

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
балки профільної

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

Дмитро ШУМОНЯК

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

Рецензент

Богдан БЕРЕЖЕНКО

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ШУМОНЯКУ Дмитру Васильовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
балки профільної

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

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

Термін подання студентом роботи 20.06.2025р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів

5.2 Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення балки профільної – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення балки профільної – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стенду складально-зварювального – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення порталу зварювального – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 19.05.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Дмитро ШУМОНЯК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

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

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	10
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	10
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	13
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
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	30
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					<i>КР.422.17.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шумоняк				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення балки профільної Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Генчишин						4	69
Реценз.	Береженко					ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	32
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	33
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	35
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	35
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	40
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	40
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	46
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	49
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	50
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	56
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	57
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	58
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	61
5.1	Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів	.	.	.	.	.	61
5.2	Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті	.	.	.	.	.	64
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	66
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	67
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	69

ВСТУП

Основним способом зварювання плавленням є електродугове зварювання, яке має багато різновидів, пов'язаних зі степенню механізації – ручне, напівавтоматичне, автоматичне, з використанням різних захисних середовищ – покриття на електродах (при ручному зварюванні), флюсів, захисних газів або порошкового дроту при механізованому зварюванні, контрольованої атмосфери (захисних газів або вакууму) при деяких способах дугового і електронно-променевого зварювання. Зварювання плавленням використовується для широкого кола кольорових металів і їх сплавів, а також неметалів – скла, кераміки, графіту.

Всі вказані особливості значно ускладнюють задачі, які стоять перед інженерами-технологами, що розроблятимуть технологічний процес зварювання плавленням.

Розроблений технологічний процес зварювання не тільки повинен забезпечувати отримання надійних зварних з'єднань конструкції, які відповідають всім експлуатаційним вимогам, але повинен також допускати максимальну ступінь комплексної механізації і автоматизації всього виробничого процесу виготовлення виробу, повинен також бути економічно вигідним по витратах енергії, зварювальних матеріалів, витрат людської праці.

Такі оптимізаційні технологічні задачі вирішуються на основі використання розрахункових, аналітичних методів проектування технологічного процесу зварювання. При розробленні технологічного процесу виготовлення складної зварної конструкції потрібний розрахунок деяких варіантів технології на ПК з наступним відбором оптимального варіанту технологом-зварювальником.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Балка профільна є металевою зварною конструкцією, що використовується у перекриттях промислових будівель, її загальний вигляд показано на рисунку 1.1. Балка складається із таких профільних елементів (див. рис. 1.1):

- 1) швелер №12 – 1 шт.;
- 2) двотавр №18 – 1 шт.;
- 3) пластина (S 12) - 1 шт.

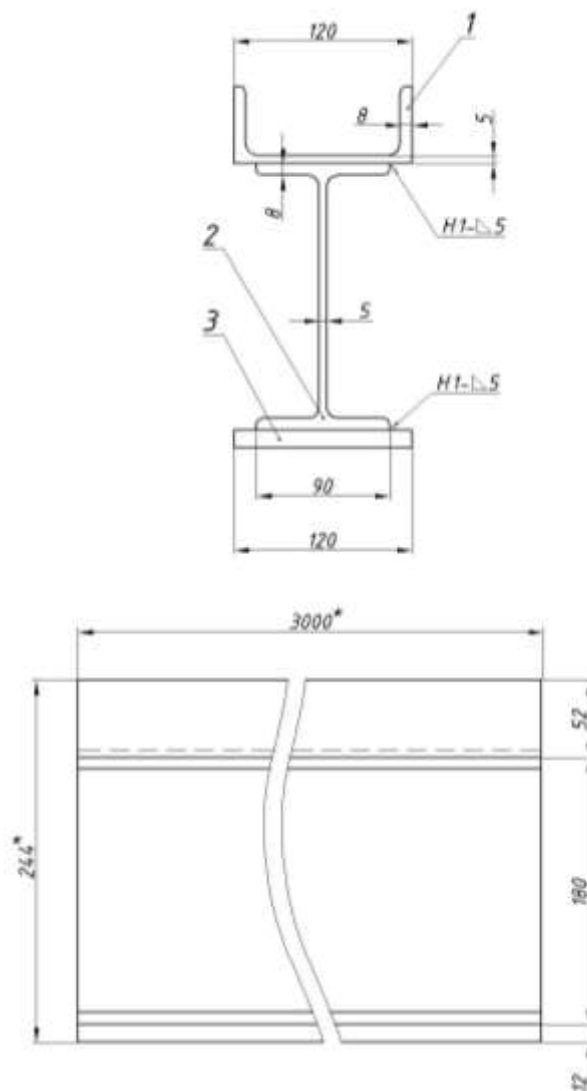


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд профільної балки

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Балка профільна виготовляється довжиною 3000 мм, при цьому її загальна висота складає 244 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Балка профільна є відповідальною конструкцією, оскільки вона більшість експлуатаційного часу постійно знаходиться в навантаженому стані. Її властивості мають задовольняти умови міцності, які гарантуються робочими інструкціями. Експлуатаційні навантаження конструкції є двох типів – статичні і динамічні.

Основні технічні умови на виготовлення балки є такими:

- правильні зазори деталей та геометричні розміри конструкції;
- правильність виконання всіх операцій технологічного процесу, особливо зварювання, так як даний спосіб характеризується несприятливими зовнішніми факторами, які погіршують виробництво конструкцій;
- контрольні операції даної технології, починаючи від формування заготовок та закінчуючи завершальним етапом виготовлення конструкції;
- найкращий процес зварювання, який задовольняє повністю технологію;
- високопродуктивне зварювальне устаткування, яке забезпечує найкращі режими процесу.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

В якості основного матеріалу для профільної балки використовується низьковуглецева, конструкційна сталь марки СтЗсп. Її механічні властивості представлені в таблиці 1.1, а хімічний склад відповідно в таблиці 1.2.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі Ст3сп [1]

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

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст3сп, % [1]

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

Посилаючись на відповідний стандарт, зварюваність металів характеризує їх властивість формувати зварні з'єднання відповідної якості при встановленій технології, які б відповідали призначенню експлуатації. Тому поняття зварюваності стосується відповідності властивостей зварних з'єднань основному зварюваному металу.

До основних критеріїв зварюваності відносяться такі:

- окислюваність металу при зварюванні, яка залежить від його хімічної активності;
- перешкоджання виникненню гарячих тріщин, а також наступних тріщин при повторних нагріваннях;
- перешкоджання виникненню холодних тріщин;
- реакція зварюваного матеріалу на термічний цикл процесу;
- придатність зварних з'єднань експлуатаційному призначенню, до таких властивостей відносяться: міцність, пластичність, в'язкість, жорсткість та інші.

Властивості зварних з'єднань безпосередньо залежать від структури самого металу, яка вже в свою чергу характеризується хімічним складом, параметрами режиму зварювання та ін.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки вміст вуглецю в сталі Ст3сп становить до 0,25%, то дана сталь відноситься до групи сталей, які добре зварюються. Марганець покращує властивості загартування, а його вміст до 0,65% не має істотного впливу на зварюваність. Присутній кремній 0,3% також не впливає на зварюваність сталі. Наявність хрому приводить до збільшення твердості і міцності, а нікель навпаки, покращує пластичність сталі не впливаючи на її зварюваність. Вміст міді близько 0,3% дозволяє покращити антикорозійні властивості також не погіршуючи зварюваності матеріалу.

Для визначення зварюваності використовується формула для визначення еквівалентного вмісту вуглецю $C_{екв}$ [2, с.127]:

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

де C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Підставивши значення будемо мати:

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

За результатами розрахунку випливає, що зварюваність цієї марки сталі добра, оскільки еквівалентний вуглець не перевищує значення 0,45%, а відповідно її можна зварювати безперешкодно відомими методами.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріали, які використовуються для виготовлення конструкції повинні вибиратись з урахуванням необхідних фізико-механічних характеристик, технологічності, зварюваності, роботопридатності в умовах експлуатації протягом відведеного терміну.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якість і властивості основних металів повинні задовольняти вимоги відповідних стандартів і технічних умов та підтверджуватися сертифікатами якості заводу-виробника. Коли відсутні відомості, що підтверджують відповідність встановленим вимогам, або документу про відповідність використання матеріалів, то їх використання може бути дозволено тільки після проведення необхідних випробувань, які дозволять підтвердити відповідність матеріалів вимогам національних стандартів або технічних умов.

Метал повинен зберігатися в закритому, накритому складі, бути розсортований, позначений, складений відповідно по типу і марках, а перед видаванням на виробництво виправлений, очищений від окалини, іржі, мастил, вологи та інших забруднень. Якщо метал перед зварюванням піддається механічному обробленню, то попереднє очищення оброблюваної поверхні може не виконуватися. Вуглецеві та леговані сталі повинні зберігатися окремо.

Кожна партія зварювальних матеріалів повинна мати документ про відповідність вимогам національних стандартів і технічних умов. Якщо такий документ відсутній, то для допуску їх у виробництво потрібно провести необхідні випробування, що дозволять підтвердити відповідність матеріалів вимогам стандартів або технічних умов.

Кожна пакувальне місце зварювального матеріалу повинно мати етикетку або бірку, де вказується його назва, марка і номер партії. Якщо зварювальний дріт поставляється в спеціальній тарі, то його подальше перемотування заборонено.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Балка профільна повинна виготовлятися відповідно до нормативно-технологічної документації із дотриманням необхідних відхилень розмірів згідно поля допусків. Тому що перевищення цієї допустимої межі може

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

спричинити неправильну геометричну форму виробу, що в подальшому призводить до браку.

Важливим показником балки є забезпечення її технологічності, що означає раціональність їхніх форм і перерізів, а також відносну легкість та зручність виконання всіх операцій технологічного процесу виготовлення. Неправильне компонування конструкції стає причиною виникнення надмірних напружень і деформацій у зварних з'єднаннях, що може призвести до появи дефектів геометричності форми чи зварних швів, присутність в яких сторонніх включень є джерелами виникнення корозії.

Для виготовлення конструкції в основному використовується профільний прокат, тому виконання зварювання цих складових елементів повинно відповідати всім пунктам розробленої технології.

Стикування деталей конструкції повинно здійснюватися з дотриманням відповідних зазорів та без різкого перепаду перерізів стикувальних частин, оскільки це зумовить появу небажаних лишніх напружень, що негативно позначиться на робочому застосуванні профільної балки.

Характерною особливістю процесу зварювання є самовільне утворення деформацій за рахунок нерівномірної теплової дії зварювальної дуги. Тому цю особливість потрібно враховувати ще на стадії проектування конструкції, так як ці залишкові викривлення зумовлюють зміну геометричних розмірів, а відповідно правильність форм також втрачається.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварні з'єднання повинні бути якісним, без присутності незаварених кратерів, тому повинна бути підібрана така технологія зварювання, яка б дозволяла виводити закінчення шва на допоміжному металі вивідних планок. Зварювання необхідно виконувати по наперед зачищених кромках до металевого блиску.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня поверхня зварних швів не повинна містити:

- подрізи, напливи, тріщини, незаварені кратери та інші зовнішні дефекти, що погано впливають їх властивості;
- поверхня шва повинна бути рівномірно лускуватою, величиною проміжків не більше 2 – 3 мм, в залежності від положення.

Зазори стиків кромок повинні бути рівномірними, оскільки це є однією з основних вимог забезпечення експлуатаційної надійності. Для контролю якості зварних з'єднань використовується зовнішній огляд.

1.3.4 Вимоги до складання

Деталі, які підлягають складанню для виготовлення майбутньої зварної конструкції, одержуються відповідними методами, а формування їх кромок проходить із застосуванням механічної обробки, термічним різанням чи струганням (кисневим, плазмово-дуговим). Після використання термічного оброблення кромок повинно додатково виконуватись механічне оброблення для зняття гартівних структур, глибина оброблення залежить від марки сталі, її сприймання підвищених температур та основні відомості по його виконанню вказуються у нормативній документації.

Кромки заготовок, а також прилеглі до них зварювані поверхні повинні бути зачищені від окалини, продуктів корозії, мастил, фарби та інших забруднень відповідно до технічних умов на виготовлення конструкції.

Якщо зварювання буде виконуватись по раніше сформованих прихопленнях, то потрібно виконувати процес з попереднім зачищенням прихоплень і повним їх переплавленням зварним швом.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість профільної балки характеризується безвідмовністю роботи зі збереженням її важливих характеристик та безпечності для людей і довкілля

					<i>КР.422.17.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом відведеного терміну служби. В нашому випадку конструкція є відповідальною, тому її якість залежить від певних чинників:

- використання придатного основного матеріалу, який задовольнить умови експлуатації;
- виготовлення якісних деталей в процесі заготівельних робіт;
- правильне встановлення і орієнтування деталей в складальному пристосуванні;
- виконання прихоплень необхідними зварювальними матеріалами із забезпеченням правильної геометричної форми конструкції, яка відповідає кресленню;
- використання відповідного зварювального обладнання, яке забезпечуватиме правильний режим зварювання;
- якісні шви без дефектів;
- контроль якості матеріалів, виконуваних робіт та готової продукції.

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

Для виготовлення профільної балки потрібно виконати операції правлення, розмічування та різання металопродукату на заготовки потрібного розміру.

Операції прихоплення складових частин балки виконують із застосуванням напівавтоматичного зварювання в CO₂. Зварювання балки профільної виконується однопрохідним напівавтоматичним зварюванням під шаром флюсу.

Технологічний процес виготовлення профільної балки має ряд недоліків:

- напівавтоматичне зварювання під флюсом виконується за один прохід при ручному переміщенні пальника;

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- переміщення виконується вручну, тому потрібні висококваліфіковані зварники;

- після зварювання постає необхідність зачищення зварних швів від шлаку, що потребує використання праці слюсарів;

- в технологічній оснастці використовуються механічні притискачі.

Отже даний технологічний процес характеризується підвищеною трудомісткістю.

Необхідність збільшення виробництва балок а саме програми їх випуску приводить до необхідності застосування механізації, яка проявляється в заміні технологічної зварювальної оснастки та устаткування на більш продуктивне. Отже ці рекомендації слугують основою для вдосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення конструкції.

Тому вдосконалення існуючого технологічного процесу стосується заміни способу зварювання з напіваавтоматичного на автоматичний спосіб під флюсом, а також оновити зварювальне обладнання на більш технологічне сучасніше.

Такі рекомендації дозволять підвищити рівень механізації та автоматизації технологічного процесу виготовлення профільної балки, що в свою чергу збільшить продуктивність, зменшить трудомісткість виконуваних робіт і в цілому позитивно відіб'ється на собівартості та якості виробу.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір способу зварювання пов'язаний із врахуванням технологічності конструкції, програми випуску, зварюваності основного металу, можливості автоматизації зварювального процесу, безпечності виконання робіт та інше.

Балка профільна може бути виготовлена із застосуванням таких способів зварювання:

- ручного дугового покритими електродами;
- механізованого в захисних газах;
- автоматичного під флюсом;
- газового.

Газове зварювання серед усіх найбільш непридатний спосіб, тому що він є вибухо-небезпечним, велика ширина зони термічного впливу зварного з'єднання, що призводить до погіршення якості та взагалі непридатний до автоматизації процесу. Крім того цей спосіб використовується для зварювання незначних товщин, а балка виготовляється з товстого матеріалу.

Дугове зварювання покритими електродами, на сьогоднішній день займає важливе місце серед всіх способів зварювання, тому що цей спосіб є простим, доступним і найменше енерговитратним. Хоча має недоліки, які пов'язані із невисокою продуктивністю, тому що спосіб виконується вручну і залежить безпосередньо від кваліфікації персоналу та захист зони зварювання відбувається парами металів, які формують на поверхні шва шлаковий шар, що потребує додаткових операцій для його видалення.

Механізоване зварювання в захисних газах має переваги, які стосуються високої продуктивності процесу, можливості легкої його механізації, велика універсальність та можливість виконувати зварювальний процес у всіх просторових розміщеннях швів, надійний захист зони зварювання середовищем захисних газів. Цим способом можна зварювати різні товщини,

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від найтонших 0,2 мм до товстіших 20 мм. Однак при достойних перевагах цей процес характеризується підвищеним розбризкуванням електродного металу, що призводить до забруднення не тільки зварюваних поверхонь, але і використовуваної апаратури, що може спричинити її вихід з ладу.

Автоматичне зварювання під флюсом забезпечує формування швів, які володіють високою і стабільною якістю. Це можливе завдяки надійному захисту розплавленого металу від присутності кисню і азоту, які є в повітрі, однорідному хімічному складу металу шва, за рахунок рівномірності розподілення домішок та незмінності форми і розмірів зварного шва при виконанні процесу. За рахунок цього менша імовірність утворення непроварів, підрізів та інших дефектів форми шва, а також немає розривів і перерв при виконанні процесу, порівняно з ручним дуговим способом, де це є необхідністю, так як потрібно змінити електрод, який оплавився.

Важливим недоліком автоматичного зварювання під флюсом є можливість виконувати процес тільки в нижньому положенні через те, що розплавлений флюс стікає із зони зварювання навіть коли є незначне відхилення від горизонталі площини шва $10^{\circ}\dots 15^{\circ}$.

Проаналізувавши запропоновані способи зварювання, для виготовлення балки профільної буде використовуватись спосіб автоматичного зварювання під флюсом, тому що конструкційні шви мають достатню протяжність і за рахунок можливості автоматизації процесу стане можливим підвищення технологічних і економічних показників.

Процес автоматичного зварювання під флюсом показаний на рисунку 2.1.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

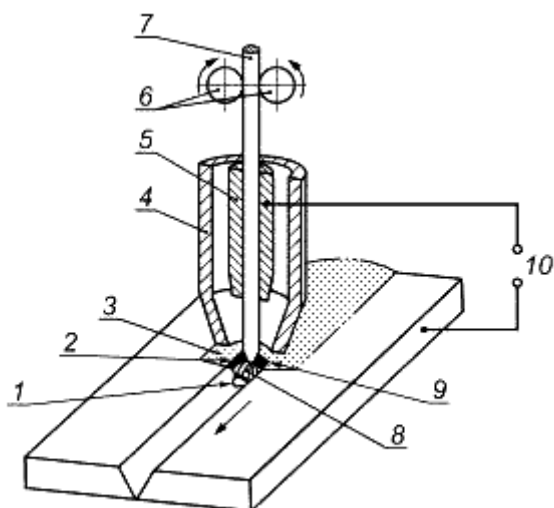


Рисунок 2.1 - Процес автоматичного зварювання під флюсом

1 – зварювальна ванна, 2 – шлак, 3 – флюс, 4 – трубка подачі флюсу, 5 – мундштук, 6 – подавальні ролики, 7 – зварювальний дріт, 8 – зварювальна дуга, 9 – зварний шов, 10 – джерело живлення

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Основним матеріалом для виготовлення профільної балки буде низьковуглецева конструкційна сталь Ст3сп детальний опис якої виконаний у попередньому розділі.

Зварювальними матеріалами при виконанні процесу під шаром флюсу є дріт та відповідно сам флюс. Враховуючи марку основного матеріалу найбільш правильно буде застосовувати дріт марки Св-08Г2С, який містить в своєму складі легуючі елементи марганець і кремній. Їх частка дозволяє добре розкислити метал зварювальної ванни, що приведе до покращення пластичності металу. Так як процеси зварювання переплавляючи метал сприяють надмірній його твердості, що є негативним явищем, особливо якщо конструкція піддається знакозмінним навантаженням при своїй експлуатації. А додаткове підвищення пластичності робить метал зварного шва більш

піддатливим, тобто зменшується імовірність утворення в з'єднанні тріщин, що є найнебезпечнішим дефектом, який може викликати загальне руйнування зварного виробу чи конструкції.

Хімічний склад зварювального дроту представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [2, с. 177]

Марка дроту	Вміст, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,06-0,11	1,80-2,10	0,70-0,95	0,20	0,25	0,025	0,030

Різні флюси мають неоднакові стабілізуючі властивості. Із підвищенням стабілізуючих властивостей флюсу збільшується довжина дуги й напруга на ній. При цьому зростає ширина шва і зменшується глибина провару. Чим крупніший флюс, тим менша його об'ємна (насипна) маса. Флюси з малою об'ємною масою (крупнозернисті, скло-, пемзовидні) здійснюють менший тиск на газову порожнину зони зварювання, що сприяє одержанню більш широкого шва з меншою глибиною провару [3, с. 206].

Відповідно до марки зварювального дроту підбирається флюс. Досить гарний захист реакційної зони зварювання від шкідливої дії повітря може забезпечити флюс АН-20. Дана марка флюсу відноситься до алюмінатно-основного типу (АВ) відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 14174. Опис складу його хімічних елементів представлено таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу АН-20 згідно ДСТУ EN ISO 14174 [2, с.178]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P
22	до 0,5	5,05	5-7,5	30,0	29,0	до 1,0	0,08	0,05

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Режими зварювання мають вирішальне значення на конструктивну форму і розміри зварних швів, а відповідно і їх якість, тому потрібно правильно виконати їх підбір чи розрахунки із літературних джерел.

Зварювання профільної балки відбувається під флюсом напусковими з'єднаннями без попередньої підготовки кромки типу Н1. Розрахунки даного типу з'єднань будуть регламентуватися катетом шва величина якого в даному випадку становить 5 мм.

Приблизна схема зварного з'єднання показана на рисунку 2.2.

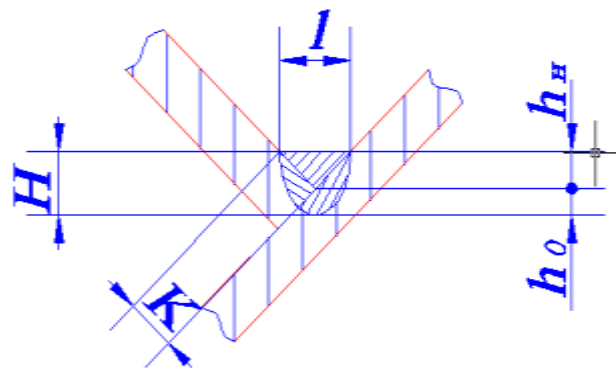


Рисунок 2.2 - Вигляд зварного з'єднання

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

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

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

де К – катет шва, К=5 мм,

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$F_H = \frac{5^2}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ мм}^2.$$

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

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

$$h_H = \sqrt{12,5} = 3,54 \text{ мм.}$$

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

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 25} = 7,07 \text{ мм.}$$

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

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

Потім:

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

треба вибрати значення ψ_M , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо $\psi_M=1,05$.

Виконаємо розрахунок:

$$H = \frac{7,07}{1,05} = 6,73 \text{ мм.}$$

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$h_0 = 6,73 - 3,54 = 3,2 \text{ мм.}$$

При зварюванні конструкційної сталі з катетом 5 мм, вибираєм електродний дріт діаметром 1,6 мм.

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

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=0,8$ [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{3,2}{0,8} \cdot 100 = 399,9 \text{ А.}$$

Сила зварювального струму становитиме 400 А.

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

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

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

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

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

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2,01 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$V_{п.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{2,01 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 306,22 \text{ м/год.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=306$ м/год.

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

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 400}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} = 45,3 \pm 1 \text{ В.}$$

Вона становитиме $U_d=45$ В.

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

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

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, для нашого випадку для $d_e = 1,6$ мм – $A=12 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$ [4, с.194]:

$$V_{зв} = \frac{12,0 \cdot 10^3}{400} = 30 \text{ м/год.}$$

Зварювальна швидкість складає $V_{зв}=30$ м/год.

Виконуємо перевірку діаметра електродного дроту за формулою [4, с.193]:

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

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,6 мм $\gamma=65 \dots 200 \text{ А/мм}^2$ [4, с.193],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{400}{190}} = 1,64 \text{ мм,}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

це є в межах допустимого.

Розраховані параметри режиму зварювання заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розраховані параметри режиму зварювання

П А Р А М Е Т Р			Значення
Назва	Символ	Одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	400
Напруга на дузі	U_d	В	45
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,6
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	30
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	306

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Зварювання профільної балки відбуватиметься автоматичним зварюванням під флюсом 121 (SAW). Тому для зварювання профілів балки буде використано зварювальний трактор MZ-1250 компанії «JASIC».

Зварювальний апарат інверторного типу Jasic MZ-1250 використовується для автоматичного дугового зварювання під флюсом (SAW) стикових, внапусток, кутових і таврових з'єднань, а також наплавлення. Може також застосовуватися для дугового стругання. Робочий струм джерела – постійний. Максимальна товщина крайки складає 60 мм, а довжина зварювального шва – 1200 м. Зварювання дротом суцільного перетину, а також порошковим [6].

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Як і всі апарати ТМ Jasic MZ-1250 належить до інверторів за принципом роботи, що забезпечує тривалий час увімкнення і стабільність роботи на максимальних значеннях зварювального струму і напруги. Цифрова індикація основних параметрів зварювального процесу і плавне регулювання. Комплект поставки обладнання містить: безпосередньо зварювальне джерело і мобільну каретку (трактор). На трактор встановлений механізм подачі дроту (під касети до 25 кг), бункер з флюсом для зварювання і блок керування, невеликий і зручний з великими кнопками і регуляторами. Промислове виконання для роботи у важких умовах [6].

На передній панелі MZ-1250 встановлено перемикач режимів зварювання CC/CV. Режим CC призначений для ручного дугового зварювання покритим електродом (ММА), при роботі в цьому режимі сила струму не змінюється при збільшенні довжини дуги. Режим CV відповідає за проведення автоматизованих процесів зварювання, зокрема за зварювання під флюсом. Якщо обрано цей режим, довжина дуги лишається незмінною, а зміна відстані між дротом і поверхнею зварювання компенсується різким збільшенням сили струму [6].

Jasic MZ-1250 – це апарат промислового класу, може застосовуватися у суднобудівництві або при виробництві труб. Відрізняється підвищеною надійністю завдяки використанню комплектуючих високого класу. Повний комплекс захисту: від перегрівання, перевантажень по струму, відсутності фаз, високої або низької вхідної напруги [6].

Даний апарат забезпечує роботу у наступних режимах [6]:

- зварювання під флюсом (SAW);
- ручне дугове зварювання (ММА);
- стругання;
- форсаж дуги (arc force) та гарячий старт (hot start);
- захист від перегріву і перевантаження по струму [6].

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики зварювального апарату інверторного типу Jasic MZ-1250 представлені у таблиці 2.4, а його загальний вигляд на рисунку 2.3.

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика зварювального апарату Jasic MZ-1250 [6]

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення, В	$380 \pm 15\%$ (3 фази)
Номінальний зварювальний струм, А	1250
Номінальна робоча напруга, В	44
Напруга холостого ходу, В	79
Діаметр зварювального дроту, мм	1,2...6
Коефіцієнт потужності ($\cos \phi$)	0,85
Коефіцієнт корисної дії, %	91
Споживча потужність (активна), кВт	55,25
Періодичність включення (40 °С), %	80
Клас ізоляції	F
Ступінь захисту	IP21
Габаритні розміри, мм:	
висота	811
ширина	400
довжина	890
Маса, кг	115



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального апарату Jasac MZ-1250 [6]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Для виготовлення даної конструкції використовуються вхідні матеріали, для цього способу зварювання – це власне метал, зварювальний дріт і флюс. Основною вимогою, яка до них пред’являються це забезпечення якісних показників, які повинні відповідати сертифікатам узгодженої документації або іншим технологічним стандартам.

Контролюють якість не тільки вхідних матеріалів, але і технологічного, зварювального обладнання. Яке повинно бути справним, в основному перевіряють вимірювальні, контрольні прилади, надійність заземлення – занулення, стан провідників та їх ізоляцію, безпечність електричних контактів, правильність роботи наявних механізмів і систем. Для автоматичного зварювання в основному контролюють стан пальника, рукавів, подавального пристрою, а також іншої апаратури.

Контроль якості параметрів режиму виконання зварних швів відбувається з використанням величин зварювального струму, напруги на дузі, діаметра та вильоту дроту, швидкістю його подачі, напрямленням і переміщенням пальника відносно розміщеного зазору між деталями. Ця перевірка здійснюється з використанням контрольних приладів або за допомогою огляду формування безпосередньо зварного з’єднання.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній огляд є найбільш дієвим, простим та інформативним контролем якості, він практично застосовується у всіх сферах виробництва. Його основною вимогою є виявлення зовнішніх дефектів, як геометричності конструкції, так і безумовно зварних швів. Відносно конструкції, то метод фіксує форму і розміри деталей, наступне їх складання, розміщення відносно зазорів та прямолінійність контактуючих поверхонь. Перевіркою зварних з'єднань є присутність нещільностей із зовнішньої сторони, таких як напливів, підрізів, різних включень, тріщин, пор, незаварених кратерів та ін. Конструктивні виконання зварних швів здійснюються методами обмірювань за допомогою інструментів чи співставленням з наявними еталонами. Неможливістю даного контролю є визначення внутрішніх дефектів, тому потрібне додаткове використання одного із методів ультразвукового контролю. При виконанні зварювання балки можлива поява наступних дефектів, їх вигляд показаний на рисунку 2.4.

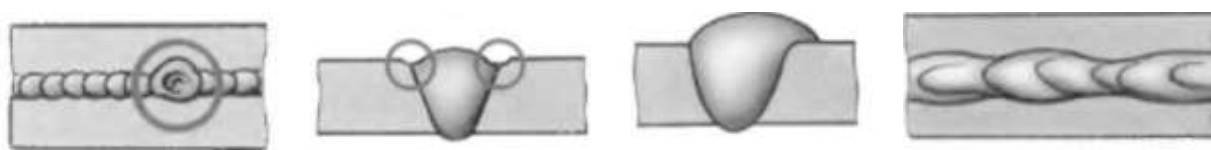


Рисунок 2.4 – Дефекти зварних з'єднань

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологія виготовлення балки профільної включає операції:

- заготівельні;
- складально-зварювальні;
- опоряджувальні;
- допоміжні;
- операція контролю якості.

2.6.1 Заготівельні операції

Балка є зварною конструкцією, що виготовляється із профільних елементів – швелера №12, двотавра №18 та пластини.

Першою заготівельною операцією є правлення елементів майбутньої балки, для того щоб вирівняти їх кривизну при неправильному зберіганні чи транспортуванні. Для цього використовуватиметься прокатний стан із роликami відповідного типорозміру, залежно від того, що буде вирівнюватися швелер, двотавр чи лист металу.

Розмічування виконуватиметься по шаблонах довжиною 3000 мм, це дозволить пришвидшити дані операції порівняно з ручним методом, де використовуються ручні розмічувальні інструменти.

Оскільки профілі заготовок деталей балки мають значну товщину, то найкращим варіантом для них буде спосіб газокисневого різання. Тому що він дозволяє одержати достатньо чисту поверхню розрізаного металу порівняно з іншими методами, оскільки товщина деяких деталей становить більше 10 мм. Робочим інструментом в даному випадку буде газовий різак типу РЗ 131 «Донмет», зображення одного з них показане на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Серійний газовий різак типу РЗ 131 «Донмет» [7]

Додаткове механічне зачищення зварних з'єднань та прилягаючих поверхонь від металевих налипань та нерівномірностей буде відбуватися за допомогою кутових шліфувальних машинок марки Black&Decker 800, вигляд якої показаний на рисунку 2.6.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.6 – Кутова шліфувальна машина Black&Decker 800 [8]

2.6.2 Складальні операції

Складання є важливою операцією технологічного процесу, тому що від нього залежить якість і точність виготовлення конструкцій, а друга його характерна особливість стосується підвищення продуктивності праці виробничого циклу. Складання профільної балки відбувається з використанням складально-зварювальних стендів.

Процес складання балки профільної відбувається наступним чином:

- на базову поверхню стенду встановлюються швелер №12;
- на закріплений швелер №12 монтується двотавр №18 та виконуються прихоплення;
- на верхню частину двотавру №18 встановлюється пластина товщиною 12 мм і шириною 120 мм і також прихоплюються;
- складена та прихоплена конструкція зварюється швами внапустку, що розміщені в нижній площині;
- для повного зварювання балки потрібно виконати її кантування на іншу сторону і провести повторно даний процес;
- зняти притискні зусилля з елементів стенду та звільнити зварну конструкцію.

Особливо потрібно слідкувати за геометричним розміщенням і точністю складальних елементів в ході виконання даної операції, щоб не створити дефектів форми цієї конструкції.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Суть складально-зварювальних операцій полягає у комбінуванні операцій складальних і зварювальних одночасно. Так як виконання складальних робіт детально описано в попередньому підпункті, то тут більше розглядатиметься процес безпосередньо зварювання.

Оскільки для виготовлення профільної балки застосовується спосіб автоматичного зварювання під флюсом, то тут велике значення має правильність налаштування параметрів режиму. До них відноситься сила зварювального струму, напруга дуги, швидкість подачі зварювального дроту та зварювання відповідно, витрати флюсу, а також діаметр і величина вильоту дроту.

Особливістю виконання даних операцій є точність встановлення деталей балки із врахуванням зазорів та забезпечення їх правильного проектного положення, оскільки можливі відхилення від геометричної форми конструкції призводять до її браку, що є недоцільним та збитковим в даному технологічному процесі.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Опоряджувальні операції виконуються після зварювання і полягають у очищенні зварних швів та прилягаючих поверхонь від можливих присутніх забруднень. Для цього необхідно використати окуляри захисні Dnipro-M GP, молоток Hogert 500 г з дерев'яною ручкою, зубило слюсарне плоске Stanley 10x141 мм, щітка металева YT-6338, кутова шліфувальна машина Black&Decker 800.

2.6.5 Допоміжні операції

Важливе місце в технологічному процесі виготовлення балки посідають дані операції, хоча і називаються допоміжними. До їх складу входять

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

різноманітні навантажо-розвантажувальні роботи чи загальне транспортування матеріалів, обладнання, деталей, готових виробів та ін. Без цих операцій було б неможливим обслуговувати складально-зварювальні місця, оскільки на них відбувається переміщення деталей після заготівель та вже готових конструкцій, що пройшли процедуру зварювання. Налаштування потрібних режимів технологічного устаткування – зварювального, складального, механічного, також було б неможливим без їх участі.

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості профільної балки проводиться одночасно двома методами:

1 метод. Контроль зовнішнім оглядом (візуально-оптичний), при якому виявляються дефекти зовнішньої частини шва з використанням спеціальних комплектів для його проведення.

2 метод. Ультразвуковий контроль якості. Його основне призначення – це виявлення внутрішніх дефектів, які запідозрити ззовні є неможливим. В якості обладнання для його проведення буде використовуватися ультразвуковий дефектоскоп УСД-60, який зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Ультразвуковий дефектоскоп УСД-60 [9]

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

Всі розрахунки стосовно нормування витрат процесу зварювання будуть виконуватися відповідно до стандарту ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [10].

Так як профільна балка зварюється способом автоматичного зварювання під флюсом, тому нормуванню будуть підлягати витрати зварювального дроту, флюсу та електроенергії, яка споживається обладнанням.

Визначаємо витрати зварювального дроту за формулою:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (2.12)$$

де M – маса наплавленого металу, кг;

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

Розраховуємо масу наплавленого металу за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.13)$$

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

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

L – довжина всіх швів виробу, m .

Відповідно до креслення виробу, довжина зварних швів складає – $L=12m$.

$$M = 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 12 = 1,17 \text{ кг};$$

$$H_b = 1,17 \cdot 1,1 = 1,29 \text{ кг}.$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо витрати флюсу АН-20 для зварювання швів за формулою:

$$Q_{\phi} = H_b \cdot K_{\phi}, \quad (2.14)$$

де H_b – витрати дроту на зварювання шва, кг;

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

$$Q_{\phi} = 1,29 \cdot 1,7 = 2,19 \text{ кг.}$$

Розраховуємо витрати електроенергії для кожного зварного шва за формулою:

$$Q_e = \frac{U_{\delta}}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (2.15)$$

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

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

U_{δ} – напруга на дузі;

α_n – коефіцієнт наплавлення;

$$Q_e = \frac{45}{12 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 25 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Час зварювання для кожного шва розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{H_b}{I_{3\phi} \cdot \alpha_n}, \quad (2.16)$$

$$t_o = \frac{1,29 \cdot 10^3}{400 \cdot 12} = 0,27 \text{ год.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір складальних, а також зварювальних пристосувань визначається формою і розмірами конструкції, яка виготовляється на даному обладнанні, що в свою чергу залежить від таких основних факторів:

1. Технологічність зварної конструкції. Це є однією з основних властивостей конструкції будь-якого призначення, яка опрацьовується ще на початковому етапі її проектування, що включає її геометричну форму, розміри, а також раціональність перерізів. Показник високої технологічності дозволяє створювати конструкції, що будуть користуватися більшим попитом порівняно із недостатньо технологічними. Крім того для виготовлення конструкції потрібно використовувати різні заготовки, що виділяються певною складністю форми, необхідною точністю та чистотою поверхонь. За рахунок цього можливе швидке їх встановлення у пристосуванні та знімання вже готових конструкцій після виконання зварювання.

2. Складально-зварювальні операції. Відповідно до обраного технологічного процесу використовуване обладнання може бути чисто складального та складально-зварювального типу. Складальне обладнання використовується суто для здійснення складальних операцій, а на складально-зварювальному здійснюються процеси як складання, так і зварювання одночасно. Крім того останній тип обладнання призначений також для витримки конструкції після зварювання, це виконується для того, щоб зняти зосередження напружень і деформацій у зварних з'єднаннях. Також потрібно враховувати додаткові переміщення конструкції зі складального обладнання на зварювальне – це погіршує високу точність та веде до розхитування окремих елементів виробу.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Програма випуску. Цей фактор є вирішальним в технологічному процесі при виборі складально-зварювальних пристосувань. Якщо йде виготовлення конструкцій різних типів і в невеликих кількостях, то є необхідність у використанні універсального устаткування. А коли відбувається серійне виробництво зварних виробів чи конструкцій, то є доцільність застосування спеціалізованого та спеціального устаткування, яке є дорого-вартісним, але воно забезпечує високу продуктивність процесу в умовах масового виробництва.

4. Економічна ефективність. Даний фактор враховує витрати та окупність використовуваного технологічного устаткування. Перш ніж впроваджувати у виробництво високоефективне дороговартісне обладнання потрібно звернути увагу на можливий термін його окупності та амортизаційні відрахування. Якщо програма випуску продукції є не надто великою, то немає доцільності використовувати даний тип обладнання, оскільки окупність його буде дуже тривалою, що є не дуже доцільним в теперішніх умовах наукового розвитку і прогресу.

Складально-зварювальне устаткування, як було попередньо згадано, буває трьох типів:

- універсальне, використовується для різнотипних конструкцій форма і розміри яких постійно змінюються;
- спеціалізоване, застосовується для конкретного типу конструкцій геометричні розміри і форма яких може змінюватися в незначних межах;
- спеціальне, призначене суто для однієї форми і розмірів конструкції без будь-яких відхилень за межу допусків.

В залежності від типу призначення до складально-зварювального устаткування відносяться: легкі переносні пристрої, плити, стелажі, стапелі, кондуктори, а також спеціалізовані установки, стенди та комбайни.

Висока якість виконання складально-зварювальних робіт відбувається за правилами описаних в технічних умовах та відповідній документації. В них

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

повинно чітко вказуватись послідовність виконання даних робіт із необхідними правилами базування складальних деталей конструкції.

Отже в технологічному процесі виготовлення профільної балки повинні використовуватись обладнання і пристосування, які відповідають певним вимогам:

- надійне базування деталей зі збереженням високої точності наступної зварної конструкції;
- швидкодія в роботі, що позитивно впливає на продуктивність виконання даних робіт;
- зручне складання, зварювання та кантування конструкції, що робить технологію більш ефективною;
- фіксація деталей при необхідних зусиллях затискання чи притискання, що дозволяють забезпечити потрібну складальну точність;
- застосовуване обладнання повинне при можливості включати засоби механізації, що пришвидшить виконання дій на ньому.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Вдосконалений технологічний процес виготовлення профільної балки використовує технологічне складальне устаткування для підвищення швидкості виконання складальних операцій, забезпечення високої точності та стабільності якості даного процесу, а також покращення з наступним полегшенням умов виконання складальних робіт.

Для складання балки профільної використовується складально-зварювальний стенд, схема якого показана на рисунку 3.1. Дане устаткування характеризується високою швидкістю та надійністю фіксування складальних деталей зварної конструкції, що дуже важливо в умовах велико-серійного виробництва, так як потрібно забезпечити високу продуктивність виконання даних технологічних операцій.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послідовність дій на цьому складально-зварювальному стенді при виготовленні профільної балки полягає в наступному:

- на базову поверхню стенду встановлюються швелер №12;
- на закріплений швелер №12 монтується двотавр №18 та виконуються прихоплення;
- на верхню частину двотавру №18 встановлюється пластина товщиною 12 мм і шириною 120 мм і також прихоплюються;
- складена та прихоплена конструкція зварюється швами внапустку, що розміщені в нижній площині;
- для повного зварювання балки потрібно виконати її кантування на іншу сторону і провести повторно даний процес;
- зняти притискні зусилля з елементів стенду та звільнити зварну конструкцію.

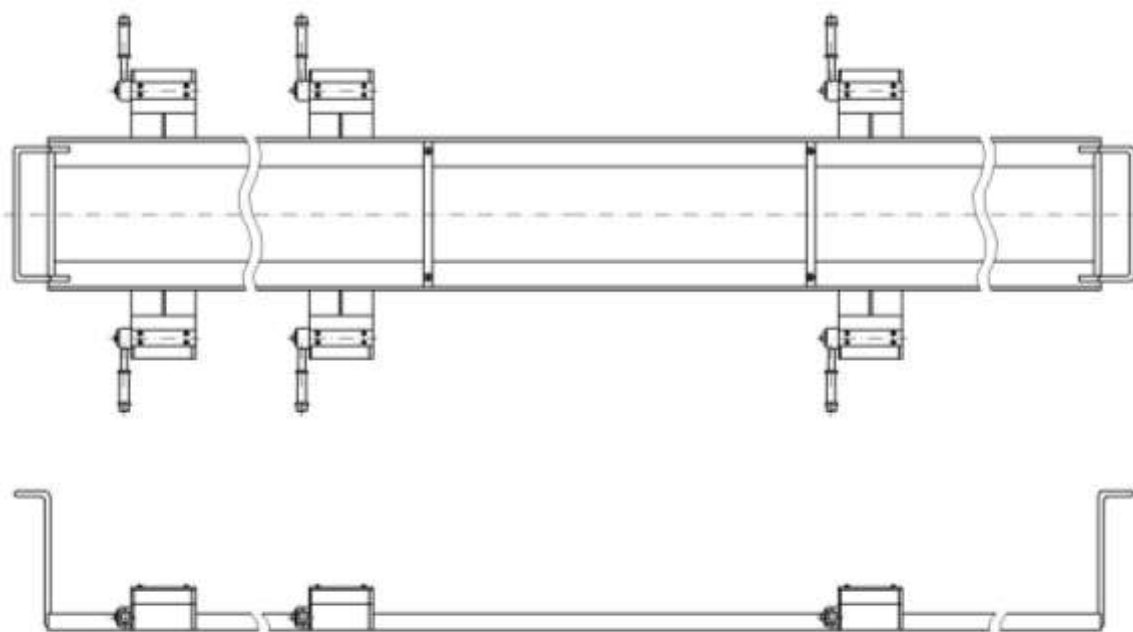


Рисунок 3.1 – Складально-зварювальний стенд

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

З метою підвищення продуктивності технологічного процесу виготовлення профільних балок застосовуються зварювальні портали. Можливість їх плавного переміщення відносно зварного стику дозволяє виконувати з'єднання високої якості. Вигляд зварювального порталу показаний на рисунку 3.2.

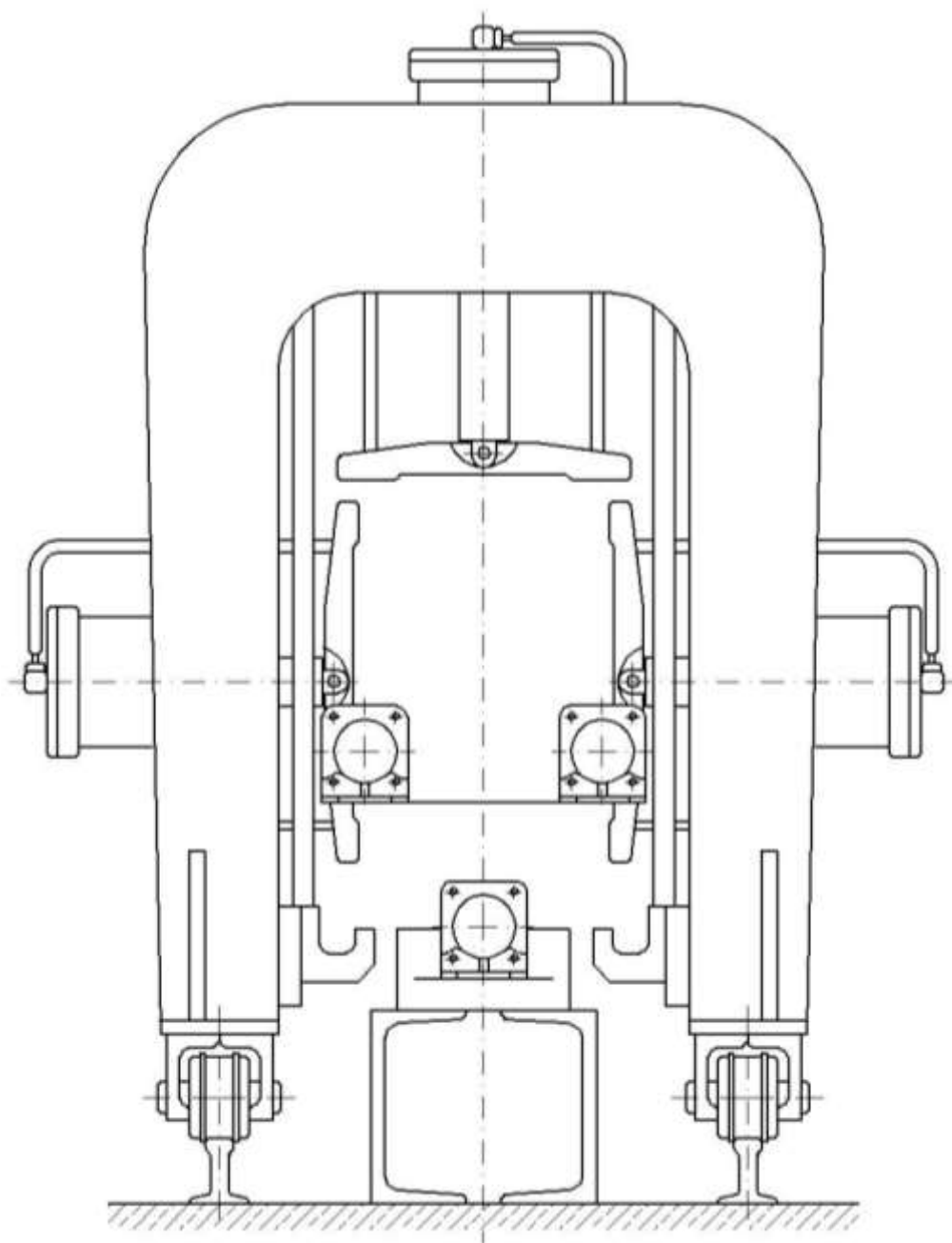


Рисунок 3.2 – Портал зварювальний

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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 балки профільної

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	3000x244x120	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3сп	кг	150	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	1,3	
флюс АН-20	кг	2,19	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3сп	грн	33,58	32,2
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	120	116,4
флюс АН-20	грн	94,75	94,26
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	25	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення балки профільної

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Правлення	$\frac{3}{П}$	Прокатний стан	12540000	молоток	197	IV	2,5
Очищення	$\frac{3}{П}$	Універсал. піскоструминний апарат	26800	щітка	76	III	2,8
Розмічування	$\frac{3}{П}$			шаблон рулетка маркер	570 279 66	IV	$\frac{2,4}{1,6}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Газовий різак типу РЗ 131 «Донмет»	7000			IV	$\frac{3,7}{2,9}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-звар. стэнд, портал зварювальн.	2296450	молоток	197	IV	$\frac{3,6}{2,7}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальн. апарат Jasic MZ-1250	300000			IV	$\frac{3,5}{2,6}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Black&Decker r 800	2536	щітка молоток	76 197	III	$\frac{3,4}{3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоскоп ультразвук. УСД-60	195000	Лупа збільшув.	88	VI	1,7
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електричний тельфер	69000			IV	1,8

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 23,6;

по проекту 19,8;

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,8;
по проекту 1,8.

Загальна штучна норма часу: по заводу 25,4;
по проекту 21,6.

Для виготовлення профільної балки застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [11, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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

Розрахунок проводять за формулою [11, с.10]:

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

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=1,61$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2400$ шт.

Кількість робочих місць для виконання правління при виготовленні балки профільної становить (за двома варіантами):

$$n = \frac{2,5 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,96 \approx 2 \text{ шт.}$$

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

$$n = \frac{2,8 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,19 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні профільної балки становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,88 \approx 2 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,6 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,9 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$n = \frac{2,9 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,27 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,6 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,82 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,74 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,04 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,66 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,0 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,35 \approx 2 \text{ шт.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$n = \frac{1,7 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,33 \approx 1 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [11, с.12]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню протягом року, 2400 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

t_{kp} - тривалість одної операції, год;

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

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

$K_{kp} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{2400 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 1,31 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо один електричний тельфер для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

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 [11, с.13]:

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 2400$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 1,61 \dots 1,62$.

Необхідна кількість працівників:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,62} = 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість очищувальників:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,8}{1850 \cdot 1,62} = 2,24 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,62} = 1,92 \approx 2 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 1,6}{1850 \cdot 1,62} = 1,28 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,7}{1850 \cdot 1,62} = 2,96 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,9}{1850 \cdot 1,62} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,6}{1850 \cdot 1,62} = 2,88 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,7}{1850 \cdot 1,62} = 2,16 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,5}{1850 \cdot 1,62} = 2,8 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,6}{1850 \cdot 1,62} = 2,08 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,4}{1850 \cdot 1,62} = 2,72 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,0}{1850 \cdot 1,62} = 2,4 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 1,7}{1850 \cdot 1,62} = 1,36 \approx 1 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	2	2	IV	IV
очищувальники	2	2	III	III
розмічувальники	2	1	IV	IV
різальники	3	2	IV	IV
складальники	3	2	IV	IV
зварювальники	3	2	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	1	1	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР: майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	25	20	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В-нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь Ст3сп	кг	33,58	32,2	5037	4830	12088800	11592000
З/П	Зв. дрiт Св-08Г2С	кг	120	116,4	156	151,32	374400	363168
З/П	Флюс АН-20	кг	94,75	94,26	207,5	206,43	498006	495430,56
Р-ом					5400,5	5187,75	12961206	12450598,56

Продовження таблиці 4.4

В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	%ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
3/П	5	1,68	1,61	251,85	241,5	604440	579600	25	25	60000	60000
3/П	5	6	5,82	7,8	7,57	18720	18158,4				
3/П	5	4,74	4,71	10,38	10,32	24900,3	24771,53				
Р- ом		12,42	12,14	270,03	259,39	648060,3	622529,93	25	25	60000	60000

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

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

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [11, с.18]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [11, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [11, с.18]:

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

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 [11, с.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці правильників:

$$Z_{ос} = 6,3 \cdot 25,5 \cdot 2,5 = 401,63 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 401,63 \cdot (0,2 + 0,15) = 140,57 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 401,63 \cdot 0,4 = 160,65 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

$$Z_{ос} = 5,1 \cdot 27,8 \cdot 2,8 = 396,98 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 396,98 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,94 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 396,98 \cdot 0,4 = 158,79 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{ос} = 9 \cdot 27,5 \cdot 2,4 = 594 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 594 \cdot (0,2 + 0,15) = 207,9 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 594 \cdot 0,4 = 237,6 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{ос} = 9 \cdot 27,5 \cdot 1,6 = 396 \text{ грн};$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$З_{до} = 396 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 396 \cdot 0,4 = 158,4 \text{ грн},$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,9 \cdot 27,8 \cdot 3,7 = 504,01 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 504,01 \cdot (0,2 + 0,15) = 176,41 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 504,01 \cdot 0,4 = 201,61 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,9 \cdot 27,8 \cdot 2,9 = 395,04 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 395,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,26 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 395,04 \cdot 0,4 = 158,02 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5,9 \cdot 28 \cdot 3,6 = 594,72 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 594,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 208,15 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 594,72 \cdot 0,4 = 237,89 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5,9 \cdot 28 \cdot 2,7 = 446,04 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 446,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 156,11 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 446,04 \cdot 0,4 = 178,42 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 30,5 \cdot 3,5 = 651,18 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 651,18 \cdot (0,2 + 0,15) = 227,91 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 651,18 \cdot 0,4 = 260,47 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 30,5 \cdot 2,6 = 483,73 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 483,73 \cdot (0,2 + 0,15) = 169,31 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 483,73 \cdot 0,4 = 193,49 \text{ грн}.$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,4 \cdot 29,8 \cdot 3,4 = 445,81 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 445,81 \cdot (0,2 + 0,15) = 156,03 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 445,81 \cdot 0,4 = 178,32 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,4 \cdot 29,8 \cdot 3 = 393,36 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 393,36 \cdot (0,2 + 0,15) = 137,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 393,36 \cdot 0,4 = 157,34 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 8,8 \cdot 30 \cdot 1,7 = 448,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 448,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,08 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 448,8 \cdot 0,4 = 179,52 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 8,7 \cdot 28,8 \cdot 1,8 = 451,01 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 451,01 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,85 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 451,01 \cdot 0,4 = 180,4 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [11, с.19]:

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

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

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

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 34,2 \cdot 1850 = 63270 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 63270 \cdot 0,35 = 22144,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 63270 \cdot 0,4 = 25308 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 34,2 \cdot 1850 = 63270 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 63270 \cdot 0,35 = 22144,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 63270 \cdot 0,4 = 25308 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 34,2 \cdot 1850 = 63270 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 63270 \cdot 0,35 = 22144,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 63270 \cdot 0,4 = 25308 \text{ грн}.$$

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 [11, с.19]:

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

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$З_{оп} = 1 \cdot 9200 \cdot 12 = 110400 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 110400 \cdot 0,35 = 38640 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 110400 \cdot 0,4 = 44160 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8623 \cdot 12 = 103476 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 103476 \cdot 0,35 = 36216,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 103476 \cdot 0,4 = 41390,4 \text{ грн}.$$

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:						
правильники	203222,25		71127,79		81288,9	
очищувальники	200873,9		70305,87		80349,56	
розмічувальники	300564	100188	105197,4	35065,8	120225,6	40075,2
різальники	382546,63	199889,23	133891,32	69961,23	153018,65	79955,69
складальники	451392,48	225696,24	157987,37	78993,68	180556,99	90278,5
зварювальники	494241,83	244767,38	172984,64	85668,58	197696,73	97906,95
зачищувальники	338368,27	199040,16	118428,9	69664,06	135347,31	79616,06
контролери	113546,4		39741,24		45418,56	
транспортувальники	114105,02		39936,76		45642,01	

Продовження таблиці 4.5

Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	63270		22144,5		25308	
ремонтники	63270		22144,5		25308	
електрики	63270		22144,5		25308	
ІТР	110400		38640		44160	
МОП	103476		36216,6		41390,4	
Разом	3002546,78	2005014,59	1050891,37	701755,11	1584520,41	1185507,53

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:		
сталь Ст3сп	5037	4830
зварювальний дріт Св-08Г2С	156	151,32
флюс АН-20	207,5	206,43
Поворотні відходи	25	
Паливо та енергія на технологічні цілі	51,14	49,23
Основна заробітна плата основних робітників	1082,86	667,22
Додаткова заробітна плата основних робітників	379	233,53
Премії та надбавки основних робітників	433,14	266,89
Відрахування на соціальне страхування	26,53	16,35
Відрахування на медичне страхування	47,38	29,19
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	213,54	213,54
Цехові (дільничні) витрати	240,61	240,61
Всього цехова собівартість	7849,7	6879,31

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних витрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	2	2	12540000	12540000	627000	627000
очишувальне	2	2	26800	26800	1340	1340
різальне	3	2	7000	7000	350	350
складальне	3	2	2296450	2296450	114822,5	114822,5
зварювальне	3	2	300000	300000	15000	15000
зачишувальне	3	2	2536	2536	126,8	126,8
контрольне	1	1	195000	195000	9750	9750
транспортне	1	1	69000	69000	3450	3450
Інструменти:						
молоток	9	7	197	197	9,85	9,85
щітка	6	5	76	76	3,8	3,8
шаблон	2	1	570	570	28,5	28,5
рулетка	6	4	279	279	13,95	13,95
маркер	6	4	66	66	3,3	3,3
лупа	1	1	88	88	4,4	4,4
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортизаційних відрах., грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	8750000	8750000	5	437500	437500
Устаткування:					
правильне	25707000	25707000	10,5	2699235	2699235
очищувальне	54940	54940	8,5	4669,9	4669,9
різальне	21350	14350	8,5	1814,75	1219,75
складальне	7004172,5	4707722,5	23,5	1645980,54	1106314,79
зварювальне	915000	615000	19,5	178425	119925
зачищувальне	7734,8	5198,8	8,5	657,46	441,9
контрольне	204750	204750	19,5	39926,25	39926,25
транспортне	72450	72450	19,5	14127,75	14128
Інструменти:			15		
молоток	1782,85	1388,85		267,43	208,33
щітка	459,8	383,8		68,97	57,57
шаблон	1168,5	598,5		175,28	89,78
рулетка	1687,95	1129,95		253,19	169,49
маркер	399,3	267,3		59,9	40,1
лупа	92,4	92,4		13,86	13,86
Разом	42742988,1	40135272,1		5023175,27	4423939,46

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [11, с.27]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 26185,47$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 23640,2$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 7849,7$ грн/шт);

Φ_{nn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{nn} = 6879,31$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((26185,47 + 0,15 \cdot 7849,7) - (23640,2 + 0,15 \cdot 6879,31)) \cdot 2400 = 6457988,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [11, 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 ($\Phi_{ocz} = 56559096$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 52221672$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [11, с.28]:

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

$$E_{yp} = 2400 \cdot (26185,47 - 23640,2) = 6108648 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{56559096 - 52221672}{6108648} = 0,71 \text{ р.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	2400	2400
Кількість технологічного устаткування	шт	16	12
Собівартість товарної продукції	грн	26185,47	23640,2
Чисельність персоналу:			
- всього	чол	25	20
- основних робітників	чол	20	15
Фондомісткість продукції	грн/шт	7849,7	6879,31
Умовна річна економія	грн	-	6108648
Річний економічний ефект	грн	-	6457988,4
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,71
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	14759,72	14759,72
- очищувальники	грн	14589,16	14589,16
- розмічувальники	грн	21829,5	14553
- різальники	грн	18522,52	14517,65
- складальники	грн	21855,96	16391,97
- зварювальники	грн	23930,68	17777,08
- зачищувальники	грн	16383,44	14455,98
- контролери	грн	16493,4	16493,4
- транспортувальники	грн	16574,54	16574,54

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів

Електромагнітні поля (ЕМП) – це особлива форма організації матерії. Як відомо, нашу планету вже мільярди років пронизують потоки електромагнітних випромінювань – космічного, навколоземного та земного походження. Довжини хвиль електромагнітного спектру цих випромінювань лежать в діапазоні від десятих часток міліметра до тисяч кілометрів, при цьому кожна з ділянок цього надзвичайно широкого спектра зіграла свою неповторну роль в розвитку біосфери Землі [12, с.128].

Захист персоналу від впливу ЕМП досягається шляхом проведення організаційних, інженерно-технічних заходів, а також використанням засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів відносяться: вибір раціональних режимів роботи установок, обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні опромінення і т. ін.

Інженерно-технічні заходи включають раціональне розміщення устаткування, використання засобів, що обмежують проникнення електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглинаючі матеріали, екранування і т. ін) [12, с.136].

До основних заходів щодо захисту від ЕМП відносяться: захист часом, захист відстанню, екранування джерел випромінювання, зменшення потужності випромінювання в самому джерелі випромінювання, виділення зон випромінювання, екранування робочих місць, застосування засобів індивідуального захисту.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні і застосовується лише тоді, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень [12, с.137].

Захист відстанню застосовується лише в тому випадку, коли нема іншої можливості послабити дію ЕМП іншими заходами, в тому числі і захистом

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

часом. У цьому випадку збільшують відстані між випромінювачем ЕМП і персоналом. Допустима відстань до джерела ЕМП, що забезпечує гранично допустимі значення інтенсивності випромінювання обов'язково перевіряється експериментальними вимірюваннями рівнів ЕМП на робочих місцях [12, с.137].

Зменшення потужності випромінювання в самому джерелі випромінювання повинно, перш за все, бути реалізовано шляхом обмеження їх потужностей значеннями, необхідними для виконання ними своїх функцій. Для цього також застосовуються спеціальні пристрої: поглиначі потужності, атенюатори, бронзові прокладки між фланцями хвильоводів і т. ін. [12, с.137].

Для кожної установки, що випромінює ЕМП вище гранично допустимих значень, повинні виділятися зони, в яких інтенсивність випромінювання є небезпечною для людини. Границі таких зон, де інтенсивність ЕМП може перевищувати гранично допустимі рівні, визначають експериментально для кожного конкретного випадку розміщення установки чи апаратури під час їх роботи на максимальну потужність випромінювання. Крім того, у відповідності стандарту небезпечні зони випромінювання із інтенсивністю ЕМП більше гранично допустимих рівнів огорожуються і встановлюються попереджувачі знаки з написом: «Не заходити, небезпечно!». Також, у разі необхідності, ці зони можна додатково позначати по границях широкими червоними лініями на підлозі приміщення чи території, а також застосовувати попереджувальну сигналізацію [12, с.137].

Для зменшення опромінення персоналу ЕМП відповідно до вимог ДСНіП №476-2002 зони випромінювання ЕМП розташованих поруч установок не повинні перекриватися або ці установки повинні працювати на випромінювання в різний час.

Екранування джерел випромінювання застосовують для зниження інтенсивності ЕМП на робочих місцях. Необхідно підкреслити, що захист екрануванням вважається основним та найбільш ефективним методом захисту [12, с.137-138].

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поглинання ЕМП в екрані збільшується зі зростанням частоти поля, товщини, магнітної проникності і провідності матеріалу екрану, а відбиття в основному визначається невідповідністю хвильових характеристик повітря і матеріалу екрану. Саме тому відбиваючі екрани, як правило, і виготовляються з металів, оскільки вони мають хвильові опори, що істотно відрізняються від хвильового опору повітря.

За конструктивним виконанням відбиваючі екрани поділяються на суцільні та сітчасті [12, с.138].

Суцільні екрани виготовляються з листів міді, алюмінію та деяких марок сталі. З метою підвищення провідності екрану, а отже, наскрізного згасання, екрани з боку випромінювача покривають шаром срібла. Місце встановлення і форма екрану визначаються взаємним розташуванням випромінюючих елементів (антен) і робочих місць та орієнтацією їх діаграм спрямованості.

Засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) слід користуватися у тих випадках, коли застосування інших способів запобігання впливу електромагнітного випромінювання неможливе. В якості ЗІЗ застосовують радіозахисний одяг та окуляри. У якості матеріалу для радіозахисного одягу застосовується спеціальна радіотехнічна тканина, що побудована за принципом сітчастого екрану і представляє собою бавовняну тканину з мікродротом. В структурі такої тканини тонкий мідний дріт скручений з бавовняними нитками, які захищають його від зовнішніх впливів і одночасно є ізоляцією. Послаблення ЕМП поля цієї тканиною в діапазоні частот 600-10000 МГц становить від 40 до 20 дБ [12, с.138].

При інтенсивному опроміненні обличчя ЕМП застосовуються радіозахисні окуляри, які використовуються окремо або вшиті в шолом костюма. Це можуть бути сітчасті окуляри, які мають конструкцію напівмасок з мідною або латунною сіткою, або скляні захисні окуляри (наприклад ОРЗ-5), у яких застосовується спеціальне радіозахисне скло, вкрите двооксидом олова. Захисні властивості таких окулярів оцінюються на підставі даних про загальне послаблення застосованого скла, яке, як правило, знаходиться в межах 25-35 дБ [12, с.139].

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті

Перед початком робіт на висоті та з риштувань на висоті працівник, який допускається до роботи повинен:

- пройти цільовий інструктаж про стан обладнання, безпечні методи та послідовність виконання робіт;
- отримати наряд-допуск на виконання роботи;
- перевірити робоче місце та підходи до нього відповідно до вимог безпеки;
- перевірити справність засобів індивідуального захисту, стан обладнання, наявність засобів колективного захисту;

Оглянути інструмент, пристосування, допоміжне обладнання, яке буде використовуватися під час роботи, і впевнитися в його цілісності, а також перевірити термін чергових перевірок.

Перед кожним застосуванням запобіжний пояс підлягає візуальному огляду, при виконанні якого бракування пояса проводиться за ознаками наявних дефектів, пошкоджень, вичерпаний термін експлуатації, прострочений термін випробовування.

Для створення безпечних умов під час виконання робіт на висоті необхідно:

- забезпечити працівників необхідними засобами захисту та використовувати їх за призначенням;
- забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях та безпечні проходи до них;
- вживати заходи щодо усунення або зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів;
- враховувати метеорологічні умови, а також стан здоров'я працівників, які виконують роботу на висоті.

У разі виконання робіт з риштування висотою 6 м і вище слід установлювати два настили: робочий і захисний.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На висоті працювати із запобіжним поясом, прикріплюватися ним до нерухомих і міцних конструкцій.

Виконувати роботи по зварюванню і різанню на висоті з риштування, підмосток і колісок тільки після перевірки цих пристроїв майстром або виконувачем робіт. Риштування й підмостки шириною не менше 1 м повинні бути суцільними, з міцними та стійкими загородженнями. Як виключення допускаються короточасні роботи з приставних драбин, з упорами у вигляді металевих шипів, гумових наконечників та інших тормозних пристроїв. Верхні кінці драбини закріплювати до інших нерухомих конструкцій, а також передбачити заходи проти випадкового зсуву драбин.

При проведенні робіт у декілька ярусів необхідно передбачати накриття або настили для захисту робітників, які працюють нижче, від іскор і крапель розплавленого металу й шлаку, а також від падіння інструмента та інших предметів.[3, с.472]

Під час виконання роботи на висоті для запобігання можливого падіння інструменту, матеріалів тощо слід використовувати спеціальні сумки або пристрої для їх надійного зберігання.

Не дозволяється виконувати роботу на висоті:

- у відкритих місцях при швидкості повітря 10 м/с і більше;
- при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт;
- у нічний час при недостатній освітленості;
- якщо температура повітря вище плюс 35°C або нижче мінус 20°C.

Після закінчення роботи необхідно привести своє робоче місце в належний порядок і прибрати всі предмети, що заважають безпечний прохід. Поставити на штатне місце всі зняті загорожі і запобіжні пристрої, перевірити їх справність, скласти деталі та прибрати відходи.

Відключити пристрої та електроінструмент від мережі, що використовувалися при виконанні роботи.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Базовий технологічний процес виготовлення профільної балки характеризується надто високою трудомісткістю виконуваних операцій.

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

Таким чином, ми можемо вдосконалити існуючий технологічний процес заміною напівавтоматичного способу зварювання автоматичним під флюсом. Змінити використовуване обладнання на більш сучасніше, високопродуктивне.

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 3сп. Довідник. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 23.05.2025).
2. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
3. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
4. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/337-dumov-s-i-tekhnologiya-elektricheskoy-svarki-plavleniem> (дата звернення: 29.05.2025).
5. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/558-akulov-a-i-tekhnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem> (дата звернення: 29.05.2025).
6. Зварювальний трактор MZ-1250. Автоматичне зварювання: веб-сайт. URL: https://jasic.ua/ua/product/mz-1250-m310-367?srsId=AfmBOopz_10s0liYp3vQHf2ZCDjqYCM9lHgqjW6C1qWeS_JwOREQnnDj (дата звернення: 30.05.2025).
7. Газовий різак «ДОНМЕТ» 131. Різаки: веб-сайт. URL: <https://donmet.com.ua/uk/%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80/gazovij-rizak-donmet-131> (дата звернення: 02.06.2025).
8. Кутова шліфувальна машина Black&Decker 800. Шліфувальні та полірувальні машини (болгарки) Black+Decker: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/460848549/p460848549/> (дата звернення: 02.06.2025).

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

9. Ультразвуковий дефектоскоп УСД-60. Ультразвуковий та акустичний контроль: веб-сайт. URL: <http://kropus.com/catalog/ultrazvukovoy-i-akusticheskiy-kontrol/usd-60/> (дата звернення: 03.06.2025).

10. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

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

12. Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В., Полукаров Ю.О., Землянська О.В.; за ред. О.Г. Левченка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ДОДАТКИ

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		