 \cdot 0,86 = 0,7 \text{ кг.}$$

Витрати присаджувального матеріалу обраховуються за формулою [11, с.7]:

$$H_{ел} = Q_p + Q_{нп}, \quad (2.13)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

$$Q_p = Q_n \cdot K_p, \quad (2.14)$$

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49 \text{ кг},$$

$Q_{\text{нп}}$ – маса наплавленого металу,

$$Q_{\text{нп}} = Q_n \cdot K_0, \quad (2.15)$$

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

$$Q_{\text{нп}} = 0,7 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ кг}.$$

Виконавши підстановку матимемо:

$$H_{\text{ел}} = 0,49 + 0,35 = 0,84 \text{ кг}.$$

Норми витрат захисного газу обраховуються за формулою [11,с.10]:

$$H_r = Q_p \cdot K_r, \quad (2.16)$$

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

$$H_r = 0,49 \cdot 0,85 = 0,42 \text{ кг}.$$

Витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу обраховуються за формулою:

$$E = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta_n \cdot K_n}, \quad (2.17)$$

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = \frac{23}{11 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 3,1 \text{ кВт.}$$

Витрати електроенергії на 1 м шва обраховуються за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_{\text{д}} \cdot I_{\text{зв}} \cdot t_0}{\eta_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}}}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,06$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 23 \cdot 74 \cdot 0,06}{0,9 \cdot 0,75} = 1,51 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Розробка складально-зварювальних пристроїв є одним з етапів технологічної підготовки виробництва нових зварних конструкцій. Вихідними даними для розробки пристроїв є ряд документів, які конструктор повинен уважно вивчити та проаналізувати [12, с.23].

1. Технічне завдання на проектування або модернізацію пристрою.
2. Креслення виробу та технічні умови на виготовлення.

Аналіз цієї документації дозволяє одержати інформацію про наступне [12, с.23]:

- технічні умови на виготовлення зварного виробу;
- точність зварної конструкції;
- технологічність конструкції виробу;
- габарити, вага виробу та характер розташування деталей у вузлах;
- конфігурація і розміри деталей, що входять в складальну одиницю;
- точність виготовлення заготовок та стан їх поверхонь;
- характер розташування та протяжність зварних швів;
- можливість легкого установлення деталей при складанні виробу;
- можливість легкого знімання складеного виробу з пристрою;
- доступність до місць постановки прихоплень, зварювання або наплавлення.

Технологічні зварні конструкції дозволяють використовувати більш прості та дешеві пристрої для їх виготовлення [12, с.23].

3. Технологічний процес виготовлення виробу.

а) Технологія виготовлення заготовок.

Вивчаються способи виготовлення заготовок. Відхилення в заготовках можуть бути у вигляді відхилень розмірів та спотворення форми поверхні.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Перші відхилення впливають на вибір типу фіксуєчих пристроїв, а інші - на конструкцію притискачів [12, с.23].

б) Технологія складання та зварювання виробу [12, с.23-24]:

- найліпші бази фіксування для одержання необхідної точності;
- послідовність фіксування та зварювання деталей, що дає можливість виявити більш раціональний шлях розміщення фіксаторів та притискачів;
- положення пристрою в процесі складання виробу та необхідність повороту пристрою;
- найдоцільніше положення вузла при складанні в пристрої для зручності постановки прихоплень;
- способи забезпечення жорсткості деталей та вузлів в процесі складання та зварювання;
- можливість та доцільність використання механічно оброблених отворів або поверхонь деталей;
- способи автоматичного зварювання;
- необхідність застосування пристроїв для переміщення зварюваних виробів або зварювальних апаратів;
- технічна характеристика устаткування та посадочні місця, за допомогою яких технологічна оснастка буде сполучатись з устаткуванням;

Раціональний технологічний процес складання та зварювання проробляється на рівні маршрутного або розгорнутого технологічного процесу та ретельно вивчається розробником пристрою [12, с.24].

4. Виробнича програма випуску.

Вона визначає складність пристрою, необхідність і доцільність оснащення його механізмами для комплексної механізації та автоматизації. Вибір типу пристрою залежить від способу складання та зварювання, конструкції виробу, матеріалу деталей, вимог до якості складання та зварювання, необхідної точності розмірів та заданої продуктивності [12, с.24].

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому необхідно враховувати необхідність суттєвого зменшення трудомісткості складальних та допоміжних робіт, забезпечення стабільної якості виробів, полегшення та поліпшення умов праці робітників, усунення стомливих та монотонних ручних робіт [12, с.24].

5. Креслення аналогічних пристроїв.

6. Стандарти на деталі та механізми пристроїв.

7. Довідкова та нормативно-технічна література [12, с.24].

Крім того технологія розроблення чи вдосконалення складально-зварювальних пристосувань повинна забезпечувати такі їх корисні властивості: зручність виконання технологічних операцій з додатковим зменшенням їх трудомісткості, відповідна якість виконання даних робіт із забезпеченням проектних показників виробів або конструкцій, зменшення частки ручних робіт, що викликають втомлюваність робітників, а відповідно це негативно впливає на загальну технологію виробництва.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Складання інструментального кейсу виконується на рухомому зварювальному столі (рис. 3.1), де виконуються операції в наступній послідовності:

- встановлення елементів корпусу на стільниці стола, сформувавши одну складальну одиницю;
- базування цих деталей по технологічній поверхні;
- фіксація та закріплення деталей в пристосуванні;
- виконання прихоплення та подальшого зварювання даної складальної одиниці;
- стикування готового корпусу разом із днищем;
- виконання прихоплювання та подальшого зварювання цих складальних одиниць;

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановлення ручки на одержану конструкцію та їх зварювання переривчастими швами;

- загальне зварювання одержаної конструкції інструментального кейсу по раніше виконаних прихопленнях.

Для забезпечення кращої якості в процесі складання кейсу інструментального потрібно виконати точну фіксацію його складових деталей, тому для цього застосовуються затискні механізми, один з яких показаний на рисунку 3.2.

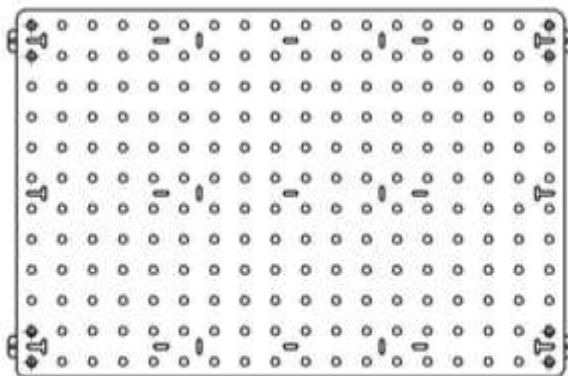
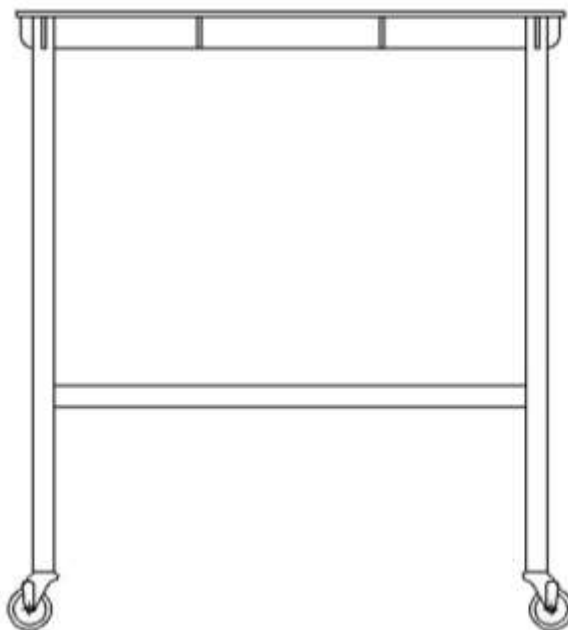


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд стола зварювального рухомого

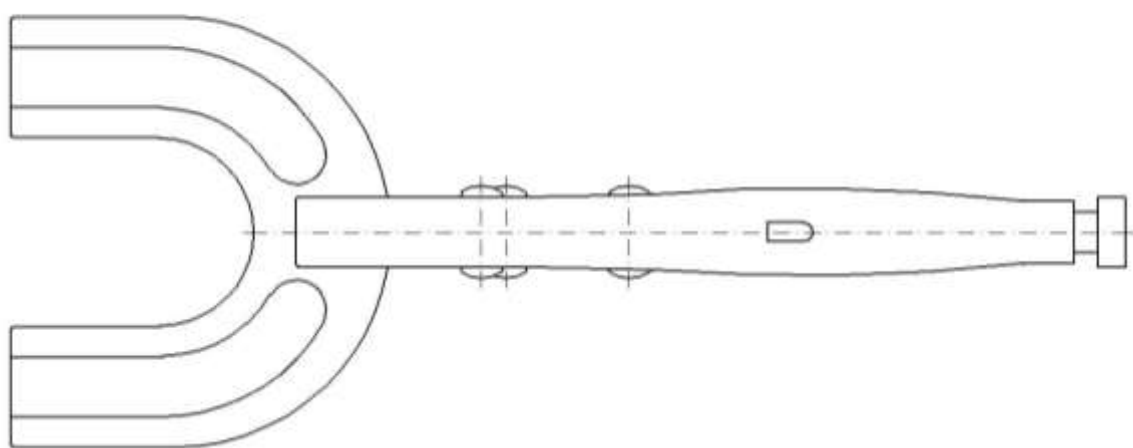
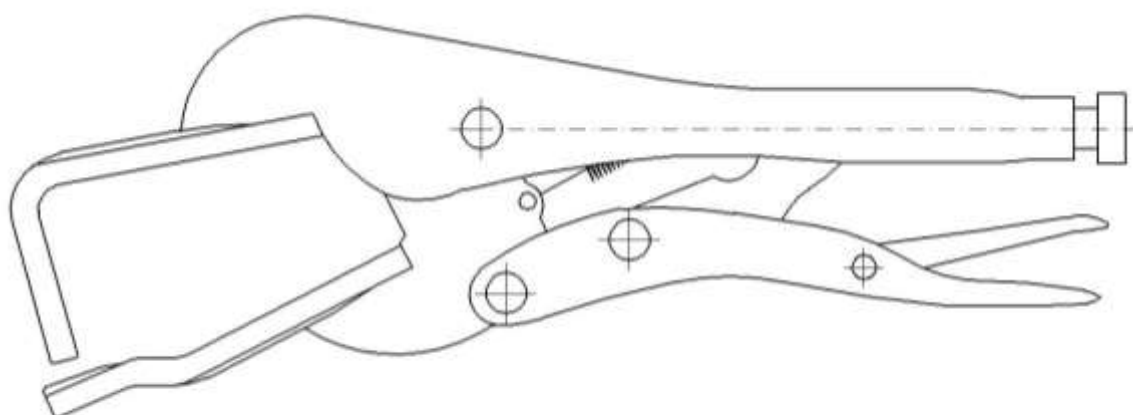


Рисунок 3.2 – Зварювальний затискач

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 кейсу інструментального

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	350x100	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
металевий прокат Ст2пс	кг	0,8	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,42	
захисний газ – вуглекислий (CO ₂)	кг	0,84	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	0,1	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
металевий прокат:			
сталь Ст2пс	грн	51,12	51
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	115	114,8
захисний газ – вуглекислий (CO ₂)	грн	26,3	26
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	0,5	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення кейсу інструментального

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	$\frac{3}{П}$			шаблон лінійка кернер упор	270 180 160 250	IV	$\frac{2,4}{1,8}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Стрічкопил. верстат BS 712-R STILER	88000			IV	$\frac{2,7}{2,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Стіл зварювальн. рухомий	36450	молоток	150	IV	$\frac{3,1}{2,6}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальн. напівавтомат Titan XQ 350 puls CW HP	700000			IV	2,3
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Metabo W 1100-125	3500	щітка молоток	130 150	III	$\frac{2,5}{1,8}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Збільш. скло Biotomax 75	380			VI	1,9
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електрокара	947000			IV	1,1

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 14,9;

по проекту 12,9;

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

по проекту 1,1.

Загальна штучна норма часу: по заводу 16;

по проекту 14

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Для виготовлення інструментального кейсу застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [13, с.9]:

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

де $D_{роб} \sim$ 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, $K_p = 0,03 \dots 0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 8 \cdot (1 - 0,04) \approx 1943_{год}.$$

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 [13, 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, $K_{вн} = 2,1$.

$B_{пр}$ - програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 5000$ шт.

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні кейсу інструментального становить:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 2,94 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,8 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 2,21 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 3,31 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 3,06 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 3,8 \approx 4 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 3,19 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить (за двома варіантами):

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,3 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 2,82 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 3,06 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,8 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 2,21 \approx 2 \text{ шт.}$$

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

$$n = \frac{1,9 \cdot 5000}{1943 \cdot 2,1} = 2,33 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [13, с.12]:

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

де B_{tr} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню протягом року, 5000 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається $K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{5000 \cdot 1 \cdot 0,4}{2100 \cdot 0,7} = 1,36 \approx 1 \text{ шт.}$$

Використовуємо в якості транспортного засобу – електрокару для обслуговування складального устаткування та для міжопераційного транспортування виробу.

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 [13, 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 $B_{np} = 5000 \text{ шт}$;

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

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,2} = 2,95 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 1,8}{1850 \cdot 2,2} = 2,21 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 2,7}{1850 \cdot 2,2} = 3,32 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 2,5}{1850 \cdot 2,2} = 3,07 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 3,1}{1850 \cdot 2,2} = 3,81 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 2,6}{1850 \cdot 2,2} = 3,19 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 2,3}{1850 \cdot 2,2} = 2,83 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 2,5}{1850 \cdot 2,2} = 3,07 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 1,8}{1850 \cdot 2,2} = 2,21 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{5000 \cdot 1,9}{1850 \cdot 2,2} = 2,33 \approx 2 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	3	2	IV	IV
різальники	3	3	IV	IV
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	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР: майстер ділянки	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	24	21	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В-нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь Ст2пс	кг	51,12	51	40,9	40,8	204480	204000
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	115	114,8	48,3	48,22	241500	241080
З/П	Вуглекислий газ	кг	26,3	26	22,09	21,84	110460	109200
Р-ом					111,29	110,86	556440	554280

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					48

Продовження таблиці 4.4

В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	%ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
3/П	5	2,56	2,55	2,05	2,04	10224	10200	0,5	0,5	2500	2500
3/П	5	5,75	5,74	2,42	2,41	12075	12054				
3/П	5	1,32	1,3	1,11	1,09	5523	5460				
Р- ом		9,62	9,59	5,56	5,54	27822	27714	0,5	0,5	2500	2500

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 [13, с.18]:

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

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) [13, с.18].

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ						Арк.
											49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [13, с.18]:

$$З_{до} = З_{ос} (Д_1 + Д_2), \quad (4.6)$$

де $Д_1$ - доплата за шкідливість, грн, $Д_1 = 12...24 \%$, приймаємо $Д_1 = 20 \%$; $Д_2$ - інші доплати, грн, $Д_2 = 15...20 \%$, приймаємо $Д_2 = 15 \%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [13, с.18]:

$$З_{по} = З_{ос} \cdot P, \quad (4.7)$$

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:

$$З_{ос} = 8 \cdot 22,5 \cdot 2,4 = 432 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 432 \cdot (0,2 + 0,15) = 151,2 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 432 \cdot 0,4 = 172,8 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 8 \cdot 22,5 \cdot 1,8 = 324 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 324 \cdot (0,2 + 0,15) = 113,4 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 324 \cdot 0,4 = 129,6 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 7,3 \cdot 22 \cdot 2,7 = 433,62 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 433,62 \cdot (0,2 + 0,15) = 151,77 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 433,62 \cdot 0,4 = 173,45 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$З_{\text{оо}} = 7,3 \cdot 22 \cdot 2,5 = 401,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 401,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 140,53 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 401,5 \cdot 0,4 = 160,6 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 22,5 \cdot 3,1 = 453,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 453,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 158,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 453,38 \cdot 0,4 = 181,35 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 22,5 \cdot 2,6 = 380,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 380,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 133,09 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 380,25 \cdot 0,4 = 152,1 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- за двома варіантами:

$$З_{\text{оо}} = 8 \cdot 25 \cdot 2,3 = 460 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 460 \cdot (0,2 + 0,15) = 161 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 460 \cdot 0,4 = 184 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,4 \cdot 23,3 \cdot 2,5 = 431,05 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 431,05 \cdot (0,2 + 0,15) = 150,87 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 431,05 \cdot 0,4 = 172,42 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,4 \cdot 23,3 \cdot 1,8 = 310,36 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 310,36 \cdot (0,2 + 0,15) = 108,63 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 310,36 \cdot 0,4 = 124,14 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 8,8 \cdot 26,5 \cdot 1,9 = 443,08 \text{ грн};$$

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{оо} = 15,2 \cdot 26 \cdot 1,1 = 434,72 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 434,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 152,15 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 434,72 \cdot 0,4 = 173,89 \text{ грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [13, с.19]:

$$З_{од} = r_{\partial} \cdot C_p \cdot \Phi_{ef}, \quad (4.8)$$

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

r_{∂} - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$З_{од} = 1 \cdot 32,5 \cdot 1850 = 60125 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 60125 \cdot 0,35 = 21043,75 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 60125 \cdot 0,4 = 24050 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 1 \cdot 32,5 \cdot 1850 = 60125 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 60125 \cdot 0,35 = 21043,75 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 60125 \cdot 0,4 = 24050 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 32,5 \cdot 1850 = 60125 \text{ грн;}$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$З_{\text{дд}} = 60125 \cdot 0,35 = 21043,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 60125 \cdot 0,4 = 24050 \text{ грн.}$$

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 [13, с.19]:

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 8100 \cdot 12 = 97200 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 97200 \cdot 0,35 = 34020 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 97200 \cdot 0,4 = 38880 \text{ грн.}$$

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	327888	163944	114760,8	57380,4	131155,2	65577,6
різальники	329117,58	304738,5	115191,15	106658,48	131647,03	121895,4
складальники	458815,5	288609,75	160585,43	101013,41	183526,2	115443,9
зварювальники	349140		122199		139656	
зачищувальники	327166,95	157040,14	114508,43	54964,05	130866,78	62816,05
контролери	224198,48		78469,47		89679,39	
транспортувальники	109984,16		38494,46		43993,66	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	60125		21043,75		24050	
ремонтники	60125		21043,75		24050	
електрики	60125		21043,75		24050	
ІТР	102000		35700		40800	
МОП	97200		34020		38880	
Разом	2505885,67	1977230,03	877059,99	692030,51	1362950,52	1151488,26

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:		
сталь Ст2пс	40,9	40,8
зварювальний дріт Св-08Г2С	48,3	48,22
захисний газ – вуглекислий (CO ₂)	22,09	21,84
Поворотні відходи	0,5	
Паливо та енергія на технологічні цілі	69,5	69
Основна заробітна плата основних робітників	425,26	319,53
Додаткова заробітна плата основних робітників	148,84	111,84
Премії та надбавки основних робітників	170,12	127,81
Відрахування на соціальне страхування	10,42	7,83
Відрахування на медичне страхування	18,61	13,98
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	97,4	97,4
Цехові (дільничні) витрати	107,57	107,57
Всього цехова собівартість	1158,51	965,32

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	88000	88000	4400	4400
складальне	4	3	36450	36450	1822,5	1822,5
зварювальне	3	3	700000	700000	35000	35000
зачищувальне	3	2	3500	3500	175	175
контрольне	2	2	380	380	19	19
транспортне	1	1	947000	947000	47350	47350
Інструменти:						
молоток	7	5	150	150	7,5	7,5
щітка	5	4	130	130	6,5	6,5
шаблон	3	2	270	270	13,5	13,5
лінійка	5	4	180	180	9	9
кернер	3	2	160	160	8	8
упор	3	2	250	250	12,5	12,5
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортизаційних відрах., грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	4955000	4955000	5	247750	247750
Устаткування:					
різальне	268400	268400	8,5	22814	22814
складальне	147622,5	111172,5	23,5	34691,29	34691,29
зварювальне	2135000	2135000	19,5	416325	416325
зачищувальне	10675	7175	8,5	907,38	609,88
контрольне	779	779	10,5	81,8	81,8
транспортне	994350	994350	8,5	84519,75	84519,75
Інструменти:			18		
молоток	1057,5	757,5		190,35	136,35
щітка	656,5	526,5		118,17	94,77
шаблон	823,5	553,5		148,23	99,63
лінійка	909	729		163,62	131,22
кернер	488	328		87,84	59,04
упор	762,5	512,5		137,25	92,25
Разом	8516523,5	8475283,5		807934,67	798839,22

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [13, с.27]:

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

де $C_{нз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{нз} = 3654,97$ грн);

C_{mn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{mn} = 3270,3$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз} = 1158,51$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 965,32$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((3654,97 + 0,15 \cdot 1158,51) - (3270,3 + 0,15 \cdot 965,32)) \cdot 5000 = 2068242,5 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [13, с.28]:

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

де $\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз} = 13501150$ грн);

$\Phi_{осп}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осп} = 12503050$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [13, с.28]:

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

$$E_{yp} = 5000 \cdot (3654,97 - 3270,3) = 1923350 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{13501150 - 12503050}{1923350} = 0,52 \text{ р.}$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	5000	5000
Кількість технологічного устаткування	шт	16	14
Собівартість товарної продукції	грн	3654,97	3270,3
Чисельність персоналу:			
- всього	чол	24	21
- основних робітників	чол	19	16
Фондомісткість продукції	грн/шт	1158,51	965,32
Умовна річна економія	грн	-	1923350
Річний економічний ефект	грн	-	2068242,5
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,52
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	15876	11907
- різальники	грн	15935,54	14755,13
- складальники	грн	16661,53	13974,19
- зварювальники	грн	16905	16905
- зачищувальники	грн	15841,09	11405,58
- контролери	грн	16283,19	16283,19
- транспортувальники	грн	15975,96	15975,96

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Гігієнічна характеристика механізованих способів зварювання

Хімічний склад і рівні виділень зварювальних аерозолів під час механізованого зварювання в захисних газах залежать від складу зварювального дроту, захисного газу та режимів зварювання. При зварюванні дротом типової марки Св-08Г2С у вуглекислому газі інтенсивність виділення зварювальних аерозолів (ЗА) залежно від параметрів режиму зварювання і діаметру дроту коливається від 0,2 до 1,6 г/хв, питомі виділення — від 4,6 до 20,3 г/кг дроту. При цьому, не дивлячись на незначний вміст марганцю в зварювальному дроті (1,8...2,1%), його вміст в зварювальних аерозолях, що утворюється, досягає 31,1... 13,7%. Концентрація діоксиду кремнію складає 7,6...10%, а заліза — 54...85%. З підвищенням вмісту легуючих елементів (Mn, Si) у зварювальному дроті їх концентрація в зварювальних аерозолях (ЗА) та рівні виділень підвищуються.

При застосуванні дротів, мікролегованих рідкоземельними металами (РЗМ), які вміщують незначну кількість церію (0,01...0,03%) і трохи знижену кількість марганцю (1,50...1,80%), рівні виділення ЗА і вміст у ній токсичного марганцю знижується. Цьому сприяє не тільки знижений вміст марганцю в дроті, але й можливість проводити зварювання струмом прямої полярності, при якій температура дуги нижча, ніж у дузі зворотної полярності. Такі переваги в гігієнічному відношенні забезпечують наявність у дроті РЗМ.

Крім ЗА, під час зварювання в захисних газах в зоні зварювальної дуги утворюються і шкідливі газоподібні речовини, склад яких визначається складом захисного газу. Під час зварювання у вуглекислому газі в повітря робочої зони виділяється монооксид вуглецю (чадний газ) з інтенсивністю 0,100...0,200 г/хв та оксиди азоту - 0,003...0,015 г/хв.

При використанні в ролі захисного газу аргону або його суміші в повітрі

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочої зони з'являється озон, який утворюється із кисню повітря та захисного газу під дією ультрафіолетового випромінювання дуги. Концентрація озону в початковий період зварювання висока, але потім він реагує з оксидом азоту з утворенням діоксиду азоту та кисню. Причому озон утворюється не тільки в зоні дуги, а й на деякій відстані від неї. Концентрація озону в повітрі знижується пропорційно відстані віддалення від дуги.

Під час механізованого зварювання порошковими дротами у вуглекислому газі рутилового (ПП-АН8, ПП-АН10), рутил-флюоритного (ПП-АН9, ПП-АН18), а також самозахисними дротами карбонатно-флюоритного типу (ПП-АН7, ПП-АН11) утворюються ЗА і газу, що вміщують, крім марганцю, кремнію, заліза, оксидів азоту та вуглецю, також фтористий водень, тетрафтористий кремній, розчинні і нерозчинні фториди. Інтенсивність виділення ЗА під час зварювання цими дротами вища, ніж при застосуванні дротів суцільного перерізу, виділення фтористого водню складає 16,6...56,7 мг/хв, тетрафтористого кремнію — 29,3...78,7 мг/хв.

Таким чином, під час зварювання порошковими дротами залежно від їх складу основними шкідливими речовинами, що надходять в повітря робочої зони є фтористі газу, розчинні фториди та сполуки марганцю.

При використанні хромонікелевих зварювальних і наплавних порошкових дротів, а також наплавних порошкових стрічок у складі ЗА, крім фторидів, можуть бути присутні сполуки нікелю, шестивалентного та трьох валентного хрому, які залежно від їх вмісту в ЗА можуть визначати його токсичність.

Під час зварювання активованим дротом інтенсивність утворення ЗА на оптимальних режимах нижча, ніж при використанні порошкових дротів і вища, ніж під час зварювання дротом суцільного перерізу типу Св-08Г2С. Вміст марганцю в ЗА, який утворюється під час зварювання активованим дротом, нижчий, ніж у випадку застосування дроту Св-08Г2С. Проте у складі таких ЗА з'являються легколеткі розчинні та нерозчинні сполуки фтору. При

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

збільшенні діаметру дроту інтенсивність утворення ЗА зростає.

Найбільш токсичними компонентами ЗА під час зварювання активованими дротами є сполуки марганцю та фтору.

Рівень виділень ЗА залежить від параметрів процесу зварювання: величини зварювального струму і напруги дуги, діаметра електродного дроту та складу захисного газу. Виділення ЗА підвищується зі збільшенням окислювальної спроможності захисного газу: введення до його складу інертного газу замість вуглекислого знижує рівень виділень ЗА. Підвищення напруги дуги призводить до підвищення рівня виділення зварювальних аерозолів (ЗА) [14, с.33].

5.2 Розрахунок штучного освітлення для ділянки, що проектується

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби.

Величина штучної освітленості (абсолютне її значення) нормується залежно від характеристики зорової роботи, тобто найменшого лінійного розміру об'єкта розпізнавання, контрасту між об'єктом розпізнавання і фоном, типу системи освітлення і джерел світла.

Згідно прийнятих вимог існує вісім розрядів зорової роботи. Найбільша нормована освітленість складає 5000 лк, а найменша – 30 лк [15].

В якості джерел штучного освітлення використовують лампи розжарювання та газорозрядні лампи.

Лампи розжарювання відносяться до теплових джерел світла. Поряд з деякими перевагами їм притаманні і суттєві недоліки: низька світлова віддача, малий термін експлуатації, висока температура нагрівання, що робить їх пожежонебезпечними.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Газорозрядні лампи випромінюють світло оптичного діапазону спектру внаслідок електричного розряду в середовищі інертних газів і парів металів та явища люмінесценції.

Основною перевагою газорозрядних ламп є їх економічність.

Газорозрядні лампи бувають низького та високого тиску. Газорозрядні лампи низького тиску, що називаються люмінесцентними, застосовуються для освітлення приміщень (виробничих і побутових).

Газорозрядні лампи високого тиску застосовуються в умовах, коли необхідна висока світлова віддача, компактність джерел світла і стійкість до умов зовнішнього середовища. Найчастіше використовують метало-галогенні, дугові, ртутні та натрієві лампи.

До основних характеристик джерел штучного освітлення відносять: напругу живлення, В; потужність лампи, Вт; світловий потік, лм; світлову віддачу, лм/Вт; термін експлуатації, год.; спектральний склад світла.

Одним з основних питань проектування штучного освітлення виробничого приміщення є вибір світильника. Від правильного вирішення цього питання залежить не лише якість та економічність, але й надійність та безпека роботи освітлювальної установки.

Світильник – це світловий прилад, що складається із джерела світла (лампи) та освітлювальної арматури [15].

Основними світлотехнічними характеристиками світильників є: світло-розподілення, крива сили світла, коефіцієнт корисної дії, захисний кут.

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи: світлового потоку (коефіцієнту використання), точковий та питомої потужності.

Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі [15].

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Вихідні дані для розрахунку штучного освітлення ділянки: довжина приміщення $L=12$ м; ширина приміщення $S=6$ м; нормована освітленість $E_n=200$ лк; коефіцієнт відбиття – стелі $\rho_n=70\%$, стін $\rho_c=50\%$; тип світильника з лампами розжарювання – “Універсал”; висота підвісу світильників над робочою поверхнею $h=2,6$ м.

Рівномірність освітлення досягається при співвідношенні відстані між світильниками l і висоти їх підвісу h :

$$l=h=2,6 \text{ м.}$$

Визначаємо необхідну кількість світильників [15]:

$$N = \frac{L \cdot S}{l^2}, \quad (5.1)$$

$$N = \frac{12 \cdot 6}{2,6^2} = 10 \text{ шт.}$$

Визначаємо показник приміщення i за формулою [15]:

$$i = \frac{L \cdot S}{h \cdot (L + S)}, \quad (5.2)$$

$$i = \frac{12 \cdot 6}{2,6 \cdot (12 + 6)} = 1,54.$$

Визначаємо мінімально необхідну величину світлового потоку лампи розжарювання при її використанні в світильнику типу “Універсал” за формулою [15]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot L \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100}{n \cdot N \cdot \eta}, \quad (5.3)$$

де, K_z – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп ($K_z = 1,3$ – для ламп розжарювання; $1,5$ – для газорозрядних ламп);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z = 1,1 \dots 1,15$);

n – кількість ламп в світильнику ($n=1$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, який для світильника типу “Універсал” при $i=1,54$, $\rho_n=70\%$ та $\rho_c=50\%$ прийме значення – $\eta=51$.

Тоді одержимо:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot 100}{1 \cdot 10 \cdot 51} = 3914 \text{ лм.}$$

Відповідно до отриманого значення світлового потоку вибираємо лампу розжарювання потужністю $P_{\text{л}}^{\text{розж}} = 300$ Вт з світловим потоком $4600 \text{ лм} \geq 3914 \text{ лм}$.

Схема штучного освітлення у спроектованій ділянці представлена на рис. 5.1.

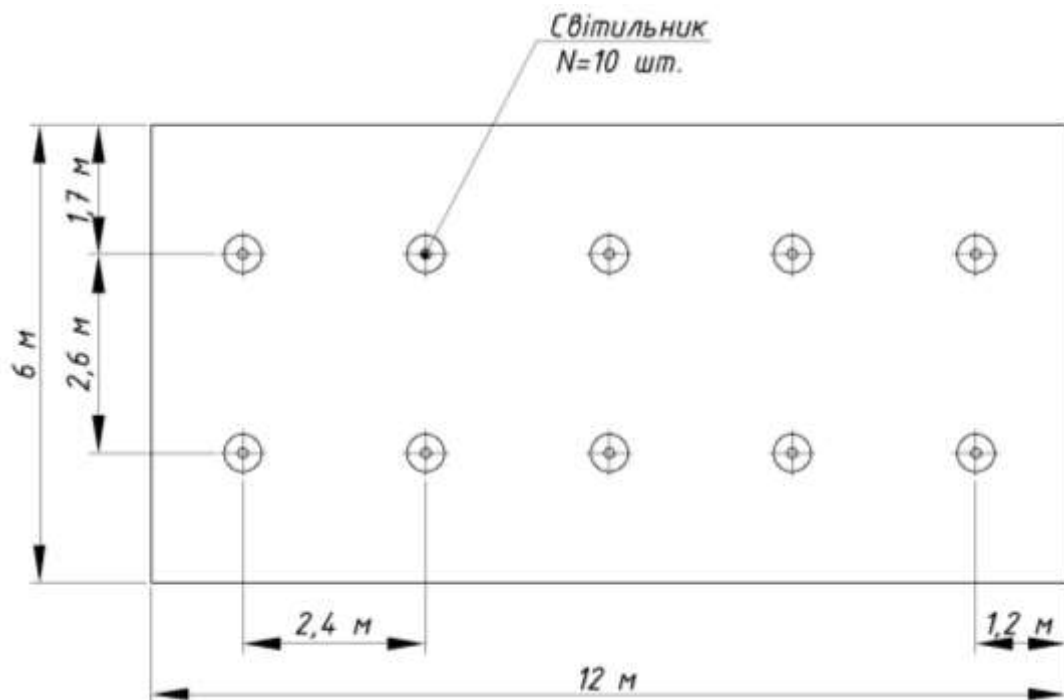


Рисунок 5.1 – Схема штучного освітлення у спроектованій ділянці

Тоді загальна потужність електричної енергії, яка повинна підводитися до системи освітлення буде розраховуватись за наступною формулою [15]:

$$P_{\text{заг}}^{\text{розж}} = P_{\text{л}}^{\text{розж}} \cdot N, \quad (5.4)$$

$$P_{\text{заг}}^{\text{розж}} = 300 \cdot 10 = 3000 \text{ Вт} = 3 \text{ кВт.}$$

Отже, для штучного освітлення спроектованої ділянки потрібно використати 10 світильників типу “Універсал”, які розміщуються дворядно та комплектуються однією лампою розжарювання потужністю 300 Вт.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Удосконалення технологічного процесу виготовлення інструментального кейсу представлено у даній роботі та запропоновано можливі рішення, щодо його покращення.

Інструментальний кейс є зварною металевою конструкцією, який призначений для транспортування, а також зберігання різного інструменту. Для його виготовлення використовується конструкційна низьковуглецева сталь звичайної якості марки Ст2пс.

Основне вдосконалення технології виробництва даного роду виробів стосується заміни способу зварювання – замість ручного дугового покритими електродами буде застосовуватися механізований спосіб із використанням захисних газів.

Зварювальний процес буде виконуватися за допомогою професійних напіваавтоматів Titan XQ 350 puls CW HP, які представляють собою зварювальне обладнання німецької компанії «EWM».

Оскільки кейс інструментальний відноситься до невідповідальних зварних виробів, то для його контролю якості достатня тільки перевірка зовнішнім оглядом із застосуванням трикратних збільшувальних луп Buromax 75.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь Ст2пс. Продукція, характеристики, застосування сталі: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st2ps> (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 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: 02.06.2025).
5. 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: 02.06.2025).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Зварювальний апарат Titan XQ 350 puls CW HP. Апарати для зварювання MIG/MAG: веб-сайт. URL: https://www.ewm-sales.com/ru/Apparaty_dlja_svarki_MIG_MAG/Titan_XQ_puls/Titan_XQ_puls_C_kompaktnoe_ispolnenie_/Titan_XQ_350_puls_CW_HP--090-005608-00001.html (дата звернення: 02.06.2025).
8. Стрічкопильний верстат по металу BS 712-R STILER. Стрічкопильні верстати по металу: веб-сайт. URL: <https://slavles.com.ua/ua/p1107244240-lentochnopilnyj-standok-metallu.html> (дата звернення: 03.06.2025).

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

9. Універсальний згинальний верстат CORMAK UB 100A. Верстати згинальні: веб-сайт. URL: <https://www.motoblok.biz/ua/catalog/14050/verstati-zginalni/52087/universalniy-zaginayuchiy-verstat-cormak-ub-100a.html> (дата звернення: 03.06.2025).

10. Кутова шліфувальна машина Metabo W 1100-125. Шліфувальні та полірувальні машини (болгарки) Metabo: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/metabo-603614000/p400051251/> (дата звернення: 03.06.2025).

11. 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).

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

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

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

15. Розрахунок штучного освітлення. Охорона праці практичні роботи: веб-сайт. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/page67.html (дата звернення: 13.06.2025).

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ДОДАТКИ

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		