

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
зварювального стола

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

Богдан ПРОЦИК

Керівник

Володимир ГАВРИЛЮК

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ПРОЦИКУ Богдану Петровичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
зварювального стола

Керівник роботи ГАВРИЛЮК Володимир Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні

5.2 Професійні захворювання зварників та шляхи їх попередження

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення зварювального стола – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення зварювального стола – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювальної плити – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення електричного тельфера – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Богдан ПРОЦИК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення зварювального стола 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 welding table 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	10
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	10
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	13
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	13
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	14
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	15
1.3.4 Вимоги до складання	15
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	20
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	21
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	23
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	28
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	30
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	32
2.6.1 Заготівельні операції	33
2.6.2 Складальні операції	33
2.6.3 Складально-зварювальні операції	34

					<i>КР.422.20.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Процик				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення зварювального стола Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гаврилюк						4	70
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	34
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	34
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	34
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	35
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	38
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	38
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	40
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	42
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	47
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	50
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	51
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	56
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	57
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	59
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	61
5.1	Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні	.	.	.	.	.	61
5.2	Професійні захворювання зварників та шляхи їх попередження	.	.	.	.	.	62
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	68
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

Зварювання є одним із основних технологічних процесі виготовлення та ремонту виробів у різних галузях промисловості, будівництва й транспорту. Без зварювання неможливе виробництво автомобілів, кораблів, літаків, мостів котлів, турбін, реакторів та інших конструкцій. Порівняно з іншими способами виготовлення конструкцій зварні є легшими та дешевшими. При цьому економію металу становить від 10 до 50%. За допомогою зварювання одержують нероз'ємні з'єднання майже всіх металів і сплавів різної товщини – від сотих часток міліметра до декількох метрів [1, с. 3].

Історія електричного зварювання бере свій початок в ХІХ ст. У 1802 р. російський вчений В.В. Петров відкрив явище електричної дуги і вказав на можливість її використання для розплавлення металів. Але тільки в 1882 р. російський інженер Н.Н. Бенардос відкрив спосіб електродугового зварювання неплавким вугільним електродом і запропонував конструкції простих зварювальних автоматів [1, с. 5].

Зварювання – це технологічний процес отримання нероз'ємних з'єднань виробів (деталей) шляхом встановлення міжатомних зв'язків між з'єднувальними частинами при їх нагріванні, пластичному деформуванні, або одночасній дії тепла та прикладання пластичного деформування [1, с. 6].

Зварювання – економічно доцільний, високопродуктивний і механізований процес, що широко використовується в машинобудуванні. Його сутність полягає у формуванні міцних міжатомних і міжмолекулярних зв'язків на поверхнях заготовок. Для цього необхідно: очистити поверхні від забруднень, оксидів та сторонніх атомів, активувати атоми, щоб полегшити їх взаємодію, зблизити заготовки на відстань, співмірну з міжатомною у матеріалі.

Залежно від форми енергії, використовуваної для утворення з'єднання, зварювання поділяють на три класи: термічний, термомеханічної і механічний [1, с. 6].

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До термічного класу належать види зварювання, які здійснюються плавленням з використанням теплової енергії (дугова, плазмова, електрошлакове, електронно-променева, лазерна, газова та ін.) [1, с. 6].

До термомеханічної класу належать види зварювання, здійснювані з використанням теплової енергії і тиску (контактна, дифузійна та ін.) [1, с. 7].

До механічному класу належать види зварювання, здійснювані з використанням механічної енергії і тиску (ультразвукова, вибухом, тертям, холодна та ін.) [1, с. 7].

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Зварювальний стіл призначений для зручного виконання робіт з невеликими деталями. Його використання спрощує процес зварювання та скорочує витрати часу при роботі з малогабаритними заготовками.

Зварювальний стіл складається з таких елементів:

- 1) верхня плита – листовий прокат товщиною 30 мм, розміри: 700x1200мм;
- 2) ніжки – профільна труба 60x60x30 мм;
- 3) фіксуюча рама – листовий прокат розміром 620x1000 мм, висота 100 мм, товщина 3 мм.

Зварювальний стіл виготовляється зі сталі звичайної якості марки Ст3сп, яка є оптимальним матеріалом для конструкцій цього типу.

Габаритні розміри конструкції:

- висота 700 мм;
- ширина 700 мм;
- довжина 1200 мм.

Загальний вигляд конструкції виробу показано на рисунку 1.1.

При проектуванні металевих конструкцій враховують такі основні вимоги:

- 1) умови експлуатації – конструкція повинна відповідати заданим умовам роботи, що визначають її систему, форму та вибір матеріалу;
- 2) економія металу – через високу потребу у матеріалах і їх вартість слід застосовувати оптимальні марки сталі, заміна яких може бути нераціональною;
- 3) транспортабельність – оскільки конструкції виготовляють переважно на заводах, у проекті необхідно передбачати можливість їх перевезення цілком або частинами відповідними транспортними засобами;

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

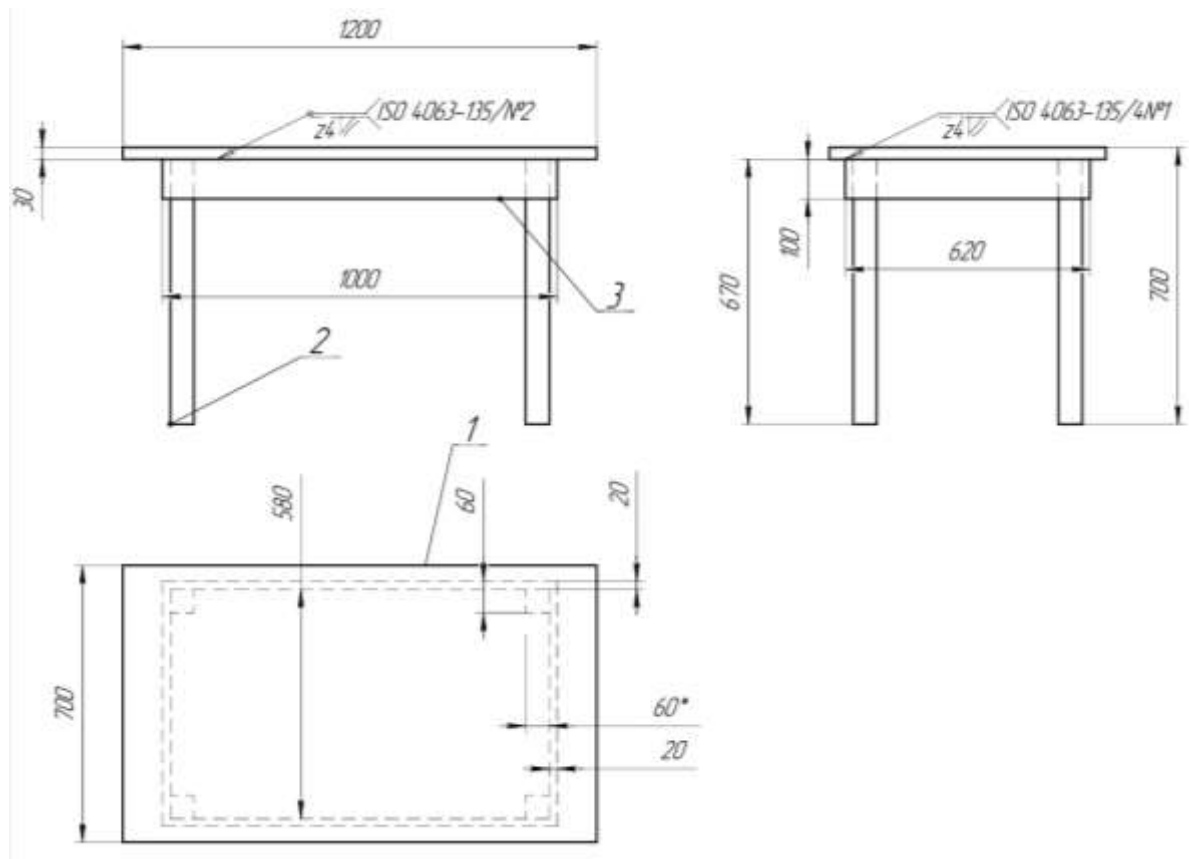


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд зварювального стола

1 – плита, 2 – ніжка, 3 – фіксуюча рамка

4) технологічність – металеві конструкції слід проектувати з урахуванням вимог виготовлення та монтажу, орієнтуючись на сучасні високопродуктивні методи, що забезпечують мінімальні витрати праці та підвищують ефективність робіт;

5) швидкісний монтаж – конструкція має бути спроектована так, щоб забезпечити можливість складання у найкоротші терміни з використанням наявного монтажного обладнання;

6) довговічність конструкції визначається строками її фізичного та морального зношування; фізичне зношування здебільшого спричинене корозійними процесами; моральне зношування виникає внаслідок зміни умов експлуатації та нових вимог до конструкції;

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7) естетичність – незалежно від призначення, конструкції повинні вирізнятися гармонійними формами та пропорційними геометричними розмірами.

Усі вимоги враховуються конструкторами на основі принципів проектування, сформованих наукою та практикою. Головним принципом є досягнення трьох ключових показників: економія матеріалів, підвищення продуктивності праці під час виготовлення та зменшення трудомісткості та скорочення термінів монтажу. Саме ці фактори визначають кінцеву вартість конструкції.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Зварювальний стіл – металева зварна конструкція, що виготовляється відповідно до креслень, державних та галузевих стандартів, а також чинних нормативно-технічних документів, затверджених у встановленому порядку.

Основні технічні вимоги до виробу та його зварювання: точне дотримання розмірів деталей, вибір режиму зварювання, що забезпечує якісні з'єднання з урахуванням товщини, марки сталі та застосованих матеріалів, очищення швів від шлаку, видалення бризок з поверхонь, призначених для фарбування.

Грунтування та фарбування зварної конструкції виконують лише після її приймання контролем. Правління після зварювання допускається за умови збереження міцності з'єднань. Усі необхідні технічні вимоги для цього типу конструкцій зазначаються безпосередньо на кресленнях.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Зварювальний стіл виготовляється з конструкційної маловуглецевої сталі звичайної якості марки Ст3сп. Механічні властивості цього матеріалу наведені у таблиці 1.1, а його хімічний склад – у таблиці 1.2.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі Ст3сп [2]

Стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 , %
	МПа		
	не менше		
Прокат гарячекатаний	225	370-480	23

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст3сп, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
не більше								
0,14-0,22	0,40-0,65	0,12-0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Зварюваність є однією з ключових технологічних характеристик сталей. Вона визначається як здатність матеріалу утворювати з'єднання, що відповідає вимогам конструкції та умовам експлуатації при застосуванні встановленої технології. Технологічна зварюваність характеризує ступінь відповідності властивостей зварного з'єднання властивостям основного металу.

Основні критерії зварюваності металів:

- схильність до окислення під час зварювання, що визначається хімічною активністю;
- здатність протидіяти утворенню гарячих тріщин та тріщин при повторних нагріваннях;
- опір виникненню холодних тріщин;
- чутливість до теплового впливу процесу зварювання;
- відповідність властивостей зварного з'єднання експлуатаційним вимогам (міцність, пластичність, в'язкість, жорсткість тощо).

Механічні властивості металу шва та зварного з'єднання залежать від їхньої структури, яка формується хімічним складом, режимом зварювання, а також попередньою та наступною термічною обробкою.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Сталь СтЗсп належить до групи добре зварюваних сталей, оскільки вміст вуглецю в ній не перевищує 0,25%. Марганець (до 0,65%) підвищує загартованість, не погіршуючи зварюваність. Кремній (0,12–0,3%) також не впливає негативно на здатність до зварювання. Хром підвищує твердість і міцність сталі. Нікель покращує пластичність і міцність, не знижуючи зварюваності. Мідь (до 0,3%) сприяє корозійній стійкості й не погіршує зварюваність.

Зварюваність металу визначають за результатами розрахунку еквівалентного вмісту 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, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0.22 + \frac{0.65}{6} + \frac{0.30}{24} + \frac{0.30}{10} + \frac{0.30}{5} + \frac{0.30}{15} = 0.44 \quad \%$$

Еквівалентний вміст вуглецю у сталі становить менше 0,45%, що свідчить про її добру зварюваність. Такий матеріал можна зварювати всіма поширеними методами без додаткових операцій, попереднього чи супутнього підігрівання.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі даної марки майже збігається зі складом основного металу. Основна відмінність полягає у зменшенні вмісту вуглецю, що запобігає утворенню гартованих структур при високих швидкостях охолодження. Склад металу шва визначається вмістом основного та присаджувального металів, а також їхньою взаємодією з газовою фазою.

Підвищені швидкості охолодження сприяють зростанню міцності, проте знижують пластичність і ударну в'язкість, що пояснюється зміною кількості та будови перлітної фази. Критична температура переходу металу

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однопрохідного шва практично не залежить від швидкості охолодження. Швидкість охолодження визначається товщиною зварюваного металу, режимами зварювання та початковою температурою виробу.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань необхідно застосовувати сертифіковані матеріали та напівфабрикати. Їхня якість підтверджується відповідними сертифікатами. У разі виявлення зовнішніх дефектів або відсутності сертифікатів матеріали допускаються до виробництва лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань та випробувань на зварюваність.

Матеріал для виготовлення виробу підлягає перевірці на наявність дефектів. Контролюють: чистоту поверхні, відсутність пор, усадочних раковин і тріщин, вм'ятин, покриттів, небажаних для даного технологічного процесу зварювання.

Напівфабрикати та деталі слід зберігати у закритих приміщеннях на дерев'яних стелажах у бухтах. Поверхневі дефекти сприяють накопиченню вологи та забруднень, що прискорює корозійні процеси й знижує стійкість металу. Для підвищення захисту від корозії необхідно забезпечити максимальну чистоту поверхні та ретельно усувати дрібні нерівності.

Усі матеріали та напівфабрикати повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-постачальника або відповідними паспортами. За їх відсутності допуск у виробництво можливий лише після проведення попередніх випробувань для підтвердження відповідності вимогам стандартів постачання.

Основні технічні вимоги до виробу та його зварювання: точне дотримання розмірів деталей; вибір режиму зварювання, що забезпечує якість

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

з'єднань відповідно до вимог для кожного типу шва з урахуванням товщини деталей, марки сталі та застосованих матеріалів; ретельне очищення зварних швів.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Шорсткість поверхні – це характеристика мікронерівностей, виражена числовими показниками, що визначають величину їхнього відхилення на базовій довжині від ідеально гладкої поверхні заданої геометричної форми.

Міцність деталей значною мірою залежить від шорсткості їхньої поверхні. Руйнування, особливо за умов змінних навантажень, часто спричинене концентрацією напружень, що виникає через наявність поверхневих нерівностей.

Основні вимоги:

1) точне дотримання розмірів деталей відповідно до креслень у межах встановлених допусків;

2) забезпечення малої шорсткості поверхні, що необхідна не лише для підвищення експлуатаційних властивостей, а й для надання виробу привабливого зовнішнього вигляду та зручності підтримання його чистоти.

Під час проектування зварювального стола необхідно забезпечити точність геометричних розмірів, збереження форми виробу та чистоту поверхонь. Для цього встановлюються такі вимоги:

- конструкція повинна бути розроблена з урахуванням технічних особливостей виробництва;
- усі зварні з'єднання мають бути виконані відповідно до вимог щодо їх обробки, підготовки кромки та допусків на розміри;
- технологічний процес слід організувати так, щоб запобігти виникненню внутрішніх напружень і деформацій.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час виготовлення зварювального стола його конструкція та розташування зварних з'єднань повинні забезпечувати:

- міцність швів;
- можливість встановлення нагрівальних пристроїв для місцевого підігрівання;
- проведення контролю якості зварних з'єднань усіма передбаченими методами;
- умови для виконання ремонту.

Властивості зварних з'єднань конструкції, як правило, мають відповідати властивостям основного металу. З цією метою встановлюються мінімально допустимі показники механічних характеристик, зокрема: міцність, пластичність і ударна в'язкість.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання деталей та вузлів для зварювання слід виконувати у спеціальних складально-зварювальних пристосуваннях, на стендах або плитах, що гарантують точність виготовлення вузлів і конструкцій. Розміри основних деталей, які визначають габарити виробу, необхідно задавати з урахуванням усаджування металу.

При визначенні базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, установок та стендів слід враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання вузлів і конструкцій.

Прихоплення елементів конструкції слід виконувати лише у визначених місцях та у послідовності, встановленій технологічним процесом.

Під час складання під зварювання основний метал у зонах зварювання необхідно ретельно очищати від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень, що можуть спричинити утворення дефектів у зварних з'єднаннях.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість зварної конструкції гарантується за умови дотримання таких вимог:

- під час проектування проводити дослідження конструкції на технологічність;
- витримувати встановлені параметри режиму зварювання;
- забезпечувати необхідну точність складання;
- використовувати лише сертифіковані та якісні матеріали;
- здійснювати контроль зварних з'єднань передбаченими методами;
- виключати наявність дефектів у швах.

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

Для виготовлення зварювального стола застосовуються заготовки з листового прокату та профільних труб.

Технологічний процес виготовлення зварювального стола включає такі основні операції: правлення; очищення; різання; складання; зварювання; зачищення; контроль якості; транспортування.

Технологічні операції підготовки заготовок для виготовлення зварювального стола включають: правлення листової сталі на вальцях для усунення хвилястості та деформацій; різання профільного прокату за допомогою труборіза ПТМ 57-108 та плазмового різача ТС-2030 Hypertherm; очищення заготовок від забруднень, іржі та окалини механічними методами із застосуванням кутових шліфувальних машин Makita 9558HNG з зачисними кругами, металевих щіток з пластмасовими ручками; оббивання шлаку молотком зварювальника Juso M8152 (0,35 кг).

Заготовки повинні відповідати таким вимогам:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- забезпечувати можливість зварювання у складально-зварювальних пристосуваннях;
- гарантувати зручний доступ до зон виконання швів;
- створювати умови для роботи у нижньому положенні;
- мати шви, розташовані на ділянках, що не зазнали значних пластичних деформацій під час попередніх операцій;
- дозволяти отримання розмірів, передбачених кресленням, та забезпечувати їх контроль.

Технологічний процес здійснюється ручним дуговим зварюванням покритим електродом, що дозволяє отримати якісні зварні з'єднання. Для виконання робіт застосовується інверторний апарат Tesla Weld MMA 277.

Для зварювання стола застосовуються електроди АНО-36, призначені для відповідальних конструкцій із вуглецевих сталей з тимчасовим опором до 450 МПа. Вони забезпечують якісне виконання швів у всіх просторових положеннях при роботі як змінним, так і постійним струмом.

Характеристика електродів АНО-36 «Моноліт», покриття зварювальних електродів марки АНО-36 - рутил-целюлозне, коефіцієнт наплавлення - 8,5 г / А · год, продуктивність наплавлення АНО-36 Моноліт (для діаметра 4,0 мм) - 1,2 кг / год, витрати електродів на 1 кг наплавленого металу - 1,7 кг.

Типові механічні властивості металу шва електродів марки АНО-36 «Моноліт» наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Властивості електродів марки АНО-36 «Моноліт» [4].

Тимчасовий опір, МПа	Межа текучості, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
490	410	26	140

Хімічний склад наплавленого металу зварювальних електродів АНО-36 «Моноліт» наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад АНО-36 Моноліт [4]

C	Mn	Si	S	P
0,09	0.60	0,15	0,023	0,026

Електроди АНО-36 «Моноліт» характеризуються: легким запалюванням та високою еластичністю дуги, що дозволяє виконувати зварювання у складних положеннях навіть малодосвідченим зварникам; можливістю роботи по окислених та вологих поверхнях; низьким рівнем розбризкування металу та легким відділенням шлакової кірки; придатністю для зварювання забарвлених і оцинкованих деталей; стабільною роботою у всіх просторових положеннях без необхідності зміни зварювального струму під час монтажних робіт.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Параметри режиму ручного дугового зварювання [5, с.95]

Діаметр електроду, мм	3,0
Струм зварювання, А	120
Напруга на дузі, В	20

Контроль якості зварних з'єднань виробу здійснюється у три етапи:

1) попередній контроль, об'єкти перевірки: кваліфікація зварювальника, стан зварювального устаткування, апаратури та складально-зварювального оснащення, наявність і правильність технічної документації, якість матеріалу заготовок, справність вимірювальних пристроїв та інструментів;

2) операційний контроль, об'єкти перевірки: підготовка деталей до зварювання, правильність складання, процес виконання зварювання;

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3) кінцевий контроль, застосовуються стандартизовані методи контролю якості зварних з'єднань, які обираються залежно від виду можливих дефектів та технічних вимог до виробу.

Недоліки ручного дугового зварювання полягають у нерівномірній якості зварних швів, що значною мірою залежить від кваліфікації зварювальника, а також у відносно низькій продуктивності процесу. Продуктивність дугового зварювання визначається переважно силою зварювального струму. Однак при ручному способі його доводиться обмежувати через перегрівання довгих електродних стрижнів (350–450 мм), що призводить до погіршення якості зварних з'єднань.

Крім того спосіб ручного дугового зварювання має і наступні недоліки:

- негативний вплив на здоров'я: виділення газів, висока температура, інтенсивне світіння дуги;
- ризик ураження електричним струмом за відсутності спеціальних засобів захисту;
- необхідність періодичної заміни електрода, що спричиняє утворення кратерів і погіршує якість шва у місцях його переривання;
- залежність якості з'єднання від рівня кваліфікації зварника.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Під час вибору способу зварювання для виготовлення зварювального стола необхідно враховувати такі чинники: матеріал конструкції, товщину деталей, що зварюються, ступінь відповідальності виробу та вимоги до якості зварних з'єднань.

З урахуванням зазначених факторів для виготовлення зварювального стола обирається напівавтоматичний спосіб зварювання у захисній газовій суміші К-3.2 (Argoshield TC).

Для виготовлення виробу застосовується напівавтоматичне зварювання на постійному струмі плавким електродним дротом. У процесі роботи: балон із захисною газовою сумішшю розташовується за апаратом, дуга горить між кінцем дроту та виробом у середовищі газів, дріт подається в зону зварювання через мундштук електродотримача, розплавлений метал надійно захищається від кисню та азоту навколишнього середовища.

Переваги напівавтоматичного зварювання в захисних газах:

- висока якість зварного шва порівняно зі звичайними апаратами;
- використання доступних за ціною газових сумішей при збереженні високої якості з'єднання;
- просте освоєння технології для зварювальників із досвідом роботи на іншому обладнанні;
- можливість зварювання як тонкостінних, так і товстостінних заготовок;
- висока продуктивність процесу завдяки механізації;
- низький рівень розбризкування металу;
- концентроване тепло дуги, що мінімізує зону структурних змін і зменшує деформації виробу;
- відсутність необхідності видаляти шлак після зварювання, що скорочує час виготовлення виробу.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність напівавтоматичного зварювання в захисних газах перевищує у 1,5–4 рази продуктивність ручного дугового зварювання покритим електродом і приблизно у 1,5 рази продуктивність зварювання під флюсом.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів є ключовим етапом у розробленні технологічного процесу. Лише за умови правильного підбору основних та допоміжних матеріалів можна забезпечити отримання високоякісних зварних з'єднань, що відповідають вимогам рівномірності металу шва з основним металом.

Правильний вибір зварювальних матеріалів має вирішальне значення, адже він визначає механічні та фізико-хімічні властивості металу шва, які повинні гарантувати надійність конструкції під час експлуатації.

При підборі матеріалів необхідно враховувати такі вимоги:

- забезпечення утворення шва без пористості;
- отримання зварних з'єднань із високою технологічною міцністю.

Для зварювання застосовується газова суміш К-3.2 (Argoshield TC), що містить: 86% аргону, 12% вуглекислого газу, 2% кисню. Вона забезпечує: стійке горіння дуги з широкою зоною нагріву; якісний провар профілю, придатний для глибокого провару; ефективне виконання коротких швів і наплавлення; можливість роботи у всіх просторових положеннях; універсальність для ручного, автоматичного та роботизованого зварювання.

При напівавтоматичному електродуговому зварюванні в захисних газах основним зварювальним матеріалом виступає плавкий електродний дріт, а допоміжним матеріалом є захисна газова суміш, яка створює необхідне середовище для якісного формування шва.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аргон – одноатомний інертний газ без кольору та запаху, важчий за повітря, що забезпечує надійний захист зварної ванни. Залежно від вмісту домішок (кисню, азоту, водню) розрізняють такі сорти:

- газоподібний та рідкий аргон: вищого сорту (не менше 99,992% Ar), першого сорту (99,987% Ar); використовується для плазмового різання та зварювання плавким і неплавким електродом;

- аргон високої чистоти: рідкий першого сорту (99,998% Ar), рідкий другого сорту (99,995% Ar), газоподібний (99,995% Ar).

Застосування аргону різних сортів у зварюванні:

1. Вищий сорт – використовується для титанових сплавів, цирконію, молібдену та інших активних металів, а також для особливо відповідальних виробів із нержавіючих сталей.

2. Перший сорт – призначений для алюмінієвих та магнієвих сплавів.

3. Другий сорт – застосовується при роботі з чистим алюмінієм, нержавіючими та жароміцними сплавами.

Зберігання та транспортування аргону здійснюється у сталевих суцільнотягнутих балонах, заповнених газом під тиском 15 МПа (150 кгс/см²). У стандартному балоні місткістю 40 дм³ знаходиться близько 6000 дм³ (6 м³) аргону. Балони мають сірий колір із зеленим написом.

Вуглекислий газ (CO₂) – безколірний газ із легким запахом, який при підвищеному тиску переходить у рідину (вуглекислоту), а при охолодженні нижче –78,9 °С утворює твердий стан — «сухий лід». CO₂ у 1,5 рази важчий за повітря, що дозволяє ефективно захищати зварну ванну при мінімальних витратах.

Вуглекислий газ отримують із вапняків, коксу та антрациту шляхом випалювання у спеціальних печах, а також із природного та котельного газу іншими методами. Густина рідкої вуглекислоти значно змінюється залежно від температури, тому її постачають за масою, а не за об'ємом. При

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

випаровуванні 1 кг рідкої вуглекислоти утворюється близько 509 дм³ (л) газоподібного CO₂.

При зварюванні вуглецевих сталей безпористі шви отримують із застосуванням кремнієво-марганцевого електродного дроту марки Св-08Г2С, який забезпечує мінімальне забруднення металу оксидними включеннями. Вміст оксидів у металі шва становить лише 0,009%, що досягається завдяки оптимальному складу дроту – близько 0,23% кремнію та 0,72% марганцю.

Для виготовлення зварювального стола використовується дріт марки Св-08Г2С, який за хімічним складом відповідає основному металу та широко застосовується в машинобудуванні для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей. Висока міцність при достатній пластичності та рівномірність шва з основним металом забезпечуються завдяки комплексному легуванню й ефективному розкисленню зварювальної ванни.

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

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [6, с.87]

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

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Під час вибору параметрів режиму зварювання важливо забезпечити отримання швів необхідних розмірів, форми та якості. Тому раціональніше не підбирати параметри дослідним шляхом, а виконувати їх точний розрахунок. Оскільки зварювання стола здійснюється тавровими з'єднаннями, розрахунок

проводиться для кутового шва з катетом 3 мм. Схему такого з'єднання наведено на рисунку 2.1.

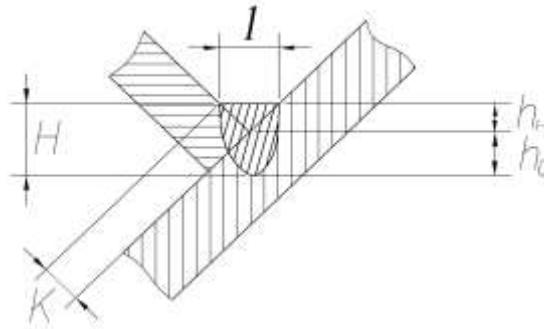


Рисунок 2.1 - Схема кутового з'єднання

К - катет шва; Н - висота шва; h_n - висота наплавленого металу; h_0 - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

Основними параметрами режиму зварювання у суміші захисних газів, які суттєво впливають на розміри і форму швів, є:

- діаметр і марка електродного дроту d_e , мм;
- зварювальний струм $I_{зв}$, А;
- напруга на дузі U_d , В;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}$, м/год;
- швидкість зварювання $V_{зв.}$, м/год;
- виліт електродного дроту l_d , мм;
- витрати захисного газу Q_g , л/хв.

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити одержання катету шва, відповідної величини.

Визначаємо площу наплавленого металу F_n за формулою [6, с.196]:

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

де K – катет шва, $K=3$ мм,

$$F_n = \frac{3^2}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [6, с.197]:

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

$$h_n = \sqrt{4,5} = 2,12 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо ширину шва l , за формулою [6, с.197]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 9} = 4,24 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [6, с.196]:

$$\psi_m = \frac{l}{H}. \quad (2.4)$$

Тоді:

$$H = \frac{l}{\psi_m}, \quad (2.5)$$

попередньо вибравши значення ψ_m , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [6,с.196], приймаємо $\psi_m=1,3$.

Отже:

$$H = \frac{4,24}{1,3} = 3,26 \quad \text{мм}.$$

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Менше значення ψ_m відповідає великим струмам, відповідно великій продуктивності зварювання.

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою 6, с.197]:

$$h_0 = H - h_n, \quad (2.6)$$

$$h_0 = 3,26 - 2,12 = 1,14 \text{ мм.}$$

Для зварювання конструкції із вуглецевої сталі з катетом 3 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 0,8 мм.

Визначаємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою [6, с.192]:

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=0,95$ [6, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,14}{0,95} \cdot 100 = 120 \text{ А.}$$

Отже, сила зварювального струму становить 120 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [7,с.212]:

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12$ г/А·год [6, с.189];

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

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу дроту, яка визначається за формулою:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{el} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,0^2}{4} = 0,88 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{n.d.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{0,88 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 208,7 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=210$ м/год.

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [6, с.194]:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 120}{1000 \cdot \sqrt{0,8}} \pm 1 = 26,7 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_d=27$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [6, с.194]:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 0,8$ мм – $A = 2 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$ [6, с.194]:

$$V_{36} = \frac{2 \cdot 10^3}{120} = 16,66 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв}=17$ м/год.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [6, с.193]:

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{j}}, \quad (2.11)$$

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де j – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 0,8 мм $j=70\dots400$ А/мм² [7, с.244],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{70}{120}} = 0,84 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d=6$ мм.

Витрати захисного газу $Q_g = 8$ л/хв [4, с.226].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

ПАРАМЕТР			значення
назва	символ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	120
Напруга на дузі	U_d	В	27
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	0,8
Виліт електрода	l_d	мм	6
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	17
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	210
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	8

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для дугового зварювання в середовищі захисних газів буває універсальним або спеціалізованим. Його конструкція включає вузли та пристрої, що забезпечують газовий захист металу шва й зони термічного впливу від контакту з повітрям. Особливості джерела живлення, напівавтомата та систем керування визначаються вимогами технології зварювання в захисних газах.

Для зварювання стола використовується напівавтомат марки Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/MMA 327. За допомогою даного напівавтомату можна виконувати [8]:

- ручне дугове зварювання «ММА»;
- зварювання (FCAW) відбувається самозахисним зварювальним дротом;
- напівавтоматичне зварювання «MIG/MAG» в середовищі захисних газів та сумішей на постійному струмі [8].

Даний апарат призначений для побутового та промислового використання. Забезпечує хорошу тривалість навантаження на його номінальному струмі 250 А, при живленні від потужної трифазної мережі 190-240 В, напівавтоматичне зварювання суцільним електродним дротом діаметром від $\varnothing$ 0.8 - 1.0 мм до $\varnothing$ 1,2 мм [8].



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд напівавтомата Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/MMA 327 [8]

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики інверторного цифрового напівавтомату Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/MMA 327 [8]

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕННЯ
Зварювальний струм мін., А	50
Зварювальний струм макс., А	250
Робоча напруга на дузі, В	16.5 – 26.5
Напруга холостого ходу, В	55
Тривалість ввімкнення (ТВ), %	60
Характеристики напівавтоматичного обладнання (MIG/MAG)	
Механізм подання дроту	вбудоване
Кількість ведучих роликів / всього роликів	1/2
Діаметр дроту, мм	0,8 – 1,0 – 1,2
Характеристики зварювального пальника	
Тип роз'єму пальника	KZ – 2 (євро роз'єм)
Характеристики енергопостачання (приводу двигуна)	
Напруга мережі живлення, В	190 - 240
Частота мережі живлення, Гц	50/60
Споживана потужність, кВт	8,8
Струм споживання, А	45
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Масо-габаритні характеристики	
Розмір, мм	621x300x681
Вага, кг	42

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварних виробів проводять для визначення наявності дефектів у швах, їх розмірів та характеру. Отримані дані дають змогу оцінити можливість ремонту, встановити причини виникнення дефектів і вжити заходів для їх запобігання.

В даному випадку можливі такі методи контролю:

- візуально-оптичний метод;

- радіаційна дефектоскопія;
- магнітна та електромагнітна дефектоскопія;
- ультразвукова дефектоскопія.

Візуальний метод контролю відіграє важливу роль в даний час. Часто зовнішній огляд проводять неозброєним оком, а також використовують різноманітні лупи. Огляд зварних швів в яких дефекти неможливо виявити неозброєним оком, та які захищені елементами конструкції, здійснюють за допомогою оптичних приладів - ендоскопів, перископів та інших [9, с.114].

Своєчасне усунення дефектів, виявлених візуальним оглядом, і з'ясування причин їх виникнення дозволяє оперативно регулювати якість технології та зменшити об'єм наступних етапів контролю [9, с.114].

Радіаційна дефектоскопія. В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівських променів і гама-випромінювання. Ці види випромінювання мають електромагнітну природу. Довжина хвилі рентгенівських променів - $6 \cdot 10^{-11} \dots 6 \cdot 10^{-11}$ мм, гама-випромінювання - $4 \cdot 10^{-13} \dots 4 \cdot 10^{-12}$ мм, що в багато разів менше довжини світлових хвиль - $4 \cdot 10^{-7} \dots 7 \cdot 10^{-7}$ мм [9, с.114].

Рентгенівське та гама-випромінювання володіють великою енергією в порівнянні з світловою, що обумовлює їх високу проникаючу здатність. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами базується на зміні рентгенівського та гама-випромінювання в результаті втрати частини енергії при проходженні ними через матеріал в залежності від його густини та товщини [9, с.114].

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. В межах малих об'ємів, так званих доменів ($V = 10^{-5} \dots 10^{-7} \text{ см}^3$), магнітні поля, які викликаються обертанням електронів навколо власних осей, врівноважують одне одного і деталь виявляється розмагніченою. Але під впливом зовнішніх магнітних ліній поля доменів встановлюються в його напрямку, при цьому створюється спільне поле [9, с.137].

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь намагнічена. Магнітні лінії мають певний напрямок. При контакті з дефектом, магнітна проникність якого в тисячі разів менша проникності основного металу, силові лінії обходять дефект і утворюють поле розсіювання магнітних ліній. Дефекти направлені вздовж магнітних ліній, не викликають істотних перешкод розповсюдженню потоку, тому важко виявляються магнітним контролем. І навпаки, дефекти, направлені перпендикулярно магнітним лініям, викликають істотне розсіювання та виявляються значно легше [9, с. 138].

Контролю магнітними методами піддаються тільки феромагнітні матеріали [9, с. 137].

Ультразвукова дефектоскопія ґрунтується на використанні пружних механічних коливань. Коливання, що поширюються в повітрі, сприймаються як звуки й називаються акустичними. Якщо їх частота перевищує 20 кГц (вище порогу чутливості людського слуху), вони класифікуються як ультразвукові. У дефектоскопії застосовують хвилі з частотою 0,5–20 МГц. Принцип методу полягає в тому, що ультразвукові коливання, створені генератором-випромінювачем, проходять крізь матеріал виробу. За наявності дефектів виникають: відбите поле, дифраговане поле розсіювання, акустична тінь (при значних розмірах дефекту). Поверхня дефекту відбиває хвилі, які реєструє приймач-шукач. Аналізуючи послаблення сигналу або відбиті імпульси (ехо), роблять висновки про наявність дефектів у зварному шві.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення зварювального стола включає підготовку, вибір матеріалів і режимів, виконання зварювання, контроль якості та завершальні операції, що забезпечують міцність і довговічність виробу.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок стола виконують дві основні операції: різання та очищення.

Листовий прокат ріжуть на плазмовій установці TC-2030 Hypertherm, а профільний – на електричному труборізі ПТМ 57-108.

Очищення поверхонь здійснюється кутовими шліфувальними машинами Makita 9558HNG із зачисними дисками діаметром 125 мм. Для видалення дрібних забруднень застосовують ручні дротяні щітки Polax 4-рядні 27-005.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд електричного труборізу марки ПТМ 57-108

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням проводять візуальну перевірку відповідності заготовок вимогам креслення. Під час складання забезпечують правильне взаємне розташування деталей, яке відповідає їх положенню у готовій конструкції. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для виконання складання та подальшого зварювання застосовують спеціальні складально-зварювальні пристосування.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Перед складанням проводять візуальну перевірку відповідності заготовок вимогам креслення. Під час складання забезпечують правильне взаємне розташування деталей, яке відповідає їх положенню у готовій конструкції. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для виконання складання та подальшого зварювання застосовують спеціальні складально-зварювальні пристосування.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після зварювання виконують зачищення швів та видалення металевих бризок із поверхні конструкції. Для опоряджувальних операцій застосовують: захисні окуляри УТ-73700 (прозорі), молоток зварювальника Juso M8152 (0,35 кг), зубило для металу Tolsen 24x300 мм, кутову шліфувальну машину Makita 9558HNG і дрютяну щітку Polax 4-рядна 27-005.

2.6.5 Допоміжні операції

Основними допоміжними операціями при виготовленні зварювального стола є:

- підготовка робочого місця: організація інструментів та обладнання; забезпечення безпечних умов праці;
- транспортування та складування матеріалів: переміщення заготовок до місця зварювання; правильне зберігання металу, щоб уникнути корозії та пошкоджень.

2.6.6 Контроль якості

Контроль здійснюється на всіх етапах виробництва та охоплює:

- перевірку вхідних матеріалів;

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- контроль зварювальних матеріалів;
- оцінку якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій і процесу зварювання;
- перевірку зварних з'єднань та готової продукції.

Під час зовнішнього огляду визначають відповідність форми й розташування швів кресленню, наявність зовнішніх дефектів та можливі деформації конструкції.

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

Нормування проводять для визначення кількості матеріалів, необхідних для виготовлення зварної конструкції, а також для забезпечення їх економного та раціонального використання у виробництві промислових і будівельних підприємств. Загальні правила встановлення норм витрат і відходів, а також методи їх визначення у зварювальному виробництві регламентуються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [10].

При механізованому зварюванні плавким електродом у захисних газах нормуванню підлягають витрати електродного дроту та захисного газу.

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [10, 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, в нашому випадку $\alpha_n = 15$ г/А·год;

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

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 1,60$ м.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 120 \cdot 1,60 \cdot 10^{-3} = 2,88 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [10,с.7]:

$$H_{el} = Q_p + Q_{nn}; \quad (2.13)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 2,88 \cdot 0,7 = 2,016 \quad \text{кг,}$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 2,88 \cdot 0,5 = 1,44 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{el} = 2,016 + 1,44 = 3,456 \quad \text{кг.}$$

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

$$H_g = Q_p \cdot K_g, \quad (2.16)$$

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

$$H_g = 2,016 \cdot 0,9 = 1,81 \quad \text{л / хв.}$$

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

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

де – U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

$$E = \frac{27}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 3,75 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_d \cdot I_{зв} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,03$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 27 \cdot 120 \cdot 0,03}{0,9 \cdot 0,75} = 1,44 \quad \kappa Bm \cdot год.$$

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Розробка складально-зварювальної оснастки 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 [11, 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 [11, 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 та 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 [11, с. 23].

Технологічні зварні конструкції дозволяють використовувати більш прості та дешеві пристрої для їх виготовлення.

3. Технологічний процес виготовлення виробу [11, с. 23].

- а) Технологія виготовлення заготовок.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вивчаються способи виготовлення заготовок. Відхилення в заготовках можуть бути у вигляді відхилень розмірів та спотворення форми поверхні. Перші відхилення впливають на вибір типу фіксуючих пристроїв, а інші – на конструкцію притискачів.

б) Технологія складання та зварювання виробу:

- найкращі бази фіксування для одержання необхідної точності;
- послідовність фіксування та зварювання деталей, що дає можливість виявити більш раціональний шлях розміщення фіксаторів та притискачів;
- положення пристрої 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 [11, с. 24].

4. Виробнича програма випуску.

Вона визначає складність пристрою, необхідність і доцільність оснащення його механізмами для комплексної механізації та автоматизації. Вибір

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типу пристрою залежить від способу складання та зварювання, конструкції виробу, матеріалу деталей, вимог до якості складання та зварювання, необхідної точності розмірів та заданої продуктивності [11, с. 24].

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 [11, с. 24].

5. Креслення аналогічних пристроїв.

6. Стандарти на деталі та механізми пристроїв.

7. Довідкова та нормативно-технічна література [11, с. 24].

Виготовлення зварювального стола відбувається із застосуванням складально-зварювального пристосування типу складальна плита.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Пристосування, що застосовуються під час виготовлення стола, забезпечують правильну послідовність складально-зварювальних операцій. У процесі складання деталі конструкції розміщують у пристосуванні, вирівнюють за упорами та фіксаторами, після чого закріплюють притискачами.

Опори поділяють на основні та допоміжні. Основні визначають положення деталі в просторі й закріплюються в корпусі пристосування. Найчастіше використовують штирі, а для великих деталей з базовими поверхнями – пластини. Допоміжні забезпечують додаткову стійкість у випадках можливого перекидання деталі. Вони не впливають на точність базування. Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних.

Упори застосовують для фіксації деталей по бічних поверхнях. По контуру деталі встановлюють планки або ребра. За конструкцією упори можуть

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

бути: постійні, відкидні, відвідні та знімні (з рельєфною, сферичною чи плоскою базовою поверхнею). Постійні упори кріпляться до корпусу пристосування гвинтами або зварюванням.

Раціонально, коли упори одночасно виконують функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовують у випадках, коли конструкція виробу не дозволяє легко зняти його після прихоплення чи зварювання. Довжина робочої частини упорів повинна становити щонайменше подвійну товщину стінок деталей, що фіксуються.

Для отримання зварних конструкцій високої якості необхідне точне складання деталей виробу. Це означає їх правильне взаємне розташування та надійне закріплення перед виконанням зварювальних операцій.

Складання зварної конструкції здійснюється послідовно:

- 1) подача деталей виробу або вузла до місця складання;
- 2) встановлення деталей у складальному пристосуванні відповідно до проектного положення;
- 3) закріплення деталей у заданому положенні, після чого виконується зварювання.

Подачу та встановлення забезпечує універсальне або спеціальне транспортне обладнання. Положення деталей визначається установчими елементами пристосування чи суміжними деталями, а фіксація здійснюється затискними елементами.

Основна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у надійній фіксації та закріпленні деталей, що підлягають зварюванню.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика зварювального стола

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	700x700x1200	700x700x1200
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб: профільний прокат Ст3сп зварювальний дріт Св-08Г2С захисний газ (суміш Ar 86% +CO ₂ 12%+ O ₂ 2%)	кг кг кг	95,0 3,4 1,8	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	9	
Ціна придбання матеріалу за кг: профільний прокат: сталь Ст3сп зварювальний дріт Св-08Г2С захисний газ (суміш Ar 86% +CO ₂ 12%+ O ₂ 2%)	грн грн грн	24,88 162,6 38	24,52 159,6 37,5
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	36	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу зварювального
стола

Зміст операції	Варі- анти	Устаткування		Потуж- ність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Правлення	$\frac{3}{П}$	Сортопр машина типу UBR16х 2500	750000				III	1,8
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліфуваль на машина Makita 9558 HNG	3990	0,84	дротяна щітка Polax 4- рядна 27- 005 захисні окуляри УТ - 73700	80 220	III	$\frac{2,7}{1,9}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Плазмова установка TC-2030 Hypertherm Електрични й труборіз PTM 57-108	509310 79000	360 220			III	$\frac{2,5}{2,0}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Зварюв. складальна плита Кондуктор	320000				III	$\frac{2,5}{1,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтома r Tesla Weld MIG/MAG/F CAW/MMA 327	43455				IV	2,8

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					43

Продовження таблиці 4.2

Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Makita 9558HNG	3990	0,84	дротяна щітка Polax 4- рядна 27- 005 захисні окуляр и УТ – 73700 МОЛЮТОК	80 220 325	III	2,7
Транспортування	$\frac{3}{П}$	Електро- тельфер	450000				VI	1,2
Контроль якості	$\frac{3}{П}$				лупа Veber з ручкою 65 (8х, 65мм)	200	III	1,6

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 17,8;

по проекту 15,9;

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

по проекту 1,1.

Загальна штучна норма часу: по заводу 16,8;

по проекту 14,8.

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

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

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{ус} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,08) \approx 1862_{год}.$$

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

Розрахунок проводять за формулою [12, с.9]:

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

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 $B_{пр} = 2250$ шт.

Кількість робочих місць для виконання правління при виготовленні зварювального стола:

$$n = \frac{1,8 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 1,98 \approx 2_{шт},$$

Кількість робочих місць для виконання очищування:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,96 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1,9 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,08 \approx 2_{шт},$$

Для різання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,74 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,19 \approx 2_{шт}.$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,9 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,7 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,0 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,1 \approx 2_{шт}.$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

$$n = \frac{2,8 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 3,07 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищування виробу:

$$n = \frac{2,7 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 2,96 \approx 3_{шт}.$$

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$n = \frac{1,6 \cdot 2250}{1862 \cdot 1,1} = 1,76 \approx 2 \text{шт.}$$

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

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 2250 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$$n = \frac{2250 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 1,22 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо одне підйомно-транспортне обладнання для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [12, с.13]:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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 $B_{np} = 2250$ 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 працівників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 1,8}{1850 \cdot 1,1} = 1,9 \approx 2 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 1,8}{1850 \cdot 1,1} = 1,9 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість очищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 2,7}{1850 \cdot 1,1} = 2,95 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 1,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,10 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання різання:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,1} = 2,76 \approx 3 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 2,0}{1850 \cdot 1,1} = 2,21 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,1} = 2,76 \approx 3 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 1,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,10 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 2,8}{1850 \cdot 1,1} = 3,09 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 2,7}{1850 \cdot 1,1} = 2,98 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{2250 \cdot 1,6}{1850 \cdot 1,1} = 1,76 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	2	2	III	III
очищувальники	3	2	III	III
різальники	3	2	II	II
складальники	3	2	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	3	II	II
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	25	22	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

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 Ст3сп	кг	24,88	24,52	2363,6	2329,4	5318100	5241150			
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	162,6	159,6	552,84	542,64	1243890	1220940			
З/П	Захисна суміш (Ar 86% + CO ₂ 12%+O ₂ 2%)	кг	38	37,5	68,4	67,5	153900	151875			
Р- ом					2984,84	2939,54	6715890	6613965			
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	1,24	1,23	118,18	116,47	265905	262057,5	36	36	81000	81000
З/П	5	8,13	7,98	27,64	27,13	62194,5	61047				
З/П	5	1,9	1,88	3,42	3,38	7695	7593,8				
Р- ом		11,27	11,08	149,24	146,98	335794,5	330698,25	36	36	81000	81000

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

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

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

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [12, с.16].

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

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [12, с.17]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці правильників:

$$Z_{oo} = 5,5 \cdot 60,5 \cdot 1,8 = 598,95 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 598,95 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,63 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 598,95 \cdot 0,4 = 239,58 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті очищувальників:

- заводський варіант:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 60,5 \cdot 2,7 = 849,42 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 849,42 \cdot (0,2 + 0,15) = 297,3 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 849,42 \cdot 0,4 = 339,77 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 60,5 \cdot 1,9 = 597,74 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 597,74 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,21 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 597,74 \cdot 0,4 = 239,1 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 60,5 \cdot 2,5 = 756,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 756,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 264,69 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 756,25 \cdot 0,4 = 302,5 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 60,5 \cdot 2,0 = 605 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 605 \cdot (0,2 + 0,15) = 211,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 605 \cdot 0,4 = 242 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,7 \cdot 61,5 \cdot 2,5 = 876,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 876,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 306,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 876,38 \cdot 0,4 = 350,55 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,7 \cdot 61,5 \cdot 1,9 = 666,05 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 666,05 \cdot (0,2 + 0,15) = 233,12 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 666,05 \cdot 0,4 = 266,42 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

$$З_{\text{оо}} = 4 \cdot 62,5 \cdot 2,8 = 700 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 700 \cdot (0,2 + 0,15) = 245 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 700 \cdot 0,4 = 280 \text{ грн.}$$

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

$$З_{\text{оо}} = 3,6 \cdot 60,5 \cdot 2,7 = 588,06 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 588,06 \cdot (0,2 + 0,15) = 205,82 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 588,06 \cdot 0,4 = 235,22 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 64,5 \cdot 1,6 = 670,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 670,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 234,78 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 670,8 \cdot 0,4 = 268,32 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 8,8 \cdot 62,5 \cdot 1,2 = 660 \text{ грн};$$

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

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

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

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

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

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

$C_{\text{р}}$ - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$З_{\text{од}} = 1 \cdot 72,2 \cdot 1850 = 133570 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 133570 \cdot 0,35 = 46749,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 133570 \cdot 0,4 = 53428 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{од} = 1 \cdot 72,2 \cdot 1850 = 133570 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 133570 \cdot 0,35 = 46749,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 133570 \cdot 0,4 = 53428 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 72,2 \cdot 1850 = 133570 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 133570 \cdot 0,35 = 46749,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 133570 \cdot 0,4 = 53428 \text{ грн.}$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою [12, с.17]:

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

де $З_{он}$ - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

Додаткова заробітна плата ($З_{он}$) та премії і надбавки ($З_{пн}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 19100 \cdot 12 = 229200 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 229200 \cdot 0,35 = 80220 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 229200 \cdot 0,4 = 91680 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 12600 \cdot 12 = 151200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 151200 \cdot 0,35 = 52920 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 151200 \cdot 0,4 = 60480 \text{ грн.}$$

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 заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
правильники	303068,7		106074,05		121227,48	
очищувальники	644709,78	302456,44	225648,42	105859,75	257883,91	120982,58
різальники	573993,75	306130	200897,81	107145,5	229597,5	122452
складальники	665168,63	337018,77	232809,02	117956,57	266067,45	134807,51
зварювальники	531300		185955		212520	
зачищувальники	446337,54		156218,14		178535,02	
контролери	339424,8		118798,68		135769,92	
транспортувальники	166980		58443		66792	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	133570		46749,5		53428	
ремонтники	133570		46749,5		53428	
електрики	133570		46749,5		53428	
ІТР	229200		80220		91680	
МОП	151200		52920		60480	
Разом	4452093,2	3513826,25	1558232,62	1229839,19	2522891,78	2147585

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:	2984,84	2939,54
сталь СтЗсп	2363,6	2329,4
зв. дріт Св-08Г2С	552,84	542,64
захисна суміш (Аг 86% +СО2 12%+О2 2%)	68,4	67,5
Поворотні відходи	36	
Паливо та енергія на технологічні цілі	472,8	471,6
Основна заробітна плата основних робітників	1631,55	1214,54
Додаткова заробітна плата основних робітників	571,04	425,09
Премії та надбавки основних робітників	652,62	485,82
Відрахування на соціальне страхування	39,97	29,76
Відрахування на медичне страхування	71,38	53,14
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	480,85	480,85
Цехові (дільничні) витрати	456,48	456,48
Всього цехова собівартість	7325,53	6493,82

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	2	2	750000	750000	37500	37500
очищувальне	3	2	3990	3990	199,5	199,5
різальне	3	2	588310	588310	29415,5	29415,5
складальне	3	2	320000	320000	16000	16000
зварювальне	3	3	43455	43455	2172,75	2172,75
зачищувальне	3	3	3990	3990	199,5	199,5
контрольне	2	2	2500	2500	125	125
транспортне	1	1	450000	450000	22500	22500
Інструменти:						
молоток	8	7	325	325	16,25	16,25
окуляри	6	5	220	220	11	11
щітка дротяна	6	5	80	80	4	4
лупа	2	2	260	260	13	13
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума аморти. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будови та споруди	10550000	10550000	5	527500	527500	
Устаткування:						
	1537500	1537500	8,5	130687,5	130687,5	
	12169,5	8179,5	8,5	1034,41	695,26	
	1794345,5	1206035,5	8,5	152519,36	102513	
	976000	656000	2,5	244000	164000	
	132537,75	132537,75	2,5	33134,44	33134,44	
	12169,5	12169,5	8,5	1034,41	1034,41	
	5125	5125	10,5	538,13	538,13	
	472500	472500	19,5	92137,5	92137,5	
Інструменти:			16			
	2616,25	2291,25		418,6	366,6	
	1331	1111		212,96	177,76	
	484	404		77,44	64,64	
	533	533		85,28	85,28	
Разом	15497311,5	14584386,5		1183380,03	1052934,53	

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

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

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=17629,06$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=15717,56$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=7325,53$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=6493,82$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((17629,06 + 0,15 \cdot 7325,53) - (15717,56 + 0,15 \cdot 6493,82)) \cdot 2250 = 4581577,13 \text{ грн.}$$

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

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=30796380$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=28142550$ грн);

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

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{ур} = 2250 \cdot (17629,06 - 15717,56) = 4300875 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{30796380 - 28142550}{4300875} = 0,62 \text{ р.}$$

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	2250	2250
Кількість технологічного устаткування	шт	20	17
Собівартість товарної продукції	грн	17629,06	15717,56
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	25	22
- основних робітників	чол	20	17
Фондомісткість продукції	грн/шт	7325,53	6493,82
Умовна річна економія	грн	-	4300875
Річний економічний ефект	грн	-	4581577,13
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,62
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	22011,41	22011,41
- очищувальники	грн	31216,19	21966,95
- різальники	грн	27792,19	22233,75
- складальники	грн	32206,78	24477,15
- зварювальники	грн	25725	25725
- зачищувальники	грн	21611,21	21611,21
- контролери	грн	24651,9	24651,9
- транспортувальники	грн	24255	24255

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні

Одним із основних технологічних процесів у машинобудівній промисловості є електродугове зварювання та інші споріднені технології, що характеризуються шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які призводять до типових професійних захворювань робітників зварювальних професій.

Незважаючи на постійне вдосконалення способів дугового зварювання та зварювальних матеріалів, ще є багато проблем з питань гігієни у зварювальному виробництві, які остаточно не вирішені. Унаслідок цього умови праці електрозварників залишаються незадовільними, що негативно позначається на їх здоров'ї та працездатності. Комплексний характер негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я зварників, а також важкість і напруженість праці вимагають здійснення різноманітних оздоровчих заходів.

Відповідно до ДСТУ EN ISO 21904-2:2021 [13], при основних способах дугового зварювання на робітника-зварника діють шкідливі та небезпечні хімічні і фізичні фактори виробничого середовища, а також психофізіологічні фактори в організації праці, устаткуванні робочого місця й обладнання [14, с.5].

Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні та боротьба з ними:

1) шум – це сукупність різних за силою і частотою звуків, які заважають людині, тому для уникнення цього потрібно його знижувати в джерелі створення;

2) вібрація – це механічні коливання твердих тіл, для боротьби з нею використовуються засоби індивідуального захисту;

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

3) іонізуюче випромінювання – призводить до виникнення електричних зарядів різних знаків у середовищі, для боротьби з ним застосовується зменшення його інтенсивності, використання засобів індивідуального захисту;

4) лазерне випромінювання використовується у техніці і медицині, тому для боротьби з ним застосовуються колективні та індивідуальні засоби захисту;

5) ультрафіолетове випромінювання виникає при виконанні зварювальних робіт, тому для боротьби з ним застосовується екранування джерел випромінювання та засоби індивідуального захисту;

6) електромагнітне випромінювання виникає від установок високочастотного нагріву, телевізійних та радіомовних станцій, тому для боротьби з ним використовується зменшення випромінювання біля джерел, екранування, організаційні заходи та використання засобів індивідуального захисту.

Отже, вищезазначені фактори є дуже шкідливими та небезпечними для людей, які знаходяться під безпосереднім їх впливом. Таким чином, потрібно використовувати різні методи боротьби з ними, що знизять до мінімуму їх негативну дію на здоров'я працівників.

5.2 Професійні захворювання зварників та шляхи їх попередження

Захворювання, спричинене дією на працюючого шкідливих умов праці, класифікується, як професійне захворювання. Професійне отруєння також належать до професійних захворювань. Явище, яке характеризується сукупністю професійних захворювань, називають професійною захворюваністю. У деяких випадках вплив шкідливих факторів виробничого середовища призводить до виникнення виробниче обумовленої захворюваності.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Рівень професійної захворюваності в машинобудуванні, де у великих об'ємах застосовують електродугове зварювання, значно вищий, ніж в інших галузях промисловості.

Несприятливу дію шкідливих факторів виробничого середовища на здоров'я працівників і викликані ними професійні захворювання у зварювальному виробництві можна поділити на три основні групи [14, с.6]:

1. Захворювання, спричинені дією хімічних факторів.
2. Захворювання внаслідок фізичного навантаження, а також одноманітних, часто повторюваних рухів, вимушеної пози.
3. Захворювання, викликані фізичними факторами (нагрівання чи охолодження, мікроклімат, шум, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання).

В останні роки спостерігається підвищення рівня захворювань нервово-мозкового апарату у зв'язку з використанням одноманітних, часто повторюваних рухів і фізичним навантаженням. Ці захворювання реєструються на ділянках, де виробничий процес частково автоматизований і механізований, або використовується лише ручна праця.

У кожному виробничому середовищі на організм людини одночасно можуть діяти декілька шкідливих факторів, які або взаємно компенсуються, або накладаються один на одний, шкідливо впливаючи на здоров'я людини.

Наявність зазначених небезпечних і шкідливих виробничих факторів є невід'ємним наслідком зварювального процесу. Серед них найбільшу загрозу для здоров'я зварників становить зварювальний аерозоль (далі - ЗА), від якого до цього часу зварник захищений дуже слабо. Вплив ЗА на організм призводить до бронхо-легеневих захворювань [14, с.6]. Пневмоконіозу, що виявився у зварників, які відпрацювали у зварювальних цехах більше 15 років, і хронічного бронхіту, що виникає вже через 5 років праці. При виконанні зварювальних робіт у недоступних для вентиляції замкнених просторах період розвитку пневмоконіозу скорочується до 5 років. Крім того, є дані, які свідчать про те, що вплив канцерогенних речовин шестивалентного хрому і

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

нікелю у складі ЗА на органи дихання може підвищувати ризик розвитку онкологічних захворювань.

До професійних захворювань зварників належать також інтоксикація (отруєння) марганцем, що характеризується ураженням центральної нервової системи. Наявність у повітрі високих концентрацій монооксиду вуглецю може бути причиною як гострого, так і хронічного отруєння. Вплив оксидів азоту в закритих приміщеннях може проявлятися розвитком набряку легенів. Підвищений вміст твердих та газоподібних сполук фтору в ЗА призводить до ураження слизової оболонки верхніх дихальних шляхів, бронхів, розвитку бронхопневмонії. Озон у малих кількостях має подразнювальну дію, а у великих руйнівну дію на верхні дихальні шляхи. До неспецифічних захворювань, причиною яких є ЗА, належать функціональні порушення центральної нервової та серцево-судинної систем, алергічні захворювання, статеві ускладнення тощо [14, с.6].

Усі різновиди зварювання металів відкритою дугою, за винятком зварювання під флюсом, є джерелом видимого випромінювання, ультрафіолетових (далі - УФ) променів, іскор та бризок розплавленого металу і шлаку. Більшість цих процесів супроводжується інфрачервоним (далі - ІЧ) випромінюванням зварювальної дуги і нагрітого основного металу.

При різних способах зварювання на долю випромінювання в УФ області спектра припадає 1...40% інтегральної інтенсивності променевого потоку [14, с.7]. Зі збільшенням сили зварювального струму та напруги дуги інтенсивність УФ складової випромінювання оптичного діапазону підвищується. Спектр випромінювання зміщується у бік коротких хвиль. Склад покриття електродів і матеріал присадок також впливають на інтенсивність та спектр УФ випромінювання. Найбільший вплив на величину УФ радіації виявляє склад захисного газу. Зі збільшенням вмісту аргону в захисній газовій суміші інтенсивність УФ випромінювання підвищується.

Введення в захисне середовище вуглецевого газу й гелію викликає зміщення спектра випромінювання в бік коротких хвиль. Зі збільшенням

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

відстані від дуги інтенсивність УФ радіації знижується. Опромінення тіла зварника залежить від відбиваючих та пропускних властивостей спецодягу. Вплив УФ випромінювання на незахищені очі може призвести до електроофтальмії, погіршення зору, кон'юнктивіту та інших захворювань.

Зварювальний процес є одним із потужних виробничих джерел інфрачервоного випромінювання. Його впливу підлягають не тільки безпосередньо зварники, але й робітники інших спеціальностей, що знаходяться поблизу. ІЧ випромінювання при зварюванні виробів з підігрівом, особливо великих деталей, є фактором, що формує умови мікроклімату у виробничих приміщеннях. Залежно від сили зварювального струму, температури дуги і зварювальної ванни, ступеня підігрівання та інших умов, випромінювання має різний спектральний склад і охоплює діапазон 0,76...10мкм і більше. Інтенсивність опромінення робочих місць коливається в межах 100...2450 Вт/м². Інтенсивність ІЧ випромінювання залежить від режимів зварювання, потужності дуги і зростає від 350...400 Вт/м² під час зварювання покритими електродами на режимах 150...200 А до 1200...1500Вт/м², при зварюванні кольорових металів в інертних газах, а також попередньо нагрітих конструкцій [14, с.7]. Негативний вплив на здоров'я зварників справляє також переохолодження організму під час будівельно-монтажних робіт у холодний період року.

Психофізіологічна дія на зварника проявляється у вигляді фізичних та нервово-психічних навантажень. Фізичні навантаження викликають у людини статичні та динамічні напруження, що залежать від маси зварювального інструменту, гнучкості шлангів і дротів, тривалості безперервної роботи, підтримання робочої пози. У результаті статичного перенапруження може виникнути захворювання нервово-м'язового апарата плечового пояса. Нервово-психічні навантаження призводять до перенапруження зорових аналізаторів та виникнення нервово-емоційного напруження у зварників. Ці навантаження залежать від напруження зору, викликаного безперервними спостереженнями за недостатньо контрастними елементами зони зварювання

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

невеликих розмірів (зварювальна ванна, зазор у стику, глибина кратера, шов, що твердішає, тощо), відповідальністю за високу якість зварних з'єднань та складністю роботи. Перенапруження зорових аналізаторів може призвести до втоми і як наслідок до порушення скорочувальної функції м'язів очей. Нервово-емоційне напруження може порушити функціональний стан серцево-судинної та центральної нервової систем (підвищення артеріального тиску, зміна латентного (прихованого) періоду рухово-моторної реакції) [14, с.7].

Таким чином, професія зварника відноситься до небезпечних, оскільки зазнає впливу багатьох шкідливих виробничих факторів, які негативно впливають на його здоров'я. Тому законодавством України передбачено певні пільги для цієї професії, так як вона постійно піддається негативному впливу порівняно з іншими професіями.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

Технологічний процес виготовлення зварювального стола включає такі основні операції: правлення; очищення; різання; складання; зварювання; зачищення; контроль якості; транспортування.

Технологічні операції підготовки заготовок для виготовлення зварювального стола включають: правлення листової сталі на вальцях для усунення хвилястості та деформацій; різання профільного прокату за допомогою труборіза ПТМ 57-108 та плазмового різача ТС-2030 Hypertherm; очищення заготовок від забруднень, іржі та окалини механічними методами із застосуванням кутових шліфувальних машин Makita 9558HNG з зачисними кругами, металевих щіток з пластмасовими ручками; оббивання шлаку молотком зварювальника Јусо M8152 (0,35 кг).

Для виконання зварювання застосовується напівавтомат Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/MMA 327, що виконує зварювальні роботи у суміші захисних газів К-3.2 (Argoshield TC).

Контроль якості, як зварних з'єднань, так і форми зварювального стола загалом відбувається зовнішнім оглядом.

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
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 Ст3сп. Вуглецеві нелеговані сталі: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/?srsltid=AfmBOorTB1FQ2opXKbzc_qkbQhTSPYCYf5cFpPe-896KyCz7mdXKh8Zn / (дата звернення: 21.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. АНО-36 Моноліт. Властивості електродів та хімічний склад АНО-36 Моноліт: веб-сайт. URL: <https://www.spetsselectrode.ru/electrod-/ano36.htm> (дата звернення 21.05.2026).
5. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
6. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 24.05.2026).
7. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 24.05.2026).
8. Зварювальний напівавтомат Tesla Weld MIG/MAG/FCAW/MMA 327. Зварювальні напівавтомати (MIG/MAG): веб-сайт. URL: <https://ua.teslaweld.com/svarochnyy-poluavtomaticheskii-apparat-tesla-weld-mig-mag-mma-327> (дата звернення: 24.05.2026).

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

9. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-yakosti-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 25.05.2026).

10. 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).

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

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

13. ДСТУ EN ISO 21904-2:2021 Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Устаткування для уловлювання та відокремлення диму від зварювання. Частина 2. Вимоги до випробування та маркування ефективності відокремлення диму від зварювання (EN ISO 21904-2:2020, IDT; ISO 21904-2:2020, IDT).

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

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.20.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		