

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
опори підшипникової

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

Руслан ДАЙЧАК

Керівник

Володимир ГАВРИЛЮК

Рецензент

Віктор СЕНЧИШИН

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ДАЙЧАКУ Руслану Зіновійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
опори підшипникової

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

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

Термін подання студентом роботи 20.06.2025р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Пожежна безпека на зварювальній дільниці

5.2 Розрахунок захисного заземлення

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення опори підшипникової – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення опори підшипникової – 1.0 (форм. А3)

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

4. Складальне креслення притискача комбінованого – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 19.05.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Руслан ДАЙЧАК

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

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	13
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	14
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	17
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	19
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	25
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	27
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	28
2.6.1 Заготівельні операції	29
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					<i>КР.422.04.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дайчак				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення опори підшипникової Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гаврилюк						4	74
Реценз.	Сенчишин					ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	33
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	33
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	.	.	.	.	.	43
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	43
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	48
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	51
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	52
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	58
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	59
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	63
5.1	Пожежна безпека на зварювальній дільниці.	.	.	.	.	.	63
5.2	Розрахунок захисного заземлення	.	.	.	.	.	64
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	72
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	74

ВСТУП

Процес зварювання дозволяє формувати з'єднання нероз'ємного типу. Якщо говорити про визначення даного процесу, то це формування монолітного з'єднання за рахунок дії нагрівання, що в подальшому приводить до розплавлення кромки з'єднувальних деталей та затікання цього розплавленого металу в єдиний простір, який в подальшому кристалізується. З'єднання деталей також можливе із надмірною деформацією стиснення кромки, що приведе до утворення нових міжатомних зв'язків між контактуючими поверхнями. Щодо класифікації способів зварювання, то вони поділяються на: ручне дугове, напівавтоматичне в захисних газах, автоматичне під флюсом, електрошлакове, газове, аргонодугове, плазмове, лазерне, електронно-променеве, термітне, вибухом, контактне (точкове, шовне, рельєфне), тертям, ультразвукове та інші споріднені процеси.

Доцільність вибору способу зварювання залежить від зварюваного металу, конфігурації конструкції та продуктивності процесу виготовлення. Також важливим показником є економічна ефективність, яка має неабияке значення на вибір способу зварювання та безпосередньо якість.

Велика наявність різноманітного обладнання на ринку зварювання дозволяє вибрати найраціональніші зразки, які відповідатимуть потребам конкретної технології для виготовлення тих чи інших виробів або конструкцій. Можливість комплексної механізації та автоматизації дають змогу підвищити продуктивність зварювального процесу. Найсучаснішим устаткуванням є інверторні джерела живлення, які водночас забезпечують роботу на заданих параметрах у поєднанні з відповідними функціями та є високоефективними.

Тому розроблення технологічного процесу виготовлення зварної конструкції вимагає глибокого аналізу її конструктивної особливості і технологічності, а також вибору найраціональнішого обладнання, яке

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

максимально задовольнить технологічні потреби.

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

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Підшипникова опора є металевою конструкцією, що виготовляється за допомогою процесу зварювання. Її конструкція спроектована так, щоб легко виконувався монтаж підшипників кочення на ній. Вигляд підшипникової опори показано на рисунку 1.1.

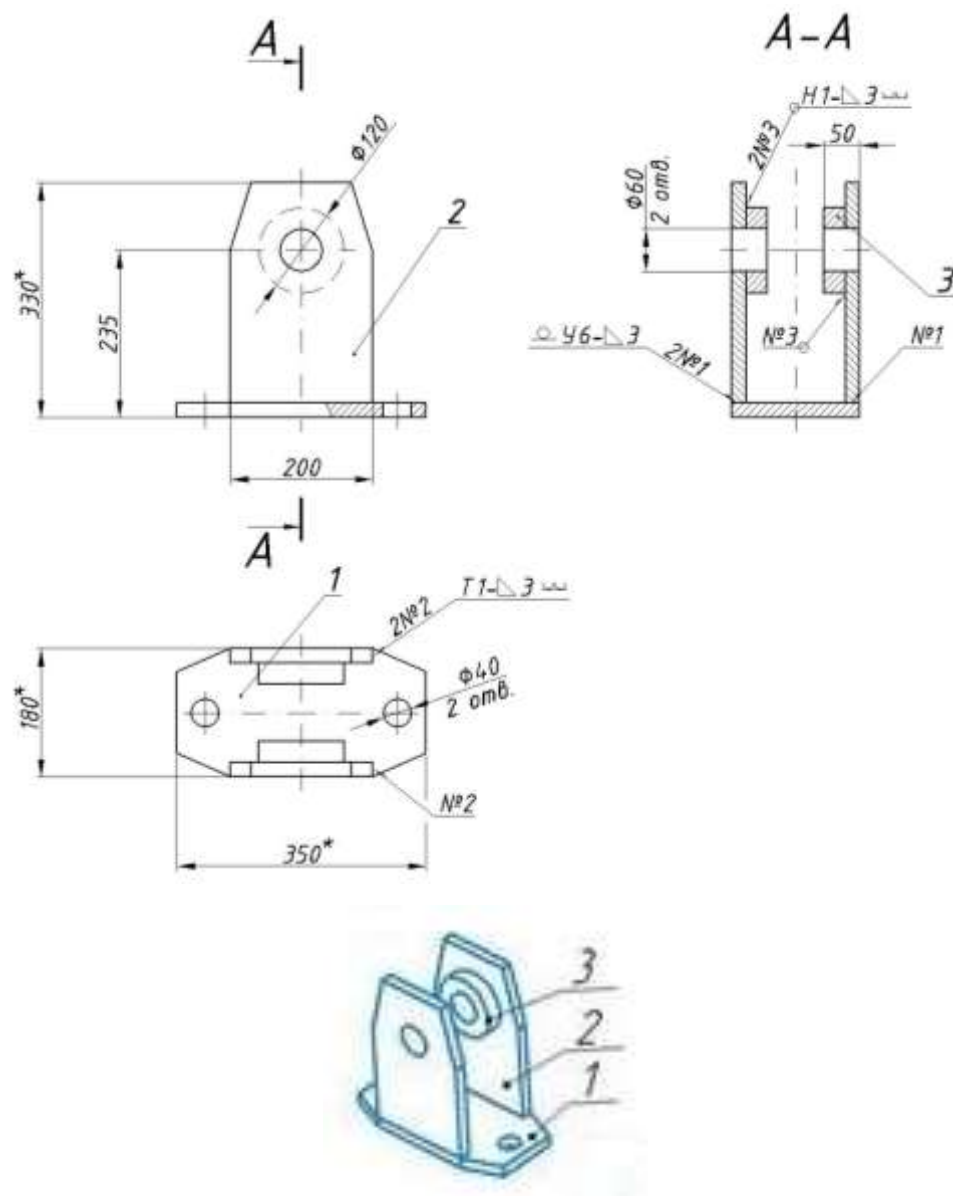


Рисунок 1.1 – Опора підшипникова

1 – основа, 2 – стійка, 3 – втулка

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Будова підшипникової опори складається із основи (1 шт.) 350x180 мм, стійок (2 шт.) 310x200 мм та втулок (2 шт.) $\varnothing$ 120 мм. Виготовлення підшипникової опори відбувається із листового металу, при цьому конструкція має наступні габаритні розміри:

- висота – 330 мм;
- довжина – 350 мм;
- ширина – 180 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Так як основне призначення опор є фіксування і утримування підшипників, тому конструкція їх повинна бути міцною та відповідати певному рівню згідно нормативного типу. Конструкція не повинна містити будь-яких дефектів, при цьому повинна зберігатися площинність деталей та її геометричні розміри відповідно до креслення. Мінімальне значення кривизни деталей, яке допускається становить до 3 мм на 1 метр або 0,1%.

Отже, основними вимогами, які пред'являються до підшипникових опор є наступні:

- періодичний огляд згідно графіку, який повинен складатися уповноваженою особою на підприємстві;
- відповідні відомості про стан металевої зварної конструкції;
- контактуючі поверхні опори повинні бути оброблені спеціальними мастилами, що перешкоджатимуть схоплюванню та заїданню.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Враховуючи умови експлуатації конструкції і значення зусиль, які діятимуть на неї, для виготовлення підшипникової опори буде використовуватись конструкційна низьковуглецева сталь звичайної якості марки Ст3сп. У якої відсотковий вміст вуглецю не більше 0,25%. Механічні

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

властивості сталі СтЗсп приведені в таблиці 1.1, хімічний склад відповідно в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі СтЗсп [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 СтЗсп, % [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

Важливе значення на вибір металу для зварної конструкції має зварюваність, яка характеризує можливості отримання якісних зварних з'єднань, які задовольняють умови експлуатації при відповідній технології їх виконання. Найкраща зварюваність досягається тоді, коли механічні властивості зварного з'єднання відповідають однойменним властивостям основного металу.

Показник зварюваності розраховується за вмістом еквівалентного вуглецю C_e [3, с.127]:

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

де C, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст відповідного елемента в сталі, %.

Підставивши значення:

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,44 \text{ \%}.$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для доброї зварюваності матеріалу потрібно, щоб $C_{\text{екв}} \leq 0,45\%$, якщо показник перевищує це значення, то зварюваність буде задовільною, а може і поганою. За нашими розрахунками $C_{\text{екв}} = 0,44\%$, тому сталь СтЗсп буде зварюватись добре.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Виготовлення підшипникової опори відбувається із необхідними матеріалами, в основному це основний метал та різні допоміжні матеріали. Конструкція формується зварювальним процесом, тому всі матеріали і напівфабрикати мають мати відповідні властивості та якісні характеристики.

Всі метали – напівфабрикати, які поставляються на технологічний процес повинні мати відповідні сертифікати, для того щоб визначити механічні властивості та механічний склад. Якщо сертифікатів не має або вони недостовірні, то треба вже застосовувати випробування на лабораторному підприємстві для того, щоб підтвердити їх якість. Матеріали повинні складуватися у відповідних приміщеннях та на їх поверхнях не повинно бути ніяких забруднень.

Матеріали, які використовується для процесу зварювання, повинні мати запобіжні упакування та бірки. Важливими їх недоліками є корозійні забруднення на зварювальному металі та інтенсивна вологість, яку спричиняє водень. Тому в процесі зварювання відбуваються пори, свищі та інші включення, що в основному протидіє надмірності цих зволожений. Отже, для того щоб видалити вологість зі зварювальних матеріалів потрібно їх висушувати у термічних камерах та зберігати в сухих кімнатах.

Отже для створення всіх відповідних вимог до матеріалів та напівфабрикатів потрібно зберігати якісну технологію, що регламентується супроводжувальною документацією.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Виготовлення підшипникової опори повинно виконуватись строго по технології із дотриманням вимог, що ставляться до геометричних розмірів і форми конструкції.

Важливою умовою в технологічному процесі виготовлення конструкції є дотримання точності, яка характеризує відповідність величин, розмірів, форм, зазорів і шорсткості поверхні відповідно до креслення цієї конструкції. Тому основною вимогою, яка повинна виконуватись при виготовленні, а саме при складанні і наступному зварюванні конструкції є відповідність її деталей кресленням із врахуванням певних допусків.

Конструкція повинна виготовлятися згідно технічних умов зазначених на кресленні з дотриманням правил і послідовності виконання робіт відповідно до обраної технології.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварне з'єднання – це частина виробу між торцями деталей чи складальних одиниць, які з'єднуються між собою за допомогою зварювання. Зварні з'єднання повинні мати відповідну конструктивну форму згідно стандарту без присутніх критичних дефектів. Зварні з'єднання характеризуються якістю, яка визначає їх пластичність, циклічну міцність та довговічність. Тому в процесі виконання зварювальних робіт необхідно приймати міри по попередженню утворення дефектів, а також причин, що їх викликають, раціонально організований процес є запорукою якісного виготовлення виробів та конструкцій всіх видів.

Основні вимоги, котрим повинні відповідати зварні з'єднання:

- однакова довжина і ширина по всій довжині;
- гладка або рівномірно лускувата поверхня без будь-яких включень;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування технологічних планок для уникнення усадкової раковини при закінченні з'єднання.

1.3.4 Вимоги до складання

Підготовлення і складання елементів опори підшипникової під зварювання потрібно виконувати згідно технологічної документації. Технологічну документацію з підготовкою і складання елементів можна об'єднати з відповідною документацією на проведення зварювання і контролю якості. Дана документація розробляється підприємством-виробником, або під замовлення проектної чи експертної організації в області матеріалознавства та контролю металу.

Технологічна документація повинна містити інформацію про:

- тип зварного з'єднання із вказівкою їх конструктивних елементів та розмірів;
- спосіб обробки кромки;
- пристосування та обладнання, яке використовується при складанні;
- послідовність і порядок складання;
- способи закріплення деталей;
- місця розміщення прихоплень і необхідних технологічних кріплень;
- зварювальні матеріали, які використовуються для виконання прихоплень;
- режими попереднього підігріву, якщо він потрібний;
- параметри режиму зварювання;
- методи контролю якості підготовчих і складальних операцій;
- інші потрібні дані із зазначенням кількості всіх технологічних і контрольних операцій.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість є основною умовою технологічного процесу виготовлення підшипникової опори, що характеризується певним типом властивостей протягом служби та безпосередньо пов'язана з технологічністю конструкції.

Основні властивості якості бувають такими:

- використання відповідної сировини, матеріалів та напівфабрикатів в процесі виготовлення продукції;
- доцільність застосування механізованих ліній, обладнань, пристосувань та інструментів;
- правильність узгодження всіх технологічних операцій у виробничому циклі від початку до закінчення;
- найбільш придатний метод контролю якості, що узгоджує весь процес – матеріали, технологічні роботи, готові вироби.

Конструкція опори повинна забезпечувати якість, яка відповідає певним геометричним формам та розмірам, а також зварні з'єднання не мають мати структурних дефектів чи інорідних включень.

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

Для виготовлення підшипникової опори використовується листовий метал заданої товщини.

Існуючий технологічний процес виготовлення опори розпочинається із формування заготовок. Для цього здійснюється ручне розмічання із застосуванням вимірювальних інструментів, а їх подальше вирізання та очищення виконується механічними методами із використанням кутових шліфувальних машинок.

На стадії проектування конструкції повинні враховуватись вимоги щодо заготовок, а саме:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- раціональність форм та легкість їх встановлення у складально-зварювальному обладнанні;
- легка доступність в місцях виконання зварних швів;
- безперешкодність їх з'єднанню у нижньому положенні шва;
- точність геометричних розмірів від яких залежить майбутня форма вже готової конструкції;
- відносна піддатливість в процесі зварювання, що впливає на величину залишкових напружень у зварних з'єднаннях.

Зварювання підшипникової опори здійснюється ручним дуговим способом із застосуванням електродів марки Патон Elite АНО-36 діаметром 3 мм. Ці електроди мають рутил-целюлозне покриття. В якості джерел живлення слугують інверторні зварювальні апарати Кентавр СВ-255НМ ММА, що видають максимальний зварювальний струм 255 А.

Що стосується техніки виконання зварювання, то процес виконується нахиленим електродом під кутом 75° , при цьому проміжок між поверхнею деталі і торцем електрода повинен знаходитись в межах 1 – 3 мм. Для кращого проплавлення металу зварювання здійснюється на прямій полярності. Інформація про режими зварювання підшипникової опори міститься в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Режими ручного дугового зварювання опори підшипникової

Катет шва, мм	3,0
Діаметр електроду, мм	3,0
Зварювальний струм, А	110

Зовнішній огляд контролю якості застосовується на всіх технологічних етапах виготовлення конструкції, так як він є все-доступним і достатньо інформативним. Контролюють виготовлені заготовки, процеси складання і

зварювання та загальну якість вже готової конструкції. Тільки після повного контролю конструкції робиться технологічний висновок стосовно її придатності чи непридатності до експлуатаційного застосування.

Використання ручного дугового способу зварювання не забезпечує високу продуктивність процесу, тому що витрачається багато часу на постійну заміну електродів. Крім того вимагається додаткова механічна обробка зварних швів і прилягаючих поверхонь від шлаку і бризок несплавленого металу, що додатково потребує трудових і матеріальних затрат.

Також загальний цикл виготовлення опори підшипникової займає багато часу через відсутність будь-якого складально-зварювального обладнання, що є суттєвим недоліком технологічного процесу.

Тому покращення технологічного процесу виготовлення підшипникової опори повинно базуватися на врахуванні таких рекомендацій:

- вирізання заготовок повинно виконуватись на спеціалізованому устаткуванні для того, щоб підвищити їх якість;
- замінити в існуючій технології спосіб зварювання на більш продуктивний, який би не забруднював прилягаючі поверхні та не шлакував зварні шви;
- обов'язкове застосування при виконанні складальних робіт спеціалізованого устаткування та пристосувань до нього.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Для виготовлення підшипникової опори можливе застосування будь-якого способу дугового зварювання, однак потрібно враховувати марку зварюваного матеріалу, товщину заготовок, довжину та орієнтацію зварних швів.

При способі ручного дугового зварювання переміщення і подача електрода виконується вручну залежно від інтенсивності протікання процесу. Переваги даного способу у його простоті та універсальності, однак його продуктивність не дуже висока, тому він використовується для виконання коротких швів у важкодоступних місцях.

Обсяги напівавтоматичного зварювання під флюсом останнім часом різко скоротилися. Це пов'язано із неможливістю слідкування за переміщенням зварювальної дуги по стику, тому що вона закрита шаром флюсу. Напівавтоматичне зварювання під флюсом в основному застосовується для зварювання коротких криволінійних швів, що знаходяться в нижньому положенні.

Перевагами автоматичного зварювання під шаром флюсу є комплексна автоматизація процесу, що забезпечує високу його продуктивність, високу якість швів, яка досягається надійним захистом розплавленого металу зварювальної ванни та роботою автомата без участі зварювальника. Автоматичне зварювання в основному використовується для довгих швів і процес виконується в нижній площині. Також після використання способів зварювання під флюсом потрібне додаткове виконання робіт для зняття шлаку з поверхні зварних швів.

Напівавтоматичне зварювання в захисних газах останніми роками все ширше застосовується в різних галузях промисловості. Це завдяки його простоті виконання, універсальності, достатній продуктивності, так як

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

зварювальний дріт подається в зону зварювання механізовано. Газ виконує захисну функцію, не дозволяючи кисню і азоту, які містяться в повітрі взаємодіяти із розплавленим металом зварного шва. В якості захисних газів може використовуватись вуглекислий газ (CO_2) – MAG зварювання, аргон (Ar) – MIG зварювання та їх суміші в різних пропорціях. Активний вуглекислий газ дешевший порівняно з аргонем та використовується для зварювання сталей феритного класу, а інертний газ аргон відповідно для сталей аустенітного класу.

Враховуючи те, що опора підшипникова виготовляється із низьковуглецевої сталі звичайної якості, то для зварювання буде використовуватись спосіб напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі (CO_2). Схема виконання даного способу зварювання показана на рисунку 2.1.

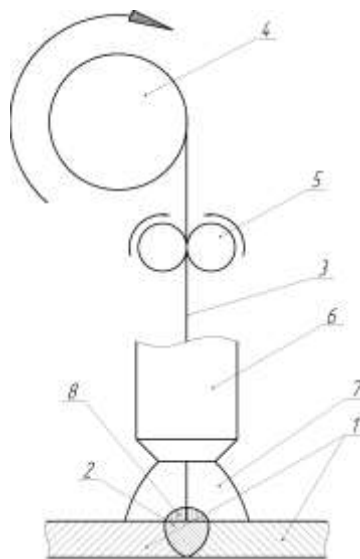


Рисунок 2.1 – Схема напівавтоматичного зварювання в захисному газі

1 - зварювані деталі, 2 - зварний шов, 3 - зварювальний дріт, 4 - котушка з електродним дротом, 5 - подавальні ролики, 6 – пальник, 7 - захисний газ, 8 - зварювальна дуга

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Основними умовами для зварювальних матеріалів є можливість утворення зварних з'єднань без дефектів та які за своїми властивостями не поступаються основному металу.

Можливими варіантами для зварювання низьковуглецевих сталей є найбільш застосовувані марки зварювальних дротів Св-08ГС та Св-08Г2С, які в своєму складі містять відповідну кількість марганцю і кремнію. За рахунок цього вони менше забруднюють зварювальну ванну, а в подальшому і закристалізований метал оксидними включеннями, що є основним джерелом утворення дефектів зокрема небезпечних холодних і гарячих тріщин, які володіють властивостями збільшуватись в об'ємах, що може викликати загальне руйнування конструкції.

Порівнюючи ці дві марки дроту дещо кращими властивостями по утворенню оксидних включень володіє зварювальний дріт Св-08Г2С. Ця можливість ним досягається дещо більшим складом марганцю порівняно з маркою Св-08ГС. Відсутність даних включень сприяє покращенню властивості пластичності металу, що дозволяє компенсувати значні величини внутрішніх напружень не викликаючи при цьому напруженого стану.

Розгляд елементів зварювального дроту Св-08Г2С наведений в таблиці 2.1 [3, с.177].

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С

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

Всі способи зварювання використовують основні та допоміжні матеріали, так в напівавтоматичному методі зварювальний дріт є основним, а

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ			Арк.
								19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

захисний газ допоміжним. Підшипникова опора зварюється у вуглекислому газі, який створює надійний захист зварювальної ванни та не допускає потрапляння туди повітря, що могло б призвести до виникнення критичних дефектів.

Важливою вимогою є застосування вуглекислого газу необхідного сорту, щоб сформувати захисні властивості, тому зварювання опори підшипникової буде здійснюватися CO_2 вищого сорту з вмістом 99,8%, опис якого здійснюється по умовах стандарту ДСТУ 4817:2007.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При виборі параметрів режиму зварювання необхідно врахувати умову формування швів потрібних розмірів, форми та якості. Тому потрібно забезпечити правильний розрахунок цих параметрів, з урахуванням потрібних чинників. Зварювання підшипникової опори виконується напусковими, тавровими і кутовими з'єднаннями, з переважаючою більшістю кутових і таврових, отже розрахунок проводиться для з'єднання із катетом 3 мм. Дане з'єднання зображене на рисунку 2.2.

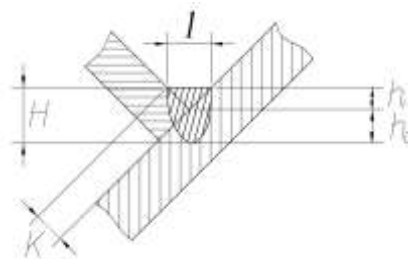


Рисунок 2.2 - Таврове з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; h_n - висота наплавленого металу; h_0 - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

Параметрами режиму зварювання у вуглекислому газі, що впливають на геометрію швів, є:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- 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.

Розрахунок таврового з'єднання проводиться із забезпеченням одержання потрібного катету шва, що визначає властивості з'єднання.

Площа наплавленого металу F_H визначається за формулою [4, с.196]:

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

де K – катет шва, $K = 3$ мм,

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

Висоту наплавленого металу h_H визначається за формулою [4, с.192]:

$$h_H = \sqrt{F_H}, \quad (2.2)$$

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

Ширину шва l , визначається за формулою [4, с.192]:

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

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

Загальну висоту шва H становить [4, с.193]:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Тоді:

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

значення ψ_m , перебуває в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо $\psi_m=1,0$.

Отже:

$$H = \frac{4,24}{1,0} = 4,24 \text{ мм.}$$

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

Глибина проплавлення h_0 , розраховується за формулою [4, с.192]:

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

$$h_0 = 4,24 - 2,12 = 2,12 \text{ мм.}$$

Зварювання виробу з конструкційної сталі із катетом 3 мм, тому беремо зв. дріт діаметром 0,8 мм.

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

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

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

$$I_{зв} = \frac{2,12}{2,1} \cdot 100 = 101 \text{ А.}$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо силу зв. струму 100 А.

Швидкість подачі зварювального дроту визначається за формулою [5,с.212]:

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=15$ г/А·год [5, с.212];

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

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

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

Тому:

$$V_{п.д.} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 382,78 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=380$ м/год.

Напруга на дузі визначається за формулою [4, с.194]:

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 100}{1000 \cdot \sqrt{0,8}} = 24,47 \pm 1 \text{ В.}$$

Напруга становить $U_d=25$ В.

Швидкість зварювання визначається за формулою [4, с.194]:

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

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра зварювального дроту, для $d_e = 0,8$ мм – $A = 2,0 \cdot 10^3$ м/год [4, с.194]:

$$V_{зв} = \frac{2,0 \cdot 10^3}{100} = 20 \text{ м/год.}$$

Швидкість зварювання становить $V_{зв} = 20$ м/год.

Діаметр електродного дроту перевіряється за формулою [4, с.193]:

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

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 0,8 мм $\gamma = 75 \dots 300$ А/мм² [4, с.193],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{100}{200}} = 0,8 \text{ мм,}$$

це відповідає заданій умові.

Виліт електродного дроту складає $l_d = 10$ мм [6, с.103].

Витрати захисного газу $Q_r = 9$ л/хв [6, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

Назва параметру	Символ	Одиниці вимірювання	Значення
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	100
Напруга на дузі	U_d	В	25
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	0,8

Продовження таблиці 2.2

Виліт електрода	I_d	мм	10
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	20
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	380
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	9

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

При виконанні процесу зварювання підшипникової опори застосовується метод у захисному вуглекислому газі (CO_2). Тому для здійснення даного процесу на необхідних розрахованих параметрах режиму зварювання, кращим варіантом буде застосування напівавтомату Hugong ExtreMig 200 LCD, який зображений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Зварювальний напівавтомат Hugong ExtreMig 200 LCD [7]

Hugong ExtreMig 200 LCD – зварювальний інвертор для ручного дугового, аргонодугового зварювання, а також для напівавтоматичного

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

зварювання. Універсальний апарат, який працює як від електродів, так і від дроту [7].

Зварювальні апарати великої китайської компанії Hugong відмінно зарекомендували себе на ринку понад 100 країн світу. Компанія Hugong використовує у виробництві тільки інноваційні технології, що постійно вдосконалюється і працює по стандартам ISO9001:2008, ISO 14001:2008 та OHSAS 18000:2007 [7].

Переваги зварювального інвертора Hugong ExtreMig 200 LCD [7]:

- обладнаний LCD дисплеєм, на якому легко контролювати режими роботи, зварювальний струм і інші показники;
- є можливість працювати з електродами, мідним дротом діаметром 0,6-1 мм;
- в режимі напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів передбачена функція подальшого обдування газом;
- є можливість подачі дроту на низькій швидкості для ефективної роботи і контролю за процесом зварювання;
- високий зварювальний струм і можливість його регулювати забезпечує точну роботу з різними предметами і на різних режимах;
- функція Burn Back – відпал дроту, який запобігає прилипанню дроту до шва після завершення зварювання;
- інвертор захищений від перегріву, що значно подовжує термін служби інструменту;
- є можливість вибрати між двома режимами роботи: 2T – робота з натиснутою кнопкою на пальнику; 4T - однократне натискання кнопки на пальнику, що дозволяє тримати пальник в зручному положенні збільшуючи маневреність та комфорт;
- у системі використовуються вдосконалені IGBT транзистори, завдяки яким апарат працює якісно довгі роки [7].

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики зварювального апарату Hugong ExtreMig 200 LCD представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики зварювального апарату Hugong ExtreMig 200 LCD [7]

Вид зварювання	MIG/MAG, SYN MIG, MIG SPOT, FCAW, MMA, LIFT TIG
Напруга мережі, В	220
Максимальний зварювальний струм, А	200
Діаметр електродного дроту, мм	0,6-1,0
Споживча потужність, кВт	8,2
Маса котушки, кг	1 – 5
Регулювання зварювальної напруги, В	15,5 – 26,5
Напруга холостого ходу, В	67
Робочий цикл (ПВ) при струмі 200 А, %	40
Клас захисту	IP21
Габаритні розміри, мм	550x245x405
Маса, кг	27

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості виконується для визначення показників надійності, міцності, відповідності матеріалу нормативним сертифікатам та наявності або відсутності дефектів.

В технологічному процесі виготовлення підшипникової опори застосовуються наступні контрольні операції:

- попередній контроль, для визначення якості вхідних матеріалів та виготовлених деталей конструкції;
- поточний контроль, який стосується перевірки правильності виконуваних робіт технологічного процесу;
- кінцевий контроль, перевірка якості зварних з'єднань та готової конструкції.

Контроль якості опори проводиться візуально-оптичним методом контролю.

Візуально-оптичний метод може використовуватися, як самостійно, так і в поєднанні з іншими методами контролю. Він дозволяє виявляти зовнішні дефекти зварних з'єднань, як неозброєним оком, так і з застосуванням оптичних засобів.

Для виконання даного контролю буде застосовуватися VTP-кейс Profi, який крім традиційного набору контрольно-вимірювальних інструментів додатково містить свідоцтва про їх калібрування або метрологічну атестацію. Вигляд VTP-кейсу Profi показано на рисунку 2.4 [8].



Рисунок 2.4 – Комплект вимірювальних інструментів та приладів VTP-кейс Profi [8]

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Вибрана технологія виготовлення підшипникової опори вміщує ряд послідовних операцій, які стосуються виготовлення заготовок конструкції, подальшого їх складання, а потім і зварювання із застосуванням різних додаткових рихтувальних та допоміжних робіт. Виконання всіх операцій здійснюється у певній технологічній послідовності, що затверджується документально.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення підшипникової опори застосовуватиметься листовий метал. Заготовки виробу є плоскими, відносно малих габаритних розмірів зі сформованими отворами та нескладної форми. Оскільки тип виробництва підшипникових опор є велико-серійним, тому необхідно і підібрати відповідний тип обладнання для виконання заготівельних операцій, щоб збільшити їх продуктивність.

Першим етапом їх виконання буде очищення металопрокату від можливих забруднень, іржі, окалини та ін. Для цього буде використовуватися піскоструминна камера Pavalex [9], що зображена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Піскоструминна камера Pavalex [9]

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Тая як було сказано раніше, що деталі опори є плоскими, нескладної конфігурації з наявними отворами, то для їх формування за один цикл доцільно буде використати метод штампування. Для цього буде використовуватися універсальний гідравлічний прес AP 1520/100 [10], який показаний на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Універсальний гідравлічний прес AP 1520/100 [10]

Тая як підшипникова опора виготовляється трьома типами заготовок, то всі вони штампуватимуться за один цикл, тільки пуансон і матриця на пресі будуть змінними, щоб формувати різну конфігурацію деталей – основи, стійки чи втулки.

З метою додаткової обробки торців деталей після штампування чи для додаткового зачищення швів після виконання процесу зварювання будуть застосовуватися універсальні механізовані інструменти, а саме кутові шліфувальні машини типу Makita 9565 CVR [11], що зображено на рисунку 2.7.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 – Кутова шліфувальна машина Makita 9565 CVR [11]

2.6.2 Складальні операції

Складальні операції мають найбільшу трудомісткість при виготовленні підшипникової опори, тому з метою підвищення продуктивності праці використовується спеціальне обладнання для виготовлення даного роду виробів.

Складання потрібно виконувати враховуючи наступні рекомендації:

- контроль зазорів;
- збереження розмірів і забезпечення правильної геометрії конструкції;
- відповідність конструкції кресленню;
- виконання складання згідно технічних умов на виготовлення конструкції.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Цей вид операцій поєднує в собі, як процеси складання, так і зварювання. Їх виконання відбувається на спеціальних зварювальних плитах, які дозволяють встановлювати деталі у проектному положенні та забезпечувати при цьому необхідні притискні зусилля.

Їх виконання в процесі виготовлення підшипникової опори полягає в наступному:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- розташувати деталі – стійки та втулки на плиті, закріпити їх та виконати прихоплення;
- зварити даний складений вузол кільцевим швом;
- розмістити у пристосуванні деталі опори – одну плиту та два попередньо сформованих вузла (стійку разом із втулкою), виконати їх фіксацію, прихоплення і подальше зварювання;
- після загального зварювання всієї конструкції зняти притискні зусилля обладнання та звільнити її для здійснення наступних технологічних робіт.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Конструкція виготовляється способом механізованого зварювання, яке супроводжується налипанням крапель на поверхні з'єднуваних деталей. Тому потрібно виконати їх видалення застосовуючи слідуючий інструмент: окуляри захисні Truper Active Cipi, молоток слюсарний Tolsen 500 г, зубило слюсарне Juso 400 мм, кутова шліфувальна машина Makita 9565 CVR, щітка 6-рядна INTERTOOL BT-0009.

2.6.5 Допоміжні операції

При виготовленні опори підшипникової допоміжними операціями є:

- налаштування обладнання згідно вибраних параметрів;
- доставка, як зварювальних матеріалів, так і основного металу;
- різні навантажувальні роботи;
- обслуговування і ремонт обладнання та інструментів;
- підтримка в чистоті виробничого середовища;
- підведення різних комунікацій, які полегшують технологічний процес виготовлення конструкції;
- різні роботи, які спрямовані на механізацію та автоматизацію процесу виготовлення.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості підшипникової опори полягає в наступному:

1) Виконати візуальний огляд конструкції:

- напливи, пропалення, незаварені кратери, несплавлення кромок, зовнішні тріщини шва і біляшовної зони, виплески, непровари кореня шва не допускаються;

- дефектні ділянки швів повинні бути видалені, заварені і заново перевірені. Видалення дефектів - по технології заводу-виробника;

- дефекти зварних швів, які підлягають виправленню, повинні видалятися до основного металу і зварюватись заново тим же методом і з використанням тих же зварювальних матеріалів, якими виконується зварювання даного шва;

- зварні шви повинні бути очищені від шлаку і бризк. По зовнішньому вигляду зварний шов повинен мати плавний перехід до основного металу, рівномірну дрібно-лускувату поверхню однаковою по всій довжині шва.

2) Контроль якості зварних з'єднань необхідно виконувати зовнішнім оглядом і за допомогою вимірювань.

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

Процеси зварювання безпосередньо пов'язані із витратами зварювальних матеріалів, тому потрібне їх нормування на що вказує стандарт ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [12]. Тому всі розрахунки стосовно витрат зварювальних матеріалів та електроенергії будуть стосуватися саме цього стандарту.

Норма витрат зварювального дроту на зварювання підшипникової опори визначається за формулою:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{випр} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{bij} \cdot L_{ij} \cdot K_{1i} \cdot K_{2j} \cdot K_{3i}, \quad (2.12)$$

де H_{bij} - норматив витрат i -го матеріалу на один метр j -го шва при даній товщині, кг;

L_{ij} - довжина i -го виду матеріалу j -го типу шва, м;

K_{1i} - поправочний коефіцієнт, що враховує технологічні втрати і відходи i -го виду матеріалу ($K_{1i} = 1,1$);

K_{2j} - поправочний коефіцієнт, що враховує просторове положення j -го шва ($K_{2j} = 1,1$);

K_{3i} - поправочний коефіцієнт, що враховує витрати i -го матеріалу на прихоплювання ($K_{3i} = 1$ (згідно технологічного процесу));

j - кількість швів, $j = 1, 2, 3, \dots, m$.

Норматив витрат зварювального дроту при дуговому зварюванні розраховується за формулою:

$$H_{bi} = M \cdot K_{bi}, \quad (2.13)$$

де M - маса наплавленого металу на 1 метр шва, кг;

K_{bi} - коефіцієнт витрат i -го матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів ($K_{bi} = 1,1$).

Маса наплавленого металу на 1 метр шва розраховується за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.14)$$

де F - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва зварного з'єднання, м²;

ρ - густина металу шва, для низьколегованої сталі $\rho = 7800$ кг/м³;

L - довжина шва, м.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулою (2.13), враховуючи формули (2.14) і (2.15), розраховуємо витрати зварювального дроту:

$$H_{\text{вир}} = (2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,55 + 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,42 + 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,31) \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,12 \text{ кг.}$$

Норма витрат захисного газу на зварювання підшипникової опори розраховується за формулою:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{г}} + \Pi_{\text{взк}}, \quad (2.15)$$

де $H_{\text{г}}$ - норматив витрат захисного газу на метр шва, л;

$\Pi_{\text{взк}}$ - технологічні втрати газу на зварну конструкцію, л ($\Pi_{\text{взк}} = 0,7$ л).

Норматив витрати захисного газу на метр шва розраховується за формулою:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{нг}} \cdot T_{0i} + H_{\text{дгi}} \quad (2.16)$$

де $H_{\text{нг}}$ - питома витрата захисного газу, л/хв;

T_{0i} - основний час зварювання одного метра шва, хв;

$H_{\text{дгi}}$ - додаткові витрати захисного газу на виконання підготовчо-заклучних операцій при зварюванні i -того проходу м³;

n - кількість проходів, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Основний час зварювання одного метра шва розраховується за формулою:

$$t_0 = \frac{m_{\text{н}} \cdot 60}{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{зг}}}, \quad (2.17)$$

де $m_{\text{н}}$ - маса наплавленого металу на один метр шва:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_H = \rho \cdot F_M, \quad (2.18)$$

де F_M - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, м². Додаткові витрати захисного газу розраховуються за формулою:

$$H_{\text{двзг}} = T_{\text{нз}} \cdot H_{\text{взг}}, \quad (2.19)$$

де $T_{\text{нз}}$ - час на підготовчо-заклучні операції, хв. ($T_{\text{нз}} = 0,2$ хв).

Витрати захисного газу визначаємо враховуючи довжину всіх швів, якими зварюється опора. Тому формула (2.15) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{г}} \cdot L + \Pi_{\text{зж}}. \quad (2.20)$$

За формулою (2.20), враховуючи формули (2.19), (2.18), (2.17) і (2.16), розраховуємо витрати захисного газу:

$$H_{\text{взг}} = \left[\left(1 \cdot \frac{7800 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 74} + 0,2 \cdot 10 \right) \cdot 0,55 + \right. \\ \left. + \left(1 \cdot \frac{7800 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 74} + 0,2 \cdot 10 \right) \cdot 0,42 + \right. \\ \left. + \left(1 \cdot \frac{7800 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 74} + 0,2 \cdot 10 \right) \cdot 0,31 \right] + 0,7 = 4,38 \frac{\text{л}}{\text{год}}.$$

Витрати електроенергії на один кілограм наплавленого металу розраховуються за формулою:

$$E = \frac{U_{\text{д}}}{\alpha_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{е}} \cdot k_{\text{д}}}, \quad (2.21)$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де η_e - ефективний коефіцієнт корисної дії процесу нагрівання ($\eta_e=0,7...0,99$;
приймаємо $\eta_e = 0,8$);

k_d - коефіцієнт корисної дії джерела живлення дуги.

Витрати електроенергії визначаємо враховуючи масу наплавленого металу в цілому на зварювання всіх швів конструкції. Тому формула (2.21) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$E = \sum \frac{U_d \cdot M}{\alpha_n \cdot \eta_e \cdot k_d} . \quad (2.22)$$

За формулою (2.22), враховуючи формулу (2.13), розраховуємо витрати електроенергії:

$$E = \left(\frac{23 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 0,55}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 0,75} + \frac{23 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 0,42}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 0,75} + \frac{23 \cdot 14,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 0,31}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 0,75} \right) = 411,39 \text{ Вт} \cdot \text{год} \\ \approx 0,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір типу пристосувань є одним із найважливіших етапів технологічного процесу виготовлення опори підшипникової, тому що складальні операції є найбільш трудомісткими серед всіх операцій технологічного процесу.

Тому вибір складального чи складально-зварювального пристосування повинен здійснюватися виходячи із:

- креслення конструкції та технічних умов, що пред'являються до її виготовлення, із пошуком найкращих технологічних рішень, які мають досить суттєвий вплив на технологічність самої конструкції;
- маршрутної карти технологічного процесу, який повинен бути пропрацьований до найменших нюансів, які впливають також на складальні операції, що особливо є важливим;
- кількість випущеної продукції, яка також має великий вплив на вибір даного роду обладнання і якщо це одиничне виробництво, то доцільно застосувати універсальну оснастку, а якщо масове, то спеціалізовану та спеціальну відповідно.

Тому великий вплив на вибір необхідного пристосування мають спосіб зварювання, габаритність та конфігурація конструкції, матеріал конструкції, задана програма випуску продукції за певний проміжок часу.

Вибираючи пристосування також потрібно враховувати їх техніко-економічне порівняння. Пристосування безпосередньо повинно задовольняти технологію виробництва, однак воно також повинно бути економічно рентабельним, що дозволить окупити себе за відповідний проміжок часу.

Технологічний процес складання та зварювання виробу включає операції складання і зварювання окремих вузлів та виробу в цілому. В

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

залежності від складності зварного виробу здійснюють його розчленування на складальні одиниці, що дозволяє застосовувати прогресивну технологію складання та зварювання на основі модернізації існуючої, застосування стандартної та розробки нової технологічної оснастки. По конструктивному оформленню та за характером використання складально-зварювальне обладнання поділяють на універсальне, спеціалізоване та спеціальне [13, с.16].

Універсальне обладнання призначене для широкої номенклатури зварних виробів в одиничному та дрібносерійному виробництві. Така складально-зварювальна оснастка включає безліч взаємозамінних нормалізованих і стандартизованих елементів, що дає широкі можливості забезпечувати переналагодження оснастки при переході підприємства на виготовлення нових типів конструкцій. Таким чином, для одиничного та дрібносерійного виробництва, що характеризується широкою номенклатурою виробів та незначною програмою випуску, доцільно використовувати універсальну обладнання. Комплекти універсальних складально-зварювальних пристроїв замовляються підприємствами через спеціальні прокатні бази [13, с.16-17].

Спеціалізоване складально-зварювальне обладнання застосовується для виробництва групи однотипних виробів в серійному та крупносерійному виробництві зварних конструкцій. В одиничному та дрібносерійному виробництві воно застосовується досить рідко через необхідність великих витрат на його проектування та виготовлення [13, с.17].

Спеціальне складально-зварювальне обладнання використовується для виготовлення одного або декількох конкретних виробів в крупносерійному та масовому виробництві зварних конструкцій. Воно забезпечує більш високу продуктивність праці та найкращу якість зварних конструкцій у порівнянні з універсальним обладнанням [13, с.17].

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Для виготовлення підшипникової опори застосовуються відповідні пристосування, які дозволяють отримати певну послідовність виконання складально-зварювальних операцій відносно обраного технологічного процесу. Спочатку відбувається встановлення деталей конструкції на базову поверхню пристосування із використанням фіксаторів, упорів, а також притискачів.

Опори складально-зварювальних пристосувань можуть бути двох типів основні та допоміжні. Забезпечення правильного проектного положення деталей виробу відбувається за допомогою основних опорів, які монтуються на опорній поверхні пристосування. Використання допоміжних опорів безпосередньо не впливає на проектне розміщення деталей, але вони забезпечують певну підтримку та унеможливають присутність зміщень. Використання певного типу опор залежить від шорсткості поверхонь виробу, якщо вони гарно оброблені, то застосовуються пластини, а якщо поверхня необроблена, то опорами слугують певні стержні або пальці, які дозволяють проектно встановити деталь по наявних отворах. В залежності від способу встановлення існують гвинтові опори, які також можуть бути основними і допоміжними. Останні не впливають на схему базування деталей конструкції.

Використання в пристосуваннях упорів дозволяє зафіксувати деталь або складальну одиницю по бічній поверхні. Залежно від класифікації упори можуть бути постійними, з'ємними, відвідними, відкидними, переставними та ін. Також від форми деталей поверхня упорів може бути плоскою, круглою та складною. Упори позбавляють встановлену у пристосування деталь тільки одного ступеню вільності, проте їх спрацювання в процесі застосування є значним. Тому поверхні упорів перед використанням термічно обробляють, наплавляють або напилюють.

Також можливе використання універсальних упорів, які є одночасно і опорною базою. Вибір певного типу упорів залежить від форми деталей та

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

майбутнього зварного виробу, якщо після зварювання виникають труднощі при його зніманні із пристосування, то тоді потрібно використовувати відвідні або відкидні упори, для того щоб зробити процес знімання зручним та швидким. Розміри упорів для встановлення підбираються в залежності від маси виробу і деталей.

Для закріплення деталей підшипникової опори у проектному положенні з необхідним зусиллям використовуються комбіновані притискачі, їх зображення показано на рисунку 3.1.

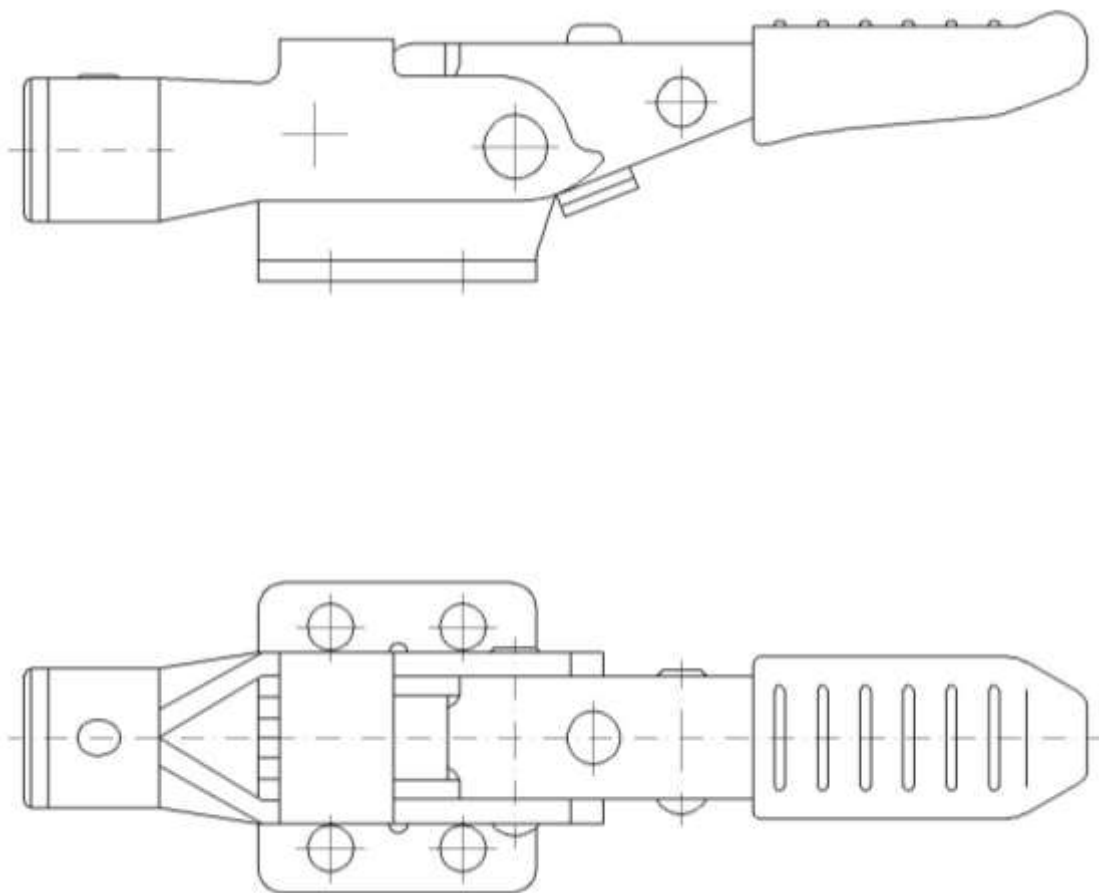


Рисунок 3.1 – Притискач комбінований

Технологічний процес виготовлення підшипникових опор у своєму складі в якості основних пристосувань використовує зварювальні плити із перфорованою поверхнею. Вигляд даного пристосування показаний на рисунку 3.2.

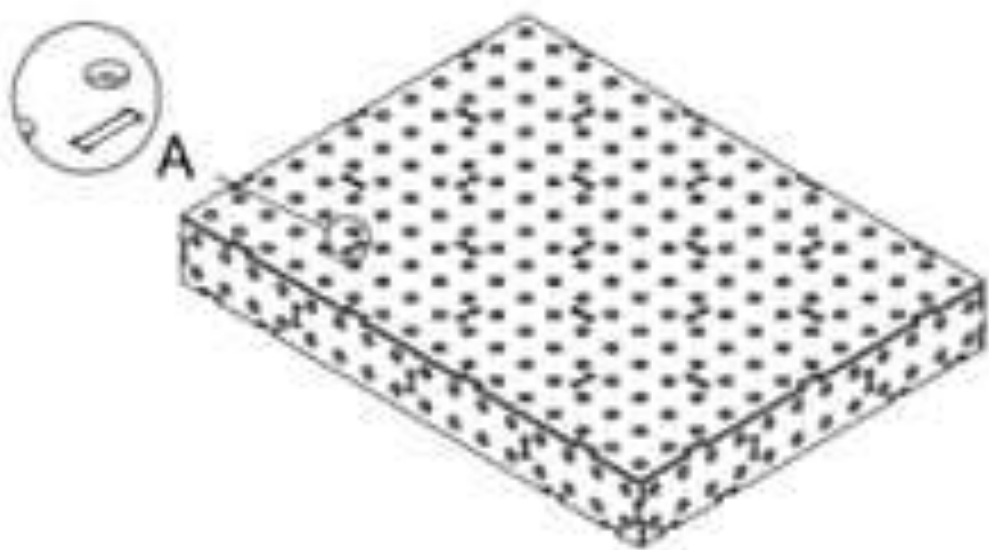
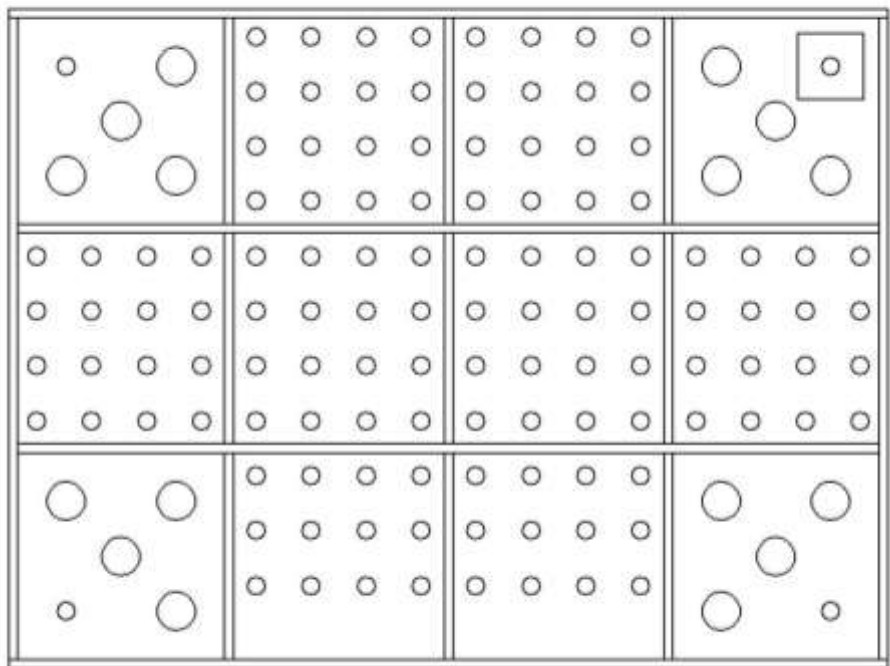
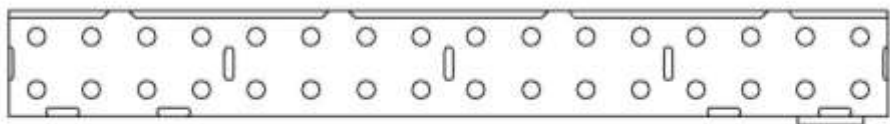


Рисунок 3.2 – Плита зварювальна

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 підшипникової опори

Показник	Одиниці вимірюван- ня	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактич- ні дані	проект- ні дані
Габарити виробу	мм	350x330x180	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
прокат Ст3сп	кг	11,5	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,12	
захисний газ – вуглекислий газ (CO ₂)	кг	4,38	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	2,6	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
прокат:			
сталь Ст3сп	грн	290	289,9
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	325	324,8
захисний газ – вуглекислий газ (CO ₂)	грн	30,25	29,75
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	13	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення підшипникової опори

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Очищення	$\frac{3}{П}$	Піскострумин-на камера Ravalex	1600000	молоток	367	III	5,5
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка лінійка оп. прилад маркер	187 308 4268 139	III	$\frac{8,4}{8,2}$
Штампування	$\frac{3}{П}$	Універсальний гідравлічний прес AP 1520/100	1360000			III	$\frac{9,0}{8,1}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Зварювальна плита, притискач	164000	молоток	367	IV	$\frac{9,2}{8,1}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зв. напівавтомат Hugong ExtreMig 200 LCD	33000			IV	8,0
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Makita 9565 CVR p	6000	окуляри захисні Tuper Active Cip диск зачисний, молоток зубило	250 49 367 750	III	$\frac{9,4}{8,1}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Комплект вимірювальних інструментів та приладів VTP-кейс Profi	10000	лупа Ecomomi x 50 мм, 3x	75	VI	3,9
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Кран-балка	310000			IV	3,5

Штучна норма часу:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

а) по технологічних операціях: по заводу 53,4;

по проекту 49,9;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 3,5;

по проекту 3,5.

Загальна штучна норма часу: по заводу 56,9;

по проекту 53,4.

Для виготовлення підшипникової опори застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [14, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,07) \approx 1882 \text{ год.}$$

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

Розрахунок проводять за формулою [14, с.10]:

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

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=4,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 3050 шт.$

Для виконання очищення кількість робочих місць буде рівною (за двома варіантами):

$$n = \frac{5,5 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 2,17 \approx 2 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні підшипникової опори:

- заводський варіант:

$$n = \frac{8,4 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,32 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,2 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,24 \approx 3 шт.$$

Для штампування заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{9,0 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,56 \approx 4 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,1 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,2 \approx 3 шт.$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{9,2 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,64 \approx 4_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,1 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,2 \approx 3_{шт}.$$

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

$$n = \frac{8,0 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,16 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{9,4 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,72 \approx 4_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,1 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 3,2 \approx 3_{шт}.$$

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

$$n = \frac{3,9 \cdot 3050}{1882 \cdot 4,1} = 1,54 \approx 2_{шт}.$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [14, с.12]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 3050 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,1...0,7$.

$$n = \frac{3050 \cdot 1 \cdot 0,6}{2100 \cdot 0,7} = 1,25 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо один кран 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 [14, с.13]:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
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 $B_{np} = 3050$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн}=4,1...4,2$.

Необхідна кількість очищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 5,5}{1850 \cdot 4,2} = 2,16 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 8,4}{1850 \cdot 4,2} = 3,3 \approx 3 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 8,2}{1850 \cdot 4,2} = 3,22 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість штампувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 9,0}{1850 \cdot 4,2} = 3,53 \approx 4 \text{ чол,}$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 8,1}{1850 \cdot 4,2} = 3,18 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 9,2}{1850 \cdot 4,2} = 3,61 \approx 4 \text{ чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 8,1}{1850 \cdot 4,2} = 3,18 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 8,0}{1850 \cdot 4,2} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 9,4}{1850 \cdot 4,2} = 3,69 \approx 4 \text{ чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 8,1}{1850 \cdot 4,2} = 3,18 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{3050 \cdot 3,9}{1850 \cdot 4,2} = 1,53 \approx 2 \text{ чол.}$$

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 працівники:				
розмічувальники	3	3	III	III
штампувальники	4	3	III	III
очищувальники	2	2	III	III
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	4	3	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні працівники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер ділянки	1	1	—	—
МОП: прибиральники	1	1		
Разом	29	26	—	—

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.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [14, с.18]:

					<i>KP.422.04.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						52
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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

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) [14, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [14, с.18]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [14, с.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці очищувальників (за двома варіантами):

$$Z_{oo} = 4,3 \cdot 17,5 \cdot 5,5 = 413,88 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 413,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 144,86 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 413,88 \cdot 0,4 = 165,55 \text{ грн};$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 2,9 \cdot 17,5 \cdot 8,4 = 426,3 \text{ грн};$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{до} = 426,3 \cdot (0,2 + 0,15) = 149,21 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 426,3 \cdot 0,4 = 170,52 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,9 \cdot 17,5 \cdot 8,2 = 416,15 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 416,15 \cdot (0,2 + 0,15) = 145,65 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 416,15 \cdot 0,4 = 166,46 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,9 \cdot 17,5 \cdot 9,0 = 456,75 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 456,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 159,83 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 456,75 \cdot 0,4 = 182,7 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,9 \cdot 17,5 \cdot 8,1 = 411,08 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 411,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 143,88 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 411,08 \cdot 0,4 = 164,43 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 17 \cdot 9,2 = 500,48 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 500,48 \cdot (0,2 + 0,15) = 175,17 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 500,48 \cdot 0,4 = 200,19 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 17 \cdot 8,1 = 440,64 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 440,64 \cdot (0,2 + 0,15) = 154,22 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 440,64 \cdot 0,4 = 176,26 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників (за двома варіантами):

$$З_{оо} = 3,5 \cdot 18 \cdot 8,0 = 504 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 504 \cdot (0,2 + 0,15) = 176,4 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 504 \cdot 0,4 = 201,6 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 3,2 \cdot 16 \cdot 9,4 = 481,28 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 481,28 \cdot (0,2 + 0,15) = 168,45 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 481,28 \cdot 0,4 = 192,51 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 3,2 \cdot 16 \cdot 8,1 = 414,72 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 414,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 145,15 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 414,72 \cdot 0,4 = 165,89 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$Z_{oo} = 5,9 \cdot 20,5 \cdot 3,9 = 471,71 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 471,71 \cdot (0,2 + 0,15) = 165,1 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 471,71 \cdot 0,4 = 188,68 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$Z_{oo} = 6,8 \cdot 18,5 \cdot 3,5 = 440,3 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 440,3 \cdot (0,2 + 0,15) = 154,11 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 440,3 \cdot 0,4 = 176,12 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [14, с.19]:

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{од} = 1 \cdot 31,5 \cdot 1850 = 58275 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 58275 \cdot 0,35 = 20396,25 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 58275 \cdot 0,4 = 23310 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 31,5 \cdot 1850 = 116550 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 116550 \cdot 0,35 = 40792,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 116550 \cdot 0,4 = 46620 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 31,5 \cdot 1850 = 58275 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 58275 \cdot 0,35 = 20396,25 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 58275 \cdot 0,4 = 23310 \text{ грн}.$$

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 [14, с.19]:

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

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:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8300 \cdot 12 = 99600 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 99600 \cdot 0,35 = 34860 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 99600 \cdot 0,4 = 39840 \text{ грн}.$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8150 \cdot 12 = 97800 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 97800 \cdot 0,35 = 34230 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 97800 \cdot 0,4 = 39120 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	323561,7	315857,85	113246,6	110550,25	129424,68	126343,14
штампувальники	462231	312005,93	161780,85	109202,07	184892,4	124802,37
очищувальники	209420,75		73297,26		83768,3	
складальники	506485,76	334445,76	177270,02	117056,02	202594,3	133778,3
зварювальники	382536		133887,6		153014,4	
зачищувальники	487055,36	314772,48	170469,38	110170,37	194822,14	125908,99
контролери	238682,73		83538,96		95473,09	
транспортувальники	111395,9		38988,57		44558,36	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	58275		20396,25		23310	
ремонтники	116550		40792,5		46620	
електрики	58275		20396,25		23310	
ІТР	99600		34860		39840	
МОП	97800		34230		39120	
Разом	3151869,2	2649617,4	1103154,22	927366,09	1669722,68	1468821,96

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:	3506,5	3503,13
сталь СтЗсп	3335	3333,85
зварювальний дріт Св-08Г2С	39	38,98
захисний газ – вуглекислий газ (CO ₂)	132,5	130,31
Поворотні відходи	13	
Паливо та енергія на технологічні цілі	68,1	67,95
Основна заробітна плата основних робітників	892,25	727,58
Додаткова заробітна плата основних робітників	312,29	254,65
Премії та надбавки основних робітників	356,9	291,03
Відрахування на соціальне страхування	21,86	17,83
Відрахування на медичне страхування	39,04	31,83
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	206,35	206,35
Цехові (дільничні) витрати	174,75	174,75
Всього цехова собівартість	5565,04	5262,1

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
штампувальне	4	3	1360000	1360000	68000	68000
очищувальне	2	2	1600000	1600000	80000	80000
складальне	4	3	164000	164000	8200	8200
зварювальне	3	3	33000	33000	1650	1650
зачищувальне	4	3	6000	6000	300	300
контрольне	2	2	10000	10000	500	500
транспортне	1	1	310000	310000	15500	15500
Інструменти:						
молоток	10	8	367	367	18,35	18,35
зубило	4	3	750	750	37,5	37,5
окуляри захисні	8	6	250	250	12,5	12,5
диск зачисний	4	3	49	49	2,45	2,45
рулетка	9	8	187	187	9,35	9,35
оптичний прилад	3	3	4268	4268	213,4	213,4
лінійка	9	8	308	308	15,4	15,4
маркер	9	8	139	139	6,95	6,95
лупа	2	2	75	75	3,75	3,75
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортиз. відрахувань, грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	9500000	9500000	5	475000	475000
Устаткування:					
штампувальне	5508000	4148000	8	440640	331840
очищувальне	3280000	3280000	8	262400	262400
складальне	664200	500200	8	53136	40016
зварювальне	100650	100650	6,5	6542,25	6542,25
зачищувальне	24300	18300	8	1944	1464
контрольне	20500	20500	6	1230	1230
транспортне	325500	325500	6	19530	19530
Інструменти:					
молоток	3688,35	2954,35	14	516,37	413,61
зубило	3037,5	2287,5		425,25	320,25
окуляри захисні	2012,5	1512,5		281,75	211,75
диск зачисний	198,45	149,45		27,78	20,92
рулетка	1692,35	1505,35		236,93	210,75
оптичний прилад	13017,4	13017,4		1822,44	1822,44
лінійка	2787,4	2479,4		390,24	347,12
маркер	1257,95	1118,95		176,11	156,65
лупа	153,75	153,75		21,53	21,53
Разом	19450995,65	17918328,65		1264320,64	1141547,26

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [14,с.27]:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 13645,75$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 12592,2$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 5565,04$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 5262,1$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((13645,75 + 0,15 \cdot 5565,04) - (12592,2 + 0,15 \cdot 5262,1)) \cdot 3050 = 3351922,55 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [14,с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 35160034$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 32826174$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [14,с.28]:

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

$$E_{yp} = 3050 \cdot (13645,75 - 12592,2) = 3213327,5 \text{ грн;}$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{35160034 - 32826174}{3213327,5} = 0,73 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	3050	3050
Кількість технологічного устаткування	шт	20	17
Собівартість товарної продукції	грн	13645,75	12592,2
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	29	26
- основних робітників	чол	23	20
Фондомісткість продукції	грн/шт	5565,04	5262,1
Умовна річна економія	грн	-	3213327,5
Річний економічний ефект	грн	-	3351922,55
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,73
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	15666,53	15293,51
- штампувальники	грн	16785,56	15107
- очищувальники	грн	15209,91	15209,91
- складальники	грн	18392,64	16193,52
- зварювальники	грн	18522	18522
- зачищувальники	грн	17687,04	15240,96
- контролери	грн	17335,16	17335,16
- транспортувальники	грн	16181,03	16181,03

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Пожежна безпека на зварювальній ділянці

Місця проведення зварювальних та інших вогневих робіт, пов'язаних із нагріванням деталей до температур, здатних викликати займання матеріалів та конструкцій, можуть бути постійними, які організовуються у спеціально обладнаних для цього цехах, майстернях чи на відкритих майданчиках, а також тимчасовими, коли вогневі роботи проводяться безпосередньо в будинках, які зводяться або експлуатуються, спорудах та на території об'єктів при проведенні монтажних робіт.

Постійні місця проведення вогневих робіт визначаються наказами, розпорядженнями, інструкціями власника підприємства. Огороджувальні конструкції в цих місцях (перегородки, перекриття, підлоги) повинні бути з негорючих матеріалів.

Керівник підприємства чи структурного підрозділу, де проводяться вогневі роботи на тимчасових місцях (крім будівельних майданчиків та приватних домоволодінь), зобов'язаний оформити наряд-допуск на виконання тимчасових вогневих робіт. За наявності на підприємстві відомчої пожежної охорони наряди-допуски на виконання тимчасових вогневих робіт повинні бути погоджені з нею напередодні виконання робіт з установленням відомчою пожежною охороною відповідного контролю.

Проведення вогневих робіт на постійних та тимчасових місцях дозволяється лише після вжиття заходів, які виключають можливість виникнення пожежі: очищення робочого місця від горючих матеріалів, захисту горючих конструкцій, забезпечення первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, ящиком з піском та лопатою). Вид та кількість первинних засобів пожежогасіння, якими повинно бути забезпечене місце робіт, визначаються з урахуванням вимог щодо оснащення об'єктів

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

первинними засобами пожежогасіння і вказуються в наряді-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт [15].

Після закінчення вогневих робіт виконавець зобов'язаний ретельно оглянути місце їх проведення, за наявності горючих конструкцій полити їх водою, усунути можливі причини виникнення пожежі.

Посадова особа, відповідальна за пожежну безпеку місць, де проводилися вогневі роботи, повинна забезпечити перевірку місця проведення цих робіт упродовж двох годин після їх закінчення. Про приведення місця вогневих робіт у пожежобезпечний стан виконавець та відповідальна за пожежну безпеку посадова особа роблять відповідні позначки у наряді-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт [15].

Технологічне обладнання, на якому передбачається проведення вогневих робіт, повинно бути приведене у вибухопожежобезпечний стан до початку виконання цих робіт. Місце для проведення зварювальних та різальних робіт у будинках і приміщеннях, у конструкціях яких використані горючі матеріали, має бути огорожене суцільною перегородкою з негорючого матеріалу. При цьому висота перегородки повинна бути не менше 1,8 м, а відстань між перегородкою та підлогою — не більше 50 мм. Щоб запобігти розлітання розпечених часток, цей зазор повинен бути огорожений сіткою з негорючого матеріалу з розміром чарунок не більше 1 x 1 мм [15].

Таким чином, пожежна безпека має важливе місце під час виконання зварювальних робіт на відповідних ділянках, оскільки невиконання певних норм може викликати суттєві негативні наслідки, які призведуть до виникнення аварійних ситуацій на підприємстві в цілому.

5.2 Розрахунок захисного заземлення

Мета розрахунку заземлення — визначити кількість електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

дотику замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень.

Вихідні дані:

1. Захищений об'єкт - обладнання ділянки.
2. Захищений об'єкт - стаціонарний.
3. Напруга мережі - 380 В.
4. Виконання мережі - з глухо заземленою нейтраллю.
5. Тип заземлювального пристрою - вертикальний .
6. Розміри вертикальних заземлювачів: довжина $l_e = 1,5$ м; діаметр $d = 0,03$ м, кутник 40x40. Відношення відстані між трубами до їх довжини $\frac{L_b}{l_b} = 1$.
7. Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): $L_c = L_{з.с.}$ – згідно з розрахунком, м; ширина стрічки $b_c = 0,04$.
8. Глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_e = 0,5$ м, горизонтальних $h_c = 0,5$.
9. Ґрунт – супісок, склад однорідний, вологість мала, агресивність нормальна.
10. Кліматична зона – II.

Визначаємо характеристику навколишнього середовища в механічному цеху: за пожежною небезпекою згідно з ПУЕ воно відноситься до класу П–II; за вибухонебезпекою згідно з ПУЕ - до класу В–I.

1. Визначаємо R_{∂} - допустиме значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої $R_{\partial} \leq 4$ Ом.
2. Відповідно до таблиці 7.2 визначаємо $\rho_{табл}$ – приблизне значення питомого опору ґрунту, що рекомендується приймаємо $\rho_{табл.} = 300$ Ом·м, [16].

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

3. Згідно таблиці 7.4 визначаємо $K_{с.в.}$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів, для даної кліматичної зони II. приймаємо $K_{с.в.} = 1,5$ [16].

4. Визначаємо значення $K_{с.г.}$ - коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною II (табл. 7.2), приймаємо $K_{с.г.} = 3,5$, [16].

5. Визначаємо $\rho_{розр.в.}$ - розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів

$$\rho_{розр.в.} = \rho_{табл.} \cdot K_{с.в.}; \quad (5.1)$$

де $\rho_{табл.}$ - приблизне значення питомого опору,

$K_{с.в.}$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.в.} = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом.}$$

6. Визначаємо $\rho_{розр.г.}$ - розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів.

$$\rho_{розр.г.} = \rho_{розр.} \cdot K_{с.г.}; \quad (5.2)$$

де $\rho_{розр.г.}$ - приблизне значення питомого опору; $K_{с.г.}$ - коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача;

$$\rho_{розр.г.} = 300 \cdot 3,5 = 1050 \text{ Ом.}$$

7. Визначаємо t :

$$t = h_b + \frac{l_b}{2} = 0,5 + \frac{1,5}{2} = 1,25.$$

8. Визначаємо R_g - опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі.

$$R_g = \frac{\rho_{розр.в.}}{2\pi \cdot l_B} \left(\ln \frac{2,1l_B}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_B}{4,2t - l_B} \right); \quad (5.3)$$

$$R_B = \frac{450}{3,14 \cdot 1,5} \left(\ln \cdot \frac{2,1 \cdot 1,5}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4,2 \cdot 1,25 + 1,5}{4,2 \cdot 1,25 - 1,5} \right) = 45,22 \text{ Ом.}$$

9. Визначаємо $n_{т.в.}$ теоретичну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання, тобто $\eta_{в.в.}=1$.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$n_{т.в.} = \frac{R_{\epsilon}}{R_0 \cdot \eta_{\epsilon.в.}}; \quad (5.4)$$

де R_{ϵ} – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

R_0 – допустиме значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

$$n_{т.в.} = \frac{45,22}{4 \cdot 3} \approx 4 \text{ шт.}$$

10. Визначаємо $n_{\epsilon.в.}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх по контуру при числі заземлювачів $n_{т.в.}=4$ шт. та при відношенні $\frac{L_b}{l_b} = 1$.

За табл. приймаємо $\eta_{\epsilon.в.} = 3$.

11. Визначаємо $n_{н.в.}$ – необхідна кількість штук вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання

$$n_{н.в.} = \frac{R_{\epsilon}}{R_0 \cdot \eta_{н.в.}} \quad (5.5)$$

$$n_{н.в.} = \frac{45,22}{4 \cdot 3} \approx 4 \text{ шт.}$$

12. Визначаємо $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_{н.в.} = 4$ шт без врахування з'єднувальної стрічки

$$R_{розр.в.} = \frac{R_{\epsilon}}{n_{н.в.} \cdot \eta_{н.в.}}; \quad (5.6)$$

де $n_{н.в.}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;

R_{ϵ} – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

$$R_{розр.в.} = \frac{45,22}{4 \cdot 3} = 3,77 \text{ Ом.}$$

13. Визначаємо L_{ϵ} – відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $L_{\epsilon}/l_{\epsilon} = 1$, звідси :

$$L_{\epsilon} = l_{\epsilon}; \quad (5.7)$$

де l_{ϵ} – довжина вертикального електрода;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{в}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м.}$$

14. Визначаємо $L_{\text{з.с.}}$ – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлення.

$$L_{\text{з.с.}} = 1,05 \cdot L_{\text{в}} \cdot n_{\text{н.в.}} \quad (5.8)$$

де $n_{\text{н.в.}}$ – необхідна кількість штук вертикальних заземлювачів; $L_{\text{в.}}$ – відстань між вертикальними заземлювачами;

$$L_{\text{з.с.}} = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 4 = 9,45 \text{ м.}$$

15. Визначаємо $R_{\text{з.с.}}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці).

$$R_{\text{з.с.}} = \frac{\rho_{\text{розр.г.}}}{2\pi \cdot L_{\text{з.с.}}} \ln \frac{L_{\text{з.с.}}^2}{d \cdot t}; \quad (5.9)$$

$$R_{\text{з.с.}} = \frac{1050}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,45} \ln \frac{9,45^2}{0,03 \cdot 1,25} = 137,27 \text{ Ом.}$$

16. Визначаємо $\eta_{\text{в.г.}}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними значеннями або за чотирикутним контуром при відношенні $L_{\text{в}}/l_{\text{в}} = 1$ та необхідної кількості вертикальних заземлювачів $n_{\text{н.в}} = 4$ шт приймаємо $\eta_{\text{в.г.}} = 0,19$ [16]. При паралельно включених горизонтальних заземлювачах $\eta_{\text{в.г.}}$ визначають [16].

17. Визначаємо $R_{\text{розр.г.}}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальних заземлювачах при числі електродів що дорівнює 1.

$$R_{\text{розр.г.}} = \frac{R_{\text{з.с.}}}{n_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{в.г.}}}; \quad (5.10)$$

де $R_{\text{з.с.}}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі;

$\eta_{\text{в.г.}}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

$$R_{\text{розр.г.}} = \frac{137,27}{1 \cdot 0,19} = 722,47 \text{ Ом.}$$

18. Визначаємо $R_{\text{розр.в.г.}}$ – розрахунковий теоретичний опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{розр.в.г.} = \frac{R_{розр.в.} \cdot R_{розр.г.}}{R_{розр.в.} + R_{розр.г.}} ; \quad (5.11)$$

де $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах;

$$R_{розр.в.г.} = \frac{3,77 \cdot 722,47}{3,77 + 722,47} = 3,75 \text{ Ом.}$$

19. Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників За табл.7.8 [16] вибираємо голі мідні $S_m=4 \text{ мм}^2$ або алюмінієві провідники $S_a=6 \text{ мм}^2$

20. Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини.

За табл. 2.20 [16] приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_c=4 \text{ мм}$ і перетином не менше $\sigma = 100 \text{ мм}^2$.

21. Наводиться схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (з'єднувальною стрічкою).

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

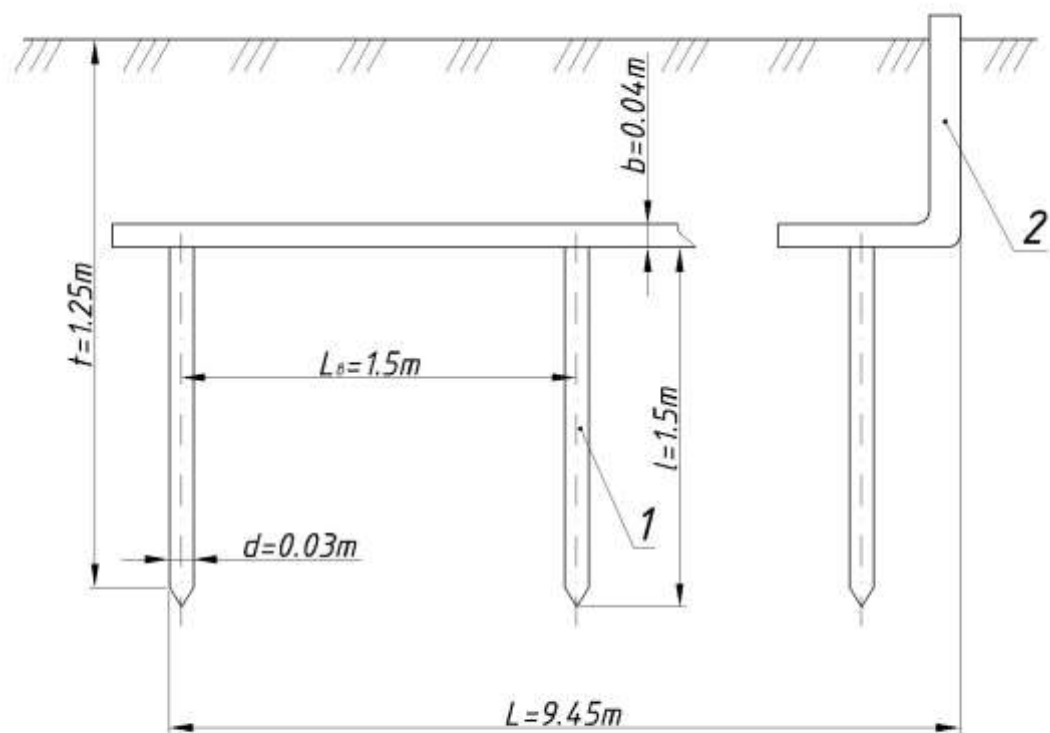


Рисунок 5.1 – Схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини із заземлювальним пристроєм

Висновки

Розраховане заземлення складається із 4 вертикальних заземлювачів довжиною 1,5 м, які з'єднані між собою стрічкою загальна довжина якої складає 9,45 м. Крок між вертикальними заземлювачами рівний 1,5 м.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ВИСНОВКИ

В даній роботі розглядається технологічний процес виготовлення підшипникових опор, визначаються можливі недоліки прийнятої технології та подальші вдосконалення, які спрямовані на покращення якості та економічної ефективності виробництва.

Підшипникова опора є металевою конструкцією, що виготовляється за допомогою процесу зварювання. Її конструкція спроектована так, щоб легко виконувався монтаж підшипників кочення на ній. Виготовлення даного роду виробів відбувається із застосуванням конструкційної, низьковуглецевої сталі звичайної якості марки СтЗсп. Вона володіє доброю зварюваністю, оскільки розрахований еквівалентний вміст вуглецю не перевищує 0,45%.

Для зварювання підшипникових опор використовується механізований спосіб у вуглекислому газі (CO_2). Допустимий вміст домішок якого не перевищує 0,2% у відповідності стандарту ДСТУ 4817:2007. Процес зварювання буде виконуватися професійними напіваавтоматами китайського виробництва Hugong ExtreMig 200 LCD.

Точність виконання складальних робіт буде забезпечуватися використанням перфорованих зварювальних плит, які оснащені притискачами комбінованого типу.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
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 СтЗсп. Довідник. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 23.05.2025).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/558-akulov-a-i-tekhnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem> (дата звернення: 27.05.2025).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/337-dumov-s-i-tekhnologiya-elektricheskoy-svarki-plavleniem> (дата звернення: 27.05.2025).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Зварювальний напівавтомат Hugong ExtreMig 200 LCD. Зварювальні апарати Hugong: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/323182723/p323182723/characteristics/> (дата звернення: 28.05.2025).
8. VTP-кейс Profi. Комплект для контролю зварних швів: веб-сайт. URL: <https://www.ptsndt.com/uk/prodazh/vt-vizualnyi-kontrol/vt-wska-niki-wzorce-1/769-komplekt-dlia-kontroliu-zvarnykh-shviv> (дата звернення: 29.05.2025).
9. Піскоструминна камера Pavalex. INDUSTRIAL SANDBLASTING & POWDERCOATING: веб-сайт. URL: <https://industrial->

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

px.all.biz/uk/piskostrumynna-kamera-g25554863?utm_currency=UAH&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=shopping_ua_personal&utm_content=23630&gclid=CjwKCAiAjp-7BhBZEiwAmh9rBRNXbkoZ4_cMsbCSLMOeRupNbpeEBE9T0lqezTqNpuU7VmUYcfiZnhoCVRMQAvD_BwE (дата звернення: 30.05.2025).

10. Універсальний гідравлічний прес AP 1520/100. Ковальсько-пресове обладнання: веб-сайт. URL: https://svartech.com.ua/ua/p1183675501-universalnyj-gidravlicheskiy-press.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAjp-7BhBZEiwAmh9rBV0zYF9oIOxM9dNaa1fJNpO78sV1cNFisyMoqE9y7uzlUxPmgOkgyBoCEkUQAvD_BwE (дата звернення: 30.05.2025).

11. Кутова шліфувальна машина Makita 9565 CVR. Болгарки (Кутові шліфмашини): веб-сайт. URL: <https://makita.market/uglovaya-shlifmashina-makita-9565-cvr-1400-vt> (дата звернення: 30.05.2025).

12. 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).

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

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

15. Вимоги під час підготовки до вогневих робіт. Охорона праці і пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/vymogy-pozhezhnoyi-bezpeky-pid-chas-provedennya-zvaryuvalnyh-ta-inshyh-vognevyyh-robit> (дата звернення: 13.06.2025)

16. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352с.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		