

Ім'я користувача:
Марина Костирко

Дата перевірки:
10.06.2021 15:27:03 EEST

Дата звіту:
10.06.2021 15:30:15 EEST

ID перевірки:
1008259501

Тип перевірки:
Doc vs Internet

ID користувача:
100001493

Назва документа: Гунченко ДП - на перевірку

Кількість сторінок: 91 Кількість слів: 14717 Кількість символів: 104289 Розмір файлу: 5.01 MB ID файлу: 1008330780

5.51% Схожість

Найбільша схожість: 0.67% з Інтернет-джерелом (<https://studfile.net/preview/9770003/page:16>)

5.51% Джерела з Інтернету

362

Сторінка 93

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0.03% Цитат

Цитати

1

Сторінка 94

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

348

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) _____

Кафедра зварювального виробництва

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: *Розробка технології складання і зварювання конструкції вузла зі сталі 12Х18Н10Т для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер*

Виконав: студент 2127ст. групи

_____ ***Гунченко О.В.***

(підпис)

Керівник роботи: _ ***професор Драган С.В.***

(посада, науковий ступень вчене звання)

(підпис)

Миколаїв – 2021 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
_____ О.М.Костін
(підпис)
«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Гунченко Олена Вікторівна
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології складання і зварювання конструкції вузла зі сталі 12X18H10T для транспортування маслоповітряної суміші.

Керівник роботи: Драган С.В.

Затверджені наказом ректора № _____ від «__» _____ 2021 року

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: креслення конструкції зварного вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД до маслобаку-суфлера, основний матеріал – сталь 12X18H10T, річна програма випуску – 60 шт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) _____

1) Вибрати та обґрунтувати способи зварювання. 2) Обрати зварювальні матеріали. 3) Розрахувати режими зварювання. 4) Оцінити структуру металу шва. 5) Розрахувати можливі деформації. 6) Вибрати технологічну оснастку. 7) Вибрати зварювальне устаткування. 8) Розробити технологію складання і зварювання. 9) Розрахувати технологічну собівартість складання і зварювання обраної конструкції.

5. Перелік презентаційних матеріалів: розробка технології складання і зварювання вузла зі сталі 12X18H10T, конструкція зварного вузла, оцінка структури сталі 12X18H10T, режими зварювання зварних з'єднань, спосіб зварювання та зварювальні матеріали, розрахунок базового струму ІДЗПЕ, визначення очікуваної структури металу шва, можливі деформації при зварюванні вузла, технологічний процес виготовлення вузла (2), технологічна собівартість складання та зварювання вузла, загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Драган С.В., професор		
2			
3			
4			
5			
6			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз існуючої технології виготовлення конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер		
2.	Розрахунок технології зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші		
3.	Розробка засобів технологічного оснащення		
4.	Розробка удосконаленої технології виготовлення конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші		
5.	Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання вузла		
6.	Охорона праці		
7.			
8.			

Студент

(підпис)

Гунченко О.В.

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Драган С.В.

(ПІБ)

Анотація

Тема: Розробка технології складання і зварювання конструкції вузла зі сталі 12X18H10T для транспортування маслоповітряної суміші.

Спеціальність: 131

Дипломник: Гунченко О.В., студентка групи 2127 ст

Група: 2127 ст

Керівник: Драган С.В.

У дипломному проекті розроблена технологія складання і зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер.

Визначені способи зварювання стикових і таврових з'єднань, обрані відповідні зварювальні матеріали, розраховані режими зварювання.

Розраховані можливі деформації, оцінена структура металу шва.

Обрані зварювальне устаткування та складальне обладнання.

Розроблена структурна схема технологічного процесу та визначено послідовність операцій складання і зварювання.

Розраховано собівартість виготовлення конструкції.

Розглянуті питання охорони праці зварювальних робіт.

Ключові слов: зварювання, технологія, розрахунок, вузол, складання, з'єднання.

Summary

Topic: Development of technology of assembly and welding of the knot from steel 12X18H10T for transportation the oil-air mix

Major: 131

Graduate student: Hunchenko O.V., student of group 2127 st

Group: 2127 st

Mentor: Dragan S.V.

In the diploma project developed technology of folding and welding of the knot for transporting the oil-air mixture from the engine GTE to the oil tank-breather.

Determined methods of welding and manufacturing butt welds and T-joints, used in the manufacture of the construction, selected appropriate welding materials, calculated welding regimes.

Calculated possible distortions, structure of metal assessed.

Selected welding equipment and assembly hardware.

Developed block diagram of the technological process and determined sequence of assembly and welding operations.

Calculated cost of construction manufacturing.

Considered issues of labor protection during welding.

Keywords: welding, technology, calculation, knot, assembly, T-joints.

	Зміст	стр.
	Вступ.....	4
1.	Аналіз існуючої технології виготовлення конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер.....	6
1.1.	Опис конструкції вузла та характеристика зварних з'єднань.....	7
1.2.	Характеристика основного металу.....	11
1.3.	Типові технології виготовлення тонкостінних посудин і проблеми забезпечення точності.....	15
1.4.	Висновки та постановка задач дипломного проекту.....	20
2.	Розрахунок технології зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші.....	21
2.1.	Вибір та обґрунтування способів зварювання.....	22
2.2.	Розрахунок режимів зварювання.....	31
2.3.	Визначення очікуваної структури металу шва.....	39
2.4.	Розрахунок можливих деформацій при зварюванні вузла для транспортування маслоповітряної суміші.....	43
	Висновки.....	48
3.	Розробка засобів технологічного оснащення.....	49
3.1.	Вибір та обґрунтування зварювального устаткування.....	50
3.2.	Вибір технологічної оснастки.....	54
	Висновки.....	55
4.	Розробка удосконаленої технології виготовлення конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші.....	56
4.1.	Розробка змісту технологічного процесу.....	57
4.2.	Контроль якості зварних з'єднань.....	63
	Висновки.....	63
5.	Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак-суфлер.....	65
	Висновки.....	75
6.	Охорона праці.....	76
	Висновки.....	83
	Загальні висновки.....	84
	Список використаних джерел.....	86
	Додатки.....	90

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ									
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Вступ					Літ	Арк	Аркушів		
Студент	Гунченко О.В.											4		
Керівник	Драган С.В.									НУК ім. адм. Макарова				
Консульт														
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.													

Вступ

Вузол для транспортування маслоповітряної суміші є складовою частиною мастильної системи газотурбінного двигуна. Вузол діаметром 120 мм з товщиною листа 1,5 мм виготовляється за допомогою зварювання зі сталі 12Х18Н10Т. При такій товщині конструкції, але невеликому діаметрі, раціональним є використання механізованого зварювання в захистних газах вольфрамовим електродом.

Вимоги до суцільності швів можна виконати за умови застосування більш досконалих способів зварювання, які дозволяють отримувати якісні зварні з'єднання з меншими затратами і є більш продуктивними.

Існуюча технологія характеризується трудомісткістю, економічно витратна.

Правильне обрання зварювальних матеріалів дає можливість отримання якісного шва, хімічний склад якого відповідатиме хімічному складу основного, що гарантує якість з'єднання.

Метою даного дипломного проекту є розробка технології складання і зварювання, яка забезпечує раціональне та якісне виготовлення конструкції вузла з використанням механізованих способів складання і зварювання.

					ДП.131.2127ст.08.06.00.ПЗ	Арк
						5
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ			
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Аналіз існуючої технології виготовлення конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак-суфлер	Літ	Арк	Аркушів
Студент	Гунченко О.В.						6	
Керівник	Драган С.В.							
Консульт						НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.							

Таблиця 1.1. Деталі для виготовлення підвузлів (вибірка)

№ поз	Найменування	Маса, кг	S, мм	Ескіз
1	Обичайка	1,31	1,5	
2	Обичайка	0,22	1,5	
3	Обичайка	0,39	1,5	
4	Труба (прокат ГОСТ 9941-81)	0,23	3	
5	Фланець	1,08	3	
6	Ребро	0,022	2	
7	Ребро	0,024	2	

Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
------	-----	----------	--------	------

ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ

Арк

8

Обичайки (1 - 3) зварюються з листів ГОСТ 5582-75 поздовжнім стиковим швом без розробки крайок (тип С2 ГОСТ 14771-76).

Фланець (5) виготовлений з листового прокату (ГОСТ 25054-81) і з'єднаний з трубою (4) стиковим швом з обробленням однієї крайки (тип С8 ГОСТ 14771-76).

Зварені обичайки (1 - 3) з'єднані між собою та з трубою (4) за допомогою стикового з'єднання (тип С2 ГОСТ 14771-76).

Ребра, на які опирається конструкція, приварені до корпусу маслобака-суфлера шаховим швом (тип Т3 ГОСТ 14771-76 – 25Z40Δ2).

Ребра (7) кріпляться до конструкції кутовим швом таврового з'єднання (тип Т2 ГОСТ 23518-79-Δ2).

Ребро (6) кріпиться до конструкції шаховим швом (тип Т3 ГОСТ 14771-76-25Z40Δ2).

Аналіз конструкції вузла і деталей, що входять до складу підвузлів та зварних з'єднань, показав наступне:

1) Деталі підвузлів є достатньо простими і можуть бути виготовлені з використанням механізованих способів обробки.

2) Зварні з'єднання є стандартними, легко доступними, відсутні з'єднання складної форми, що не потребує спеціальних заходів для їх виконання.

3) Конструкція вузла в цілому дозволяє використати для його виготовлення механізовані способи складання та зварювання.

Види, конструктивні елементи та розміри зварних з'єднань (вибірка) наведені в табл. 1.2.

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ	Арк
Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		9

Таблиця 1.2. Види, конструктивні елементи та розміри зварних з'єднань (вибірка) [8]
ГОСТ 14771-76

Умовне Позначення; тип з'єднання; форма підготовлених крайок	Характер виконаного шва	Конструктивні елементи		Спо-сіб зв.	s = s ₁	b		e		g		g ₁	
		Підготов- лених крайок зварюваних деталей	Шва зварного з'єднання			НОМІН.	гр. відх.	НОМІН.	гр. відх.	НОМІН.	гр. відх.	НОМІН.	гр. відх.
C2; стикове; без розробки крайок	Однобічний			ИНп	1,5 - 1,9	0	+	Не більше 7,0	±	0	±	0	± 0,5
C8; стикове; з обробленням однієї крайки	Однобічний			ИНп ИП	3,0 - 3,5	1	±	НОМІН. 6 - 7	Гр. відх. ±2,0	1,0	+ 0,5 - 1,0	-	-
T1; таврове; без розробки крайок	Однобічний			ИНп ИП УП	0,8 - 3,0	0	+	-	-	-	-	-	-
T3; таврове шахове; без розробки крайок	двобічний							-	-	-	-	-	-

1.2. Характеристика основного металу

Вузол для транспортування маслоповітряної суміші виготовляється з хромо-нікелевої сталі марки 12X18H10T. Ця сталь відноситься до класу аустенітних нержавіючих титановмісних, кріогенних і поставляється за ГОСТ 5632-72 [9]. Перевагою таких сталей є висока пластичність і ударна в'язкість [42].

Хімічний склад сталі, її механічні властивості, ударна в'язкість та теплофізичні властивості наведені відповідно в табл. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6.

Таблиця 1.3. Хімічний склад сталі 12X18H10T, (%) [44]

C	Si	Cu	Mn	Ni	Ti	P	Cr	S
до 0,12	до 0,8	до 0,30	до 2,0	9,0 11,0	0,6 – 1	до 0,035	17,0 19,0	до 0,020

Таблиця 1.4. Механічні властивості сталі 12X18H10T при T= 20°C [43]

Сортамент	ГОСТ	$\sigma_{в,};$ Н/мм ² (Межа короточасної міцності)	$\sigma_{0,2};$ Н/мм ² (Межа пропорційності)	$\delta_5;$ % (Відносне подовження при розриві)	Термообробка
		не менше			
Труба холоднодеформована	9941-81	549	540	35	
Лист тонкий	5582-75	530	205	40	Загартування 1050 - 1080°С, Охолодження - вода
Поковка	25054-81	510	196	35	Загартування 1050 - 1100°С, Охолодження - вода чи повітря

Таблиця 1.5. Ударна в'язкість сталі 12X18H10T КСУ, Дж/см² [44]

T= +20 °C	T= -40 °C	T= -75 °C
286	303	319

Таблиця 1.6. Теплофізичні властивості сталі 12X18H10T [21]

Щільність, кг/м ³	Модуль пружності, Н/мм ² при 20 °С	Питомий електроопір, Ом×м при 20 °С	Коефіцієнт термічності лінійного розширення α×10 ⁶ , 1/град	Об'ємна теплопровідність ср, Дж/см ³ ×град
7,9 × 10 ³	18 × 10 ⁴	0,75 × 10 ⁶	16,6	4,3

Оцінемо зварюваність сталі 12X18H10T.

Високі антикорозійні властивості сталі 12X18H10T забезпечує високий вміст хрому. Хром підвищує твердість і міцність сталі, при цьому не надто зменшуючи її пластичність. Також збільшує корозійну стійкість сталі. Значний вміст хрому робить сталь нержавіючою та забезпечує стійкість магнітних сил.

Наявність нікелю сприяє аустенітній структурі металу і дозволяє в результаті поєднувати розширення експлуатаційних характеристик сталі з відмінною технологічністю під час обробки. Крім цього наявність нікелю в сплаві змінює його властивості і підвищує опір металу впливу кислот і лугів. Нікель також надає сталі корозійну стійкість, високу міцність і пластичність, збільшує прожарюваність, впливає на зміну коефіцієнта теплового розширення.

Присутність титану і кремнію в сталі призводять до утворення фериту, що змінює характеристики, усуває міжкристалітну корозію в зварювальних швах, уповільнює швидкість росту зерна при нагріванні і збільшує щільність одержуваного зплаву. Також титан є гарним розкислювачем [25].

Аустенітні сталі не схильні до утворення холодних тріщин.

Стійкість проти гарячих тріщин для сталі 12X18H10T визначають за розрахуванням значень еквівалентів хрому та нікелю за діаграмою Шефлера (рис. 1.2) [23].

Вміст фериту в зварних швах та наплавленому металі визначається за емпіричними формулами (1.1. та 1.2) [23] еквівалентних значень хрому ($Cr_{екв}$) і нікелю ($Ni_{екв}$):

$$Cr_{екв} = \%Cr + \%Si \times 1,5 + \%Nb \times 0,5 + \%Mo + \%V \times 0,8 + \%Ti \times 4,0 \quad (1.1)$$

$$Cr_{екв} = 18 + 0,7 \times 1,5 + 0,8 \times 4 = 18 + 1,05 + 3,2 = 22,25 \% ;$$

$$Ni_{екв} = \%Ni + \%C \times 30 + \%Mn \times 0,5 \quad (1.2)$$

$$Ni_{екв} = 10 + 0,12 \times 30 + 2 \times 0,5 = 10 + 3,6 + 1 = 14,6 \% .$$

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ	Арк
Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рис. 1.2 - Оцінка структури сталі 12Х18Н10Т за допомогою діаграми Шефлера

За діаграмою Шефлера вміст ферриту до 5%. Підвищений вміст від 2 до 6 % забезпечує суттєве зниження вірогідності утворення тріщин в швах.

Сталь не є схильною до утворення гарячих тріщин.

Розрахуємо стійкість сталі проти гарячих тріщин за формулою (1.3) [23]:

$$\frac{Cr_e}{Ni_e} = \frac{Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu} \quad (1.3)$$

$$\frac{Cr_e}{Ni_e} = \frac{18 + 1,37 \times 0 + 1,5 \times 0,8 + 2 \times 0 + 3 \times 0,8}{10 + 0,31 \times 2 + 22 \times 0,12 + 14,2 \times 0 + 0,3} = 1,52$$

$\frac{Cr_e}{Ni_e} > 1,5$ то зварні шви потенційно не є схильними до утворення гарячих тріщин.

Аустенітні сталі мають низьку схильність до росту зерна, добре зварюються ручним, автоматичним і механізованим зварюванням, мають високі характеристики пластичності і в'язкості металу. Зміна вмісту хрому і нікелю, а також введення додаткових легуючих домішок і застосування термічної обробки дозволяють в широких межах змінити механічні властивості зварюваного і наплавленого металу, а також їх кислотостійкість, окалиностійкість і жароміцність [16].

Матеріал конструкції та зварні шви повністю гарантують герметичність внутрішньої порожнини секції.

Оцінюючи зварюваність хромонікелевих аустенітних сталей різного призначення зазначимо, що забезпечення необхідних властивостей зварних з'єднань вимагають часто прийняття спеціальних заходів.

Аустенітні сталі мають низьку теплопровідність і високий температурний коефіцієнт лінійного розширення, що обумовлює перегрів металу в зоні зварювання і виникнення значних деформацій виробів. Основні труднощі зварювання розглянутих сталей і сплавів обумовлені високим ступенем легування і різноманітністю умов експлуатації зварних конструкцій (корозійна стійкість, жаростійкість або жароміцність, холодостійкість) [36]. Основна особливість зварювання таких сталей - схильність до утворення в шві і околшовній зоні гарячих тріщин у вигляді як найдрібніших мікротріщин, так і тріщин значних розмірів. Утворення гарячих тріщин пов'язано з формуванням при зварюванні крупнозернистої макроструктури. Застосування методів, що сприяють подрібненню кристалів, підвищує стійкість шва проти утворення гарячих тріщин. Ефективним засобом є створення аустенитно-феритної структури металу шва. Отримання аустенитно-феритних швів досягається шляхом додаткового легування металу шва хромом, кремнієм, алюмінієм, молібденом і ін. Значні швидкості охолодження при зварюванні і дифузійні процеси, що відбуваються при підвищених температурах в процесі експлуатації, призводять до сильного окрихчування металу зварних з'єднань жароміцних сталей і до втрати міцності при високих температурах, що може викликати утворення тріщин. Запобігання виникненню тріщин в деталях досягається аустенізацією після зварювання при температурі 1050 - 1100°C. При аустенізації також відбувається зняття залишкових напруг [45].

Через високий коефіцієнт теплового розширення сумарна внутрішня пластична деформація металу шва і біляшовної зони при зварюванні високолегованих сталей вища ніж в низьколегованих сталях. В результаті при зварюванні багат шарових швів (багато кратна пластична деформація), жорстких

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ	Арк
Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		14

з'єднань та ін. біляшовна зона та нижні шари металу шва можуть помітно зміцнитися. Самонаклепання також збільшує кількість феритної фази, а, отже, і вірогідність окрихчування(сигматизації) швів [3].

Аналіз властивостей сталі 12X18H10T та оцінка її зварюваності свідчить проте, що вона може добре зварюватися будь-яким дуговим способом.

1.3. Типові технології виготовлення тонкостінних посудин і проблеми забезпечення точності

Вузол, що розглядається в даному проекті, можна віднести до тонколистових замкнутих конструкцій, тому для вибору раціонального технологічного процесу виготовлення транспортувального вузла проаналізуємо типові технології виготовлення подібних конструкцій.

Як приклад розглянемо виготовлення посудин із стінкою товщиною до 7 мм.

Циліндричні посудини зазвичай збирають із декількох обичаєк. Обичайки вальцюють із одинарного листа або із зварної карти при розташуванні швів упродовж твірної. Поздовжній стик обичайки збирають на прихоплених за допомогою простих стяжних пристосувань.

Характерними для посудин є стикові з'єднання. Обичайки зварюють прямолінійними поздовжніми швами.

Приклади конструктивного оформлення стикових з'єднань показані на рис. 1.3. З'єднання без підкладки (рис. 1.3, а) є основним, але являє труднощі для складання і зварювання з повним проплавленням. З'єднання з підкладкою, що залишається (рис. 1.3, б) дозволяють спростити складання і зварювання кільцевого шва, але застосовуються лише для сталей низької і середньої міцності, які мають добру зварюваність і малу чутливість до концентраторів напружень. З'єднання з місцевим потовщенням стінки в зоні шва (рис. 1.3, в) використовують у випадку необхідності компенсувати знеміцнення основного металу в зоні з'єднання.

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ	Арк
Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

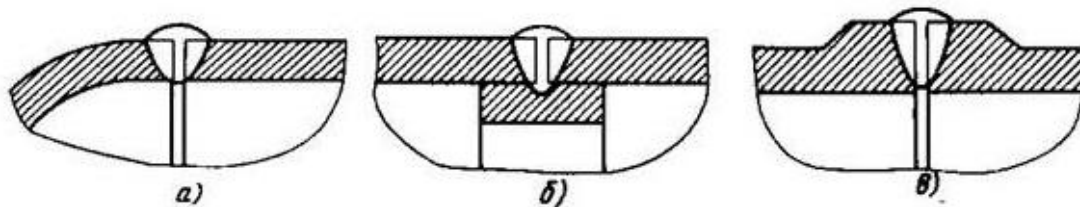


Рис. 1.3 - Конструктивне оформлення кільцевих стикових з'єднань

Технологія складання і одностороннього зварювання поздовжніх швів тонкостінних посудин передбачає застосування стендів з клавішними притискачами (рис. 1.4.), що забезпечують рівномірне і щільне притискання кромки до підкладки.

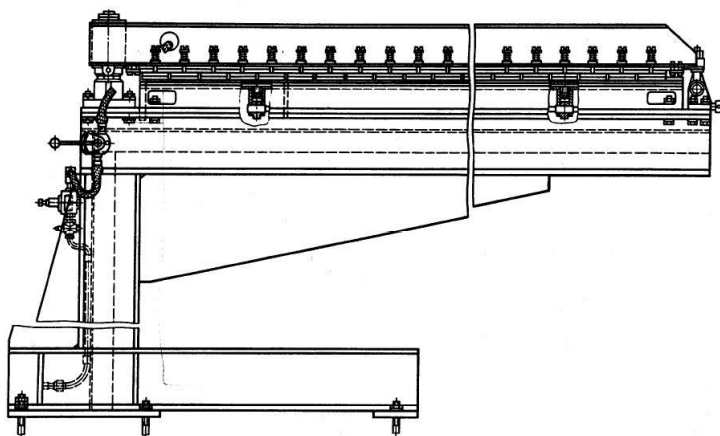


Рис. 1.4 - Стенд для зварювання поздовжніх швів

На рис. 1.5. показаний поздовжній переріз пристрою для притиснення крайок. Крайки обичайки притискаються до ложементу 2 з підкладкою 3 клавішними притискачами 1, закріпленними на балках 5. Тиск на клавіші передається пневмошлангами 4.

Установлення і притискання крайок обичайки здійснюються в такій послідовності. Поворот ексцентрикового валика 1 (рис. 1.6.) із прокладки висуваються фіксатори 2, після чого до упору в них з правого боку заводиться перша крайка і затискається подачею повітря в шланг.

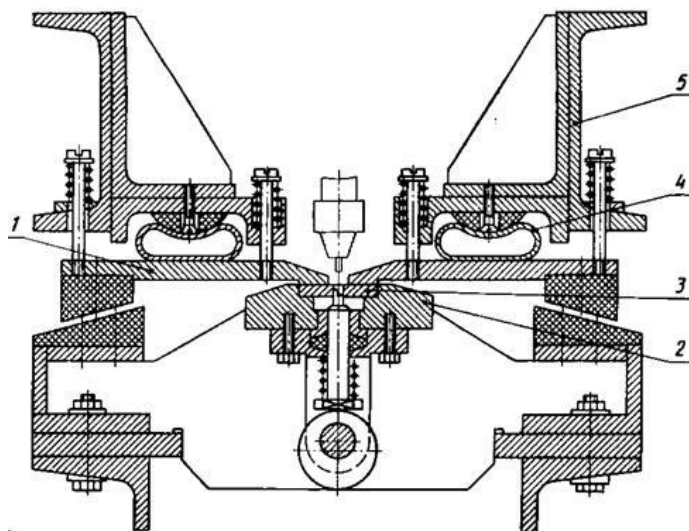


Рис. 1.5 - Пристосування для притиску крайок поздовжнього шва

Після цього фіксатори прибирають, другу крайку подають до упору в затиснену першу і затискають своїми притискачами. Таким чином досягається точна установка зварюваного стику по вісі підкладки.

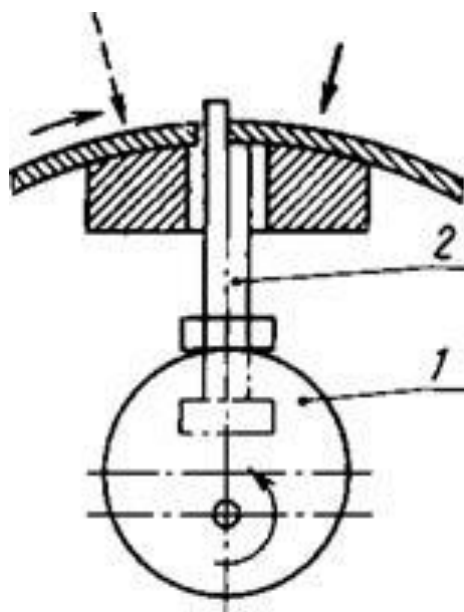


Рис. 1.6 - Робота пристрою орієнтування крайок поздовжнього шва

Зварювання кільцевих швів, зібраних встик без підкладки, що залишається, як правило, виконують на внутрішній розтискній підкладці. Однак внаслідок розігріву і розширення металу в зоні зварювання можливий відхід крайок від підкладки (рис. 1.7.), що викликає їх взаємне зміщення чи навіть пропалювання.

Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ

Арк

17

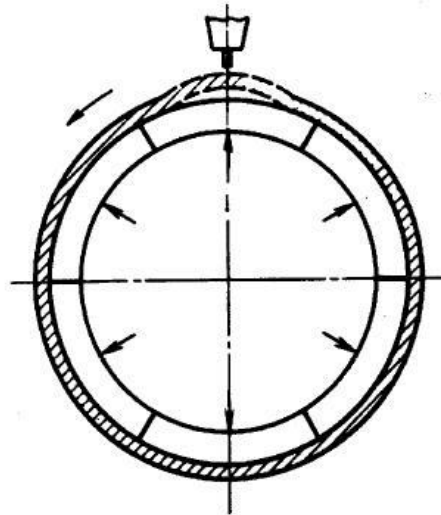


Рис. 1.7 – Схема підйому крайок при зварюванні кільцевого стику на розтискній оправці

Для притискання крайок до підкладки можна застосовувати зовнішні стягувальні стрічки (рис. 1.8.), але при цьому переміщення крайок видаляються лише частково.

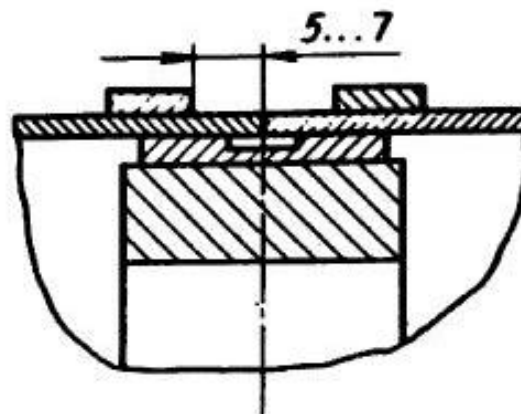


Рис. 1.8 – Складання кільцевого стику за допомогою зтягувальних стрічок

Більш ефективним виявляється притискання крайок до підкладного кільця роликом, що перекочується по крайкам безпосередньо перед зварювальною дугою (рис. 1.9). Пристрій закріплюється на консолі перед зварювальною головкою. Присадковий зварювальний дріт 2 проходить під роликом 1, що має кільцеву проточку.

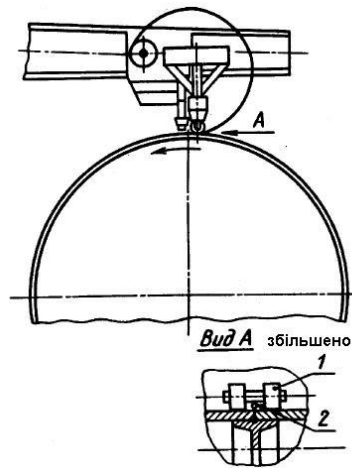


Рис. 1.9 – Прилад для притискання крайок до підкладного кільця перед зварювальною головкою

Кільцевий шов можна виконувати зварюванням зсередини обичайки, розташовуючи розтискувальну оправку з зовнішньої сторони (рис. 1.10). В цьому випадку місцевий розігрів крайок при зварюванні викликає збільшення зусилля їх притискання до зовнішньої оправки і покращення тепловідведення [24].

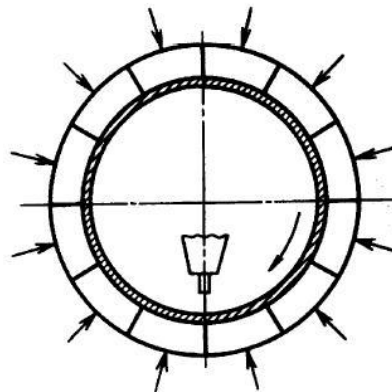


Рис. 1.10 – Схема зварювання кільцевого стику із зовнішнім закріпленням

Розглянувши типові технології виготовлення тонкостінних судів та врахувавши особливості конструкції, що розглядається в дипломному проекті робимо висновок про, що вищезазначені технології підходять частково для використання в даній роботі. Проте з урахуванням того, що конструкція має маленькі розміри, використання автоматичних способів складання і зварювання, що запропоновані розглянутими технологіями, не є доцільним.

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ	Арк
Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		19

1.4. Висновки та постановка задач дипломного проекту

1. Аналіз конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші та типових технологій виготовлення тонкостінних оболонкових конструкцій показав, що конструкція вузла є достатньо технологічною, допускає використання механізованих способів складання та зварювання. Всі шви легкодоступні.

2. Матеріалом, з якого виготовлена конструкція, є сталь 12X18H10T. Сталь має аустенітно-ферритну структуру, нержавіюча, не схильна до холодних та гарячих тріщин, добре зварюється в середовищі захисних газів.

3. Розглянувши способи виготовлення тонкостінних судів за типовими технологіями, визначено, що часткове використання рекомендованих способів в виготовленні даної конструкції є придатним.

Виходячи з вищезазначеного, та для досягнення мети дипломного проекту, слід вирішити наступні задачі:

1. Вибрати та обґрунтувати способи зварювання.
2. Обрати зварювальні матеріали.
3. Розрахувати режими зварювання.
4. Оцінити структуру металу шва.
5. Розрахувати можливі деформації.
6. Вибрати технологічну оснастку.
7. Вибрати зварювальне устаткування.
8. Розробити технологію складання і зварювання.
9. Розрахувати технологічну собівартість складання і зварювання обраної конструкції.

					ДП.131.2127ст.08.01.06.ПЗ	Арк
Ізм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ			
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Гунченко О.В.			Розрахунок технології зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші	Літ.	Арк	Аркушів
Керівник.		Драган С.В.					21	
Консульт						НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед		Квасницький В.Ф.						

2. Розрахунок технології зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші

2.1. Вибір та обґрунтування способів зварювання

Оскільки сталь 12X18H10T добре зварюється всіма способами дугового зварювання, а зварні з'єднання є доступними, то для їх виконання принципово можливо використання таких способів дугового зварювання як механізоване зварювання у захисних газах плавким електродом, ручне дугове зварювання покритим електродом та зварювання під флюсом.

З метою вибору оптимального способу зварювання сталі 12X18H10T розглянемо декілька способів, які можуть бути застосовані для виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД до маслобака-суфлера.

Ручне дугове зварювання

При ручному дуговому зварюванні до електроду та зварювального виробу від джерела зварювального струму підводиться постійний або змінний струм. Дуга горить між металевим стрижнем електрода і основним металом (рис. 2.1). Під дією тепла дуги метал електрода, покриття електрода і основний метал розплавляються, утворюючи зварювальну ванну. Краплі рідкого металу з торця електродного стрижня переносяться в ванну через дуговий проміжок. Разом зі стрижнем плавиться покриття електрода, утворюючи навколо дуги газовий захист та рідку шлакову ванну. В міру руху дуги метал у зварювальній ванні кристалізується утворюючи зварний шов і шлакову кірку на поверхні шва [46].

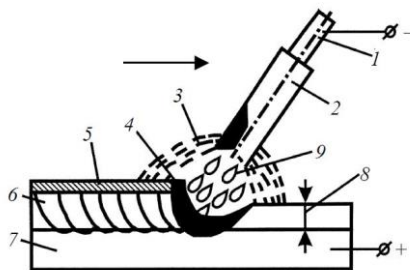


Рис. 2.1 - Схема ручного дугового зварювання металевим електродом з покриттям: 1 – металевий стрижень; 2 – покриття електрода; 3 – газова атмосфера дуги; 4 – зварювальна ванна; 5 – затверділий шлак; 6 – метал шва; 7 – основний метал; 8 – глибина проплавлення; 9 – краплі розплавленого електродного металу

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

Переваги та недоліки способу

Переваги:

- 1) можливість зварювання в будь-яких просторових положеннях;
- 2) можливість зварювання в місцях з обмеженим доступом;
- 3) порівняно швидкий перехід від одного матеріалу, що зварюється, до іншого;
- 4) можливість зварювання різноманітних сталей;
- 5) простота і відносно легке переміщення зварювального обладнання.

Недоліки:

- 1) низький ККД та продуктивність, порівняно з іншими способами зварювання;
- 2) якість з'єднання у більшості залежить від кваліфікації зварювальника;
- 3) шкідливі умови процесу зварювання [38].

Даний спосіб передбачає велике фізичне навантаження на виконавця, а також вирізняється низькою продуктивністю. Виходячи з цього, використовувати цей спосіб зварювання для виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші не доцільно.

Зварювання під флюсом

При дуговому зварюванні під флюсом захист розплавленого металу від атмосферного повітря в зоні зварювання здійснюється за допомогою порошкоподібної речовини - флюсу. Зварювальна дуга горить під шаром флюсу між кінцем зварювального дроту і виробом у газовому пузирі, що утворюється навколо стовпа дуги з парів присадного та основного металів і продуктів дисоціації складових флюсу (рис. 2.2). Розплавлена частина флюсу оточує газовий пузир і вкриває зварювальну ванну б тонким шаром шлаку, цим самим перешкоджаючи стіканню розплавленого присадного та основного металів з киснем і азотом повітря. Після остигання шлак у вигляді шлакової кірки легко відділяється від наплавленого металу. Невикористана частина флюсу відсмоктується з виробу назад у бункер за допомогою флюсовідсмоктувальних пристроїв [1].

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						23
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

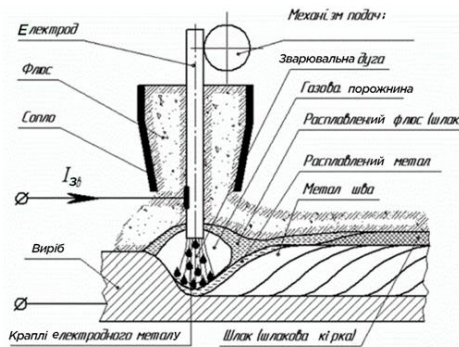


Рис. 2.2 - Схема зварювання під флюсом

Переваги та недоліки зварювання під флюсом

Переваги:

- 1) В 10...15 разів підвищується продуктивність зварювання, досягається однорідність шва і підвищується якість наплавленого металу [1];
- 2) економиться зварювальний дріт у зв'язку зі зменшенням витрат металу на вигар та розбризкування і відсутністю недогарків;
- 3) полегшується праця робітника.
- 4) Продуктивність зварювання під флюсом підвищується переважно за рахунок застосування більших зварювальних струмів і безперервності процесу. Під час зварювання відкритою дугою максимально допустимі струми 500...600 А. Більші струми спричиняють підвищене розбризкування металу і порушують формування шва. Занурення дуги у флюс дає змогу збільшувати силу струму до 3000...4000 А без погіршення якості шва і значних витрат на вигар та розбризкування. Звичайно ці витрати при зварюванні під флюсом не перевищують 1,5...2%, тоді як при зварюванні відкритою дугою вони досягаються 20...30%.

Недоліки:

- 1) Місце зварювання закрито флюсом завтовшки 50...60 мм, тому підвищуються вимоги до точності підготовки і складання виробів для зварювання;
- 2) важко виконувати шви невеликої довжини, та неможливе зварювання в різних просторових положеннях.
- 3) неможливість зварювання металу малої товщини. Мінімальна товщина деталей при зварюванні (без відборткування крайок) згідно з ГОСТ 8713-79

становить 2,0 мм [2].

Для даної конструкції вузла такий вид зварювання не є зручним через переважно циліндричну форму деталей, їх малу товщину та невелику протяжність швів, розташованих у різних просторових положеннях. Отже використання цього способу зварювання не можна вважати придатним.

Зварювання в захисних газах

Зварювання в захисних газах можна виконувати неплавким, зазвичай вольфрамовим, або плавким електродом. У першому випадку зварний шов утворюється за рахунок розплавлення кромки виробу і, якщо необхідно, присадного дроту, що подається в зону дуги. Плавкий електрод в процесі зварювання розплавляється і бере участь в утворенні металу шва (рис. 2.3). Для захисту застосовують три групи газів: інертні (аргон, гелій); активні (вуглекислий газ, азот, водень і ін.); суміш газів інертних, активних або першою і другою груп. Вибір захисного газу визначається хімічним складом зварюваного металу, вимогами, що пред'являються до властивостей зварного з'єднання, економічністю процесу і іншими чинниками.

Суміш інертних газів з активними рекомендується застосовувати і для підвищення стійкості дуги, збільшення глибини проплавлення і зміни форми шва, металургійної обробки розплавленого металу, підвищення продуктивності зварювання. При зварюванні в суміші газів підвищується перехід електродного металу в шов.

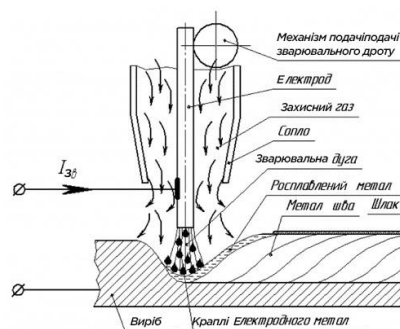


Рис. 2.3 – Схема зварювання у захисних газах плавким електродом

Переваги та недоліки зварювання в захисних газах у порівнянні з іншими способами

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						25
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги способу:

- 4) висока якість зварних з'єднань різних металів і їх сплавів різної товщини, особливо при зварюванні в інертних газах через мале вигорання легуючих елементів;
- 5) можливість зварювання в різних просторових положеннях;
- 6) відсутність операцій по засипанню і прибиранню флюсу та видаленню шлаку;
- 7) можливість спостереження за утворенням шва, що особливо важливе при механізованому зварюванні;
- 8) висока продуктивність і легкість механізації і автоматизації процесу;
- 9) низька вартість при використанні активних захисних газів.

Недоліки:

- 1) необхідність використання заходів щодо захисту проти світлової і теплової радіації дуги;
- 2) можливість порушення газового захисту при задуванні струменя газу рухом повітря або при забризкуванні сопла;
- 3) втрати металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва і виробу;
- 4) необхідність газової апаратури і, в деяких випадках, водяного охолодження пальника [37].

З урахуванням геометрії конструкції, її розмірів, товщини металу та марки матеріалу, що використовується робимо висновок про доцільність обрання для роботи над даним проектом механізованого зварювання в середовищі захисних газів.

Різновидом зварювання в захисних газах є імпульсно-дугове зварювання при якому на основний (фоновий) зварювальний струм накладаються, з певною частотою, додаткові імпульси струму. Цей вид зварювання здобув великої популярності завдяки тому, що він забезпечує якісний зварний шов практично без дефектів, добре сформований зворотній валик, що не потребує зачистки і має достатню міцність зварного з'єднання [18].

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						26
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Імпульсно-дугове зварювання

Імпульсно-дугове зварювання плавким електродом (ІДЗПЕ) належить до механізованих способів зварювання з програмним керуванням процесом, зокрема з періодичною зміною потужності дуги.

Цей спосіб дає змогу працювати при низьких значеннях зварювального струму в усіх просторових положеннях і отримувати добре формування зварного шва з малим розбризкуванням електродного металу. Імпульсно-дугове зварювання використовується при виготовленні конструкцій із алюмінієвих сплавів, титану і його сплавів. Розвиток технології та обладнання для ІДЗПЕ в активних газах зробив цей процес перспективним і при виготовленні конструкцій із маловуглецевих та легованих сталей.

Імпульсно-дугове зварювання плавким електродом здійснюється переважно при безперервному горінні дуги, тому як захисне середовище використовується аргон та аргоноокислювальні суміші. Іноді ІДЗПЕ виконується у середовищі вуглекислого газу.

Імпульсно-дугове зварювання плавким електродом – це процес програмного керування плавленням та перенесенням металу шляхом зміни струму у вигляді імпульсів значної потужності. Найбільш поширеним є 150 процес ІДЗПЕ «довгою дугою» – без замикання дугового проміжку. Типову осцилограму ІДЗПЕ наведено на рис. 2.4. Основними параметрами процесу ІДЗПЕ, крім відомих параметрів режиму зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів, є: амплітуда імпульсу I_i , базовий струм I_0 , тривалість імпульсу t_i , паузи $t_{\text{п}}$ та циклу $T_{\text{ц}} = t_i + t_{\text{п}}$, частота імпульсів $f = 1/T_{\text{ц}}$, швидкості наростання та спадення струму імпульсу.

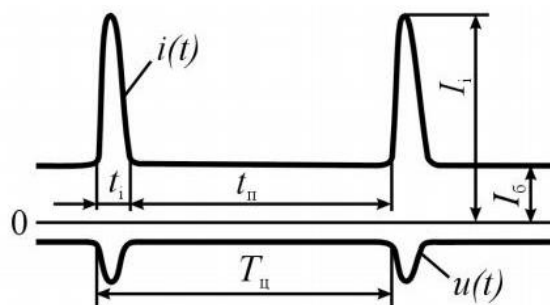


Рис. 2.4 - Осцилограма струму і напруги в дузі при імпульсно-дуговому зварюванні плавким електродом

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		27

Головна особливість процесу ІДЗПЕ – кероване перенесення електродного металу. Існують два різновиди керованого перенесення металу при зварюванні довгою дугою. Перший полягає у тому, що при кожному імпульсі струму від електрода відбирається та переноситься у зварювальну вану одна крапля розплавленого металу. Такий процес характерний для зварювання в аргоні. Другий різновид полягає у тому, що під час дії імпульсу (як правило, більшої тривалості, ніж у першому випадку) відбувається інтенсивне плавлення електроду зі струменевим переносом металу – імпульсно-дугове зварювання плавким електродом з перервно-струменевим перенесенням металу. Цей процес характерний для зварювання активованим електродом струмом прямої полярності як в активних, так і в інертних газах, а також може використовуватися для зварювання в аргоні струмом зворотної полярності.

Використання ІДЗПЕ дає змогу вести процес з дрібнокраплинним перенесенням металу на струмі у 2,5...3,0 раза нижче критичного. Це розширює діапазон режимів зварювання, дає змогу здійснювати процес у положеннях, відмінних від нижнього, зварювати метал малої товщини. Імпульсно-дугове зварювання плавким електродом ефективно замінює зварювання неплавким електродом, забезпечує велику концентрацію енергії і одночасно не приводить до появи у металі шва вольфрамових включень [11].

Переваги та недоліки імпульсно-дугового зварювання

Переваги:

1) підвищення продуктивності. Імпульсний режим забезпечує краще перенесення металу. Крім того, обладнання є адаптивним і простим у налаштуванні, тому на навчання витрачається менше робочого часу;

2) покращена якість зварювання. При зварюванні у режимі MIG PULS забезпечується висока якість зварювання. Стабільне горіння дуги без розбризкування металу сприяє більш економному використанню трудових ресурсів, а синергетичне керування дає змогу отримати високоякісні зварні шви навіть новачку;

3) відсутність розбризкування та зменшення димовиділення через

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						28
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

контрольоване перенесення металу;

4) зниження тепловкладень. Імпульсний режим забезпечує кероване введення тепла у деталь, таким чином поліпшується загальна якість шва та зменшуються деформації деталі після зварювання [19];

5) енергозбереження. Інверторні джерела живлення, що побудовані на сучасній елементній базі, надзвичайно енергоефективні, електрична енергія використовується повною мірою при перетвореннях і в меншій мірі виділяється на нагрівання внутрішніх компонентів. Додаткова функція гібернації дозволяє максимально знижувати споживання електроенергії в режимі очікування [20].

Недоліки:

- 1) висока вартість обладнання;
- 2) непридатний для великих зварювальних обсягів;
- 3) обмежений вибір захисних газів [20, 17].

Таким чином, виходячи з проведеного аналізу способів зварювання і з урахуванням особливості конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД до маслобаку–суфлера вибираємо спосіб імпульсно-дугового зварювання. В першу чергу даний метод дозволяє виключити не тільки прямий контакт присадного матеріалу з оброблюваним металом, а й перегрів, і пропалення виробу, а також збільшити продуктивність. Цей спосіб доцільно використовувати для зварювання тонкостінних конструкцій отримуючи, при цьому, високоякісні шви високої міцності, а зварювання можливе в будь-яких просторових положеннях.

Безперервність процесу - головна перевага даного виду зварювання, саме завдяки йому вдається домогтися якісного зварного шва. Зварювальні роботи проводяться в інертному (аргон) газовому середовищі [34].

Переваги:

- 1) характеризується міцністю і якістю шва;
- 2) робить дугу більш стійкою;
- 3) зменшує розбризкування металу [20, 17].

Для імпульсно-дугового зварювання використовуємо зварювальний дріт Св-

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						29
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

07X19H10Б. Даний дріт підходить за хімічним складом до даного матеріалу сталі 12X18H10T та має високі механічні властивості. Також в обраному дроті використовуються чисті метали, через що отримані з'єднання здатні витримувати великі навантаження та напруження, а відсутність домішок в швах дозволяє говорити про їх високу міцність [33].

Зварювальний дріт Св-07X19H10Б – це нержавіючий високолегований дріт, призначений для зварювання хромонікелевих сталей типу 12X18H10T, 08X18H10, 12X18H9T, 08X18H12T, 08X18H12Б і їм подібних, коли до металу шва пред'являють жорсткі вимоги стійкості до міжкристалітної корозії.

Дріт Св-07X19H10Б (Аналог ER347) використовується для зварювання різнорідних сталей, а також для зварювання виробів, для яких температура робочого середовища вище за 350° С, і присутні вимоги щодо стійкості металу шва проти МКК.

Зварювальний дріт Св-07X19H10Б додатково легований ніобієм (Nb), що впливає на додаткову стабілізацію металу зварного шва.

Метал зварювального шва не є схильним до міжкристалітної корозії [34].

Хімічний склад використовуваного зварювального дроту та механічні властивості металу шва наведені відповідно в табл. 2.1. і 2.2.

Таблиця 2.1 Хімічний склад зварювального дроту Св-07X19H10Б, % [34]

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Nb	Ti
0.05-0.09	1.50-2.00	≤0.70	≤0.018	≤0.025	18.50-20.50	9.00-10.50	1.20-1.50	0,5-1

Таблиця 2.2 Механічні властивості металу шва [34]

Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість - KCV (-20° С), Дж/см ²
600	450	40	130

В процесі MIG зварювання нержавіючих сталей чистий аргон застосовується рідко. Без компонентів активних газів, наприклад CO₂ або кисню дуга буває нестабільною [15].

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						30
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Суміш $\text{Ar} + \text{O}_2$ забезпечує стабільне горіння дуги і процес зварювання без інтенсивного розбризкування. Але ця суміш в порівнянні з сумішшю $\text{Ar} + \text{CO}_2$ має і свої недоліки. Це велика ступінь окисації, мале тепловкладення і схильність до пористості шва.

Захисні гази на основі аргону, в складі яких концентрація CO_2 приблизно дорівнює 2,5%, найбільш підходять для MIG зварювання хромонікелевих сталей. В результаті процесів дисоціації і рекомбінації молекул CO_2 під впливом зварювальної дуги поліпшується тепловкладення, а також зменшується окисація і пористість шва. В порівнянні із застосуванням сумішей $\text{Ar} + \text{O}_2$ шов стає ширше, а через більше тепловкладання сплавлення основного і присадного металу стає більш якісним [47].

Таким чином, для вибраного способу механізованого імпульсно-дугового зварювання застосовуємо зварювальний дріт Св-07Х19Н10Б та захисну газову суміш 97,5% $\text{Ar} + 2,5\% \text{CO}_2$.

2.2. Розрахунок режимів зварювання

Для таврових з'єднань Т1 та Т3, а також для стикових з'єднань зі скосом крайки С8 (див. табл. 1.2) режими зварювання розраховуємо за площею наплавленого металу. Розрахунок виконується за схемою:

$$s \rightarrow d_e \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow F_n \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{др}$$

В залежності від товщини металу (катету шва) обираємо діаметр електрода, від якого залежить зварювальний струм $I_{зв}$. Для механізованих способів зварювання

$$I_{зв} = \left(\frac{\pi d_e^2}{4} \right) \times j \quad (2.1)$$

де j – допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e . При зварюванні нержавіючих сталей 18-8, через їх підвищений електричний опір (див. табл.1.6), густину струму можна вибирати меншою, ніж при зварюванні вуглецевих сталей.

Напруга на дузі для зварювання у захисному газі

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						31
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_d = 20 + \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \right) \times I_{зв} \pm 1B, \quad (2.2)$$

де d_e – діаметр електрода, мм.

Площа шару наплавленого металу F визначається геометрією зварного з'єднання, за один прохід для механізованого зварювання $F = 30 - 70 \text{ мм}^2$.

Швидкість зварювання $V_{зв}$ (см/с) розраховується за формулою

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{36 \gamma F_i} \quad (2.3)$$

де α_n - коефіцієнт наплавлення (при зварюванні сталі 12Х18Н10Т приймаємо $\alpha_n = 12 \text{ г/А} \cdot \text{год}$); F_i - площа шару, наплавленого за один прохід (мм^2); γ – щільність металу електродного дроту ($\gamma = 7,9 \text{ г/см}^3$).

Кількість проходів залежить від площі наплавленого металу всього з'єднання (F_n) і площі одного проходу (F_n, F_1)

$$n = \frac{(F_n - F_1)}{F_i} + 1 \quad (2.4)$$

Швидкість подачі дроту, м/год

$$V_{пд} = \frac{4\alpha_p I_{зв}}{\pi d_e^2 \gamma} \quad (2.5)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення електрода ($\alpha_p = 14 \text{ г/А} \cdot \text{год}$) [40].

Ефективна теплова потужність, Дж

$$Q_e = I_{зв} \times U_d \times \eta \quad (2.6)$$

де η - ефективний ККД нагріву (для зварювання в газовій суміші $\eta = 0,75$)

Погонна енергія, Дж/см

$$q_n = \frac{I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{зв}} \quad (2.7)$$

Продуктивність наплавлення, кг/год

$$G_n = \alpha_n I_{зв} 10^{-3}, \quad (2.8)$$

Для стикового з'єднання без скосу крайок С2 (див. табл. 1.2) режим зварювання розраховуємо за глибиною проплавлення, за схемою:

$$s \rightarrow h \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow d_e \rightarrow F_n \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{оп}$$

Необхідна глибина провару h , мм

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						32
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = s \pm (1 \dots 3), \quad (2.9)$$

Зварювальний струм:

$$I_{зв} = \frac{100h}{k_1} \quad (2.10)$$

Діаметр зварювального дроту:

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{I_{зв}}{\pi \cdot j}}, \quad (2.11)$$

де j – густина струму, яка залежить від діаметра дроту.

Напругу на дузі розрахуємо за формулою (2.2)

Площу наплавлення (мм^2) за один прохід визначають з геометрії з'єднання.

Для з'єднання С2

$$F_n = s \times b + 0,75(eg + e_1g_1) \quad (2.13)$$

де g – висота опуклості зварного шва, e – ширина шва, b – ширина зазору, h – глибина проплавлення [4].

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою (2.3), швидкість подачі дроту - за формулою (2.5).

Ефективну теплову потужність дуги, погонну енергію зварювання та продуктивність наплавлення розраховуємо відповідно за формулами (2.6) - (2.8).

Розрахуємо режими зварювання за величиною площі наплавленого металу (рис. 2.5) для з'єднань Т1 та Т3 (див. табл. 1.2)

Приймаємо катет шва $k = s = 2 \text{ мм}$; $d_e = 1 \text{ мм}$; $j = 110 \text{ А/мм}^2$

Зварювальний струм

$$I_{зв} = \left(\frac{3,14 \times 1^2}{4} \right) \times 110 = 85 \text{ А}$$

Напруга на дузі

$$U_d = 20 + \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{1}} \right) \times 85 = 25 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо $U_d = 25 \text{ В.}$

Площа шару наплавленого металу

$$F_n = \frac{k^2}{2} + 1,05k ;$$

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						33
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_n = \frac{2^2}{2} + 1,05 \cdot 2 = 4,1 \text{ мм}^2.$$

Швидкість зварювання

$$V_{зв} = \frac{12 \times 85}{7,9 \times 4,1} = 0,87 \text{ см/с} = 31,5 \text{ м/год};$$

Швидкість подачі дроту

$$V_{пд} = \frac{4 \times 14 \times 85}{7,9 \times 3,14 \times 1^2} = 194,2 \text{ м/год};$$

Ефективна теплова потужність

$$Q = 85 \times 25 \times 0,75 = 1593,75 \text{ Дж/с};$$

Погонна енергія

$$q_n = \frac{85 \times 25 \times 0,75}{0,87} = 1832 \text{ Дж/см}^2.$$

Продуктивність наплавлення

$$G_n = 12 \times 85 \times 10^{-3} = 1,02 \text{ кг/год}.$$

Розрахуємо режими зварювання за глибиною проплавлення для з'єднання С2 ($s = 1,5 \text{ мм}$) за формулами 2.2, 2.9, - 2.11, 2.13.

$$h = s + 1 \text{ мм};$$

$$h = 1,5 + 1 = 2,5 \text{ мм}.$$

Зварювальний струм

$$I_{зв} = \frac{100 \times 2,5}{2,1} = 115 \text{ А}.$$

Діаметр зварювального дроту при $j = 110 \text{ А/мм}^2$

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{115}{3,14 \times 110}} = 1,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_e = 1 \text{ мм}.$

Напруга на дузі

$$U_d = 20 + \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{1}} \right) \times 115 = 26 \pm 1 \text{ В}.$$

Приймаємо $U_d = 25 \text{ В}.$

Площа наплавленого металу:

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$F_{\text{н}} = 1,5 \times 0,2 + 0,75(7 \times 0,5 + 7 \times 0,5) = 5,55 \text{ мм}^2.$$

Швидкість зварювання:

$$V_{\text{зв}} = \frac{12 \times 115}{7,9 \times 5,55} = 0,87 \text{ см/с} = 31,4 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі дроту

$$V_{\text{пд}} = \frac{4 \times 14 \times 115}{3,14 \times 1^2 \times 7,9} = 259,6 \text{ м/год.}$$

Ефективна теплова потужність:

$$Q_{\text{е}} = 115 \times 25 \times 0,75 = 2156 \text{ Дж/с.}$$

Погонна енергія

$$q_{\text{п}} = \frac{115 \times 25 \times 0,75}{0,87} = 2478 \text{ Дж/см.}$$

Продуктивність наплавлення

$$G_{\text{н}} = 12 \times 115 \times 10^{-3} = 1,38 \text{ кг/год.}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Розрахункові режими зварювання

Тип з'єднання ГОСТ 14771-76	Спосіб зварювання	Параметри режимів зварювання						
		$d_{\text{е}},$ мм	$I_{\text{зв}},$ А	$U_{\text{д}},$ В	$V_{\text{зв}},$ м/год	$V_{\text{пд}},$ м/год	$q_{\text{п}},$ Дж/см	Витрати захисного газу, л/хв.
ТЗ – Δ2	ІП	1	85	25	31,5	194	1832	10...12
С2			115		31,4	260	2478	

При імпульсно-дуговому зварюванні (ІДЗПЕ) розраховані вище параметри режиму визначають кількість введеної у виріб енергії, але не показують характер введення цієї енергії, тобто основні параметри процесу ІДЗПЕ, до яких належать (див. рис. 2.4):

- 1) амплітуда імпульсу I_i ;
- 2) базовий струм I_6 ;
- 3) тривалість імпульсу t_i ;

- 4) тривалість паузи t_n ;
- 5) тривалість циклу $T_{\text{ц}} = t_i + t_n$;
- 6) частота імпульсів $f = \frac{1}{T_{\text{ц}}}$ [11].

При ІДЗПЕ струм у межах циклу змінюється від значення I_6 до значення I_i .

Зі зростанням амплітуди та тривалості імпульсів діючий струм дещо зростає, а середній струм зменшується, при цьому базовий струм різко знижується. При збільшенні тривалості імпульсів зниження базового струму відбувається більш інтенсивно.

Відбувається перерозподіл струму у межах циклу, завдяки якому здійснюється саморегулювання плавлення електрода. Зі зростанням амплітуди, частоти та тривалості імпульсів базовий струм може стати нижчим від мінімального, який забезпечує стійке горіння дуги. У цьому випадку накладення імпульсів струму викликає перериви у горінні дуги, що приводить до порушення стабільності процесу зварювання.

Щоб уникнути цього явища потрібно правильно розрахувати тривалість імпульсів та пауз, частоту імпульсів, а також необхідну величину базового струму.

Оскільки вказані параметри взаємозв'язані, то при налагодженні режиму ІДЗПЕ звичайно попередньо задаються кількома параметрами і на їх основі визначають решту параметрів.

Для забезпечення неперервності горіння імпульсної дуги доцільно визначити мінімально допустиму величину базового струму при мінімальній тривалості імпульсу і номінальному амплітудному струмі для даного джерела живлення. При цьому мають бути задані такі параметри:

- 1) величина діючого струму $I_{\text{зв}}$;
- 2) амплітуда імпульсів I_i ;
- 3) частота імпульсів f ;
- 4) тривалість імпульсу t_i [11].

Величина діючого струму зв'язана з іншими параметрами залежністю

$$I = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{ц}}} \int_0^{T_{\text{ц}}} [i(t) + I_{6,\text{ср}}]^2 dt} \quad (2.14)$$

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		36

Для розрахунків слід також вибрати характеристику уніполярних імпульсів струму та спосіб їх генерування. Існують декілька видів імпульсів та способів їх генерування:

- 1) експоненціальний (розряд конденсатора на активний опір R);
- 2) згасаюча синусоїда (розряд конденсатора на активний опір R та індуктивність L);
- 3) синусоїдальний або частина синусоїди (подача синусоїдальної напруги з фазовим регулюванням);
- 4) прямокутний (використання формуючої лінії L, C) та ін [13].

Вибираємо імпульс у формі частини синусоїди, спосіб генерування імпульсу – подачу синусоїдальної напруги з фазовим регулюванням (рис. 2.5).

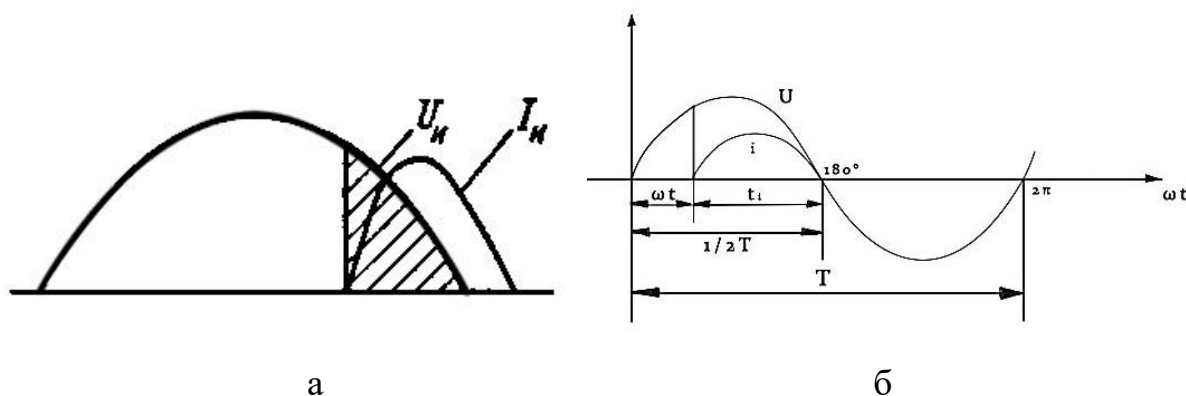


Рис. 2.5. Формування імпульсного струму (а) та фазове регулювання його величини (б)

З урахуванням характеристики імпульсу перетворимо формулу (2.14) для можливості розрахунку величини I_6 .

Задамо функцію імпульсного струму у вигляді

$$i(t) = I_{\max} \sin \omega t, \quad (2.15)$$

де $I_{\max}$ – амплітудне значення імпульсного струму; $\omega = 2\pi f$ – циклічна частота [13].

$$\int_0^{t_1} [i(t) + I_a]^2 dt = \int_0^{t_1} [i^2(t) + 2I_a i(t) + I_a^2] dt = \int_0^{t_1} i^2(t) dt + 2I_a \int_0^{t_1} i(t) dt + I_a^2 t_1.$$

$$\int_0^{t_i} i^2(t) dt = I_{\max}^2 \int_0^{t_i} \sin^2(\omega t) dt = I_{\max}^2 \left(\frac{t_i}{2} - \frac{1}{4\omega} \sin 2\omega t \right);$$

$$\int_0^{t_i} i(t) dt = -I_{\max} \left(\frac{1}{\omega} \cos \omega t \right);$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T_u} \int_0^{T_u} [i(t) + I_6]^2 dt} = \sqrt{f \left[I_{\max}^2 \left(\frac{t_i}{2} - \frac{1}{4\omega} \sin 2\omega t \right) \Big|_0^{t_i} - 2I_6 I_{\max} \frac{1}{\omega} \cos \omega t \Big|_0^{t_i} + I_6^2 \right]} =$$

$$= \sqrt{f \left[I_{\max}^2 \left(\frac{t_i}{2} - \frac{1}{4 \cdot 2\pi f} \sin 2 \cdot 2\pi f \cdot t_i \right) - 2I_6 I_{\max} \frac{1}{2\pi f} (\cos 2\pi f \cdot t_i - \cos 2\pi f) + I_6^2 \right]}. \quad (2.16)$$

Після перетворення приходимо до однорідного квадратного рівняння виду

$$I_6^2 + A \cdot I_6 + B = 0, \quad (2.17)$$

Рішенням якого є:

$$I_6 = -\frac{A}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 - B},$$

$$\text{де: } A = -\frac{I_{\max}}{\pi f} (\cos 2\pi f \cdot t_i - \cos 2\pi f); \quad B = I_{\max}^2 \left(\frac{t_i}{2} - \frac{1}{8\pi f} \sin 4\pi f \cdot t_i \right) - \frac{I^2}{f}.$$

Задавшись наступними параметрами (джерело живлення ВДГИ-302): частота імпульсів $f = 100$ Гц; максимальна амплітуда імпульсів $I_i = 170$ А; тривалість імпульсу $t_i = 1,5$ мс, розрахували за формулою (2.17) величину базового струму при діючому струму $I = 85$ А та $I = 115$ А.

Для $I = 85$ А $I_6 \approx 8,5$ А; для $I = 115$ А $I_6 \approx 11,5$ А. Відповідна густина струму становить

$$j = \frac{4I_6}{\pi d_e^2} \quad (2.18)$$

Для $I_6 = 8,5$ А; $j = 10,8$ А/мм²; для $I_6 = 11,5$ А $j = 14,6$ А/мм². При такій густині струму не відбувається плавлення електродного дроту, але її достатньо для підтримання дугового розряду.

Таким чином, для зварювання деталей вузла для транспортування маслоповітряної суміші в даному проекті рекомендується спосіб ІДЗПЕ на розрахованих режимах.

2.3. Визначення очікуваної структури металу шва

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						38
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Як було показано у розд. 2.1 для зварювання в суміші захисних газів вузла з хромонікелевої сталі марки 12X18H10T, що призначений для транспортування маслоповітряної суміші, обрано високолегований дріт марки Св-07X19H10Б. Хімічний склад цього дроту відрізняється від хімічного складу основного металу (див. табл. 1.3 та табл. 2.1), тому при формуванні зварних швів внаслідок перемішування металів хімічний склад шва буде відрізнятися від складу вихідних компонентів, що може привести до зміни структури металу шва.

При зварюванні в атмосфері захисних газів процес втрати елементів відбувається в дві послідовні стадії: 1) втрата елементів з електродного металу при його переході через дугу; 2) втрата елементів з металу зварювальної ванни. При цьому інтенсивність перемішування основного і електродного металів і практично однаковий хімічний склад металу по перерізу шва дозволяють припускати, що основний і електродний метали проходять в зварювальній ванні однакову металургійну обробку [32].

Для визначення очікуваної структури та стійкості її проти утворення гарячих тріщин розрахуємо хімічний склад металу швів двох типів зварних з'єднань: С2 та Т3 (ГОСТ 14771-76).

Концентрація будь-якого хімічного елемента в металі шва (без урахування поправки на зміну концентрації елемента, викликану хімічними реакціями між даним елементом та оточуючими газами й шлаками) розраховується за формулою:

$$X_{\text{ш}}\gamma_{\text{ш}} = X_{\text{о.м.}}\gamma_{\text{о.м.}} + X_{\text{н}}\gamma_{\text{н}}, \quad (2.19)$$

де $\gamma_{\text{о.м.}}$ - відсоток основного металу у шві; $\gamma_{\text{н}}$ - відсоток наплавленого металу у шві; $\gamma_{\text{ш}}$ - сплав основного та додаткового (електродного) металів; $X_{\text{ш}}$ - концентрація елементів в металі одношарового шва; $X_{\text{о.м.}}$ - концентрація елементів в основному металі; $X_{\text{н}}$ - концентрація елементів в наплавленому металі.

Частка участі основного металу розраховується за формулою:

$$\gamma_{\text{о.м.}} = \frac{F_{\text{о}}}{F_{\text{о}} + F_{\text{н}}}, \quad (2.20)$$

де $F_{\text{о}}$ - площа проплавлення основного металу; $F_{\text{н}}$ - площа наплавленого металу [10].

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						39
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Частка участі наплавленого металу розраховується за формулою [10]:

$$\gamma_H = \frac{F_H}{F_O + F_H} \quad (2.21)$$

Розрахуємо концентрацію елементів в основному металі стикового з'єднання С2 (рис. 2.6) для товщини металу $s = 1.5$ мм відповідно до параметрів швів, наведених в табл. 1.2.

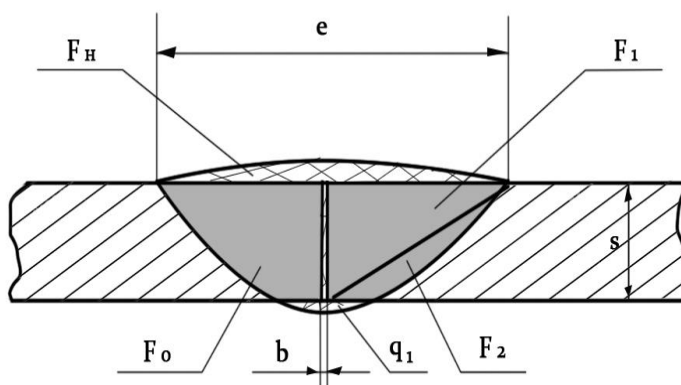


Рис. 2.6. Розрахункові площі зварного шва С2

Розрахунком встановлено наступне: $F_1 = 2,55 \text{ мм}^2$; $F_2 = 1,39 \text{ мм}^2$;
 $F_O = 7,89 \text{ мм}^2$; $F_H = 5,55 \text{ мм}^2$.

Для кутового шва з'єднання Т3 (рис. 2.7)

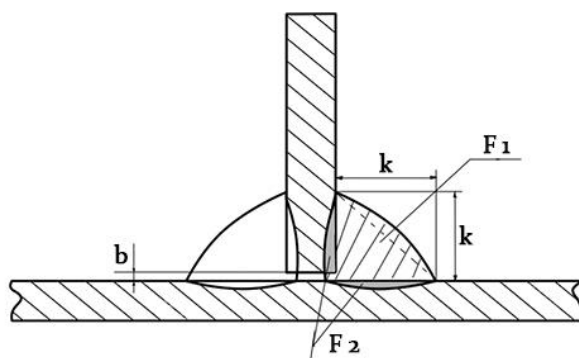


Рис. 2.7. Розрахункові площі кутового шва з'єднання Т3

Розрахунком встановлено: $F_O = 1,46 \text{ мм}^2$; $F_H = 4,1 \text{ мм}^2$.

Розрахуємо частки участі основного та наплавленого металу в металі швів за формулами (2.20) і (2.21) відповідно для стикового та таврового з'єднань.

Стикове з'єднання

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$\gamma_{\text{о.м.}} = \frac{7,89}{7,89 + 5,55} = 0,58,$$

$$\gamma_{\text{н}} = \frac{5,55}{7,89 + 5,55} = 0,41.$$

Таврове з'єднання

$$\gamma_{\text{о.м.}} = \frac{1,46}{1,46 + 4,1} = 0,26$$

$$\gamma_{\text{н}} = \frac{4,1}{1,46 + 4,1} = 0,74$$

Результати розрахунків зведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 Розрахункові площі та частки участі основного та наплавленого металів в металі шва

Тип шва	Площа поперечного перерізу F , мм ²			Частка участі γ , %	
	Шва $F_{\text{ш}}$	Основного Металу $F_{\text{о}}$	Наплавленого металу $F_{\text{н}}$	Основного металу $\gamma_{\text{о}}$	Наплавленого металу $\gamma_{\text{н}}$
Стиковий С	13,44	7,89	5,55	58	41
Кутовий ТЗ	5,56	1,46	4,1	26	74

Далі виконали розрахунки концентрації основних хімічних елементів в металі шва згідно з формулою (2.19). Результати розрахунків наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 Концентрація елементів в основному металі, електродному дроті і металі швів, %

Елемент	Основний метал	Метал електродного дроту	Метал шва	
			стикового	кутового
Cr	18	19	18,41	18,74
Ni	10	10	10	10
Ti	0,8	0,9	0,84	0,87
Si	0,8	0,6	0,72	0,65
C	0,12	0,07	0,10	0,08
Mn	2,0	1,9	1,96	1,93

За даними табл. 2.7 провели розрахунки значень еквівалентів хрому та нікелю за формулами (1.1) та (1.2).

Стиковий шов

$$Cr_{\text{екв}} = 18,41 + 0,72 \times 1,5 + 0,84 \times 4 = 22,85 \%;$$

$$Ni_{\text{екв}} = 10 + 0,10 \times 30 + 1,96 \times 0,5 = 13,98 \%.$$

Кутовий шов

$$Cr_{\text{екв}} = 18,74 + 0,65 \times 1,5 + 0,87 \times 4 = 23,2 \%;$$

$$Ni_{\text{екв}} = 10 + 0,08 \times 30 + 1,93 \times 0,5 = 13,37 \%.$$

Нанесемо на діаграму Шефлера (рис. 2.8) розраховані еквівалентні значення Cr та Ni.

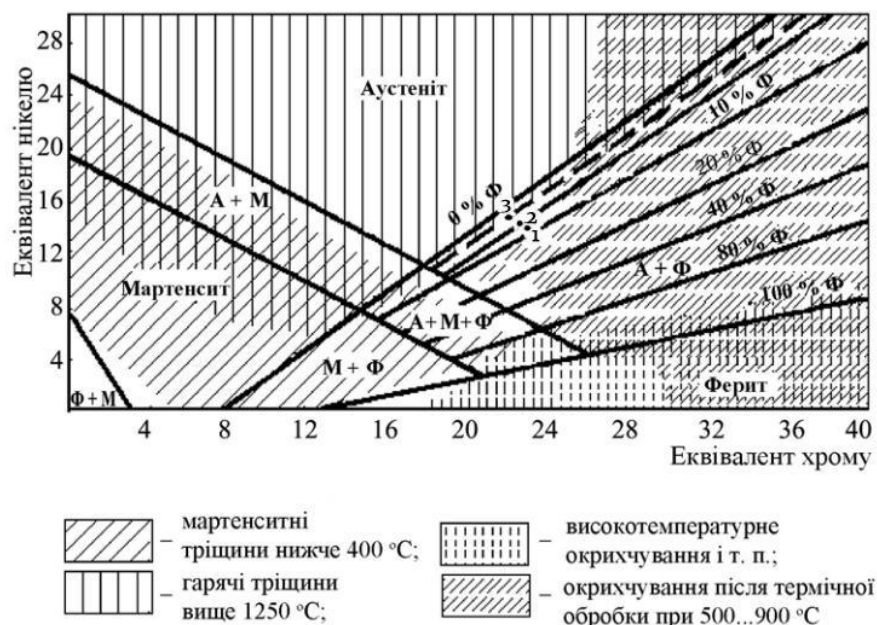


Рис 2.8. - Визначення структури металу швів таврового (точка1) та стикового (точка2) з'єднань за допомогою діаграми Шефлера (для порівняння показана структура основного металу, точка 3)

Як видно з діаграми, метал швів має аустенітно-феритну структуру, з вмістом фериту 5 % у стиковому з'єднанні і 6 % - в тавровому з'єднанні. Такий фазовий склад металу шва забезпечує гарантовану стійкість металу проти гарячих тріщин [41], тому вибір зварювального дроту марки Св-07Х19Н10Б можна вважати правильним.

2.4. Розрахунок можливих деформацій при зварюванні вузла для транспортування маслоповітряної суміші

Для визначення необхідності введення в технологічний процес операцій усунення зварювальних деформацій вузла проведемо відповідні розрахунки.

Для зварювання характерні високий ступінь нерівномірності нагрівання (великі температурні й механічні деформації) та знижена жорсткість (малий запас пружності) нагрітого металу. Тому деформації, що виникають у зоні з'єднання, в основному пластичні, тобто незворотні.

При зварюванні даного вузла можливі такі деформації: поздовжній прогин обичайки, корсетна деформація при зварюванні кільцевих швів, ребристість при зварюванні ребер з корпусом маслобаку [28].

Проведемо розрахунки для перевірки допустимості даних деформацій.

Поздовжній шов обичайки, тип з'єднання С2. Виходячи з геометричних параметрів обичайки (див. табл. 1.1, поз.1) можна зробити висновок, що вона належить до тонкостінних коротких оболонок ($s \leq 5$ мм).

Зварювання поздовжніх швів в таких оболонках спричиняє спотворення форми поперечного перерізу, пов'язане з викривленням прямолінійної твірної в зоні зварювання внаслідок втрати стійкості (рис.2.9) [28].

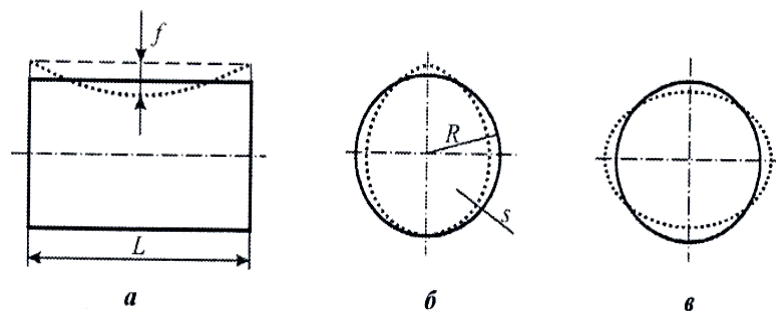


Рис.2.9. Вигин твірної (а) та спотворення форми торцевого (б) і середнього (в) поперечних перерізів тонкостінної короткої циліндричної оболонки при зварюванні поздовжнього шва

Вихідні дані для розрахунку:

діаметр шва $D = 120$ мм, довжина $L = 32,6$ см, товщина обичайки $s = 0,15$ см

Зварювання виконується в середовищі захисних газів на режимі: $I_{зв} = 115$ А, $U_d =$

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43

25 В, $V_{зв} = 0,87$ см/с. Погонна енергія $q_{п} = 2478$ Дж/см² (див. табл. 2.5).

Величина стрілки прогину вздовж з'єднання розраховується за формулою:

$$f = \frac{14\nu R}{sL}, \quad (2.22)$$

де ν – відносний об'єм поздовжнього укорочення; R – радіус обичайки; s – товщина обичайки; L – довжина обичайки [28].

$$\nu = -0,335 \frac{\alpha}{c\rho} q_{п} \quad (2.23)$$

$$\nu = -0,335 \frac{16,6 \cdot 10^{-6}}{4,3} 2478 = -0,003 \text{ см}^3.$$

Стрілка прогину

$$f = \frac{14 \cdot 0,003 \cdot 6}{0,15 \cdot 32,6} = 0,051 \text{ см} = 0,51 \text{ мм}$$

Кільцеві шви в тонкостінних оболонках викликають викривлення прямолінійних твірних циліндричної оболонки за рахунок зменшення її периметра в зоні зварювання, пов'язаного з поздовжнім укороченням. Поздовжня усадкова сила в цьому випадку спрямована по радіусу всередину оболонки та штовхає поверхню біля шва всередину. Такий вид деформації називають «корсетністю» (рис. 2.10) [28].

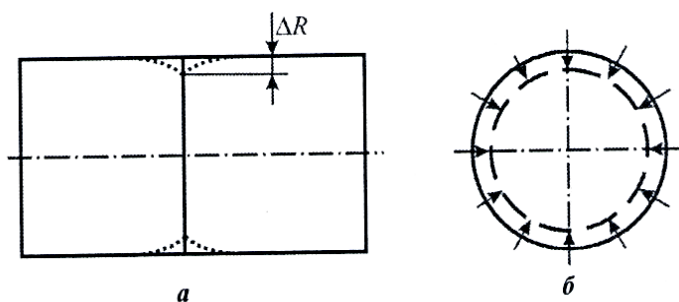


Рис. 2.10. Викривлення твірної (а) за рахунок зменшення периметра кільцевого шва (б)

Для кільцевого шва вихідні дані не відрізняються від поздовжнього шва.

Зменшення радіуса обичайки в зоні шва розраховується за формулою:

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$\Delta R_{\delta} = -0,64 \frac{\nu}{s} \sqrt{\frac{R}{s}} \quad (2.24)$$

$$\Delta R_p = -0,64 \frac{-0,003}{0,15} \sqrt{\frac{6}{0,15}} = 0,09 \text{ см} = 0,9 \text{ мм}$$

При приварюванні ребер жорсткості до маслобака (таврове з'єднання ТЗ), як у конструкціях малої товщини, коли власна жорсткість листа відносно мала, щоб викликати підйом країв листа, виявляється ефект розгинання листа в прольоті між ребрами. Такі деформації називаються ребристістю (рис. 2.11) [28].

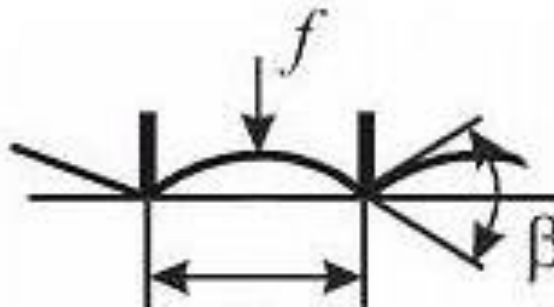


Рис. 2.11 - Деформації ребристості панельної конструкції

Величина цих деформацій вимірюється стрілкою прогину f у прольоті між ребрами, яку можна визначити через кут зламу від приварювання ребра β_{Σ} та відстань між ребрами a .

Величина стрілки прогину у прольоті між ребрами розраховується за формулою:

$$f = \frac{\beta_{\Sigma} \cdot a}{8}, \quad (2.25)$$

де β_{Σ} – загальна кутова деформація.

Загальна кутова деформація після заварювання таврового з'єднання з двох боків складається із залишкового повороту стінки відносно полиці у бік першого шва і зламу полиці на кут $\beta_{\Sigma} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_k$ (рис. 2.12).

В тавровому з'єднанні після виконання кутового шва виникає поворот ребра відносно пластини на кут $\beta_0 = 0,02$ рад (ливарна усадка).

Після зварювання другого шва виникає кутовий злам пластини з утворенням ребристості.

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						45
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

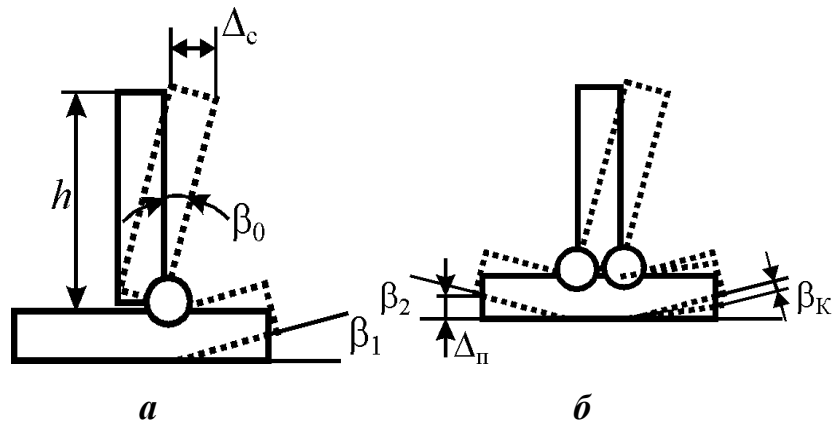


Рис. 2.12 - Кутова деформація при зварюванні таврового з'єднання:

a – виконання першого шва; *б* - виконання другого шва

Кути β_1 та β_2 визначаються за допомогою діаграми (рис. 2.13) у залежності від параметрів зони прогрівання пластини. Для визначенні кутів β_1 та β_2 потрібно попередньо визначити частку погонної енергії, яка йде на нагрівання пластини, до якої приварюється ребро жорсткості. Ця частина розраховується у залежності від співвідношення зварюваних товщин [28]:

$$q_{п.п} = \frac{2s_{п}}{s_p + 2s_{п}} \cdot q_{п} \quad (2.26)$$

$$q_{п.п} = \frac{2 \cdot 0,2}{2 + 2 \cdot 0,2} \cdot 1832 = 1221 \text{ Дж/см.}$$

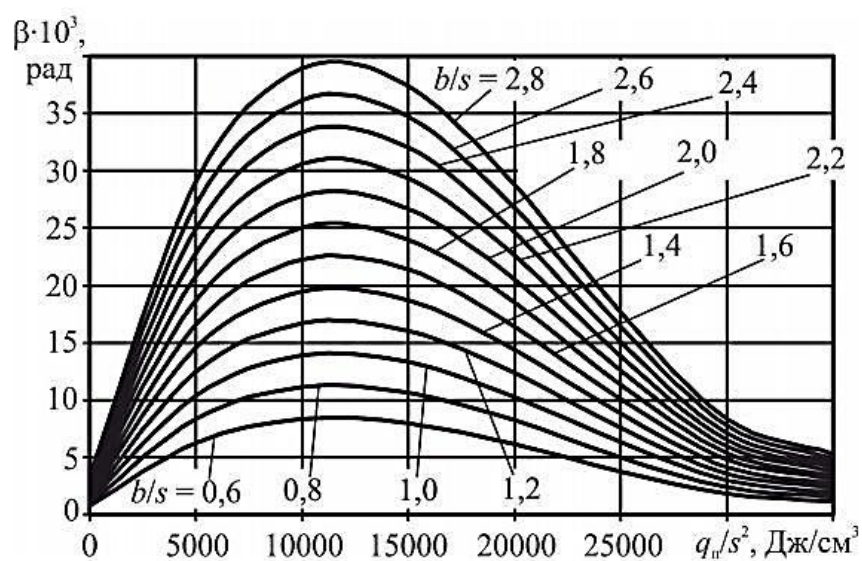


Рис. 2.13 - Залежність кутових деформацій від питомої погонної енергії

Питома погонна енергія прогрівання пластини:

$$\frac{q_{\text{п.п}}}{s_{\text{п}}^2} = \frac{1221}{0,2^2} = 30525 \text{ Дж/см}^3$$

Ширина прогрівання $b = 1,7 \cdot k$; $b = 1,7 \cdot 0,2 = 0,34 \text{ см}$; відносна ширина прогрівання $\frac{b}{s} = \frac{0,34}{0,2} = 1,7 \text{ см}$.

Тоді, $\beta_1 = 0,0038 \text{ рад}$; $\beta_2 = \beta_1 = 0,0038 \text{ рад}$.

Кут повороту стінки відносно полиці при зварюванні двостороннього таврового шва:

$$\beta_k = 0,02 \left(\frac{k}{s_i} \right)^2 \quad (2.27)$$

$$\beta_k = 0,02 \left(\frac{0,2}{0,2} \right)^2 = 0,02 \text{ рад}.$$

Загальна кутова деформація

$$\beta_{\Sigma} = 0,0038 + 0,0038 + 0,02 = 0,0276 \text{ рад}.$$

Стрілка прогину стінки баку (ребристість) при кроку встановлення ребер жорсткості $a = 5 \text{ см}$ (див. рис. 1.1)

$$f = \frac{0,0276 \times 5}{8} = 0,017 \text{ см} = 0,17 \text{ мм}.$$

Порівняння результатів розрахунку деформацій з допустимими значеннями наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8. Результати розрахунку деформацій

Деформація	Стрілка прогину, f , мм	Допуск, мм
Поздовжній прогин обичайки	0,51	1,0
Корсетність	0,9	
Ребристість	0,17	

Виходячи з результатів розрахунків, видно, що деформації є допустимими (не перевищують допуск, встановлений заводським стандартом).

Висновки

1. Для зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД до маслобаку–суфлера в проекті пропонується використати спосіб механізованого імпульсно-дугового зварювання електродним дротом діаметром 1,0 мм марки Св-07Х19Н10Б в захисній газовій суміші 97,5% Ar + 2,5% CO₂. Вибраний спосіб і зварювальні матеріали забезпечують підвищену продуктивність зварювального процесу, можливість активного керування формуванням зварного шва та високу якість зварних з'єднань.

2. Розраховані параметри режиму зварювання стикових і таврових з'єднань, які відповідно становлять: для з'єднання С2 - $I_{зв} = 115$ А; $U_d = 25$ В; $V_{зв} = 31,4$ м/год.; для з'єднання ТЗ - Δ2- $I_{зв} = 85$ А; $U_d = 25$ В; $V_{зв} = 31,5$ м/год. Розрахованій діючій силі струму відповідає імпульсний режим: амплітуда імпульсів $I_i = 170$ А; частота імпульсів $f = 100$ Гц; тривалість імпульсу $t_i = 1,5$ мс.

3. Для підтримання стійкого дугового процесу відповідно до розрахованого значення діючої сили струму визначена мінімальна сила базового струму, яка становить: для $I_{зв} = 115$ А $I_{б\ min} = 11,5$ А; для $I_{зв} = 85$ А $I_{б\ min} = 8,5$ А. При такій силі струму не відбувається плавлення електродного дроту, але її достатньо для підтримання дугового розряду.

4. Розрахована структура металу шва і встановлено, що при використанні електродного дроту марки Св-07Х19Н10Б вона, відповідно до діаграми Шефлера, є аустенітно-феритною з вмістом фериту 5 % у стиковому з'єднанні і 6 % - в тавровому з'єднанні. Такий фазовий склад металу шва забезпечує гарантовану стійкість металу проти гарячих тріщин.

5. Розрахунок очікуваних зварювальних деформацій вузла показав, що прогин типової обичайки при виконанні поздовжнього шва становить 0,51 мм, корсетність від зварювання кільцевого шва – 0,9 мм, ребристість при приварюванні ребер жорсткості 0,17 мм. Розраховані деформації не перевищують допустимих, встановлених заводським стандартом.

					ДП.131.2127ст.08.02.06.ПЗ	Арк
						48
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.08.03.06.ПЗ							
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент.		Гунченко О.В.			Розробка засобів технологічного оснащення				Літ.	Арк	Аркуші	
Керівник.		Драган С.В.									49	
Консульт									НУК ім. Адм. Макарова			
Зав. Кафед		Квасницький В.Ф.										

3. Розробка засобів технологічного оснащення

3.1. Вибір та обґрунтування зварювального устаткування

Для реалізації технологічного процесу зварювання вузла транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер слід вибрати технологічне обладнання, до якого в даному проекті належить імпульсно джерело імпульсного струму і подавальний механізм дроту.

Оскільки в проекті для формування імпульсного струму вибраний спосіб генерування імпульсу – подача синусоїдальної напруги з фазовим регулюванням, то розглянемо принципову схему джерела, що реалізує даний спосіб.

Спосіб формування імпульсного струму – шунтування згладжувального дроселя – пояснюється схемою на рис. 3.1, а. Силова частина джерела містить тиристорний регулятор UZ, згладжувальний дросель L та тиристор VS, що формує імпульси. Тиристорний регулятор формує пульсуючу напругу, яка періодично знижується до нуля або до рівня, меншого за потенціал горіння дуги. У найпростішому випадку регулятор UZ складається з однофазного зварювального трансформатора та двопівперіодного тиристорного випрямляча. Середнє значення напруги, сформованої цим регулятором, визначається кутом вмикання α тиристорів регулятора (рис. 3.1, б).

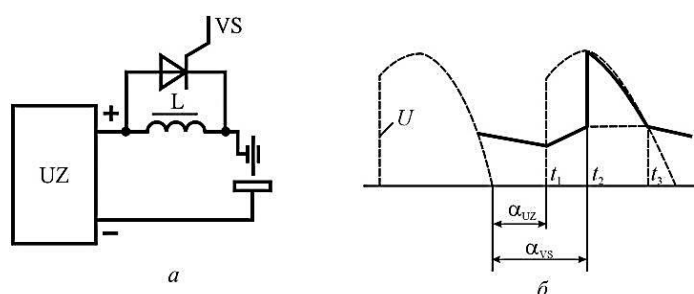


Рис. 3.1 - Схема формування струму шунтуванням дроселя (а) та крива напруги U , сформованої тиристорним регулятором (б)

З моменту часу t_1 починається наростання зварювального струму, що згладжується дроселем L . У момент часу t_2 вмикається імпульсний тиристор VS і напруга U у вигляді імпульсу докладається безпосередньо до зварювальної дуги. Через тиристор VS протікають два зустрічних (контурних) струми: прямий струм

імпульсу та зворотний струм, що запасений дроселем L . Доки прямий струм більше зворотного, струм тиристора дорівнює їх різниці і тиристор відкритий. В міру зменшення напруги U імпульс струму спадає. У момент часу t_3 тиристор VS закривається, імпульс загасає і дуга живиться базовим струмом за рахунок енергії, запасеної дроселем. Таким чином, на ділянці $t_1...t_2$ базовий струм зростає і одночасно запасється енергія дроселя. На ділянці $t_2...t_3$ базовий струм залишається постійним і енергія дроселя зберігається, тобто не витрачається. З моменту t_3 до моменту появи чергової ділянки синусоїдальної напруги на виході регулятора UZ базовий струм знижується і енергія дроселя потрапляє у зварювальне коло [11].

За такою принциповою схемою побудовані випрямлячі серії ВДГИ. В прєкті пропонується використовувати випрямляч зварювальний типу ВДГИ-302, який може входити до комплекту зварювального посту з апаратом для механізованого зварювання ПДИ-304.

Випрямляч зварювальний типу ВДГИ-302 УЗ (рис. 3.2.) використовується як джерело для зварювання в імпульсному, так і в звичайному режимі [6].



Рис. 3.2 - Випрямляч зварювальний ВДГИ-302

Технічні характеристики випрямляча наведені в табл. 3.1., окремо імпульсні параметри – в табл.3.2.

					ДП.131.2127ст.08.03.06.ПЗ	Арк
						51
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Технічні характеристики випрямляча ВДГИ-302 [6]

Номінальна напруга трифазної живильної мережі, В	380
Частота живильної мережі, Гц	50
Номінальна споживана потужність, кВ·А, не більше	17,3
Номінальний зварювальний струм при ПВ = 60% і тривалості циклу зварювання 10 хв, А	315
Номінальна робоча напруга, В	35
Діапазон регулювання робочої напруги, В	10-35
Діапазон регулювання зварювального струму, А	40...325
Напруга холостого ходу, В	45 ⁺
ККД, %, не менше	74
Маса, кг	240
Нахил зовнішньої характеристики, В/А, не менше	10

Випрямляч стандартний, однопостовий, призначений для роботи в закритих приміщеннях при температурі навколишнього середовища від мінус 10°С до плюс 40° С, відносній вологості не більш 80% при +20° С [6].

Таблиця 3.2. Технічна характеристика імпульсних параметрів випрямляча ВДГИ-302

Номінальна імпульсна напруга, В	22
Діапазон регулювання імпульсної напруги, В	4-22
Номінальний імпульсний струм, А	170
Діапазон регулювання імпульсного струму, А	30...170
Частота імпульсів, Гц	50; 100
Діапазон регулювання тривалості імпульсів струму, мс	1,5...5
Нахил імпульсних ВАХ, В/А, не більше	0,022

У випрямлячі передбачена можливість наперед, за відсутності вихідної напруги, встановити по приладу середнє значення напруги на дузі і амплітуду

					ДП.131.2127ст.08.03.06.ПЗ	Арк
						52
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

напруги імпульса [6].

Апарат для механізованого зварювання ПДИ-304 (рис. 3.3.) призначений для імпульсного дугового зварювання виробів з корозійностійких сталей, алюмінію та його сплавів суцільним дротом в середовищі аргону [31].



Рис. 3.3. Подавальний механізм апарата для механізованого зварювання ПДИ-304

Апарат складається з механізму подачі ПДИ-304 і випрямляча ВДГИ-302. Механізм подачі закритого типу. Всередині встановлений 2-х роликовий редукторний привод, касета для зварювального дроту, гальмівний пристрій, плата керування і електромагнітний клапан. На передній панелі механізму є резистори регулювання базової напруги і напруги імпульсів [30].

Технічні характеристики апарата наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Технічні характеристики апарата для механізованого зварювання ПДИ-304 [30]

Напруга живильної мережі, В	24
Потужність приводу, Вт	60
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	40...960
Діаметр електродного дроту, мм	
• сталевий	1,0...2,0
• порошковий	0,8...1,4
Маса, кг, не більше	12
Габаритні розміри, мм, не більше	
• довжина	490
• ширина	210
• висота	450

Апарат забезпечує виконання наступних функцій:

					ДП.131.2127ст.08.03.06.ПЗ	Арк
						53
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) роботу в двох режимах «довгі або короткі шви»;
- 2) підключення пальника через єврорознімач;
- 3) надійну подачу електродного дроту завдяки зубчастому зачепленню подавального та притискного роликів.

Перевагами цього апарату є можливість плавного регулювання і стабілізація швидкості подачі зварювального дроту, а також керування газовим клапаном, механізмом подачі і зварювальним джерелом від кнопки на пальнику [31].

3.2. Вибір технологічної оснастки

З метою зниження трудомісткості складально-зварювальних робіт при виготовленні вузла транспортування маслоповітряної суміші в проекті пропонується використати універсальний зварювальний маніпулятор Т-25М, оснащений затискними губками для закріплення виробу під час обробки (рис. 3.4) [39].

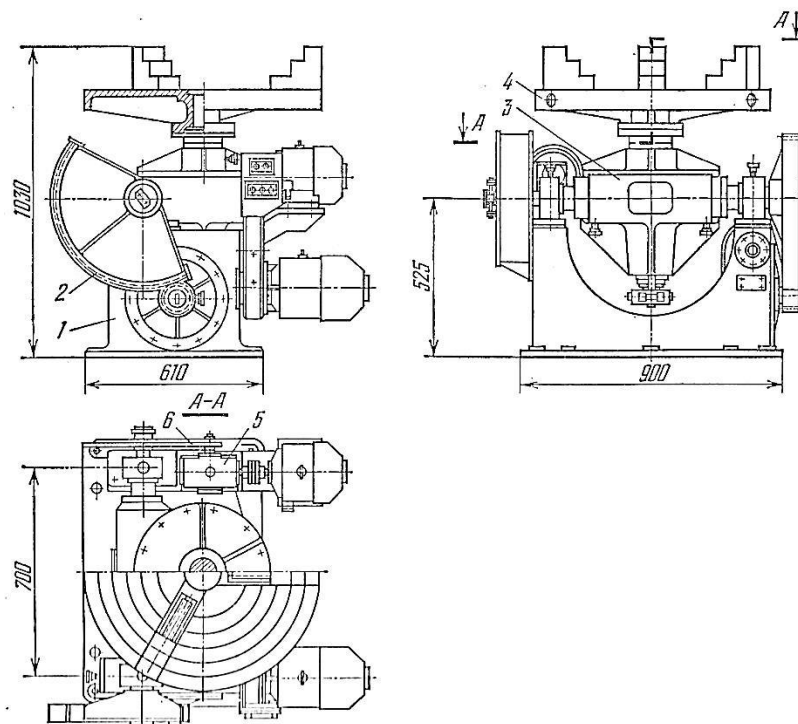


Рис. 3.4. Зварювальний маніпулятор Т-25М: 1 – станина; 2 – механізм нахилу; 3 – поворотна траверса; 4 – планшайба; 5 – механізм обертання планшайби; 6 – змінні шестерні

Маніпулятор Т-25М має дві взаємно перпендикулярні осі, навколо яких планшайба з закріпленим на ній виробом може повертатися та нахилитися. Одна з них є віссю обертання планшайби 4 і являє собою шпindel маніпулятора, а друга – горизонтальна і перпендикулярна до неї – є віссю нахилу планшайби на кут до 135° . Привод планшайби 5 забезпечує регулювання числа її обертів у необхідних для зварювання межах, тобто забезпечує зварювальне обертання виробу при зварюванні кругових швів із заданою швидкістю. Маніпулятор Т-25М дозволяє обертати виріб зі зварювальними швидкостями від 18,0 до 36,0 м/год при діаметрі виробу від 0,25 до 0,9 м і масі до 1000 кг. Допустимий вантажний момент відносно осі нахилу - до 9,0 кНм, відносно осі обертання - до 2,0 кНм. Швидкість обертання налаштовується змінними шестернями приводного механізму 5. На маніпуляторі Т-25М можна зварювати всі підвузли виробу та в цілому вузол транспортування маслоповітряної суміші тому, що найбільший з його розмірів не перевищує 0,5 м а маса виробу 4,44 кг [39].

Висновки

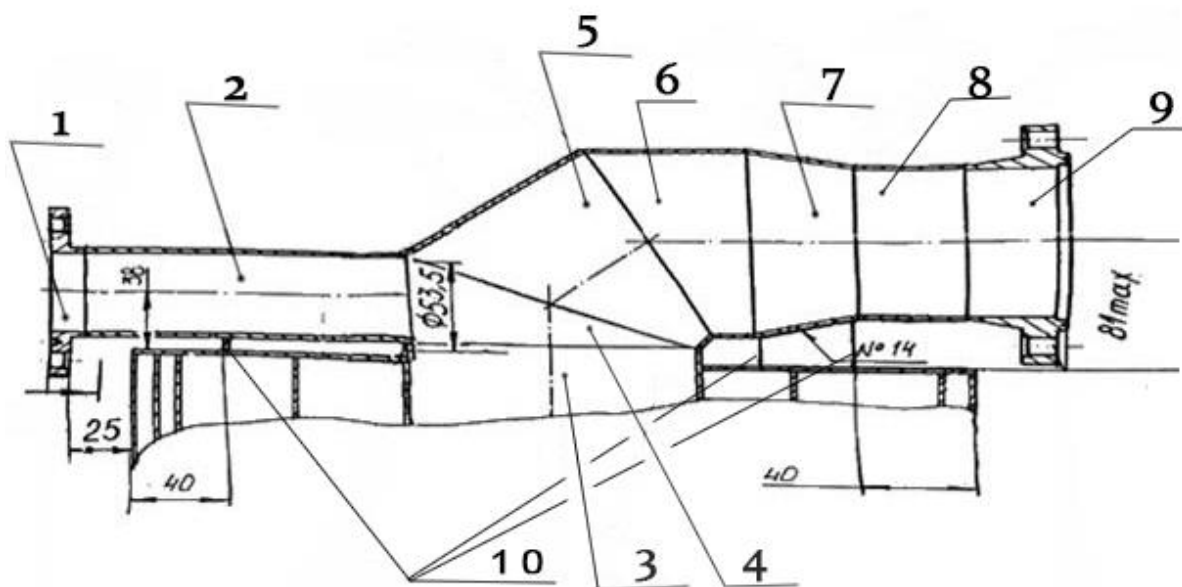
1. Для зварювальних робіт в проекті обрано апарат для механізованого зварювання ПДИ-304; в якості джерела живлення - випрямляч зварювальний типу ВДГИ-302.
2. Для складально-зварювальних робіт обрано універсальний зварювальний маніпулятор Т-25М.

					ДП.131.2127ст.08.03.06.ПЗ	Арк
						55
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.08.04.06.ПЗ						
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка удосконаленої технології виготовлення конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші	Літ.		Арк	Аркуші		
Студент.	Гунченко О.В.								56		
Керівник.	Драган С.В.					НУК ім. Адм. Макарова					
Консульт											
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.										

4.1. Розробка змісту технологічного процесу

Виходячи з аналізу конструкції вузла доцільно розбити його на окремі складальні одиниці (рис. 4.1). Технологічні процеси заводського і монтажного зварювання заданої конструкції повинні забезпечувати отримання зварних з'єднань, що в повній мірі задовольнятимуть вимоги проекту.



Технологічний процес виготовлення даної зварної конструкції включає в себе таку послідовність технологічних операцій (рис. 4.2):

- 1) Виготовлення деталей і складальних одиниць;

					ДП.131.2127ст.08.04.06.ПЗ	Арк
						57
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) складання вузла;
- 3) зварювання вузла;
- 4) контроль якості.

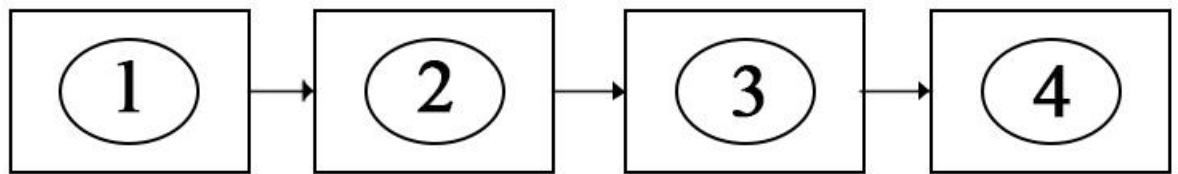


Рис.4.2. Принципова схема послідовності робіт

Більш детальна структурна схема виробничого процесу наведена на рис. 4.3.

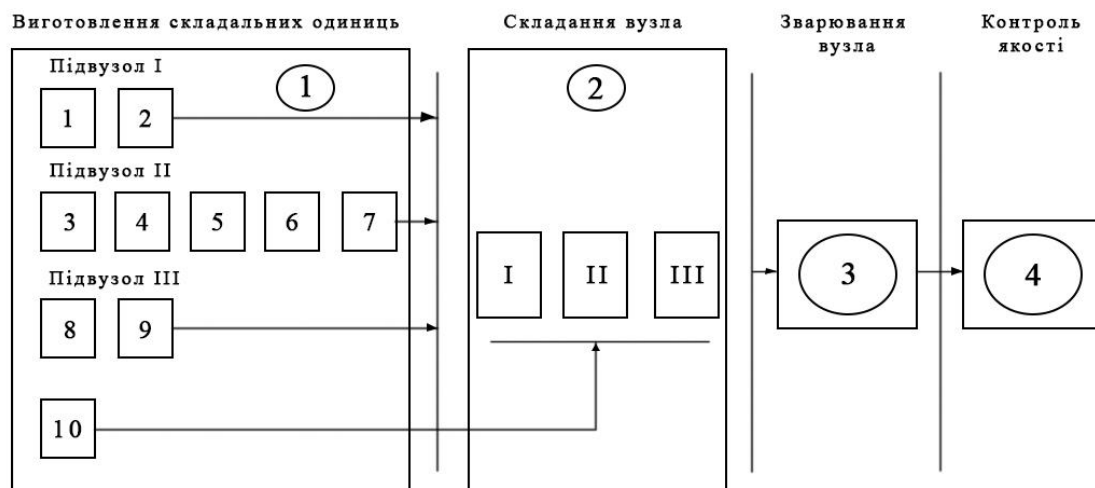


Рис. 4.3 - Структурна схема виробничого процесу: 1 -10 - номери деталей згідно з рис. 4.1

Виготовлення деталей передбачає виконання ряду операцій, зміст яких визначається конфігурацією деталі.

Для підготовки листового прокату під зварювання необхідними є такі операції:

- 1) правка (при необхідності) листового прокату на розтягувальних машинах;
- 2) вирізання з листового прокату та труб лазерним різанням за заданими розмірами;

- 3) автоматичне розмічування та маркування;
- 4) знежирювання ацетоном поверхні під зварювання.
- 5) вальцювання циліндричних та конічних обичайок на двохвальцевих

згинальних вальцях з еластичним поліуритановим покриттям нижнього валика.

Пружне покриття огинає листову заготовку навколо жорсткого верхнього валика і забезпечує рівномірний згин по всій довжині. Такий метод усуває необхідність додаткової операції підгнуття крайок.

6) виготовлення фланців з поковок на токарно-гвинторізному універсальному верстаті 16К20 [24].

Всі готові деталі підлягають контролю форми і розмірів.

Підвузли I, II, III складаються на маніпуляторі Т-25М.

Відомість складальних одиниць, технологічний процес виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслбак–суфлер та розрахункова трудомісткість операцій наведені в табл. 4.1.

Складання всього вузла і його зварювання виконується на маніпуляторі Т-25М при встановленні виробу у положення, при якому більшість швів зварюється у нижньому положенні. Трудомісткість складальних робіт наведена в розділі 5.

Зварювання всіх з'єднань здійснюється механізованим імпульсно-дуговим зварюванням плавким електродом марки Св-07Х19Н10Б в суміші захисних газів 97,5% Ar + 2,5% CO₂ за допомогою апарата для механізованого зварювання ПДИ-304. Режими зварювання наведені в табл. 2.5.

Зварювання слід проводити без різких рухів, тому що при зварюванні нержавіючої сталі різкі рухи повністю вбивають захисне середовище і це може стати причиною руйнування утвореного шва і його окиснення [48].

Трудомісткість зварювальних робіт наведена в розділі 5.

					ДП.131.2127ст.08.04.06.ПЗ	Арк
						59
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. Відомість складальних одиниць та технологічний процес виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак-суфлер

№ за пор.	Складальні одиниці						Деталі, що входять у складальні одиниці			Технологічний процес	
	Позначення (див. рис. 4.2)	Найменування	Маса, кг	Число на виріб		№ дет.	Найменування	Числа деталей, кг	Число на склад. од.	обробки металу та виготовлення деталей	складання і зварювання складальних одиниць
1	Підвузол II	Обичайки	2,5	1	3	1	Обичайки	1,31	1	1) Обичайки вирізаються лазерним різанням за заданими розмірами. Розмітка автоматична; 2) зона під зварювання обробляється ацетоном; 3) здійснюється вальцювання обичаск на двохвальцевих згинальних вальцях з еластичним поліуритановим покриттям нижнього валика;	4) здійснюється почергове складання поздовжнього шва обичайки (0,134 год); 5) почергове зварювання поздовжнього шва обичаск (0,006 год); 6) складання кільцевих швів деталі 7→6→5→4 (0,075 год); 7) зварювання кільцевих швів (0,011 год); 8) складання кільцевого шва 3 + (4, 5, 6, 7) (0,024 год); 9) зварювання кільцевого шва 3 + (4, 5, 6, 7) (0,0036 год).
				1	4	1		0,14	1		
				1	5	1		0,22	1		
				1	6	1		0,44	1		
				1	7	1		0,39	1		
				1							
2	Підвузол I	Фланець з трубою	0,63	1	1	1	Фланець	0,34	1	1) Труба з проката вирізається лазерним різанням за заданими розмірами. Розмітка автоматична; 2) фланці виготовляються на токарному верстаті; 3) знежирення крайок ацетоном;	4) складання фланця 1 з трубою 2 (0,024 год); 5) зварювання фланця 1 з трубою 2 (0,0034 год).
				1	2	1	Труба	0,29	1		

Продовження таблиці 1.1. Відомість складальних одиниць та технологічний процес виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак-суфлер

№ за пор.	Складальні одиниці				Деталі, що входять у складальні одиниці				Технологічний процес	
	Позначення (див. рис. 4.2)	Найменування	Маса, кг	Число на виріб	№ дет.	Найменування	Чиста маса деталі, кг	Число на склад. од.	обробки металу та виготовлення деталей	складання і зварювання складальних одиниць
3	Підвузол ІІІ	Фланець з трубою	1,31	1	8	труба	0,29	1	1) Труба з проката вирізається лазерним різанням за заданими розмірами. Розмітка автоматична; 2) фланці виготовляються на токарному верстаті; 3) знежирення крайок ацетоном;	4) складання фланця 9 з трубою 8 (0,024 год); 5) здійснюється зварювання (0,0034 год).
				1	9	Фланець	1,08	1		
4	-	Підв. І і ІІ (у зборі)	3,13	1	1-7	Підвузол І	0,63	1	1) В обичайці 3 вирізається отвір за розміром труби 2 лазерним різанням за заданими розмірами. Розмітка автоматична; 2) знежирення крайок ацетоном;	3) Складання кільцевого шва Підвузла І і Підвузла ІІ (0,025 год); 5) здійснюється зварювання (0,0036 год).
				1		Підвузол ІІ	2,5	1		

Продовження таблиці 1.1. Відомість складальних одиниць та технологічний процес виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак-суфлер

№ за пор.	Складальні одиниці				Деталі, що входять у складальні одиниці			Технологічний процес	
	Позначення (див. рис. 4.2)	Найменування	Маса, кг	Число на виріб	№ дет.	Найменування	Чиста маса деталей, кг	Чис. на склад. од.	обробки металу та виготовлення деталей
5	-	Підв. І і ІІ + ІІІ (у зборі)	4,44	1	1-9	Підвузол ІІ	2,5	1	2) Складання кільцевого шва Підвузла І і Підвузла ІІ з Підвузлом ІІІ (0,025 год); 3) здійснюється зварювання (0,0034 год).
				1		Підвузол І	0,63	1	
				1		Підвузол ІІ	2,5	1	
				1		Підвуз. ІІІ	1,31	1	
6	10	Ребра жорсткості	0,089	1	10	Ребра жорсткості	0,017	1	3) встановлення ребер жорсткості на корпусі маслобака згідно креслення. Виконання прихоплень (0,023 год); 4) зварювання здійснюється (0,021 год); 5) встановлення зварної конструкції Підвузол І + Підвузол ІІ + Підвузол ІІІ на ребра жорсткості. Виконання прихоплень (0,023 год); 7) зварювання здійснюється (0,022 год).
				1			0,024	1	
				1			0,022	1	
				1			0,026	1	

Після завершення зварювальних робіт вироби підлягають контролю якості з метою виявлення та виправлення дефектів. Всі зварні з'єднання контролюються зовнішнім оглядом і обмірюванням в обсязі 100 %.

Трудовісткість контрольних робіт наведена в розділі 5.

4.2. Контроль якості зварних з'єднань

Контроль герметичності зварних швів здійснюється вибірково в обсязі 50 %. Способи контролю зварних швів розрізняються за принципом дії, здатністю до виявлення тих чи інших видів дефектів, технічним оснащенням [22].

В даному проекті рекомендується неруйнівний метод контролю якості методом «гас на крейду», адже він є найбільш простим, нетрудовістким, надійним та не потребує великих фінансових витрат.

При випробуванні гасом використовують його властивість проникати через малі нещільності: тріщини, пори і наскрізні непровари металу. Для контролю шви зі сторони розкриття фарбують крейдою розведеною у воді з додаванням клею, а зі сторони кореня з'єднання змочують керосином. Гас, проходячи через нещільності, утворює на крейдовій фарбі після її висихання темні плями, за якими можна судити про характер нещільності і місце її розташування.

Час витримки - 30 – 60 хвилин. Якщо плями не з'являються, то якість швів визнається задовільною [27].

Таким чином, розроблена технологія виготовлення вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак-суфлер забезпечує високу якість зварних з'єднань у поєднанні з високопродуктивними методами складання і зварювання.

Висновки

1. Розроблено структурну схему складання і зварювання конструкції, яка передбачає попереднє виготовлення підвузлів: труба-фланець, обичайки, складання вцілому.

2. Розроблено технологічний процес виготовлення та призначено

					ДП.131.2127ст.08.04.06.ПЗ	Арк
						63
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовність виконання операцій, яка забезпечує зниження трудомісткості робіт.

3. Контроль якості зварних швів здійснюється візуальним (100%).
Контроль герметичності конструкції здійснюється методом контролю якості «гас на крейду».

					ДП.131.2127ст.08.04.06.ПЗ	Арк
						64
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ			
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок собівартості вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер	Літ.	Арк	Аркушів
Студент.		Гунченко О.В.						
Керівник.		Драган С.В.					65	
Консульт						НУК ім. Адм. Макарова		
Зав. Кафед		Квасницький В.Ф.						

5. Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслобак–суфлер

Економічні розрахунки є необхідними для визначення доцільності і правильності обраних в проекті устаткування, параметрів зварювання, матеріалів та ресурсів, а також щоб переконатись, що всі витрати на виробництво конструкції були зведені до мінімуму.

В даному проекті оцінку економічної ефективності розробок виконаємо шляхом розрахунку технологічної собівартості складання і зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші за удосконаленою технологією його виготовлення. При цьому затрати на основний метал не враховуються, оскільки конструкція вузла не змінюється. Розрахунки виконаємо за методикою, викладеною у навчальному посібнику «Технологія зварювання суднових корпусних конструкцій» [12].

Вихідними даними для розрахунків прийняті наступні (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Вихідні дані для розрахунків технологічної собівартості складання і зварювання вузла

Найменування показника	Розмірність	Величина
Річний обсяг продукції	шт.	60
Ціна 1 кг електродного дроту марки Св-07Х19Н10Б	грн	205
Ціна 1 м ³ захисного газу	грн	66,67
Ціна 1 кВт-год електроенергії	грн	1,89
Тарифна ставка оплати праці складальника, Г _{ст}	грн./н-год	95
Тарифна ставка оплати праці зварювальника, Г _{ст}	грн. /н-год	87
Тарифна ставка оплати праці контролера, Г _{ст}	грн. /н-год	59,35
Ціна випрямляча зварювального ВДГИ-302	грн	45000
Ціна Подавального механізму апарата для механізованого зварювання ПДИ-304	грн	10000
Ціна Зварювального маніпулятора Т-25М	грн	15000
Довжина стикових швів	см	75,7
Довжина таврових швів	см	93

Продовження таблиці 5.1 Вихідні дані для розрахунків технологічної собівартості складання і зварювання вузла

Найменування показника	Розмірність	Величина
Площа наплавки стикових швів	см ²	0,056
Площа наплавки таврових швів	см ²	0,041
Щільність металу	г/см ³	7,9
Коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів для зварювання		1,02
Потужність холостого ходу джерела струму	кВт	2,5
ККД зварювального посту		0,5
Коефіцієнт, що враховує допоміжний час, К _д		1,2
Коефіцієнт, що враховує підготовчो-заклучний час, К _{п-з}		1,04
Коефіцієнт обслуговування робочого місця, К		1,13
Коефіцієнт використання зварювального посту, К _п		0,6
Зварювальний струм: Стикові шви Таврові шви	A	115 85
Напруга на дузі: Стикові шви Таврові шви	B	26 25
Швидкість зварювання: Стикові шви Таврові шви	м/год	31,4 31,5

Технологічна собівартість C_T складається з затрат на зварювальні матеріали C_M , на електроенергію C_e , на оплату праці $C_{пр}$, амортизаційні відрахування C_a та відрахування на поточний ремонт обладнання C_p . тобто:

$$C_T = C_M + C_e + C_{пр} + C_a + C_p \quad (5.1)$$

Затрати на кожний з матеріалів C_{Mi} визначається за формулою

$$C_{Mi} = P_{Mi} \times \Pi_{Mi}, \quad (5.2)$$

де P_{Mi} – витрати і-го матеріалу; Π_{Mi} – ціна 1 кг даного матеріалу.

Необхідна кількість кожного з матеріалів P_{Mi} . визначається згідно з ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів».

Загальні затрати на матеріали визначаються як

$$C_M = \sum C_{Mi}. \quad (5.3)$$

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						67
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість електроенергії розраховується як

$$C_e = W \times C_e, \quad (5.4)$$

де W – повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год.; C_e – ціна 1 кВт-год. електроенергії.

$$W = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + \omega_0 (\tau_1 - \tau), \quad (5.5)$$

де U_d – напруга дуги; η – ККД джерела живлення ($\eta = 0,6 \dots 0,8$ – для зварювання постійним струмом); ω_0 – потужність, що витрачається джерелом живлення під час холостого ходу ($\omega_0 = 2 \dots 3$ кВт для постійного струму); τ – час горіння дуги, год.; $\tau_1 = \frac{\tau}{K_n}$ – час зварювання з урахуванням коефіцієнту K_n використання зварювального поста (для зварювання у цехових умовах $K_n = 0,5 \dots 0,8$)

Повні затрати на основну заробітну плату виконавця визначаються трудомісткістю виконання операції, середньою годинною тарифною ставкою робітника відповідної професії з урахуванням додаткової зарплати та єдиного соціального внеску і розраховуються за формулою

$$C_{з.п.і} = [(1,1 \dots 1,15) \times T_p \times \Gamma_{ст}] \times 1,22, \quad (5.6)$$

де T_p – трудомісткість виконання (складання, зварювання, зачищення тощо) зварного виробу, н-год; $\Gamma_{ст}$ – середня годинна тарифна ставка робітника відповідної професії, грн./год.

Трудомісткості складання розраховується за формулами:

для поздовжніх стикових швів

$$T_{p\text{ ск}} = 0,0077 \times s + 0,11; \quad (5.7)$$

для кільцевих стикових швів

$$T_{p\text{ ск}} = 0,011 \times s + 0,18, \quad (5.8)$$

де s – товщина металу, мм.

Для таврових швів нормування часу розраховується за табличними даними [12].

Трудомісткості зварювання розраховується за формулою:

$$T_{p\text{ зв}} = l_{шв} \times T_0 \times K_d \times K_{п-з} \times K \quad (5.9)$$

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						68
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \frac{m}{V_{36}}, \quad (5.10)$$

де T_0 – основний час - це час горіння дуги та наплавлення металу на 1 м шва, год;
 K_d – коефіцієнт, що враховує додатковий час; $K_{п-з}$ - коефіцієнт, що враховує
 підготовчो-заключний час; K – коефіцієнт обслуговування робочого місця; m –
 кількість проходів при зварюванні.

Амортизаційні відрахування від кожного виду обладнання C_{ai} та
 відрахування на поточний ремонт C_{pi} визначаються за наступними формулами:

$$C_{ai} = \frac{\Sigma B_i \times H_{ai}}{100} \quad (5.11)$$

$$C_{pi} = \frac{\Sigma B_i \times H_p}{100}, \quad (5.12)$$

де B_i , H_{ai} , H_p – вартість, норма амортизаційних відрахувань та норма витрат на
 поточний ремонт обладнання [12].

Стикові з'єднання

Вага наплавленого металу, кг:

$$G_H = \gamma \times F_H \times l_{шв} \quad (5.13)$$

$$G_H = 0,056 \times 7,9 \times 100 = 0,044 \text{ кг (на 1 метр шва)}$$

$$G_{H. \text{ заг. }} = 0,044 \times 0,757 = 0,033 \text{ кг}$$

Витрата дроту, кг:

$$G_{др} = G_H \times k \quad (5.14)$$

де k – коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати
 матеріалів для зварювання.

$$G_{др} = 0,044 \times 1,02 = 0,045 \text{ кг (на 1 метр шва)}$$

$$G_{др. \text{ заг. }} = 0,033 \times 1,02 = 0,034 \text{ кг}$$

Витрата газу, м³:

$$H_G = 0,8 \times G_{др}$$

$$H_G = 0,8 \times 0,045 = 0,036 \text{ м}^3 \text{ (на 1 метр шва)}$$

$$H_{G. \text{ заг. }} = 0,8 \times 0,034 = 0,027 \text{ м}^3$$

Витрата електроенергії розраховується за формулою (5.5):

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						69
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = \frac{l_{шв}}{V_{3в}} \quad (5.15)$$

$$\tau = \frac{0,757}{31,4} = 0,024 \text{ год}$$

$$\tau_1 = \frac{\tau}{K_x} \quad (5.16)$$

$$\tau_1 = \frac{0,024}{0,6} = 0,04 \text{ год}$$

$$W = \frac{26 \times 115}{0,5 \times 1000} \times 0,024 + 2,5(0,04 - 0,024) = 0,184 \text{ кВт} \cdot \text{год (на один}$$

погонний метр шва)

$$W_{\text{заг.}} = 0,757 \times 0,184 = 0,14 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Витрати матеріалів на стикові з'єднання

G_n , кг	$G_{\text{др}}$, кг	H_r , м ³	W , кВт·год
0,033	0,034	0,027	0,140

Затрати на зварювальні матеріали на один виріб розраховуються за формулою (5.2), грн:

1) дроту:

$$C_{\text{др}} = 205 \times 0,034 = 6,97 \text{ грн}$$

2) газу:

$$C_r = 66.67 \times 0,027 = 1.8 \text{ грн}$$

3) електроенергії:

$$C_e = 0,14 \times 1,8855 = 0,264 \text{ грн}$$

Розрахуємо трудомісткість:

1) складання:

для поздовжніх швів розрахуємо за формулою (5.7):

$$T_{\text{р ск. позд.}} = 0,0077 \times 1,5 + 0,11 = 0,122 \times 1,1 = 0,134 \text{ н-год}$$

для кільцевих швів розрахуємо за формулою (5.8):

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						70
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{p \text{ ск. кильц.}} = 0,011 \times 1,5 + 0,18 = 0,197 \text{ н-год}$$

Трудомісткість для всіх стикових швів:

$$T_{p \text{ ск заг.}} = 0,134 + 0,197 = 0,331 \text{ н-год}$$

Розрахуємо затрати на основну заробітну плату складальника за формулою (5.6):

$$C_{\text{ск}} = 1,1 \times 0,331 \times 95 \times 1,22 = 42,2 \text{ грн}$$

2) зварювання:

розрахуємо основний час за формулою (5.10):

$$T_0 = \frac{1}{31,4} = 0,3185 \text{ год}$$

розрахуємо трудомісткості зварювання за формулою (5.9):

$$T_{p \text{ зв}} = 0,757 \times 0,3185 \times 1,2 \times 1,04 \times 1,13 = 0,034 \text{ н-год}$$

Розрахуємо затрати на основну заробітну плату зварювальника за формулою (5.6):

$$C_{\text{зв}} = 1,1 \times 0,034 \times 87 \times 1,22 = 3,97 \text{ грн}$$

3) контроль:

Для стикових з'єднань візуальний контроль складає 1 хвилину на один погонний метр шва.

$$T_{p \text{ к}} = 0,757 \times 1 = 0,757 \text{ хв} = 0,013 \text{ н-год}$$

$$C_{\text{к}} = 1,1 \times 0,013 \times 59,35 \times 1,22 = 1,04 \text{ грн}$$

Таврові з'єднання

Розрахуємо $G_{\text{н}}$ за формулою (5.13):

$$G_{\text{н}} = 0,041 \times 7,9 \times 100 = 0,0324 \text{ кг (на 1 метр шва)}$$

$$G_{\text{н. заг.}} = 0,0324 \times 0,93 = 0,03 \text{ кг}$$

Розрахуємо витрата дроту $G_{\text{др}}$ за формулою (5.14)

$$G_{\text{др}} = 0,0324 \times 1,02 = 0,033 \text{ кг (на 1 метр шва)}$$

$$G_{\text{др. заг.}} = 0,03 \times 1,02 = 0,0306 = 0,031 \text{ кг}$$

Витрата газу, м^3 :

$$H_{\text{г}} = 0,8 \times 0,033 = 0,0264 \text{ м}^3 \text{ (на 1 метр шва)}$$

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						71
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{Г \text{ заг.}} = 0,8 \times 0,031 = 0,0248 \text{ м}^3$$

Витрата електроенергії:

$$\tau = \frac{0,93}{31,5} = 0,03 \text{ год}$$

$$\tau_1 = \frac{0,03}{0,6} = 0,05 \text{ год}$$

$$W = \frac{25 \times 85}{0,5 \times 1000} \times 0,03 + 2,5(0,05 - 0,03) = 0,1775 \text{ кВт} \times \text{год (на один погонний}$$

метр шва)

$$W_{\text{заг.}} = 0,1775 \times 0,93 = 0,165 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Витрати матеріалів і ресурсів на таврові з'єднання

Г _н , кг	Г _{др} , кг	Н _г , м ³	W, кВт×год
0,03	0,031	0,0248	0,165

Затрати на зварювальні матеріали на один виріб розраховуються за формулою (5.2), грн:

1) дроту:

$$C_{\text{др}} = 0,031 \times 205 = 6,36 \text{ грн}$$

2) газу:

$$C_{\text{г}} = 0,0248 \times 66,7 = 1,66 \text{ грн}$$

3) електроенергії:

$$C_{\text{е}} = 0,165 \times 1,8855 = 0,3 \text{ грн}$$

Витрати на основну заробітну плату на шви 1 виробу:

1) складання розраховується за таблицею [12] як сумарне значення трудомісткості виконання операцій:

$$T_{\text{р ск}} = 0,09 + 0,09 + 0,09 + 0,10 + 0,09 = 0,46 \text{ (н-год)}$$

Витрати на основну заробітну плату складальника:

$$C_{\text{ск}} = 1,1 \times 0,46 \times 95 \times 1,22 = 58,65 \text{ грн}$$

2) зварювання:

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$T_0 = \frac{1}{31,5} = 0,032 \text{ год}$$

$$T_{p \text{ зв}} = 0,93 \times 0,032 \times 1,2 \times 1,04 \times 1,13 = 0,042 \text{ н-год}$$

Витрати на основну заробітну плату зварювальника:

$$C_{зв} = 1,1 \times 0,042 \times 87 \times 1,22 = 4,86 \text{ грн}$$

3) контроль:

Для таврових з'єднань візуальний контроль складає 2 хвилини на один погонний метр шва.

$$T_{p \text{ к}} = 0,97 \times 2 = 1,86 \text{ хв} = 0,031 \text{ н-год}$$

$$C_{к} = 1,1 \times 0,031 \times 59,35 \times 1,22 = 2,47 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Загальна собівартість виконання з'єднань

$C_{др}, \text{грн}$	$C_{г}, \text{грн}$	$C_{е}, \text{грн}$	$C_{ск}, \text{грн}$	$C_{зв}, \text{грн}$	$C_{к}, \text{грн}$
13,33	3,46	0,56	100,85	8,83	3,51

Собівартість матеріалів однієї конструкції

$$C_{др} = 6,97 + 6,355 = 13,33 \text{ грн}$$

$$C_{г} = 1,65 + 1,8 = 3,46 \text{ грн}$$

Таким чином собівартість матеріалів $C_{м} = 16,79 \text{ грн}$

Собівартість ресурсів:

$$C_{е} = 0,26 + 0,3 = 0,56 \text{ грн}$$

Собівартість трудомісткості:

$$C_{ск} = 42,2 + 58,65 = 100,85 \text{ грн}$$

$$C_{зв} = 3,97 + 4,86 = 8,83 \text{ грн}$$

$$C_{к} = 1,04 + 2,47 = 3,51 \text{ грн}$$

Таким чином загальна собівартість трудомісткості $C_{пр} = 113,19 \text{ грн}$.

Річна програма:

$$C_{м} = 16,79 \times 60 = 1007,4 \text{ грн}$$

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						73
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_e = 0,56 \times 60 = 33,6 \text{ грн}$$

$$C_{\text{сп}} = 113,19 \times 60 = 6791,4 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання:

$$C_{\text{авдги}} = \frac{45000 \times 14}{100} = 63000 \text{ грн}$$

$$C_{\text{алди}} = \frac{10000 \times 14,5}{100} = 1450 \text{ грн}$$

$$C_{\text{атм}} = \frac{15000 \times 8}{100} = 1200 \text{ грн}$$

Річна сума амортизації:

$$\frac{C_{\text{авдги}}}{7 \text{ років}} = \frac{63000}{7} = 900 \text{ грн}$$

$$\frac{C_{\text{алди}}}{7 \text{ років}} = \frac{1450}{7} = 207 \text{ грн}$$

$$\frac{C_{\text{атм}}}{7 \text{ років}} = \frac{1200}{7} = 171,4 \text{ грн}$$

Загальна річна амортизація обладнання:

$$C_{\text{а.заг.}} = 900 + 207 + 171,4 = 1278,4 \text{ грн}$$

$$\text{Амортизація на один виріб: } \frac{1278,4}{60} = 21,27 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання:

$$C_{\text{рвдги}} = \frac{45000 \times 15}{100} = 6750 \text{ грн}$$

$$C_{\text{рлди}} = \frac{10000 \times 15}{100} = 1500 \text{ грн}$$

$$C_{\text{ртм}} = \frac{15000 \times 8,5}{100} = 1275 \text{ грн}$$

Річна сума ремонту

$$\frac{C_{\text{рвдги}}}{7 \text{ років}} = \frac{6750}{7} = 964,3 \text{ грн}$$

$$\frac{C_{\text{рлди}}}{7 \text{ років}} = \frac{1500}{7} = 214,3 \text{ грн}$$

$$\frac{C_{\text{ртм}}}{7 \text{ років}} = \frac{1275}{7} = 182,1 \text{ грн}$$

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						74
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна річна сума на ремонт обладнання:

$$C_{p.зaг.} = 964,3 + 214,3 + 182,1 = 1360,7$$

$$\text{Витрати на ремонт на один виріб: } \frac{1360,7}{60} = 22,68 \text{ грн}$$

Технологічна собівартість виготовлення конструкцій за рік:

$$C_T = 1007,4 + 33,6 + 6791,4 + 1278,4 + 1360,7 = 10471,54 \text{ грн}$$

Зведені витрати на технологічну собівартість складання і зварювання наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5. Зведені затрати на технологічну собівартість складання і зварювання вузла для транспортування маслоповітряної суміші від двигуна ГТД в маслбак–суфлер, грн. (Річна програма випуску виробів 60 шт.)

Найменування статей затрат	Величина
Зварювальні матеріали	1007,4
Заробітна плата	6791,4
Електроенергія	33,6
Амортизаційні відрахування по обладнанню	1278,4
Витрати на поточний ремонт обладнання	1360,7
Технологічна собівартість одного виробу	174,43
Технологічна собівартість річного випуску виробів	10471,54

Висновки

Виконаний розрахунок показав, що технологічна собівартість виготовлення однієї конструкції вузла для транспортування маслоповітряної суміші складає 174,43 грн. з урахуванням витрат на амортизацію і ремонт обладнання. Технологічна собівартість при річній програмі – 60 одиниць продукції складає 10471 грн/рік.

					ДП.131.2127ст.08.05.06.ПЗ	Арк
						75
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ			
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці			
Студент.		Гунченко О.В.						
Керівник.		Драган С.В.						
Консульт								
Зав. Кафед		Квасницький В.Ф.						
					Літ. Арк Аркуші			
					76 НУК ім. Адм. Макарова			

6. Охорона праці

При виконанні зварювання металів на працівників можуть впливати шкідливі і небезпечні виробничі фактори. До шкідливих виробничих факторів відносяться: підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; ультрафіолетове, видиме і інфрачервоне випромінювання зварювальної дуги, а також інфрачервоні випромінювання зварювальної ванни і виробів, що зварюються; електромагнітне поле; іонізуюче випромінювання; шум; ультразвук; статичне навантаження на руку.

Виробничий шум впливає на здоров'я людини, а зокрема, на нервову систему. Відповідно до ГОСТу 12.1.003-83, зони і приміщення з рівнем звуку, що перевищує 80 дБ, необхідно позначати спеціальними знаками безпеки. Фахівців, які працюють в таких зонах складально-зварювальної ділянки, адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити засобами індивідуального захисту [29].

Наступним видом виробничо-небезпечних факторів є електричний струм, вплив якого проявляється внаслідок використання електричних машин і установок. В процесі проведення зварювальних робіт необхідним є застосування спеціальних параметрів захисту від ураження електричним струмом таких як: застосування ізоляції, застосування індивідуальних засобів захисту, захисне заземлення корпусу зварювальних машин, апаратів і установок [47].

Зварювальний цех вважається, мабуть, одним з найбільш несприятливих робочих місць з огляду на те, що під час технологічного процесу викидається величезна кількість шкідливих речовин. Зварювальні роботи провокують насичення навколишнього повітря фтористим сполуками, оксидами озону, азоту та оксидами вуглецю, що провокують розвиток небезпечних професійних захворювань і отруєнь. Саме тому грамотно спроектована і збалансована система вентиляції зварювального цеху є пріоритетним завданням.

Особливістю при проектуванні системи вентиляції зварювального цеху є необхідність досягнення високих результатів очищення повітряних мас, при відносно низьких витратах енергії. Крім того, процес вентиляції виробничого приміщення повинен бути безперебійним - тому, крім основної вентсистеми,

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ	Арк
						77
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачається монтаж додаткової (аварійної вентиляції), яка повинна функціонувати настільки ж ефективно і продуктивно, як і основна [5].

Ключовими завданнями вентиляційної системи є:

- 1) мінімізація концентрації шкідливих речовин, які виділяються під час зварювальних робіт, за допомогою застосування ефективних місцевих відсмоктувачів;
- 2) забезпечення рекомендованих мікрокліматичних показників, відповідно до «Санітарних правил при зварюванні, наплавленні і різанні металів» №1009-73;
- 3) усунення хімічних виділень і викидів, які вже встигли поширитися далі приміщення, за допомогою загальнообмінної вентиляції;
- 4) забезпечення достатнього припливу свіжих повітряних мас в зварювальний цех, з метою зниження гранично допустимої концентрації шкідливих домішок і небезпечних речовин [5].

Щоб правильно організувати оновлення повітряного середовища приміщення необхідно обрати оптимальний спосіб вентиляції або комбінацію декількох варіантів (рис 6.1).

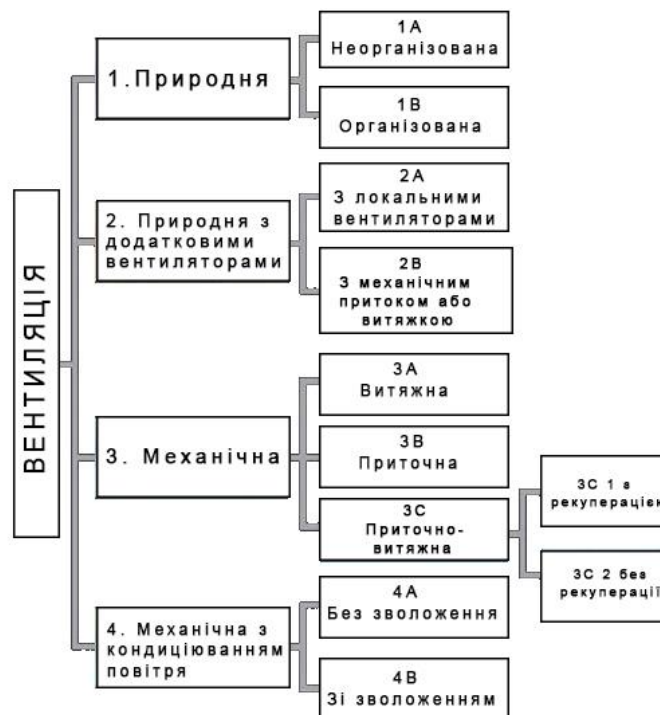


Рис. 6.1 – Структурна схема класифікації існуючих вентиляційних систем на виробництві

Різновиди повітряобміну (рис. 6.1):

1) до неорганізованої природної вентиляції відноситься провітрювання та інфільтрація – проникнення повітря через двірні притвори та інші щилини. Організована подача – аерація – відбувається крізь вікна через витяжні дефлектори і зенітні ліхтарі;

2) допоміжні дахові і стельові вентилятори підвищують інтенсивність обміну при природньому русі повітряних мас;

3) механічна системи передбачає примусну роздачу та відбір повітря вентиляторами за допомогою повітряпроводів. Сюди відноситься аварійна вентиляція і різноманітні місцеві відсмоктувачі – зонти, панелі, укриття, витяжні лабораторні шафи;

4) кондиціювання – доведення повітряного середовища цеху до необхідної кондиції. Перед подаванням в робочу зону повітря очищується фільтрами, зволожується/сушиться, підігрівається або охолоджується.

Досягти максимальної ефективності роботи при помірній ціні обладнання дозволяє комбінація перерахованих різновидів. В зварювальному цеху допускається проектування природної вентиляції за умови, що кожен піст обладнаний примусовою місцевою витяжною [35].

Зварювальний піст доцільно забезпечити місцевою вентиляцією.

Місцева вентиляція може бути припливною і витяжною. При припливній вентиляції здійснюється концентрована подача припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Місцева витяжна вентиляція (рис. 6.2) є найбільш оптимальною для обладнання зварювального посту, адже вона забезпечує вловлювання шкідливих виділень (газів, парів, пилу) безпосередньо в місцях їх виділення, а відтак запобігає їх поширенню в приміщенні.

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ	Арк
						79
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом. Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування [14].

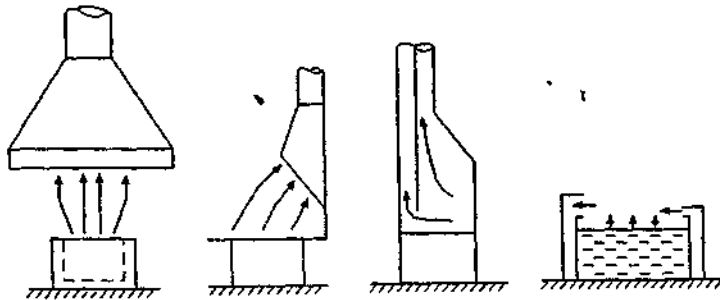


Рис. 6.2 - Приклади місцевої витяжної вентиляції: а - витяжний зонт, б - всмоктувальна панель, в - витяжна шафа з комбінованою витяжкою, г - бортовий відсмоктувач з передувом

Розрахуємо зонт місцевої витяжної вентиляції (рис. 6.3).

Задача локального відсмоктувача – відібрати шкідливий газ і пил на етапі виділення, прямо від джерела. Щоб досягти максимальної ефективності потрібно правильно підібрати розмір зонту в залежності від габаритів джерела і висоти підвісу [35].

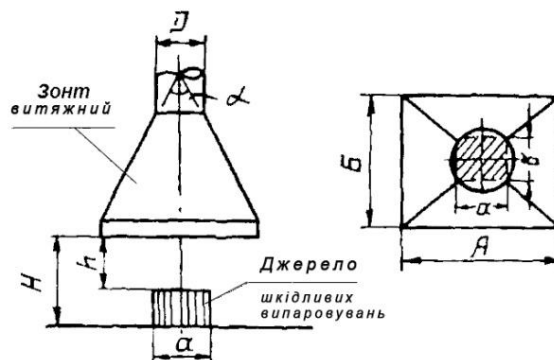


Рис. 6.3 – Зонт місцевої витяжної вентиляції:

А, Б – розміри зонту в плані; h – відстань від нижньої крайки втягувального пристрою до поверхні осередку викиду; a , b – розміри обладнання, що перекривається; D – діаметр вентиляційного повітряпроводу; H – висота підвісу, приймається не більше 1,8...2 м; α (альфа) – кут розкриття зонту, в ідеалі не перевищує 60° .

Вихідні дані:

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ	Арк
						80
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a \times b = 12 \times 12 \text{ см}$$

$$h = 60 \text{ см}$$

V_T – швидкість повітряного потоку (для токсичних речовин – 0,75...1,05 м/с)

Приймаємо $V = 0,9 \text{ м/с}$

$$A = a + 0,8h$$

$$A = 12 + 0,8 \times 60 = 60 \text{ см}$$

$$B = b + 0,8h$$

$$B = 12 + 0,8 \times 60 = 60 \text{ см}$$

$$D = 0,6 \text{ м}$$

Діаметр повітропроводу визначаємо за формулою (6.1):

$$d = \frac{F}{\pi D} \quad (6.1)$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \quad (6.2)$$

$$d = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{1}{\pi D}$$

$$d = \frac{3,14 \times 0,6^2}{4} \times \frac{1}{3,14 \times 0,6} = 0,15 \text{ м}$$

Швидкість руху повітря у повітроприймачі визначаємо за формулою (6.3):

$$V_B = \frac{V_T l^2}{k d^2}, \quad (6.3)$$

де l – відстань точки, що обмежує швидкість руху потоку, від вхідного перерізу повітроприймача, м.

$$l = 0,1 \text{ м.}$$

$$V_B = \frac{0,9 \times 0,1^2}{0,07 \times 0,15^2} = 5,7 \text{ м/с}$$

Кількість повітря, необхідна для видалення шкідливих речовин одним відсмоктувачем визначаємо за формулою (6.4):

$$Q_H = V_B \times S_B \times 3600, \quad (6.4)$$

де S_B – площа вихідного перерізу відсмокчувача; V_B – швидкість руху у повітроприймачі.

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ	Арк
						81
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_n = 5,7 \times 0,0177 \times 3600 = 363,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Загальна кількість повітря, що видаляє шкідливі речовини розраховується за формулою (6.5):

$$Q_m = n \times Q_n, \quad (6.5)$$

де n – кількість джерел, що видаляють шкідливу речовину.

$$Q_m = 363,2 \times 2 = 726,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

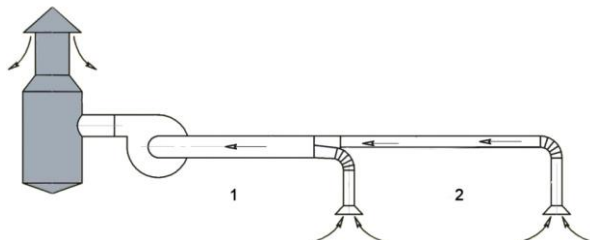


Рис. 6.4 – Схема місцевої витяжної вентиляції

Діаметр на ділянці 1 (рис. 6.4) визначається за формулою (6.6):

$$d_1 = \sqrt{\frac{4Q_m}{3600\pi V_s}} \quad (6.6)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 726,4}{3600 \times 3,14 \times 5,7}} = 0,2 \text{ м}$$

Втрати на тертя визначаються за формулою (6.7):

$$H_{тр} = \frac{\rho \lambda L V_s^2}{2d}, \quad (6.7)$$

де $\lambda = 0,03$ – коефіцієнт гідравлічних втрат; L – довжина прямолінійної ділянки, м;
 ρ – щільність повітря.

$$\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$$

$$L_1 = 5 \text{ м}$$

$$L_2 = 2,5 \text{ м}$$

d повітряпроводу на ділянці:

$$d_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$d_2 = 0,15 \text{ м}$$

$$H_{тр1} = \frac{1,226 \times 0,03 \times 5 \times 5,7^2}{2 \times 0,2} = 14,9 \text{ Па}$$

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ	Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		82

$$H_{\text{тр}2} = \frac{1,226 \times 0,03 \times 2,5 \times 5,7^2}{2 \times 0,15} = 99,5 \text{ Па}$$

Місцеві втрати на одній ділянці (рис. 6.4) розраховуються за формулою (6.8):

$$H_{\text{м}} = \frac{\xi V_{\text{с}}^2 \rho}{2}, \quad (6.8)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

$\xi = 1,2$ – для прямолінійної ділянки

$$H_{\text{м}1} = \frac{1,2 \times 5,7^2 \times 1,226}{2} = 23,9 \text{ Па}$$

$$H_{\text{м}2} = H_{\text{м}1} = 23,9 \text{ Па}$$

Загальні втрати напорі:

$$\Sigma H = 14,9 + 9,95 + 23,9 \times 2 = 72,65 \text{ Па}$$

Необхідна потужність двигуна вентилятора розраховується за формулою (6.9):

$$N = \frac{L \times H \times K}{3600 \times 102 \times \eta}, \quad (6.9)$$

де K – коефіцієнт запасу, $K = 1,1 \dots 1,5$; η – ККД вентилятора, $\eta = 0,5 \dots 0,8$ [26].

$$N = \frac{726,5 \times 72,64 \times 1,1}{3600 \times 102 \times 0,5} = 0,316 \text{ кВт}$$

Виходячи з розрахунку потужності двигуна обираємо центробіжний вентилятор ВЦУН 180х74-1, 1-2 універсального призначення, який серійно випускається Вентс (м. Київ). Потужність двигуна ВЦУН = 1,1 кВт, що задовольняє вимогам.

Висновки:

Описані вимоги техніки безпеки на зварювальній ділянці, можливі ризики для здоров'я та методи їх усунення.

Згідно з проведеними розрахунками місцевої витяжної вентиляції обрано центробіжний вентилятор ВЦУН 180х74-1.

					ДП.131.2127ст.08.06.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		83

Загальні висновки:

1. Розроблено технологію складання і зварювання вузла, яка передбачає попереднє виготовлення підвузлів і складання вцілому.

2. Для реалізації удосконаленої технології зварювання стикових і таврових швів конструкції обрано імпульсно-дугове зварювання з параметрами режиму: амплітуда імпульсів $I_i = 170$ А; частота імпульсів $f = 100$ Гц; тривалість імпульсу $t_i = 1,5$ мс для $I_{зв} = 115$ А $I_{б\ min} = 11,5$ А; для $I_{зв} = 85$ А $I_{б\ min} = 8,5$ А у суміші газів $Ar\ 97,5\% + CO_2\ 2,5\%$. Зварювання виконується дротом марки Св-07Х19Н10Б.

3. Імпульсно-дугове зварювання плавким електродом марки Св-07Х19Н10Б даної конструкції стали поліпшує формування шва, забезпечує зростання глибини проплавлення основного металу і швидкості зварювання

4. Стикові і таврові з'єднання виконуються дротом діаметром 1,0 мм на наступних режимах: стикові - $I_{зв} = 115$ А, $U_d = 25$ В, $V_{зв} = 31,4$ м/год; таврові - $I_{зв} = 85$ А, $U_d = 25$ В, $V_{зв} = 31,5$ м/год.

5. Проведена оцінка очікуваної структури металу швів і показано, що концентрація хімічних елементів задовольняють вимогам якості зварних з'єднань

6. Розрахунок деформацій показав, що стрілка прогину при зварюванні поздовжніх швів $f = 0,51$ мм; «корсетність» при зварюванні кільцевих швів $f = 0,9$ мм; ребристість при виконанні таврового шва $f = 0,17$ мм. Всі деформації знаходяться в межах допуску, що встановлюється заводом-виробником.

7. Для складання конструкції обрано маніпулятора Т-25М, використання якого знижує трудомісткість процесу та полегшує точність складання і зварювання. Для механізованого імпульсно-дугового зварювання обрано апарат ПДИ-304. В якості джерела живлення – випрямляч ВДГИ-302.

8. Розрахунок технологічної собівартості показав, що витрати на виготовлення однієї конструкції складає 173,43 грн. та при програмі 60 одиниць продукції на рік - 10471,54 гривень.

9. Проведено аналіз шкідливих факторів зварювального виробництва та наведено методи мінімізації ризиків на робочій ділянці. Здійснено розрахунки

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ	Арк
						84
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

місцевої витяжної вентиляції, на основі якої обрано центробіжний вентилятор ВЦУН 180х74-1, 1-2 універсального призначення з потужністю двигуна 1,1 кВт.

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ	Арк
						85
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/6-51176.html>
2. Автоматичне дугове зварювання під флюсом. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naurok.com.ua/avtomatichne-dugove-zvaryuvannya>
3. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] / А.И. Акулов, Г.И. Бельчук, В.П. Демянцевич. – Москва: Машиностроение, 1977. – 432 с.
4. Бугаєнко, Б.В. Технологічні процеси зварювального виробництва: Методичні вказівки до виконання курсового проекту [Електронний ресурс] / Б.В. Бугаєнко, В.Я. Сагань. – Миколаїв : НУК, 2010. – 53 с.
5. Вентиляция сварочного цеха. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ads-vent.ru/blog/ventilyaciya-svarochnogo-cеха>
6. Выпрямитель сварочный типа ВДГИ-302УЗ. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electro.mashinform.ru/svarochnye-vypryamiteli>
7. Гигиена труда. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alexwolga.ru/gigiena-truda>
8. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартинформ. – Введен 01.07.1977.
9. ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. – М.: ИПК Издательство стандартов. – Введен 01. 01. 1975.
10. Доля участия основного и наплавленного металла в металле шва. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://svarkka.ru/>
11. Драган, С.В. Джерела живлення для зварювання плавленням. Навчальний посібник [Текст] / С.В. Драган. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 320 с.
12. Драган, С.В. Технологія зварювання судових корпусних конструкцій (проекування і організація). Навч. посібник [Текст] / С.В. Драган, Ж.Г. Голобородько, І.В. Сімутенков. – Миколаїв: НУК, 2017. – 328 с.

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		86

13. Дюргеров, Н.Г. Оборудование для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом [Текст] / Н.Г. Дюргеров, Х.Н. Сагиров, В.А. Ленивкин. – М.:Энергоатомиздат, 1985. – 80 с.

14. Жидецкий В.Ц. Основы охорони праці: підручник [Текст] / В.Ц. Жидецкий. – Львів: Афіша, 2004. – 320 с.

15. Защитные газы для сварки нержавеющей стали и подкладки под шов. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nisa.net.ua/spip.php?article67>

16. Зварювання аустенітних хромонікелевих сталей. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ua.waykun.com/articles>

17. Импульсная и контактная сварка – особенности, преимущества и недостатки. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.toool.ru/articles>

18. Импульсная сварка: преимущества и возможности. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rutector.ru/press/articles/2016/06>

19. Импульсно-дуговая сварка. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pereosnastka.ru/articles/impulsno-dugovaya-svarka>

20. Імпульсний режим та синергетичне керування при MIG/MAG зварюванні. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://jasic.ua/ua/news>

21. Квасницкий, В.Ф. Расчеты в дипломных проектах по технологии и оборудованию сварочного производства: Учебное пособие [Текст] / В.Ф. Квасницкий, С.В. Драган, Г.В. Ермолаев [и др.]; под ред. В.Ф. Квасницкого. – Николаев: НКИ, 1991. – 89 с.

22. Контроль сварных соединений. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tool-land.ru/kontrol-svarnykh-shvov.php>

23. Костін, О.М. Зварювальні матеріали. Навч. посібник [Текст] / О.М. Костін. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.

24. Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций. АТЛАС [Текст] / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. – М.: Машиностроение, 1989. — 335 с.

25. Марка стали 12Х18Н10Т ГОСТ. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://instrument16.ru/instrument/marka-stali-12h18n10t-gost.html>

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ	Арк
						87
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Маркин, А.Н. Аэродинамика и вентиляция. Часть 1 [Текст] / А.Н. Маркин. – Макеевка: ДонНАСА, 2007. – 55 с.
27. Мещеряков В.М. Технология конструкционных материалов и сварка: учебное пособие [Текст] / В. М. Мещеряков. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 316 с.
28. Напруження та деформації при зварюванні і паянні: підручник / Л.М Лобанов, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький [та ін.]; за заг. ред. Л.М Лобанова [Текст] – Миколаїв: НУК, 2016. – 248 с.
29. Нормы шума и средства защиты слуха. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mona.ru/interesnoe/normyi-shuma-i-sredstva-zashhityi-sluxa>
30. Подающий механизм ПДИ-304. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stankopress.narod.ru/svar/pdi304.htm>
31. Полуавтомат марки ПДИ-304 с ВДГИ-302. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spkom.nt-rt.ru/images/manuals>
32. Потери легирующих элементов в зоне сварки. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metallischekiy-portal.ru/articles/svarka>
33. Преимущества и расход проволоки СВ-01Х23Н28М3Д3Т, СВ-07Х19Н10Б. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://himiinet.ru/stroitelstvo>
34. Проволока СВ-07х19н10б. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.toool.ru/articles/impulsnaya_i_kontaktnaya_svarka
35. Расчет общеобменной и местной вентиляции производственного помещения. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://otivent.com>
36. Сварка аустенитных сталей. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.svartek.ru/articlesview.php?id_articles=113
37. Сварка в защитных газах. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.deltasvar.ru/biblioteka/48-vidy-svarki/68-svarka-v-zashhitnykh-gazakh>
38. Сварочные Работы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://brigada1.lv/svarochnye-raboty.html>
39. Севбо, П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования [Текст] / П.И Севбо. – К.: Наукова думка, 1978. – 384 с.

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ	Арк
						88
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

40. Справочник нормировщика / А.В. Ахумов, Б.М. Генкин, Н.Ю. Иванов [и др.]; под общ. ред. А.В. Ахумова [Текст] – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 458 с.

41. Справочник по сварке: Том 4 / А.И. Акулов, В.В. Баженов, Г.А. Бельчук [и др.]; под общ. ред. А.И. Акулова [Текст] – Москва: Машиностроение, 1971. – 416 с.

42. Сталь 12Х18Н10Т – свойства и области применения. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stalnn.com/spravochniki>

43. Сталь 12Х18Н10Т лист нержавеющей. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agida74.ru/informatsija/105/>

44. Сталь 12Х18Н10Т. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://westa.kiev.ua/standarty/marki-stali/stal-12x18h10t>

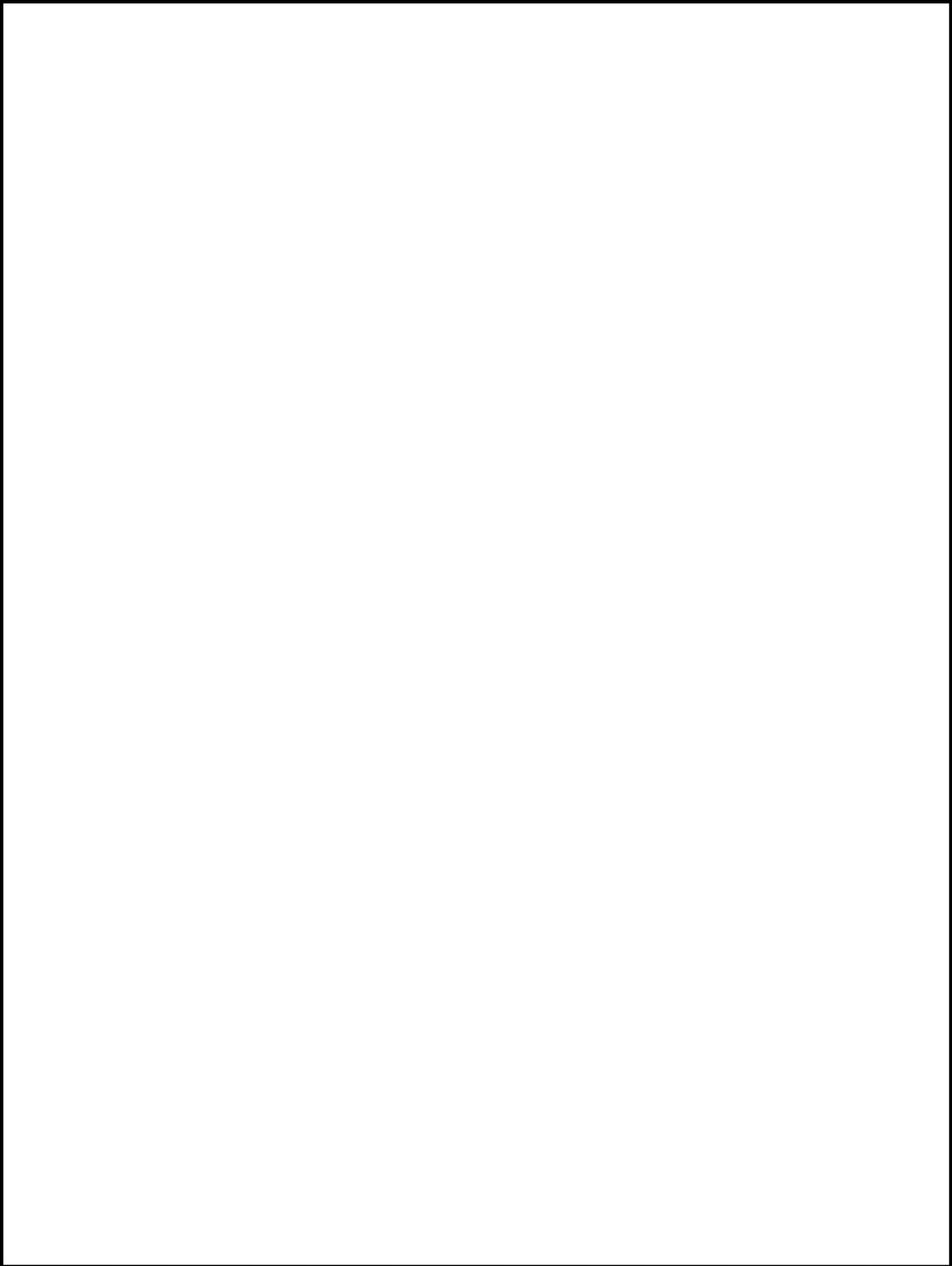
45. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы: Справочник / М.Л. Алхутов, А.А. Амосов, Т.Ф. Басова [и др.]; под общ. ред. А.В. Клименко [Текст] – Москва: МЭИ, 1999. – 528 с.

46. Технология сварки ММА. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.shtorm-its.ru/info/articles/tekhnologiya-svarki-mma/>

47. Электробезопасность при выполнении сварочных работ. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autowelding.ru/publ>

48. Электроды для коррозионностойких сталей. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://instrument16.ru/instrument>

					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ	Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		89



					ДП.131.2127ст.08.00.06.ПЗ									
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата										
Студент		Гунченко О.В.				Відомість графічної частини			Літ.		Лист		Листів	
Керівник		Драган С.В.									90			
Консульт									НУК ім. адм. Макарова					
Зав. Кафед		Квасницький В.Ф.												