

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
коліна відвідного

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

Павло ДМИТРІВ

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

ДМИТРИВУ Павлу Миколайовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
коліна відвідного

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віталій Сепанович
(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 Захист від світлової радіації при зварюванні та різанні металоконструкцій

5.2 Розрахунок кількості вогнегасників для виробничого приміщення

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення коліна відвідного – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення коліна відвідного – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стенду складального – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення позиціонера D 52 – 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)

Павло ДМИТРІВ

(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 коліна відвідного 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 elbow 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	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	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	20
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	21
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	26
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	28
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	30
2.6.1 Заготівельні операції	31
2.6.2 Складальні операції	34
2.6.3 Складально-зварювальні операції	34

					<i>КР.422.05.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дмитрів			Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення коліна відвідного Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сенчишин					4	75
Реценз.		Береженко				ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	35
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	35
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	36
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	37
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	40
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	40
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	42
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	44
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	44
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	50
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	53
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	54
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	60
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	61
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	62
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	65
5.1	Захист від світлової радіації при зварюванні та різанні						
	металоконструкцій.	.	.	.	.	.	65
5.2	Розрахунок кількості вогнегасників для виробничого приміщення	.	.	.	.	.	67
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	72
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	75

ВСТУП

На початках минулого століття розпочалось доволі інтенсивне використання зварювання з проведенням випробувань по технології, металургії, міцності і розроблення зварювального обладнання. Особливу роль в розвитку і становленні зварювання відіграв академік Є.О. Патон, який організував в Києві лабораторію, а потім Інститут електрозварювання, де були розроблені процеси механізованого зварювання під флюсом, створений метод електрошлакового зварювання та електрошлакового переплавлення і ін. Пізніше були розробки Б.Є. Патона і винайдення способу зварювання в космосі, створення наноматеріалів та зварювання живих тканин.

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].

Вплив зварювання на економіку країни є досить суттєвим на сьогоdnішньому етапі розвитку промисловості. Однак для подальшого його вдосконалення і розвитку потрібно модернізувати існуючі і запроваджувати нові технологічні процеси виготовлення зварних конструкцій, які відповідають рівню сучасних технологій та науковому прогресу. Впровадження науково-технічних досягнень у виробництво вимагає підвищення рівня знань фахівців, що також потрібно враховувати і у зварювальному виробництві.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Коліно відвідне є елементом системи промислового трубопроводу. Воно є зварною конструкцією, тому виготовляється із металу. Загальний його вигляд показано на рисунку 1.1.

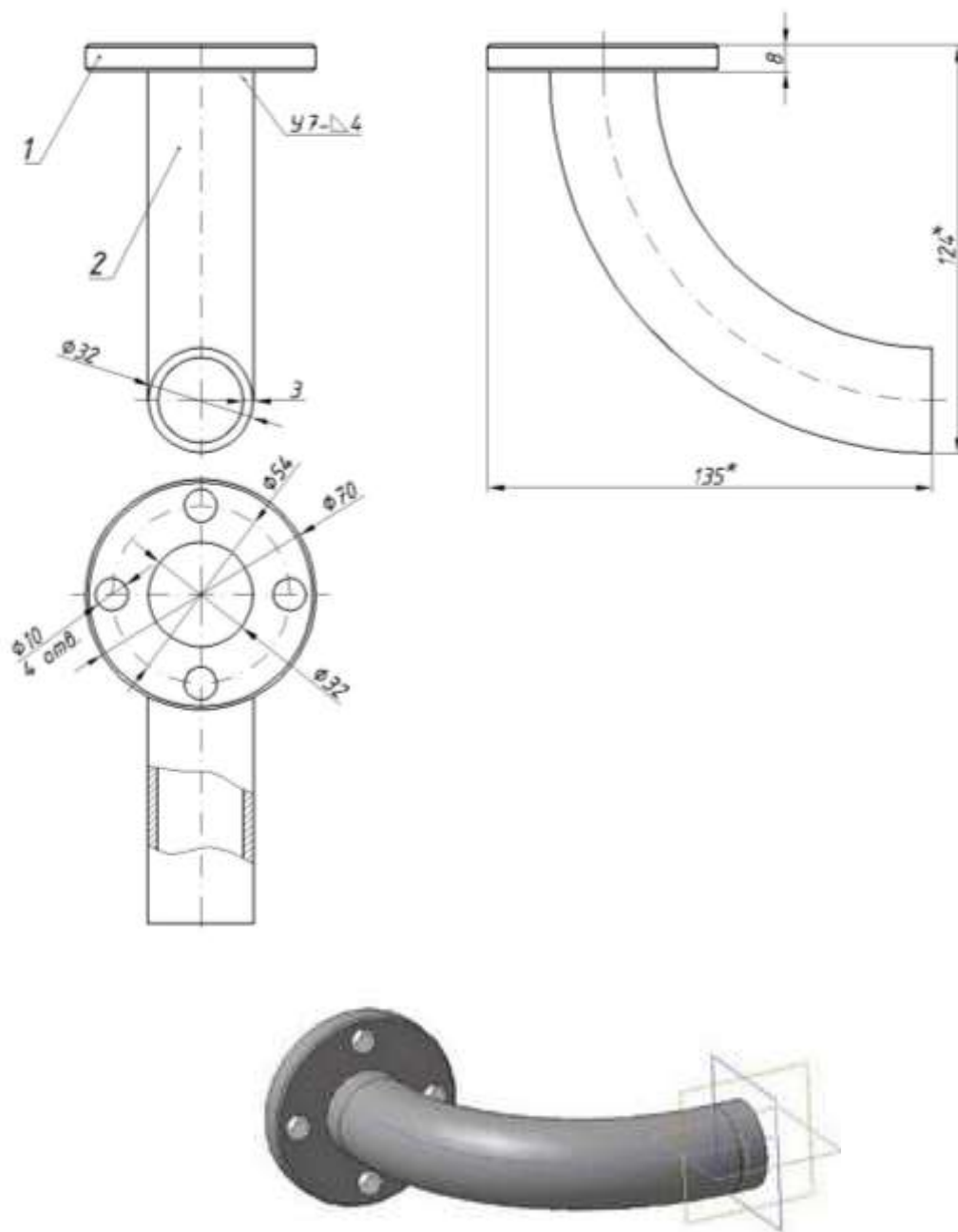


Рисунок 1.1 – Коліно відвідне

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Конструкція відвідного коліна (див. рис. 1.1) складається із фланця 1 та відводу 2. Фланець виготовляється із металу товщиною 8 мм, при цьому його діаметр складає 70 мм. Для виготовлення відводу застосовується труба діаметром 32 мм із кутовим вигином 90°.

Загальні габаритні розміри відвідного коліна є такими: довжина – 135 мм, ширина – 70 мм, висота – 124 мм. Для стикування коліна з іншими елементами трубопроводу у деталі фланець передбачено 4 отвори $\varnothing 10$ мм. Загальна маса відвідного коліна становить 0,59 кг.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Технічними вимогами, які пред'являються до виготовлення відвідного коліна є забезпечення правильної геометрії конструкції, яка в основному залежить від підготовчих операцій, а саме від складання і способу отримання заготовок; забезпечення розмірів згідно кресленика; висока технологічність конструкції, яка досліджувалась на етапі проектування; забезпечення потрібної міцності і надійності, як основи в процесі експлуатації, все це можливо при відсутності дефектів в процесі виготовлення.

Тому враховуючи ці вимоги необхідно слідкувати за кожною операцією, яка виконується в технологічному процесі виробництва коліна відвідного. Що стосується операції зварювання, то потрібно правильно налагодити обладнання (параметри режиму), а також слідкувати за формуванням зварних швів при виконанні даного процесу. Вибір матеріалів також має вирішальне значення і від якого залежить безпосередньо якість конструкції.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Вибір матеріалу для виготовлення відвідного коліна повинен відбуватися із врахуванням наступного:

- діючі величини навантажень і напружень в умовах експлуатації;
- зварюваність металу;

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- механічні властивості і хімічний склад металу;
- середовище застосування;
- стійкість металу до руйнувань та корозії;
- допуски на розміри та геометричну форму конструкції.

Тому врахувавши ці вимоги, найбільш прийнятним матеріалом для виготовлення конструкції є сталь Ст3пс, яка задовольняє наступне:

- можливість її використання у різних кліматичних умовах;
- гарантований хімічний склад та механічні властивості;
- формування якісних швів, що відповідає добрій зварюваності;
- не виникає труднощів при її механічному обробленні;
- відносна дешевизна матеріалу.

Дана марка сталі витривала до втомного руйнування, вона добре працює в умовах дії статичних та динамічних навантажень прийнятної величини. Її призначенням є виготовлення зварних деталей та конструкцій, що працюють при різних температурах, як мінусових, так і плюсових.

Сталь Ст3пс відноситься до конструкційних, низьковуглецевих сталей звичайної якості, її механічні властивості та хімічний склад представлені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі [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 Ст3пс, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
не більше								
0,14-0,22	0,40-0,65	0,05-0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Враховуючи умови розкислення дана група сталей звичайної якості буває спокійною, киплячою та напівспокійною.

Спокійні сталі називаються так тому, що вони при виплавленні розкислені алюмінієм, марганцем і кремнієм. За рахунок цього в сталях міститься мінімальна кількість оксиду заліза, що позитивно впливає на їх застигання та подальшу кристалізацію у виливаних формах. Отриманий злиток є меншого об'єму ніж форма, але він має високу щільність та однорідність хімічного складу.

На відміну від спокійних, киплячі сталі при виготовленні розкислюються тільки марганцем, що впливає на підвищений вміст оксидів заліза. При застиганні металу у формі утворюється велика кількість бульбашок СО, які не встигають вийти на поверхню і залишаючись в ньому утворюють пори, що впливає на їх підвищену схильність до старіння та холодноламкості. Тому дані марки сталей у зварювальному виробництві практично не використовуються.

Напівспокійні сталі розкислюються тільки алюмінієм і марганцем і володіють проміжними властивостями порівняно з попередніми двома видами сталей.

Важливим чинником, який впливає на вибір марки металу для виготовлення конструкції є зварюваність. Вона характеризує сукупність властивостей основного металу, які змінюються під впливом процесу зварювання і забезпечують формування надійних зварних з'єднань при прийнятій технології виконання процесу.

Зварюваність характеризує відповідність властивостей зварного шва відповідним властивостям основного металу, без утворення тріщин, пор, різноманітних включень, які викликають погіршення механічних властивостей.

Для оцінки зварюваності металу використовується формула розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю C_e [3, с.127]:

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

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

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

Отримаємо:

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,17}{24} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} = 0,45 \text{ \%}.$$

З виконаних розрахунків випливає, що еквівалентний вміст вуглецю становить 0,45%, це означає, що сталь Ст3пс має добру зварюваність і може використовуватись для виготовлення коліна відвідного.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Коліно відвідне виготовлятимуться із труб та листового прокату – основного матеріалу, а також для його з'єднання використовуються зварювальні матеріали як додаткові. Всі матеріали і напівфабрикати повинні мати супроводжувальні документи, які підтверджують їх якість. А виготовлення самої конструкції повинно здійснюватися згідно вимог спеціальних документів.

Стосовно правил вибору матеріалів, то вони повинні бути безпечними, доступними, а саме головне – це забезпечувати відповідні властивості виробу, що ставляться до нього відповідною документацією.

Тому основний метал повинен мати регламентуючу свою границю міцності, а зварювальні матеріали повинні в свою чергу забезпечувати:

- задані властивості швів і їх зовнішній вигляд;
- стабільну якість при достатній продуктивності;
- безпеку та комфорт при виконанні зварювальних робіт.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Всі властивості використовуваних матеріалів повинні відповідати їхнім сертифікаційним паспортним даним, якщо є якась підозра на невідповідність якості, то вже саме підприємство може провести самостійні дослідження для її визначення.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Геометрична форма і розміри відповідного коліна повинні відповідати кресленням та технічним умовам на його виготовлення. Правильність форми та розмірів забезпечується використанням спеціальної технологічної оснастки з можливістю встановлення допустимих зазорів. Також повинні бути враховані вимоги технічних особливостей виробництва, форми та конструктивних елементів зварних з'єднань, характеру підготовки кромок, відповідних прийомів, які спрямовані на зменшення напружень та деформацій.

Враховуючи матеріал зварної конструкції та умови її експлуатації, після закінчення технологічного процесу виготовлення її піддають додатковому механічному обробленню.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварне з'єднання є найголовнішою властивістю, що стосується виготовлення нероз'ємних металевих виробів чи конструкцій. Саме ці з'єднання забезпечують надійну експлуатаційну надійність без ніяких сторонніх впливів чи дефектів, що визначаються технологічною документацією. Зварне з'єднання складається з двох частин, в основному це сам шов та зона термічного впливу, яка знаходиться на основному металі, але за рахунок високих температурних впливів дещо втратила свою структуру. Структура з'єднання повинна бути ідентичною до основного металу разом зі всіма властивостями, такими як пластичність, міцність та втомна циклічність. Всі притаманні дефекти у зварних швах не повинні відбуватися у даній

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

технології, якщо такі недоліки є, то потрібно з'ясувати певні причини, щоб на наступний раз вже не повторювалися.

Коліно відвідне виготовляється за наступними вимогами:

- з'єднання повинні мати правильну конструктивну форму, що точно суміщається із перерізами деталей;
- на поверхнях швів повинна бути гладка чи рівномірна лускуватість без ніяких включень чи пошкоджень;
- обов'язково не має бути тріщин, що у зварних швах, так і в біляшовній зоні;
- конструктивні елементи з'єднань є кутовими з катетом в межах 4 мм.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання потрібно виконувати із застосуванням спеціальних пристосувань та інструментів, так як це дозволяє отримати задану точність та перешкоджає виникненню майбутніх деформацій від різкої зміни температур в ході протікання зварювального процесу. Так виконуючи складання заготовки деталей повинні мати відповідну геометричну форму та розміри і якщо для їх виготовлення використовується сталь звичайної якості, то додатково зачищені до металевого блиску в зоні накладання зварних швів.

Складаючи деталі потрібно зберігати потрібну величину зазору, площинність стиків кромek та габаритні розміри, враховуючи ведення та вкорочення металу, що викликається зварюванням.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Технологічний процес зварювання повинен розроблятися, відповідно із забезпеченням стабільної його якості, збереженням необхідної шорсткості поверхонь та рівномірності зварного шва. Необхідна якість зварювання може одержуватися за умови використання якісних матеріалів та правильно підібраних параметрах режиму.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Якість зварювання забезпечується при виконанні таких умов:

- зварювальні роботи виконувати найбільш придатними та якісними матеріалами;
- відсутність в зварному з'єднанні дефектів;
- забезпечити необхідний хімічний склад зварного з'єднання;
- контроль якості зварних з'єднань.

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

В заданому технологічному процесі зварювання відвідного коліна застосовується ручний спосіб із використанням покритих електродів марки АНО-21, що відноситься до класу Е46 з рутиловим покриттям Р11, їх діаметр рівний 3 мм.

Процес зварювання здійснюється за допомогою інверторних джерел живлення, що забезпечують силу струму 230 А марки Іса-230/Протон.

Режими зварювання коліна представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри режиму зварювання відвідного коліна

Параметри	Значення
Струм зварювання, А	120
Діаметр покритого електрода, мм	3,0
Катет шва, мм	4,0

Виготовлення металевих конструкцій методом зварювання є самим застосовуваним на сьогоднішній день, з'єднання окремих деталей в єдине ціле формується зварними швами. Однак в цих швах найбільший ризик утворення дефектів серед яких підрізи, напливи, пропали, непровари, тріщини, пори, шлакові включення та ін., що погано впливають на їх якість чи взагалі роблять з'єднання непридатними до застосування. Отже поняття якості характеризує сукупність певних властивостей, які визначають основне призначення виробу.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Визначення властивостей зварних з'єднань можливе із застосуванням механічних випробувань, що дозволяють точно визначити величину міцності або пластичності та порівняти ці значення із діючими експлуатаційними навантаженнями.

Найбільш поширеними випробуваннями є статичний розтяг, що дозволяє визначати межу міцності та ударні дослідження за допомогою яких можна дізнатись значення ударної в'язкості – пластичності.

Якість виконання базового технологічного процесу виготовлення відвідного коліна здійснюється зовнішнім оглядом, так як він є порівняно дешевим та відносно простим у практичних застосуваннях. Також дана технологія виробництва має деякі недоліки, серед яких:

- застосування ручного зварювання потребує додаткового зачищення з'єднань і контактуючих деталей, тому що процес супроводжується інтенсивним розбризкуванням, а також його продуктивність роботи не надто висока;
- додаткові витрати, що пов'язані із роботами по зачищенню;
- відсутність спеціально обладнаних складальних стендів та інструментів до них.

Тому потрібно вжити ряд заходів, які б дозволили виправити ці недоліки, а саме:

- використовувати метод механізованого зварювання у захисній суміші аргону з вуглекислим газом, це дозволить зменшити інтенсивність розбризкування та підвищити продуктивність процесу;
- зменшити частку застосування ручних робіт впровадженням у виробництво механізованого устаткування, особливо це стосується виготовлення деталей;
- вдосконалення складального устаткування, що дозволить підвищити якість складання, не перешкоджаючи при цьому виконанню зварювання.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

При виборі способу зварювання для виготовлення відвідного коліна необхідно враховувати наступне: матеріал виробу, товщина зварних деталей, відповідальність конструкції, масштаб виробництва, а також вимоги до якості зварних з'єднань. Найпоширеніші способи зварювання: ручне дугове зварювання (РДЗ), газове зварювання і напівавтоматичне зварювання.

Ручне дугове зварювання - це технологічний процес отримання нероз'ємного з'єднання, при якому довжина дуги, подача електрода із наступним його переміщенням по зазору між кромками здійснюється вручну.

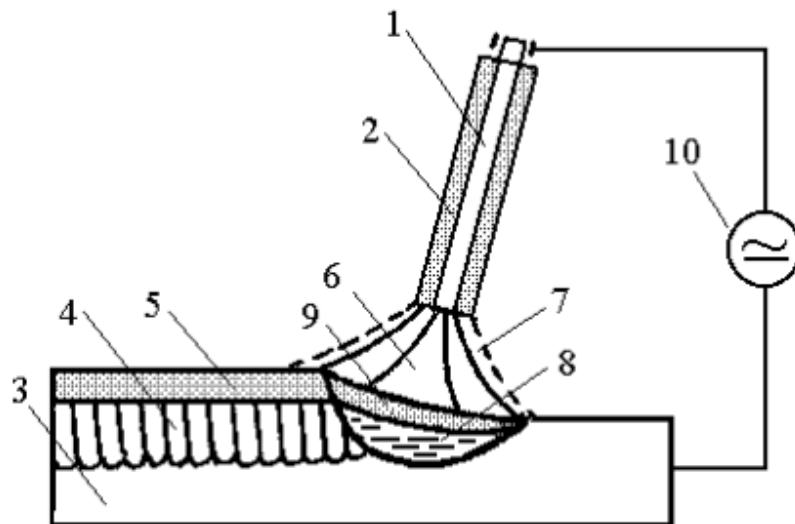


Рисунок 2.1 – Схема ручного дугового зварювання покривним електродом

1- стержень електрода; 2 - покриття електрода; 3 - основний метал; 4 - зварний шов; 5 - шлакова плівка; 6 - електрична дуга; 7 - газова захисна зона; 8 - рідка металева ванна; 9 - рідка шлакова ванна; 10 - джерело живлення

Перевагами ручного дугового зварювання є його відносна простота та можливість виконувати процес у всіх просторових положеннях розміщення швів.

До недоліків даного процесу слід віднести нестабільність якості зварних швів, яка безпосередньо залежить від кваліфікації зварювальника. Також продуктивність процесу не надто висока, вона залежить від величини сили струму. Але якщо струм буде занадто високим, то це призведе до надмірного перегрівання та вигорання електродів, що в подальшому позначиться на якості зварних швів.

Газове зварювання - це один із способів зварювання плавленням, в процесі виконання якого, нагрівання кромки з'єднуваних деталей та присадкового матеріалу відбувається за рахунок утворюваного тепла горючих газів та кисню. Температура для розплавлення металу одержується згорянням використовуваних горючих газів у потоці кисню. В якості горючого газу найчастіше використовується ацетилен C_2H_2 , оскільки при його згорянні в кисні O_2 досягається температура більше $3000^\circ C$, яка є найвищою порівняно з іншими горючими газами. Газ ацетилен отримується із карбіду кальцію CaC_2 , який при взаємодії з водою утворює реакцію вихідним продуктом якої і є горючий газ – ацетилен. Для цього процесу використовується спеціальне обладнання – ацетиленові генератори. Для спрямованого направлення потоку горючого полум'я використовуються газові пальники.

Ацетилен і кисень поступають через рукави до пальника, потім змішуються утворюючи горючу суміш у необхідних пропорціях. Для розплавлення кромки основного металу, полум'я направляється на зазор між ними та виконується подальше їх нагрівання та плавлення. Для заповнення зазорів у стиках додатково вводиться присадний матеріал у вигляді прутків, дроту та ін. Основним місцем застосування газового зварювання є з'єднання тонколистового матеріалу, кольорових металів, а також наплавлення робочих поверхонь деталей машин спеціальними сплавами.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

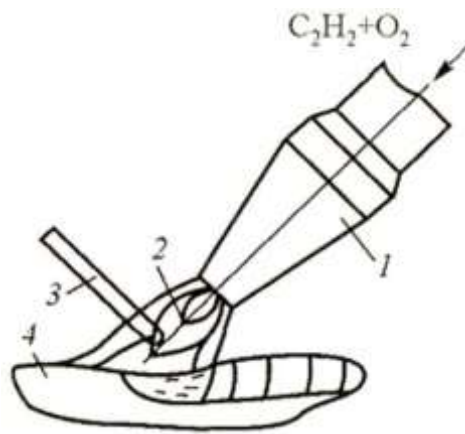


Рисунок 2.2 - Схема процесу газового зварювання

1 - пальник; 2 - газове полум'я; 3 - присадковий метал; 4 - основний метал

Спосіб газового зварювання має свої переваги, які пов'язані із його простотою, недорогим обладнанням, відсутність джерел електричного живлення, широкий діапазон впливу на температуру нагрівання та охолодження зварюваного металу. Також важливою його перевагою є з'єднання матеріалів, які неможливо зварити за допомогою інших дугових та контактних способів зварювання.

Недоліками газового зварювання є: мала швидкість нагрівання металу і велика зона термічного впливу, ніж при дуговому зварюванні; концентрація теплоти менша, а деформації зварювальних деталей більші, ніж при дуговому зварюванні; за рахунок повільного нагрівання металу горючим полум'ям і невисокій концентрації тепла в процесі нагрівання, продуктивність даного процесу помітно знижується із збільшенням товщини металу, що зварюється; вартість горючого газу (ацетилену) та допоміжного кисню більша порівняно із вартістю електроенергії при дуговому і контактному зварюванні. Тому врахувавши вищесказане газове зварювання буде дорожчим в порівнянні з електричними способами зварювання.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напівавтоматичним зварюванням називається технологічний процес при якому для формування швів використовується зварювальний дріт та захисний газ, функція якого захистити електричну дугу та розплавлений метал зварного шва від шкідливого впливу атмосферного повітря, та інших небажаних процесів, таких як азотування, окислення та ін.

Напівавтоматичне зварювання в захисних газах виділяється наступними перевагами: високою продуктивністю (в 2-3 рази вища в порівнянні з ручним дуговим зварюванням), можливість виконувати процес у всіх положеннях розташування швів, надійний захист зони зварювання від кисню і азоту атмосфери, непотрібне додаткове очищення зварних з'єднань від шлаку, невелика площа зони термічного впливу та мале деформування зварюваного металу.

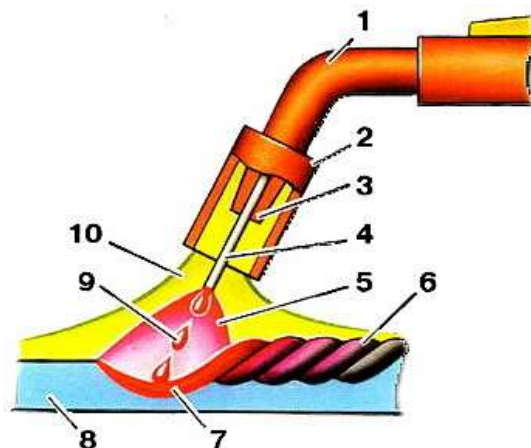


Рисунок 2.3 - Схема процесу напівавтоматичного зварювання

1 - пальник; 2 - сопло; 3 - струмопідвідний наконечник; 4 - електродний дріт; 5 - електрична дуга; 6 - зварний шов; 7 - зварювальна ванна; 8 - основний метал; 9 - каплі електродного металу; 10 - газовий захист зварювальної ванни

Можливі недоліки даного способу пов'язані із деякими дорогими захисними газами та сумішами, додатковими заходами, які б забезпечили надійний захист зони зварювання без здування захисного газу.

Врахувавши всі ці фактори доречно вибрати напівавтоматичний спосіб зварювання у захисній суміші.

Зварювання у захисній суміші ($\text{Ar} + \text{CO}_2$) характеризується високою продуктивністю процесу зварювання. Його виконують плавким електродом на постійному струмі зворотної полярності. Змінний струм не застосовують через низьку стійкості дуги. Для підвищення стійкості процесу необхідна висока щільність струму. В зв'язку з цим використовують електродний дріт невеликого діаметру (0,5 ... 3мм). Напруга на дузі зазвичай складає 20 ... 30 В, швидкість зварювання 20 ... 80 м/год, витрата захисного газу 6 ... 25 л/хв.

Отже, для виготовлення відвідного коліна застосовуємо спосіб напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибираючи суміш газів замість звичайної вуглекислоти можна покращити загальні характеристики виконання зварювального процесу. Перш за все досягається висока стабільність горіння зварювальної дуги, що супроводжується кращим перенесенням електродного металу в зварювальну ванну з підсиленням його нагнітанням, відповідно без зміни технології та зварювального устаткування. За рахунок цього досягається дрібно-крапельне перенесення металу без інтенсивного розбризкування, що впливає на якість швів та естетичність поверхонь деталей. Продуктивність процесу також збільшується за рахунок підвищення швидкості подачі дроту з 6 до 14 м/год без ніякого негативного впливу. Виконання процесу в захисних сумішах також сприяє плавному переходу зварного шва до основного металу з правильним формуванням його рівномірної, лускуватої поверхні.

Марка захисної суміші, яка використовується для зварювання відвідного коліна, містить в своєму складі аргон і вуглекислий газ найкращих сортів високої якості, її формула записується так – $\text{Ar } 82\% + \text{CO}_2 \text{ } 18\%$.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Основним матеріалом є зварювальний дріт, він має забезпечувати відповідні властивості для формування добрих з'єднань. Виробництво конструкції здійснюється низьковуглецевою сталлю Ст3пс, тому потрібно обрати зварювальний дріт однойменного хімічного складу, який забезпечувати надійні показники пластичності. Дріт Св-08Г2С володіє цими всіма показниками, а присутність в його складі марганцю і кремнію добре розкислює зварювальний метал без утворення гартівних з'єднань. Склад цього дроту записаний в таблиці 2.1 [3, 177].

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

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

Цей дріт є металевим суцільного перерізу, але поверхня його покрита мідним покриттям, це для того щоб він на покривався продуктами корозії, які можуть знаходитися в оточуючому середовищі.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Для виготовлення відвідного коліна використовується процес напіваавтоматичного зварювання в захисних газах, отже основними параметрами режиму зварювання будуть: сила зварювального струму, напруга на дузі, швидкість подачі і діаметр зварювального дроту, швидкість зварювання та витрати захисної суміші.

Так як відвідне коліно з'єднується одним типом зварного з'єднання У4, без підготовки кромок, то всі розрахунки стосуватимуться саме його, при

цьому величина катета становить 4 мм. Конструктивні особливості зварного з'єднання У4 представлені на рисунку 2.4.

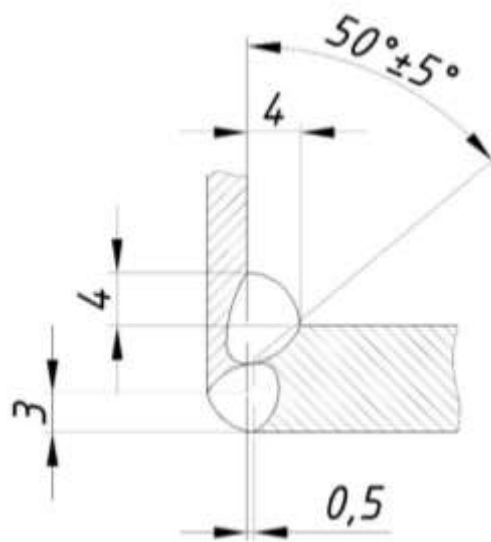


Рисунок 2.4 – Схема кутового з'єднання У4

Площа поперечного перерізу наплавленого металу обчислюється за формулою:

$$F_H = \frac{K^2}{2} ; \quad [4, \text{с. 196}] (2.1)$$

де F_H – площа поперечного перерізу наплавленого металу, мм²;

K – катет шва, приймаємо 4 мм.

$$F_H = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ мм}^2.$$

Висота наплавленого металу обчислюється за формулою:

$$C' = \sqrt{F_H} ; \quad [4, \text{с. 196}] (2.2)$$

де C' – висота наплавленого металу, мм.

$$C' = \sqrt{8} = 2,83 \text{ мм.}$$

Ширина шва вираховується, як гіпотенуза прямокутного трикутника (рисунок 2.2)

$$e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2K^2}; \quad (2.3)$$

де e - ширина шва, мм.

$$e = \sqrt{2 \cdot 16} = 5,66 \text{ мм.}$$

Загальна висота шва обчислюється із співвідношення:

$$e = \Psi_{np} \cdot H; \quad [4, \text{с. 188}] \quad (2.4)$$

де Ψ_{np} – коефіцієнт форми проплавлення, приймаємо 1,0 [4, с. 186].

H – загальна висота шва, мм.

$$H = \frac{e}{\Psi_{np}}; \quad (2.5)$$

$$H = \frac{5,66}{1,0} = 5,66 \text{ мм.}$$

Глибина проплавлення основного металу обчислюється за формулою:

$$H_1 = H - C'; \quad [4, \text{с. 197}] \quad (2.6)$$

де H_1 - глибина проплавлення основного металу шва, мм.

$$H_1 = 5,66 - 2,83 = 2,83 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр електродного дроту в залежності від катета шва і приймаємо його рівним 1,0 мм [4, с. 106].

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина зварювального струму обчислюється за формулою:

$$I_{зв} = \frac{H_1}{K_h} \cdot 100; \quad [4, \text{с. 192}] (2.7)$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності, який залежить від умов ведення зварювання, приймаємо 1,95 мм/100А [4, с. 193].

$$I_{зв} = \frac{2,83}{1,95} \cdot 100 = 145,05 \approx 145 \text{ А.}$$

По розрахованому значенні зварювального струму уточнюємо діаметр електродного дроту за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{I_{зв} / \gamma}; \quad [4, \text{с. 193}] (2.8)$$

де d_e – діаметр електродного дроту, мм;

γ – допустима густина струму, А/мм².

Орієнтовно приймаємо 180 А/ мм² [5, с. 244].

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{145}{180}} = 1,01 \text{ мм.}$$

Напруга на дузі обчислюється за формулою:

$$U_g = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} \cdot I_{зв} \pm 1; \quad [4, \text{с. 194}] (2.9)$$

$$U_g = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1^{0,5}} \cdot 145 = 27,25 \pm 1 \text{ В.}$$

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Приймаємо напругу рівною 27 В.

Швидкість подачі електродного дроту обчислюється за формулою:

$$V_{n.d} = \frac{4\alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot c / c^2 \cdot \gamma}; \quad [5, \text{с. 212}] \quad (2.10)$$

де γ – густина металу електродного дроту, кг/м³. Приймаємо $\gamma=7800$ кг/м³;

α_n – коефіцієнт наплавлення металу, кг/(А·год).

c – діаметр електродного дроту (в цій формулі).

Виконуючи зварювання на постійному струмі зворотної полярності α_n = 11,6±0,4 г/(А·год) [5, с. 246]. Приймаємо $\alpha_n=12 \cdot 10^{-3}$ кг/(А·год).

$$V_{п.д.} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 145}{3,14 \cdot (1,0 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 7800} = 284,2 \text{ м/год.}$$

Швидкість зварювання обчислюється за формулою:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}; \quad [4, \text{с. 194}] \quad (2.11)$$

де A – коефіцієнт, який визначається в залежності від діаметру дроту.

Приймаємо $A=2,6 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с. 194].

$$V_{зв} = \frac{2,6 \cdot 10^3}{145} = 17,9 \approx 18 \text{ м/год.}$$

Витрати захисного газу становлять 12 л/хв [6, с.105].

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання кутового з'єднання

Параметри	
Форма кромок	без розроблення
Катет шва, мм	4
Кількість проходів	1
Діаметр електродного дроту, мм	1,0
Зварювальний струм, А	145
Напруга, В	27
Швидкість зварювання, м/год	18
Швидкість подачі дроту, м/год	284
Витрати газової суміші, л/хв	12

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для з'єднання відвідного коліна буде використовуватися професійне зварювальне обладнання компанії Fronius, а саме напіваавтомат TPS 270i C Pulse, що показаний на рисунку 2.5.

TPS/i – це одна з найсучасніших зварювальних систем, яка завдяки величезній потужності до 600 А відповідає найсуворішим вимогам до зварювання деталей зі сталі, нержавіючої сталі й алюмінію [7].

Інтелектуальне обладнання, модульна структура та безліч варіантів розширення зварювальної системи забезпечують необхідну гнучкість і ефективність під час виконання будь-якої роботи [7].

Основні переваги TPS/i [7]:

- Простота експлуатації, завдяки сенсорному дисплею з можливістю індивідуального налаштування й меню понад 30 мовами. Інноваційний сенсорний екран дає можливість швидко та просто налаштувати всі параметри зварювання. Меню навігації доступне понад 30 мовами та оформлене у вигляді інтуїтивного інтерфейсу користувача.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- Користь від стабілізаторів. Стабілізатори довжини дуги та проплавлення забезпечують високу якість зварного шва.

- Максимальна гнучкість використання, завдяки можливості розширення сфери застосування шляхом додавання пакетів програмного забезпечення (зварювальних комплектів). Модульна структура TPS/i з індивідуалізованими пакетами програмного забезпечення дає змогу швидко адаптувати систему до будь-яких специфічних вимог на конкретному об'єкті.

- Зварювання з можливістю використання в майбутньому. Оскільки програмні рішення постійно вдосконалюються з урахуванням запитів користувачів, а конструкція зварювальних пальників та інших деталей повсякчас оновлюється, систему TPS/i можна без зайвих зусиль налаштувати для виконання найрізноманітніших зварювальних завдань [7].

Технічні дані напівавтомату TPS 270i C Pulse представлені в таблиці 2.3.



Рисунок 2.5 – Зварювальний напівавтомат компанії Fronius TPS 270i C Pulse [7]

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.3 – Технічні дані напівавтомату TPS 270i C Pulse [7]

Напруга мережі, В	3 х 400
Частота мережі, Гц	50 – 60
Напруга холостого ходу, В	57
Мінімальний зварювальний струм, А	3
Максимальний зварювальний струм, А	270
Діапазон робочої напруги мінімальний, В	14,2
Коефіцієнт потужності cos φ	0,99
Тривалість вмикання ТВ, %	40 – 270 А 60 – 220 А 100 – 190 А
Клас захисту	IP23
Габаритні розміри (Д х Ш х В), мм	687x276x445
Маса, кг	33,1

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Основною метою проведення контролю якості є встановлення відповідності властивостей продукції стандартам чи іншій нормативній документації, яка для цього призначена.

Існують наступні види контролю якості:

А) Вхідний – основним його призначенням є контроль основних і зварювальних матеріалів, а також заготовок, які будуть використовуватись під складання конструкції. Цей вид контролю призначений для отримання достатнього об'єму інформації відносно застосовуваних матеріалів та озвучення відповідних рекомендацій стосовно їх придатності або непридатності до технологічного застосування.

Б) Приймальний – цей вид використовується саме при контролі зварювальних операцій, коли попередні технологічні роботи вже відбулись, а

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

процес зварювання є основним в технологіях виготовлення нероз'ємних вузлів чи конструкцій. Результати його проведення вказують на якість зварних швів та подальшу придатність чи непридатність конструкції до експлуатації.

Одним з головних методів приймального контролю є зовнішній огляд, що дозволяє контролювати всі операції технологічного процесу виготовлення конструкції, починаючи від формоутворення заготовок та закінчуючи вже сформованими зварними з'єднаннями. Цей контроль є достатньо оперативним та універсальним, що отримав застосування в усіх технологічних процесах виготовлення зварних конструкцій незалежно від того чи після нього виконується ще додатковий метод контролю або він здійснюється самостійно. Однак цей огляд виявляє тільки зовнішні дефекти, а для внутрішніх він не призначений, тому якщо конструкція є відповідальною, то додатково необхідно застосувати один із неруйнівних методів контролю.

Для неруйнівного контролю якості широке застосування отримав ультразвуковий контроль. Принципи його роботи полягають у використанні спеціальних коливань та акустичних хвиль, які досліджують контрольований об'єкт при проходженні крізь нього. Діапазон застосовуваних коливань може бути різним, це залежить від властивостей досліджуваного матеріалу, крім того метод може виконуватись безперервно, а також в імпульсному режимі. Відповідна схема контролю визначає кількість утворених збуджень та приймань ультразвукових коливань, що вказує на достатню універсальність даного методу. Направлення акустичних хвиль в контрольований виріб здійснюється відповідними п'єзоелектричними або магнітострикційними перетворювачами.

Проведення ультразвукового контролю якості здійснюється по спеціальній схемі, так наприклад для таврових і кутових з'єднань, як показано на рисунку 2.6, контроль проводиться введенням коливань у горизонтально розміщену деталь, що дозволяє підвищити його якість в результаті зменшення впливів фальшивих сигналів. Дані сигнали присутні завжди через лускуватість

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхневої форми шва, тому при виконанні контролю обов'язково потрібно проводити відповідну селекцію за часом повернення для того, щоб відрізнити фальшивий сигнал від правильного.

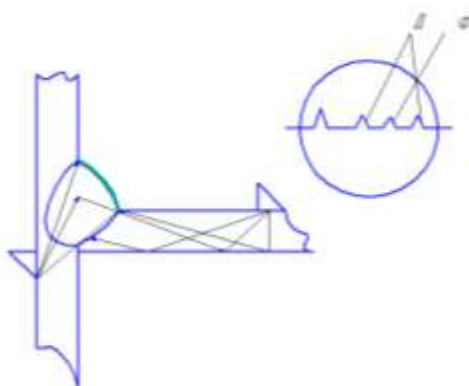


Рисунок 2.6 – Ультразвуковий контроль таврових з'єднань

Д – ехо-сигнал від дефекту; Ф – фальшивий сигнал

Проведення контролю вважається найбільш точним, якщо зварні з'єднання задовольняють такі вимоги: вільний доступ, достатня шорсткість поверхонь основного металу, щільна структура зварного шва, яка задовольнить всі умови для проходження ультразвуку без присутніх похибок.

Вважаючи, що коліно відвідне є відповідальною конструкцією, оскільки зварне з'єднання повинно бути міцним та герметичним, тому для його контролю якості одночасно буду застосовуватися два методи – зовнішній огляд та ультразвуковий контроль.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Перш ніж виготовити відвідне коліно потрібно провести комплекс робіт, які стосуються заготівельних операцій, складання, зварювання, контролю якості та різних опоряджувальних і допоміжних операцій технологічного процесу.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.6.1 Заготівельні операції

Технологічний процес виготовлення коліна відвідного розпочинається із заготівельних операцій, які виконують з метою отримання деталей, що в подальшому сформують саму зварну конструкцію.

Першим відбувається очищення металопрокату від забруднень у дробоструменевих камерах.

Розмічування виконується за допомогою рулетки, лінійки металевої, маркера, кернера та відповідних шаблонів, які дозволяють суттєво підвищити продуктивність та зменшити трудові затрати.

Різання заготовок, що представляють собою трубу діаметром 32 мм, здійснюється за допомогою відрізного верстату по металу марки MPT PROFI 380 В 3000 Вт, який зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд відрізного верстату по металу MPT PROFI 380 В 3000 Вт [8]

Виготовлення фланців товщиною 8 мм відбувається за допомогою автоматичного плазмо-дугового різання із застосуванням верстату з ЧПУ «СМ-1220» [9] вигляд якого показаний на рисунку 2.8.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 2.8 – Плазмовий верстат з ЧПУ «СМ-1220» [9]

Для згинання труби під певним радіальним вигином потрібно використовувати згинальні операції. Тому в технологічному процесі буде застосовуватись гідравлічний трубозгинальний верстат PROMA HOT-150 [10], який показаний на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Гідравлічний трубозгинальний верстат PROMA HOT-150 [10]

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для виконання отворів у заготовках типу фланець, використовується операція свердління із застосуванням свердлильного верстата марки Optimum OPTIdrill DQ 32, який представлений на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд свердлильного верстата Optimum OPTIdrill DQ 32 [11]

Додаткове очищення зварної конструкції проводиться з метою видалення наявних забруднень, для цього використовуються кутові шліфувальні машини марки DeWalt DWE4257 (рис. 2.11) та ручні щітки по металу Dnipro-M H250-L.



Рисунок 2.11 – Загальний вигляд кутової шліфувальної машини марки DeWalt DWE 4257 [12]

					<i>KP.422.05.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.2 Складальні операції

Складання є основним етапом технологічного процесу виготовлення коліна відвідного, при якому відбувається встановлення деталей в необхідному положенні із забезпеченням потрібних зазорів. Для виконання цього процесу використовуються складальні стенди.

Складання відвідного коліна відбувається наступним чином:

- розмістити заготовки відводу і фланця на стенді, виконати їх фіксацію та подальше прихоплення;
- виконати загальне зварювання конструкції коліна із дотриманням необхідних параметрів режиму та рекомендацій технічних умов;
- зняти зварену конструкцію зі складального стенду.

При виконанні складання постійно потрібно слідкувати за точністю розмірів, які повинні відповідати кресленню конструкції.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

При виконанні складально-зварювальних робіт, необхідно забезпечити потрібну точність виконання, оскільки від цього буде залежати геометрична форма і розміри виробу. Якщо під час виконання даних робіт не забезпечується відповідна точність складання, то вироби будуть бракованими.

Складені вузли або деталі з'єднують прихопленнями. Зварювальними прихопленнями є шви невеликої довжини поперечний переріз яких складає до 7% перерізу готового зварного шва. Довжина прихоплень залежить від товщини зварюваних деталей і коливається у встановлених межах, а відстань між прихопленнями безпосередньо залежить від довжини самих швів, чим довший шов, тим більша відстань допускається. Прихоплення виконують тими ж зварювальними матеріалами, що і повне зварювання виробу.

Прихоплення не дозволяють зміщенню деталей, що може призвести до виникнення тріщин при остиганні зварюваних деталей. Чим більша товщина зварювальних деталей, тим більша розтягуюча усадочна сила в прихопленнях

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і більша імовірність утворення тріщин. Враховуючи вищесказане, якщо складання виконується на прихопленнях, то це застосовується в конструкціях відносно малої товщини. При великій товщині деталей необхідно забезпечувати можливість піддатливості деталей, це унеможливить виникнення тріщин, через значні внутрішні напруження.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Дані операції виконуються з метою забезпечення потрібної якості виготовлюваної конструкції. До них відносяться виправлення зазорів, якщо вони не відповідають допустимим значенням, монтування і використання нагрівальних джерел для підігріву, якщо це вимагає технологія. Також до даних операцій відносяться методи очищення та зачищення деталей і готового виробу після зварювання.

Процеси очищення можуть виконуватись вручну і механізовано. Якщо вручну, то потрібне використання молотків, зубил і металевих щіток. Коли очищення відбувається механізовано, то використовуються кутові шліфувальні машини із зачисними дисками. Після виконання цих операцій виріб контролюють на наявність внутрішніх і зовнішніх дефектів.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції хоча і займають другорядне місце в технологічному процесі виготовлення коліна відвідного, але без них процес би не відбувся. До цих операцій відноситься комплекс робіт, які пов'язані із доставкою матеріалів до місця виконання тих чи інших робіт, з налаштуванням та ремонтом застосовуваного обладнання, а також з переміщенням деталей, складових частин та готових виробів по робочих місцях виробничої ділянки.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості відвідного коліна виконується візуально-оптичним методом із використанням збільшувальної лупи Magnifier 50мм, 5х та ультразвуковим методом із застосуванням дефектоскопа «Томографік» УД-4Т, який показаний на рисунку 2.12.



Рисунок 2.12 – Багатофункціональний дефектоскоп «Томографік» УД-4Т [13]

Цей дефектоскоп є багатофункціональним, тому що використовується, як ультразвуковий, вихроструменевий, спеціалізований дефектоскоп для контролю залізничних шляхів та ЕМА-товщиномір [13].

Дефектоскоп томограф УД-4Т забезпечує [13]:

- автоматичне налаштування – ВРЧ;
- паспортизацію перетворювачів (ПЕП);
- вимірювання акустичних властивостей матеріалів контрольованих об'єктів без використання додаткового метрологічного обладнання;
- візуалізація розміщення дефекту в шарі металу або зварному шві;
- пряме вимірювання еквівалентної площі дефекту;

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- оцінка конфігурації і розмірів дефекту.

У дефектоскопі «Томографік» УД-4Т реалізована функція відеоскопа, яка призначена для візуалізації процесу контролю у важкодоступних місцях. Використання відеокамери дає можливість одночасно відображати на екрані пристрою контрольованої області та сигналу, що отримується від перетворювача [13].

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

Виконання необхідних розрахунків виконується відповідно до ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [14].

Так як в даному випадку відвідне коліно зварюється напівавтоматичним способом в захисній суміші, то нормуванню підлягають витрати електричної енергії, зварювального дроту і захисного газу.

Розраховуємо масу наплавленого металу за формулою [14,с.6]:

$$Q_H = \alpha_H \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.12)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_H = 11,6$ г/А·год;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=145$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=0,1$ м.

Отже:

$$Q_H = 11,6 \cdot 10^{-3} \cdot 145 \cdot 0,1 = 0,17 \text{ кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [14,с.7]:

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 0,17 \cdot 0,7 = 0,12 \text{ кг},$$

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

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

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

$$Q_{\text{нп}} = 0,17 \cdot 0,5 = 0,08 \text{ кг}.$$

Отже:

$$H_{\text{ел}} = 0,12 + 0,08 = 0,2 \text{ кг}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [14,с.10]:

$$H_{\Gamma} = Q_p \cdot K_{\Gamma}, \quad (2.16)$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_{\Gamma}=0,85\dots0,9$;

$$H_{\Gamma} = 0,12 \cdot 0,87 = 0,1 \text{ л/хв}.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

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

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

$$E = \frac{27}{11,6 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 3,45 \text{ кВт.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,056$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 27 \cdot 145 \cdot 0,056}{0,9 \cdot 0,75} = 3,25 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на зварювання цілого виробу:

$$E_{\Sigma} = E \cdot l_{ш}, \quad (2.19)$$

$$E_{\Sigma} = 3,25 \cdot 0,1 = 0,325 \text{ кВт.}$$

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Ефективність виготовлення коліна відвідного полягає у правильному виборі і безпосередньо роботі складально-зварювального обладнання.

Таким чином, основним призначенням складально-зварювального обладнання (оснастки) є:

- 1) збереження з необхідною точністю габаритів, геометричної форми та взаємного розміщення деталей і вузлів виготовлюваних зварних конструкцій;
- 2) зменшення обсягу ручних робіт при складанні та зварюванні виробів;
- 3) підвищення продуктивності праці;
- 4) зменшення трудомісткості робіт;
- 5) скорочення тривалості виробничого циклу;
- 6) полегшення умов праці за рахунок механізації ручних робіт;
- 7) використання менш кваліфікованої робочої сили;
- 8) зменшення вартості виготовлюваних зварних конструкцій;
- 9) розширення технологічних можливостей зварювального устаткування;
- 10) підвищення якості зварних виробів та забезпечення їх взаємозамінності;
- 11) підвищення рівня комплексної механізації та автоматизації виробництва зварних конструкцій [15, с.16].

Для виконання складання, прихоплювання і подальшого зварювання виробу застосовуються складальні стенди. Дане устаткування спроектоване таким чином, що дозволяє легко і зручно встановлювати деталі відвідного коліна, а вже після виконання зварювання, можливість знімання готового виробу є безперешкодною. Складальний стенд (рис. 3.1) обладнаний всіма

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

необхідними опорами, упорами та фіксаторами, що забезпечує високу точність і якість виконання складальних робіт на ньому.

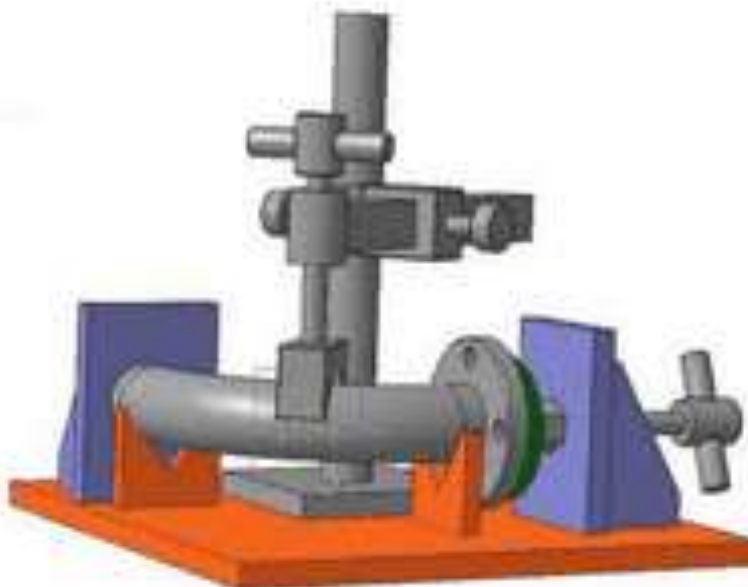
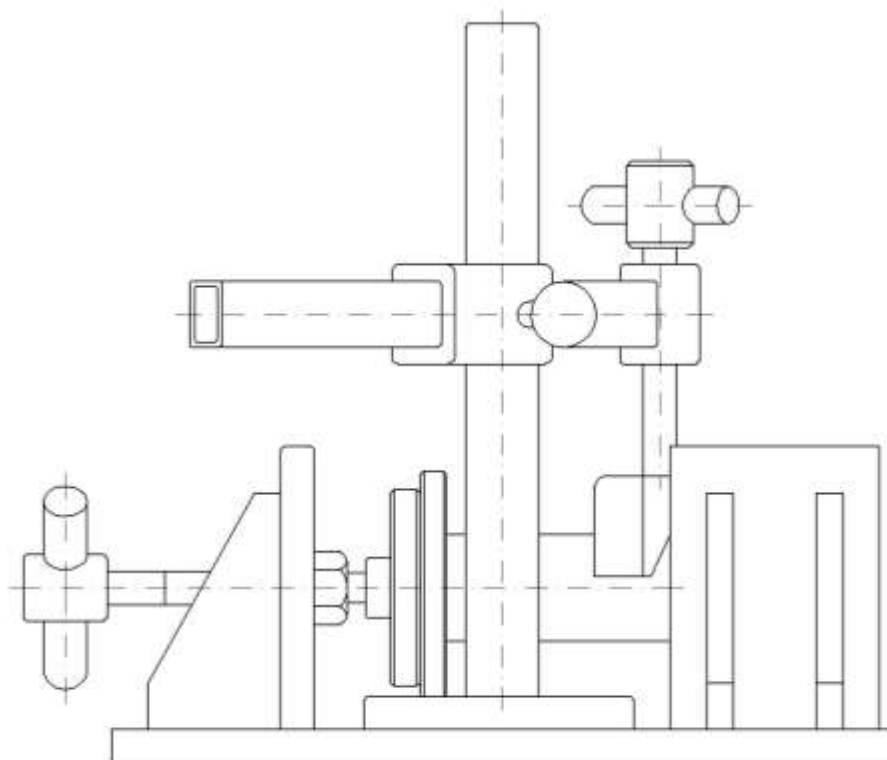


Рисунок 3.1 – Складальний стенд

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Виконання зварювальних робіт при виготовленні відвідного коліна здійснюється на позиціонері типу D 52, який зображений на рисунку 3.2. Переваги його полягають у можливості кантувати виріб під час виконання зварювання, що сприяє найкращим умовам його здійснення, так як шви розміщені у нижньому положенні.

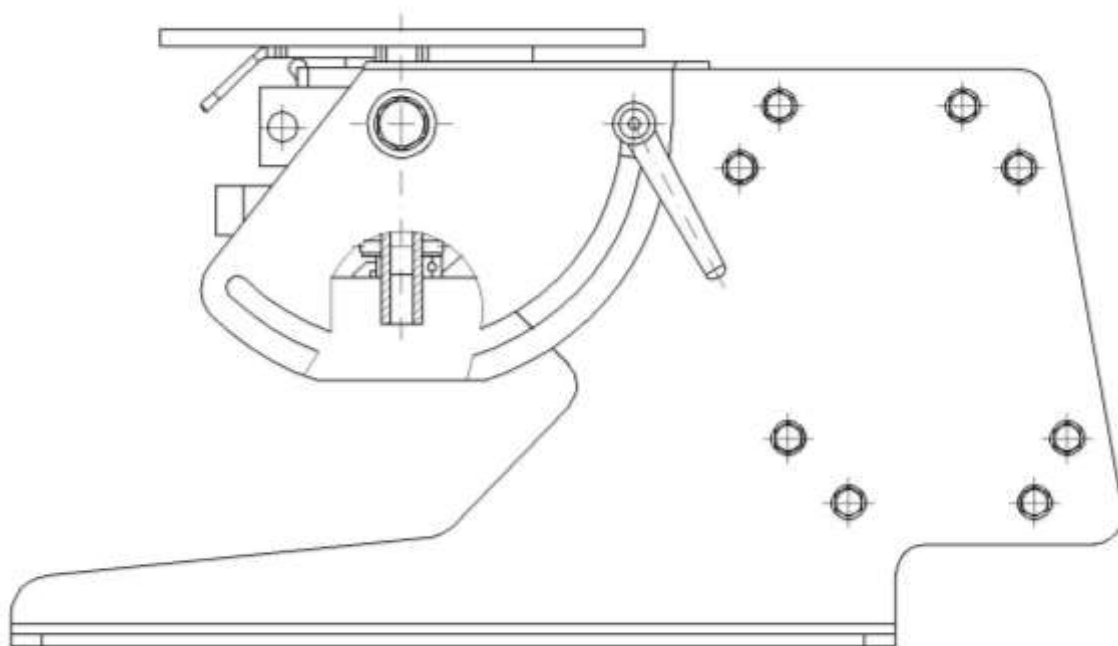


Рисунок 3.2 – Позиціонер D 52

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Механічне зварювальне устаткування повинне виконувати наступні функції:

- полегшувати трудомісткі операції по установленні і фіксації деталей при складанні;
- виключити розмічування деталей при складанні;
- забезпечувати можливість встановлювати зварюваний виріб в найбільш зручне для зварювання положення;

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- дозволяти використовувати менш кваліфіковану працю.

Для реалізації цих вимог конструктивна схема оснащення повинна забезпечувати:

- можливість механізувати транспортні операції;
- точність складання в межах, встановлених на кресленнях;
- доступність до місць виконання прихоплень та зварних швів;
- найбільш раціональний порядок складання і послідовність накладання швів при мінімальній кількості кантувань;
- надійність закріплення зварюваного вузла силовими притисками;
- можливість виконання зварювання в нижньому положенні;
- зберігання усіх базових та установчих поверхонь від пошкоджень;
- вільне знімання звареного вузла;
- безпека експлуатації.

Ці вимоги мають бути враховані при розробці технологічного оснащення для складання і зварювання вузлів та всього виробу.

Затискні механізми повинні задовольняти наступним вимогам: при затиску не повинно порушуватися первинне положення виробу; затискачі не повинні викликати деформації виробу і пошкодження його поверхонь; закріплення і зняття виробів повинні виконуватися з мінімальною витратою сил і часу робітника; при закріпленні недостатньо жорстких виробів зусилля затиску повинні знаходитися над опорами або можливо ближче до них.

Ці вимоги були по можливості враховані при розробленні технологічного оснащення для складання і зварювання відповідного коліна.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика відвідного коліна

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	135хø70х1245	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3пс	кг	0,6	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,1	
захисний газ – суміш (Ar 82% +CO ₂ 18%)	кг	0,2	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	0,2	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3пс	грн	33,58	32,2
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	60	56,4
захисний газ – суміш (Ar 82% +CO ₂ 18%)	грн	24,1	23,75
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	5	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення відвідного коліна

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	$\frac{3}{П}$	Дробоструменева камера	91000	щітка	46	III	2,8
Розмічування	$\frac{3}{П}$			шаблон рулетка маркер	670 179 126	IV	$\frac{2,4}{1,6}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Плаз. верстат «СМ-1220», відрізний верстат MPT PROFI 380 B	140000 19000			IV	$\frac{3,7}{2,9}$
Згинання	$\frac{3}{П}$	Трубозгин. верстат PROMA HOT-150	30000	молоток	320	IV	2,5
Складання	$\frac{3}{П}$	Стенд складальний, позиц. D52	64500	молоток	320	IV	$\frac{3,6}{2,7}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат Fronius TPS 270i C Pulse	270000			IV	$\frac{3,5}{2,6}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	КШМ DeWalt DWE 4257	6000	щітка молоток	46 320	III	$\frac{3,4}{3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоскоп «Томографік» УД-4Т	180000	Лупа Magnifier 50 мм, 5х	68	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;

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

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

по проекту 1,8.

Загальна штучна норма часу: по заводу 25,4;

по проекту 21,6.

Для виготовлення відвідного коліна застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [16, 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, $K_p = 0,03...0,1$.

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

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 [16, 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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Кількість робочих місць для виконання згинання при виготовленні коліна відвідного 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 відвідного коліна 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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
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 [16, 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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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 [16, 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 $B_{np} = 2400 \text{ шт}$;

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

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

Необхідна кількість згинальників:

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

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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- 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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- 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.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
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:				
згинальники	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 прејскурантної 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 Ст3пс	кг	33,58	32,2	20,15	19,32	48355,2	46368
З/П	Зв. дрiт Св-08Г2С	кг	60	56,4	6	5,64	14400	13536
З/П	Захисна сумiш	кг	24,1	23,75	4,82	4,75	11568	11400
Р-ом					30,97	29,71	74323,2	71304

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	1	0,97	2417,76	2318,4	5	5	12000	12000
3/П	5	3	2,82	0,3	0,28	720	676,8				
3/П	5	1,21	1,19	0,24	0,24	578,4	570				
Р- ом		5,88	5,62	1,55	1,49	3716,16	3565,2	5	5	12000	12000

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 [16, 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) [16, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [16, с.18]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [16, с.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці згинальників:

$$З_{ос} = 8 \cdot 22,5 \cdot 2,5 = 450 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 450 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,5 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 450 \cdot 0,4 = 180 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

$$З_{ос} = 7,2 \cdot 21,8 \cdot 2,8 = 439,49 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 439,49 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,82 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 439,49 \cdot 0,4 = 175,8 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 8,5 \cdot 21,5 \cdot 2,4 = 438,6 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 438,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,51 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 438,6 \cdot 0,4 = 175,44 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 8,5 \cdot 21,5 \cdot 1,6 = 292,4 \text{ грн};$$

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$З_{до} = 292,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 102,34 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 292,4 \cdot 0,4 = 116,96 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5,4 \cdot 21,8 \cdot 3,7 = 435,56 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 435,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 152,45 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 435,56 \cdot 0,4 = 174,23 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5,4 \cdot 21,8 \cdot 2,9 = 341,39 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 341,39 \cdot (0,2 + 0,15) = 119,49 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 341,39 \cdot 0,4 = 136,56 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,3 \cdot 22 \cdot 3,6 = 498,96 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 498,96 \cdot (0,2 + 0,15) = 174,64 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 498,96 \cdot 0,4 = 199,58 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,3 \cdot 22 \cdot 2,7 = 374,22 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 374,22 \cdot (0,2 + 0,15) = 130,98 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 374,22 \cdot 0,4 = 149,69 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 24,5 \cdot 3,5 = 523,08 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 523,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 183,08 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 523,08 \cdot 0,4 = 209,23 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 24,5 \cdot 2,6 = 388,57 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 388,57 \cdot (0,2 + 0,15) = 136 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 388,57 \cdot 0,4 = 155,43 \text{ грн.}$$

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,4 \cdot 23,8 \cdot 3,4 = 436,97 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 436,97 \cdot (0,2 + 0,15) = 152,94 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 436,97 \cdot 0,4 = 174,79 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,4 \cdot 23,8 \cdot 3 = 385,56 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 385,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 134,95 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 385,56 \cdot 0,4 = 154,22 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 10,5 \cdot 28,5 \cdot 1,7 = 508,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 508,73 \cdot (0,2 + 0,15) = 178,05 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 508,73 \cdot 0,4 = 203,49 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 10,8 \cdot 24 \cdot 1,8 = 466,56 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 466,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 163,3 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 466,56 \cdot 0,4 = 186,62 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [16, с.19]:

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

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

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

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

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

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,2 \cdot 1850 = 55870 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 55870 \cdot 0,35 = 19554,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 55870 \cdot 0,4 = 22348 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,2 \cdot 1850 = 55870 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 55870 \cdot 0,35 = 19554,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 55870 \cdot 0,4 = 22348 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,2 \cdot 1850 = 55870 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 55870 \cdot 0,35 = 19554,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 55870 \cdot 0,4 = 22348 \text{ грн}.$$

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 8200 \cdot 12 = 98400 \text{ грн};$$

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{дп}} = 98400 \cdot 0,35 = 34440 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пп}} = 98400 \cdot 0,4 = 39360 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 8023 \cdot 12 = 96276 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 96276 \cdot 0,35 = 33696,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 96276 \cdot 0,4 = 38510,4 \text{ грн.}$$

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:						
згинальники	227700		79695		91080	
очищувальники	222380,93		77833,33		88952,37	
розмічувальники	221931,6	73977,2	77676,06	25892,02	88772,64	29590,88
різальники	330593,08	172742,33	115707,58	60459,82	132237,23	69096,93
складальники	378710,64	189355,32	132548,72	66274,36	151484,26	75742,13
зварювальники	397013,93	196616,42	138954,87	68815,75	158805,57	78646,57
зачищувальники	331658,71	195093,36	116080,55	68282,68	132663,49	78037,34
контролери	128707,43		45047,6		51482,97	
транспортувальники	118039,68		41313,89		47215,87	

Продовження таблиці 4.5

Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	55870		19554,5		22348	
ремонтники	55870		19554,5		22348	
електрики	55870		19554,5		22348	
ІТР	98400		34440		39360	
МОП	96276		33696,6		38510,4	
Разом	2719021,99	1886898,66	951657,7	660414,53	1431780,49	1098931,16

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 Ст3пс	20,15	19,32
зварювальний дріт Св-08Г2С	6	5,64
захисна суміш (Ar 82% +CO ₂ 18%)	4,82	4,75
Поворотні відходи	5	
Паливо та енергія на технологічні цілі	61,14	59,93
Основна заробітна плата основних робітників	981,97	635,26
Додаткова заробітна плата основних робітників	343,69	222,34
Премії та надбавки основних робітників	392,79	254,1
Відрахування на соціальне страхування	24,06	15,56
Відрахування на медичне страхування	42,96	27,79
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	188,56	188,56
Цехові (дільничні) витрати	219,01	219,01
Всього цехова собівартість	2280,15	1646,96

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:						
згинальне	2	2	30000	30000	1500	1500
очищувальне	2	2	91000	91000	4550	4550
різальне	3	2	159000	159000	7950	7950
складальне	3	2	64500	64500	3225	3225
зварювальне	3	2	27000	27000	1350	1350
зачищувальне	3	2	6000	6000	300	300
контрольне	1	1	180000	180000	9000	9000
транспортне	1	1	69000	69000	3450	3450
Інструменти:						
молоток	9	7	320	320	16	16
щітка	6	5	46	46	2,3	2,3
шаблон	2	1	670	670	33,5	33,5
рулетка	6	4	179	179	8,95	8,95
маркер	6	4	126	126	6,3	6,3
лупа	1	1	68	68	3,4	3,4
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	10055000	10055000	5	502750	502750
Устаткування:					
згинальне	61500	61500	10,5	6457,5	6457,5
очищувальне	186550	186550	8,5	15856,75	15856,75
різальне	484950	325950	8,5	41220,75	27705,75
складальне	196725	132225	23,5	46230,38	31072,88
зварювальне	82350	55350	19,5	16058,25	10793,25
зачищувальне	18300	12300	8,5	1555,5	1045,5
контрольне	189000	189000	8,5	16065	16065
транспортне	72450	72450	19,5	14127,75	14128
Інструменти:			15		
молоток	2896	2256		434,4	338,4
щітка	278,3	232,3		41,75	34,85
шаблон	1373,5	703,5		206,03	105,53
рулетка	1082,95	724,95		162,44	108,74
маркер	762,3	510,3		114,35	76,55
лупа	71,4	71,4		10,71	10,71
Разом	11353289,45	11094823,45		661291,54	626549,14

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [16, с.27]:

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

де $C_{пз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{пз}= 8862,73$ грн);

$C_{пн}$ - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{пн}= 7529,5$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз}= 2280,15$ грн/шт);

$\Phi_{пн}$ - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{пн}= 1646,96$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((8862,73 + 0,15 \cdot 2280,15) - (7529,5 + 0,15 \cdot 1646,96)) \cdot 2400 = 3427700,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [16, с.28]:

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

де $\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз}= 16164360$ грн);

$\Phi_{осп}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осп}= 14420976$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [16,с.28]:

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

$$E_{ур} = 2400 \cdot (8862,73 - 7529,5) = 3199752 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{16164360 - 14420976}{3199752} = 0,55 \text{ р.}$$

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
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	8862,73	7529,5
Чисельність персоналу:			
- всього	чол	25	20
- основних робітників	чол	20	15
Фондомісткість продукції	грн/шт	2280,15	1646,96
Умовна річна економія	грн	-	3199752
Річний економічний ефект	грн	-	3427700,4
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,55
Місячний оклад основних робітників:			
- згинальники	грн	16537,5	16537,5
- очищувальники	грн	16151,18	16151,18
- розмічувальники	грн	16118,55	10745,7
- різальники	грн	16006,98	12546
- складальники	грн	18336,78	13752,59
- зварювальники	грн	19223	14279,95
- зачищувальники	грн	16058,57	14169,33
- контролери	грн	18695,64	18695,64
- транспортувальники	грн	17146,08	17146,08

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Захист від світлової радіації при зварюванні та різанні металоконструкцій

Для захисту очей і обличчя зварника від світлової радіації електричної дуги застосовують ручні щитки, маски або каски.

Ці вимоги регламентують захисні характеристики (відсутність проникнення випромінювання дуги, стійкість матеріалу корпусу до бризок розплавленого металу, питома електрична міцність матеріалу корпусу, опір ізоляції каски), а також масу, габаритні розміри й міцність щитка. Найважливішим і відповідальним елементом щитків є світлофільтри, призначені для захисту очей від ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного випромінювання. Світлове випромінювання дуги повинне бути послаблене світлофільтрами в $10^2 - 10^6$ разів. При цьому світлофільтри повинні мати достатню величину пропускання у видимій області спектра, що необхідно для спостереження за місцем зварювання [1, с.465].

Нині широко застосовують скляні світлофільтри серії С, які поділяють на 13 класів. Вони забезпечують захист очей від випромінювань при зварюванні та струмах від 5 до 1000 А [1, с.465].

Щитки випускають двох видів: із світлофільтром для нормального огляду (розміром 52x102 мм) і збільшеного (90x120 мм). Від подряпин, пропалів та інших пошкоджень зовні світлофільтр захищає скло товщиною до 2,5 мм. Усередині також установлюють прокладку з оргскла товщиною не більше 2 мм [1, с.465].

Захисні ручки й наголовні щитки для електрозварників із світлофільтрами для нормального та збільшеного огляду призначені для зварювання швів складної конфігурації (перехід із нижнього положення у

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стельове, вертикальне та в зворотному напрямку, для зварювання з підвищеною швидкістю або у важко доступних місцях).

Для захисту очей робітників застосовують відповідні окуляри. У випадках, коли зварювання можна здійснювати без захисного щитка або для спостереження за процесом при механізованому (автоматичному) зварюванні, використовують захисні окуляри із світлофільтрами. Для захисту очей допоміжних робітників застосовують окуляри В-1 і В-2 [1, с.466].

Широко застосовують щитки з автоматичним затемненням, у яких встановлено світлофільтр із змінним пропусканням світла. Принцип дії заснований на зміні коефіцієнта пропускання (прозорість фільтра) світлового випромінювання при запалюванні зварної дуги. Фільтр має три робочих стани: відкрите, закрите й проміжне. Забороняється зварювання «всліпу» і при частій зміні положення щитка при заміні електродів, контролю шва.

Робітників від світлової дуги захищають: обладнанням кабін для зварників (при зварюванні в стаціонарних умовах і порівняно невеликих розмірах зварних виробів); переносними щитками або ширмами з негорючих матеріалів (при непостійному робочому місці зварника і великих виробках).

Для послаблення контрасту між яскравістю світла дуги, поверхнею стін цеху (або кабін) і обладнання їх фарбують у світлі тони з розсіюваним відображенням світла, а також забезпечують хороше освітлення оточуючих предметів.

При ураженні очей світловою радіацією дуги необхідно негайно звернутися до лікаря, у випадку відсутності швидкої медичної допомоги очі промивають слабким розчином питної соди [1, с.467].

Таким чином, світлова радіація електричної дуги має негативний вплив на здоров'я зварників, особливо це стосується очей і незахищених ділянок шкіри. Тому під час виконання зварювальних робіт потрібно застосовувати захисні щитки, маски, каски, окуляри та захисний одяг, що унеможливить шкідливий вплив даного випромінювання.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

5.2 Розрахунок кількості вогнегасників для виробничого приміщення

Вимоги безпеки під час експлуатації вогнегасників [17]:

1. Під час експлуатації вогнегасників необхідно дотримуватися заходів безпеки, визначених нормативно-правовими актами та нормативними документами з питань охорони праці та експлуатації вогнегасників.

2. Забороняється [17]:

- експлуатувати вогнегасники з наявністю вм'ятин, опуклостей або тріщин на корпусі, запірно-пусковому пристрої, накидній гайці, а також у разі порушення герметичності з'єднань вузлів вогнегасника, несправності індикатора тиску (для закачних вогнегасників) та відсутності або пошкодження пломби;

- допускати механічні ушкодження корпусу та запірної арматури вогнегасника;

- розбирати і перезаряджати вогнегасники особам, які не мають права на проведення таких робіт;

- кидати вогнегасник у полум'я під час використання за призначенням та завдавати механічних пошкоджень для приведення його у дію;

- під час експлуатації вогнегасника спрямовувати його насадку (гнучкий рукав або розтруб) у бік людей, крім випадків використання для гасіння вогню на одязі та носимих речей на людині;

- використовувати вогнегасники для потреб, не пов'язаних з пожежогасінням;

- використовувати вогнегасники за відсутності розтруба або гнучкого рукава (залежно від типу вогнегасника).

3. Гасіння осередків пожежі, які виникли поза межами приміщень, потрібно здійснювати вогнегасником з навітряного боку та з безпечної відстані до осередку пожежі, але не менше ніж 1,5 метра.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Під час гасіння пожежі одночасно кількома вогнегасниками не дозволяється здійснювати гасіння струменями вогнегасної речовини, спрямованими назустріч один одному.

5. Газові вогнегасники мають застосовуватись у тих випадках, коли для ефективного гасіння пожежі необхідні вогнегасні речовини, що не пошкоджують обладнання та об'єкти (електронна апаратура, музеї, архіви тощо). Застосування порошкових вогнегасників для гасіння таких пожеж дозволяється лише за відсутності газових вогнегасників.

6. Під час застосування вогнегасника, придатного для гасіння пожежі електрообладнання, що перебуває під напругою електричного струму до 1000 В, необхідно дотримуватися рекомендацій, зазначених у паспорті на вогнегасник.

7. Забороняється застосовувати водяні та водопінні вогнегасники для гасіння обладнання, що перебуває під електричною напругою, а також для гасіння речовин, які вступають з водою в хімічну реакцію, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла та розбризкуванням речовини, якщо вони не призначені для цього.

8. Під час гасіння пожежі порошковими вогнегасниками необхідно брати до уваги утворення високої запиленості і, як наслідок, зниження видимості в приміщенні.

9. Під час гасіння пожежі газовими вогнегасниками необхідно враховувати можливість зниження концентрації кисню в повітрі приміщення, особливо якщо воно невелике за об'ємом. Забороняється триматися за розтруб вогнегасника.

У приміщеннях, де використання газових вогнегасників може створити небезпечну для життя людини концентрацію газів у повітрі, а також у разі використання пересувних газових вогнегасників необхідно використовувати ізолювальні засоби індивідуального захисту органів дихання [17].

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед використанням пересувних газових вогнегасників слід обмежити кількість обслуговуючого персоналу, який перебуває в приміщенні.

Критеріями вибору типу і необхідної кількості вогнегасників для захисту об'єкта є [17]:

- категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою виробничих, складських та лабораторних приміщень;
- клас можливої пожежі;
- придатність вогнегасника для гасіння пожежі певного класу та відповідність умовам його експлуатації;
- вогнегасна здатність вогнегасника конкретного типу;
- захищувана площа;
- до використання допускаються вогнегасники з конкретним типом (маркою) вогнегасної речовини, з якою вогнегасник має підтвердження відповідності вимогам національних стандартів

Будинки адміністративного та побутового призначення і громадські будинки, у тому числі підприємства, на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше, а в разі площі поверху більше 100 м² кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [17].

Крім того, слід передбачати по одному газовому вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше – на 20 м² площі підлоги в офісних приміщеннях з оргтехнікою, коморах, електрощитових, вентиляційних камерах та інших технічних приміщеннях;

Приміщення площею менше ніж 20 м², у яких розміщено оргтехніку, слід оснащувати переносним газовим вогнегасником ВВК-2 [17].

Завдання:

Розрахувати кількість вогнегасників, яка потрібна для зварювальної дільниці площею 300 м².

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Згідно основних критеріїв, що ставляться до вогнегасників і описані вище – кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [17]. Так як площа підлоги в нашому випадку становить 300 м², то маса вогнегасної речовини буде визначатися:

$$m = \frac{300}{10} = 30 \text{ кг.}$$

Отже потрібно 30 кг вогнегасної речовини для облаштування даного виробничого приміщення – зварювальної дільниці.

Для облаштування приміщення будуть використовуватись газові вуглекислотні вогнегасники ВВК-5, що показані на (рис. 5.1), з масою вогнегасної речовини 5 кг.



Рисунок 5.1 – Загальний вигляд вогнегасника ВВК-5

Тому загальна кількість вогнегасників ВВК-5 буде розраховуватись за наступним виразом:

$$n = \frac{30}{5} = 6 \text{ шт.}$$

Таким чином, для площі приміщення 300 м² необхідно використати шість газових вогнегасників типу ВВК-5.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Технологічний процес виготовлення стосується удосконалення певних операцій і обладнання при виробництві відповідного коліна. Даний виріб є елементом системи промислового трубопроводу, який виготовляється із конструкційної низьковуглецевої сталі Ст3пс.

Основні запровадження стосуються заміни способу зварювання, замість ручного використовуватиметься механізований спосіб в суміші захисних газів – аргону і вуглекислого газу; впровадження відповідного складального обладнання, яке дозволить пришвидшити виконання даних операцій.

Процес механізованого зварювання буде відбуватися із застосуванням обладнання Fronius TPS 270i C Pulse, на наступних режимах: діаметр дроту Св-08Г2С 1 мм, зварювальний струм 145 А, напруга на дузі 27 В, швидкість зварювання 18 м/год, швидкість подачі дроту 284 м/год, витрати захисної суміші 12 л/хв.

Складальні операції будуть виконуватися із використанням складальних стендів та позиціонерів типу D 52. Їх застосування дозволить підвищити якість виконуваних робіт та створить найкращі умови для формування зварних швів у нижньому положенні.

					КР.422.05.00.00.000.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 3пс. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3ps/> (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: 30.05.2025).
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: 30.05.2025).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Зварювальний напівавтомат TPS 270i C Pulse. Продукти та рішення TPS/i: веб-сайт. URL: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/zvaryvalni-tekhnologiyi/produkty/%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/migmag/tpsi/tpsi-compact/tps-270i-c-pulse> (дата звернення: 02.06.2025).

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Відрізний верстат по металу MPT PROFI 380 В 3000 Вт. Монтажні пили MPT: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/425650086/p425650086/> (дата звернення: 03.06.2025).

9. Плазмовий верстат з ЧПУ «СМ-1220». Верстати плазмового різання з ЧПУ: веб-сайт. URL: https://cncmachines.com.ua/product/cm-1220/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiArva5BhBiEiwA-oTnXVBcnzia3Mr2g2uuSx0Wjpif6X1o9t5xVpEV90FzBL-af3-bx9yKshoCrlQQAuD_BwE (дата звернення: 03.06.2025).

10. Гідравлічний трубозгинальний верстат PROMA HOT-150. Вальцьові верстати PROMA: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/232742467/p232742467/> (дата звернення: 03.06.2025).

11. Свердлильний верстат Optimum OPTIdrill DQ 32. Свердлильні верстати Optimum: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/281195273/p281195273/> (дата звернення: 03.06.2025).

12. Кутова шліфувальна машина DeWalt DWE 4257. Шліфувальні та полірувальні машини (болгарки) DeWalt: веб-сайт. URL: https://rozetka.com.ua/ua/dewalt_dwe4257/p59980744/ (дата звернення: 03.06.2025).

13. Ультразвуковий дефектоскоп УД-4Т. Обладнання контролю якості: веб-сайт. URL: <http://nktd.com.ua/vse-pribory/ultrazvukovoj-kontrol/ultrazvukovoj-defektoskop-ud-4t/> (дата звернення: 03.06.2025).

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

15. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Київ: Арістей, 2005. 268 с.

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

17. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» від 15.01.2018р. №25 зі змінами від 28.10.2020р. №765, від 23.06.2022р. №387. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 13.06.2025).

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ДОДАТКИ

					КР.422.05.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		