

Ім'я користувача:
Марина Костирко

Дата перевірки:
14.06.2021 13:09:20 EEST

Дата звіту:
14.06.2021 13:10:28 EEST

ID перевірки:
1008290918

Тип перевірки:
Doc vs Internet

ID користувача:
100001493

Назва документа: Артеменко (1)

Кількість сторінок: 70 Кількість слів: 11695 Кількість символів: 83740 Розмір файлу: 5.61 MB ID файлу: 1008359855

14.1% Схожість

Найбільша схожість: 2.68% з Інтернет-джерелом (<https://docplayer.net/47479341-Praktikum-zi-zvaryuvannya.html>)

14.1% Джерела з Інтернету

206

Сторінка 72

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

186

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 стропильної ферми
промислової будівлі зі сталі С235***

Виконав: студент 2127ст. групи

_____ ***Артеменко О.Г.***

(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 Артеменко Олександр Григорович
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології складання і зварювання стропильної ферми промислової будівлі зі сталі С235.

Керівник роботи: Драган С.В.

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

2. Термін подання роботи: _____
3. Вихідні дані по роботі: креслення конструкції зварної ферми.

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

1) вибрати та обґрунтувати способи зварювання. 2) обрати зварювальні матеріали. 3) розрахувати режими зварювання. 4) розрахувати термічні цикли зварювання 5) вибрати технологічну оснастку. 6) вибрати зварювальне устаткування. 7) розробити технологію складання і зварювання. 8) розрахувати технологічну собівартість складання і зварювання обраної конструкції.

5. Перелік презентаційних матеріалів: креслення конструкції зварної ферми, матеріал сталі, зварні з'єднання, оцінка зварюваності сталі С235, розрахунок режимів зварювання, спосіб зварювання та зварювальні матеріали, розрахунок термічних циклів зварювання, аналіз термодинамічного перетворення аустеніту, технологічний процес виготовлення ферми, розрахунок собівартості виконання складальних і зварювальних робіт під час виготовлення ферми, охорона праці при роботі зі зварювальним обладнанням, загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз існуючої технології виготовлення секції зварної ферми		
2.	Розрахунок технології зварювання ферми		
3.	Розробка засобів технологічного оснащення		
4.	Розробка удосконаленої технології виготовлення ферми		
5.	Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання ферми		
6.	Охорона праці		
7.			
8.			
9.			
10.			

Студент

(підпис)

Артеменко О.Г.

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Драган С.В.

(ПІБ)

Анотація

Тема: Розробка технології складання і зварювання стропильної ферми промислової будівлі зі сталі С235.

Спеціальність: 131

Дипломник: Артеменко О.Г., студент групи 2127 ст

Група: 2127 ст

Керівник: Драган С.В.

В дипломному проекті розроблена технологія складання і зварювання стропильної ферми промислової будівлі.

Визначені способи зварювання з'єднань, що використовуються при виготовленні конструкції та відповідні зварювальні матеріали, а також розраховані режими зварювання.

Розраховані термічні цикли зварювання.

Обрані устаткування, обладнання і пристосування для складання та зварювання.

Розроблено структурну схему технологічного процесу та визначено послідовність операцій складання і зварювання.

Розраховано собівартість виготовлення стропильної ферми.

Розглянуті питання охорони праці зварювальних робіт.

Ключові слова: зварювання, технологія, розрахунок, складання, ферма, з'єднання.

Summary

Topic: Development of technology for assembly and welding of a roof truss of an industrial building made of steel C235.

Major: 131

Graduate student: Artemenko O.G., student of group 2127 st

Group: 2127 st

Mentor: Dragan S.V.

In the diploma project developed technology of assembly and welding of the roof truss of an industrial building.

Determined methods of welding and manufacturing of the welded joints, used in the manufacture of the construction, selected welding methods and appropriate materials, calculated welding regimes.

Calculated possible welding thermal cycles of a metal.

Selected equipment, hardware and gear for welding and assembly.

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

Calculated cost of the roof truss manufacturing.

Developed issues of labor protection during welding.

Keywords: welding, technology, calculation, assembly, truss, welded joints.

Зміст

Вступ.....	
1. Аналіз існуючої технології виготовлення секції зварної ферми.....	
1.1. Опис конструкції ферми.....	
1.2. Характеристика металу конструкції ферми.....	
1.3. Типові технології складання та зварювання конструкції зварної ферми.....	
1.4. Висновки та постановка задач дипломного проекту.....	
2. Розрахунок технології зварювання ферми.....	
2.1. Вибір та обґрунтування способів зварювання.....	
2.2. Конструювання зварних швів ферми.....	
2.3. Розрахунок режимів зварювання.....	
2.4. Розрахунок термічного циклу зварювання.....	
Висновки.....	
3. Розробка засобів технологічного оснащення.....	
3.1. Вибір зварювального устаткування.....	
3.2. Вибір технологічної оснастки.....	
Висновки.....	
4. Розробка удосконаленої технології виготовлення ферми.....	
4.1. Розробка змісту техпроцесу.....	
4.2. Контроль якості зварних з'єднань.....	
Висновки.....	
5. Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання ферми.....	
Висновки.....	
6. Охорона праці.....	
Висновки.....	
Загальні висновки.....	
Список використаних джерел.....	
Додатки.....	

					ДП.131.2127ст.02.00.06.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум	Підпис	Дата								
Студент		Артеменко О.Г.			Вступ				Літ		Арк	Аркушів
Керівник		Драган С.В.									4	
Консульт									НУК ім. адм. Макарова			
Зав. Кафед		Квасницький В.Ф.										

Вступ

Виробництво і виготовлення ферм - досить поширена галузь вітчизняної промисловості. Завдяки затребуваності ферм в сучасному будівництві виробництво і виготовлення металоконструкцій ферм повинно супроводжуватися високим рівнем якості. Виробництво ферм відрізняє висока індустріальність процесу. Ферми набули широкого поширення в багатьох областях будівництва: в покриттях і перекриттях промислових і цивільних будівель, мостах, опорах ліній електропередачі, об'єктах зв'язку, телебачення і радіомовлення, транспортних галереях, гідротехнічних затворах, вантажопідйомних кранах тощо.

В дипломному проєкті розглянуто технологію виготовлення стропильної ферми, яка є перекриттям в цеховому приміщенні. Габаритні розміри 1480...315 см. Основними складовими елементами ферми є: кутники з профільного прокату та пластини з листового прокату. Матеріал сталі марки С235.

Всі шви виконані механізованим зварюванням у вуглекислому газі. Існуюча технологія є трудомісткою. Для зменшення трудовитрат і збільшення продуктивності можливим є використання більш вдосконалених способів зварювання та застосування певної оснастки.

Метою даного дипломного проєкту є розробка технології складання і зварювання, яка забезпечує раціональність і якість виготовлення конструкції.

					ДП.131.2127ст.02.00.06.ПЗ	Арк
						5
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ			
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Аналіз існуючої технології виготовлення секції зварної ферми			
Студент	Артеменко О.Г.							
Керівник	Драган С.В.							
Консульт								
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.							
					Літ Арк Аркушів 6 НУК ім. адм. Макарова			

1. Аналіз існуючої технології виготовлення секції зварної ферми

1.1. Опис конструкції ферми

Решітчасті конструкції, що працюють на згин, називаються фермами. Ферми складаються з окремих стрижнів, з'єднаних у вузли, і утворюють геометрично незмінну систему. Якщо ферма в цілому працює на згин, то в її конструктивних елементах виникають тільки повздовжні зусилля стиску або розтягу. Це дозволяє більш раціонально використовувати матеріал (метал) порівняно з балками. Ферми економічніші за витратами металу, але більш трудомісткі у виготовленні. Тому їх використовують для перекриття великих прогонів при відносно невеликих навантаженнях [20].

Ферма складається з трьох основних конструктивних елементів: верхнього та нижнього поясів і решітки. Остання складається із розкосів і стійок. Віддаль між вузлами решітки ферми називається панеллю, а віддаль між її опорами – прогоном [42].

Ферми, як і балки, працюють на поперечний вигин. Конструктивні форми балок простіші, однак, при достатньо великих прольотах застосування ферм виявляється більш економічним. Деякі схеми решіток ферм показані на рис. 1.2. Трикутна (рис. 1.1, а) і разкісна (рис. 1.1, б) схеми є основними. Ферми, що сприймають навантаження по верхньому або нижньому поясу, з метою зменшення довжини панелі виготовляють за схемами, зображеними на рис. 1.1, в, г. Іноді застосовують ферми без розкосів з жорсткими вузлами (рис. 1.1, д). За формою поясів ферми можуть бути з паралельними поясами або з поясами, утвореними ламаною лінією (рис. 1.1, е) [3].

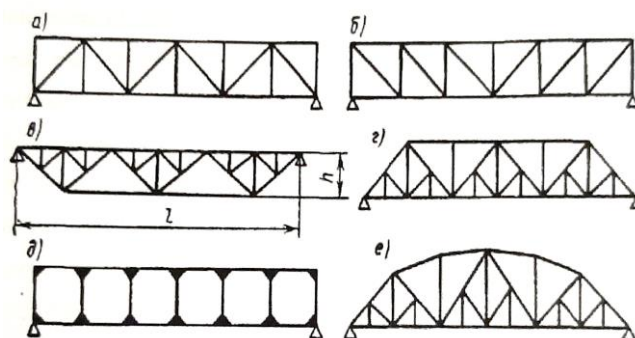


Рис. 1.1 - Схеми решіток ферми

Ферми класифікуються за такими ознаками:

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

- 1) За характером обрису: з паралельними поясами, з параболічним обрисом верхнього поясу, ферми трикутного обрису;
- 2) За типом спирання: - балкові, консольні, балочно-консольні, арочні;
- 3) за типом решітки - ферми з трикутною решіткою, з розкісною решіткою, з напіврозкісною решіткою, з ромбічною решіткою, дворешітчаті, багаторешітчаті;
- 4) Залежно від призначення: стропильні, кранові, баштові, мостові;
- 5) За методом розрахунку: статично визначні, статично невизначені [8].

На ферми, як правило, діють кілька видів навантажень:

- 1) Постійні навантаження - власна вага ферми і вага всієї підтримуваної конструкції (покрівлі з утеплювачем, ліхтарів тощо);
- 2) Тимчасові навантаження - від підвісного підйомно-транспортного устаткування, корисне навантаження, що діє на підвішене до ферми горищне перекриття тощо;
- 3) Короточасні, атмосферні навантаження - сніг, вітер та ін [12].

Дана решітчаста конструкція являє собою систему стержнів, що з'єднані між собою жорстко. Застосовується, в основному, для перекриття великих прольотів з ціллю зменшення витрат використовуваних матеріалів і полегшення конструкцій (мостів, кровляних систем промислових будівель, спортивних споруд тощо) [43]. Конструкція ферми відповідає схемі, наведеній на рис. 1.1,а.

Ферма складається з наступних елементів (рис. 1.2): верхнього поясу, нижнього поясу, решітки [42].

Розміри основних деталей, з яких виготовляється ферма, наведені в табл. 1.1.

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
						7
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

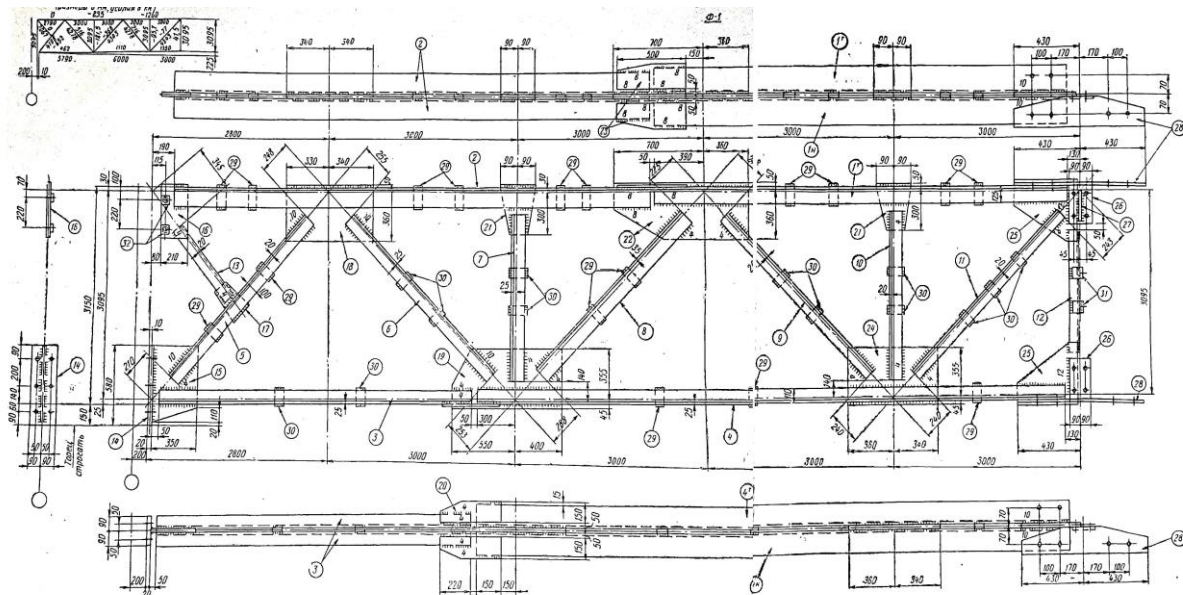


Рис. 1.2 - Конструкція зварної ферми

Таблиця 1.1. Деталі для виготовлення конструкції зварної ферми (вибірка)

№	Найменування	кіль- кість	переріз	дов- жина	Маса, кг		примітки
					Шт.	Заг.	
1	Кутник	2	L200×125× 14	6260	214	428	C245
2	Кутник	2	L140×10	8170	176	352	
3	Кутник	2	L90×7	5380	52	484	
4	Кутник	2	L180×110× 12	9170	242	135	
5	Розкос	2	L160×100× 9	3740	67,5	73	
6	Стійка	2	L90×7	2800	27	132	
7	Розкос	2	L75×5	3790	22	33	
8	Пластина	1	-180×20	580	16,4	16	C255
9	Пластина	1	-400×10	950	30,0	30	
10	Пластина	17	-60×10	160	0,8	14	

Верхній пояс складається з:

кутників (1 - 2), що з'єднані між собою пластинами (10).

Нижній пояс складається з:

кутників (3 - 4), що з'єднані між собою пластинами (8, 10).

Розкоси з кутників (5, 7) з'єднуються пластинами (10).

Стійка із кутників (6), з'єднується пластинами (9).

Всі вищезазначені зварні з'єднання виконуються двобічним зварним швом

внапуск (тип Н2 ГОСТ 14771-76).

Розкоси (5, 7) та стійка (6) приварюються до пластин (9, 10) однобічним зварним швом внапуск (тип Н1 ГОСТ 14771-76).

Пластина з отвором під кріплення (8) приварюється до нижнього поясу двостороннім тавровим переривчастим швом (тип Т3 ГОСТ14771-76). Види, конструктивні елементи та розміри зварних з'єднань наведені в таблиці 1.2.

Всі зварні з'єднання виконуються механізованим способом в захисних газах плавким електродом в захисному середовищі CO₂. Недоліками цього способу є сильне розбризкування металу, що вимагає подальшої зачистки шва і поверхні виробу, та велика втрата електродного дроту. Ще одним недоліком є велике виділення газу на місці зварювання [21].

Аналіз конструкції та зварних з'єднань показав, що конструкція ферми є технологічною, до всіх швів є вільний доступ. Шви є легкими в обробці і тому для їх виконання можна використовувати будь-які способи дугового зварювання.

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		9

Таблиця 1.2. Види, конструктивні елементи та розміри зварних з'єднань ферми (ГОСТ 14771-76) [9]

Умовне Позначення; тип з'єднання; форма підготовлених крайок	Характер виконаного шва	Конструктивні елементи		Спосіб зв.	$s = s_1$	b		В
		Підготов- лених крайок зварюваних деталей	Шва зварного з'єднання			НОМІН.	Гр. відх.	
ТЗ; таврове; без розробки крайок	двобічний			ИНп, ИП, УП	6,0 - 20,0	0	+1,5	
Н1; внапусток; без розробки крайок	однобічний			ИП, УП	2,2 - 5,0	0	+1,0	3,0 - 20,0
Н2; внапусток; без розробки крайок	двобічний				11,0 - 28,0		+1,5	12,0 - 100, 0

1.2. Характеристика металу конструкції ферми

Ферму виготовлено з низьковуглецевих сталей марок С245 ГОСТ 27772-88 (ВСтЗсп6 ГОСТ380-71) - для прокатного кутника та С255 ГОСТ 27772-88 (ВСтЗсп5 ГОСТ 380-71) - для деталей з листа і штаб [10].

Обидві сталі є будівельними сталями і відносяться до класу металів нормальної міцності. Хімічний склад даних сталей, регламентований ГОСТ 27772-88, наведений в табл. 1.3, механічні, теплофізичні властивості та розрахункові опори прокату - відповідно в табл. 1.4 , 1.5, 1.6.

Таблиця 1.3. Хімічний склад сталей С245 і С255 (%) [49, 48]

хім. елем. сталь	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	As
	Масова частка елемента,%, не більше								
C245	0,22	0,65	0,05 - 0,15	0,050	0,040		0,30		0,08
C255			0,15 - 0,30						

Таблиця 1.4. Механічні властивості сталей С245 і С255 при Т= 20°C [49, 48]

Сталь	Товщ. Полки, мм	Механічні характеристики			Ударна в'язкість після механічного старіння КСУ, Дж/см ² (кгс·м/см ²)
		Межа текучості σ_t , МПа	Межа короткочас ної міцності σ_B , МПа	Відносне подовження при розриві δ_5 , %	
C245	від 4 до 20 включ.	механічні властивості фасонного прокату			
		245 (25)	370 (38)	25	29 (3)
		механічні властивості широкосмугового універсального прокату			
		245 (25)	370 (38)	25	29 (3)
C255	від 4 до 10 включ.	механічні властивості фасонного прокату			
		255 (26)	380 (39)	25	29 (3)
	більш 10 до 20 включ.	245 (25)	370 (39)		
	від 4 до 10 включ.	механічні властивості широкосмугового універсального прокату			
		245 (25)	380 (39)	25	29 (3)
	більш 10 до 20 включ.		370 (39)		

Таблиця 1.5. Теплофізичні властивості сталей С245 та С255 [14]

Сталь	Щільність, г/см ³	Теплопровідність λ, Вт/см К	Питома теплоємність с _р , Дж/(см ³ ×град)	Коефіцієнт теплопровідності α, см ² /с	Коефіцієнт температурного розш. α×10 ⁶ , 1/град	Коефіцієнт температуропровідності α/с _р , см ³ /Дж	Питомий опір, ρ
C245	7,85	0,4	4,24	0,07	12,7	3	1
C255							

Таблиця 1.6. Розрахункові опори прокату зі сталей С245 та С255 [49, 48]

Сталь	Товщина прокату, мм	Розрахунковий опір, МПа (кгс / см²), прокату			
		ширококутового універсального		фасонного	
		R _y	R _u	R _y	R _u
C245	від 2 до 20 включ.	240 (2450)	360 (3700)	240 (2450)	360 (3700)
C255	від 2 до 3,9	250 (2550)	370 (3800)	-	
	від 4 до 10	240 (2450)		250 (2550)	370 (3800)
	Більш 10 до 20		360 (3700)	240 (2450)	360 (3700)

Для вибору способу зварювання оцінемо зварюваність сталей С245 та С255.

Сталі С245 та С255 добре зварюються усіма видами зварювання без додаткових заходів. Сталі мають середню корозійну стійкість. Це вимагає використання захисних лакофарбових покриттів металоконструкцій, виготовлених з описаних сталей, експлуатованих на відкритому повітрі [41].

Схильність сталей С255 і С245 до утворення холодних тріщин визначимо за еквівалентом вмісту вуглицю (1.1). Сталі, у яких $C_{\text{екв}} \leq 0,45\%$, вважаються потенційно не схильними до утворення холодних тріщин [16].

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

C245

C255

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + 0,65/6 + 0,15/24 + 0,3/10 + 0,3/5 + 0/4 + 0/14 + 5 \times 0 = 0,426 \% \quad \left| \quad C_{\text{екв}} = 0,22 + 0,65/6 + 0,03/24 + 0,3/10 + 0,3/5 + 0/4 + 0/14 + 5 \times 0 = 0,433 \%$$

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		12

Розрахунок показав, що $C_{\text{екв}}$ відповідно становить: для сталі C245 $C_{\text{екв}} = 0,426 \%$, для сталі C255 $C_{\text{екв}} = 0,433 \%$, що менше допустимого. Отже ці сталі не схильні до утворення холодних тріщин при зварюванні.

Схильність сталей до утворення гарячих тріщин визначається за формулою (1.2.) [16]:

$$HCS = \frac{C(S + P + Si/25 + Ni/100) \times 1000}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

C245

$$HCS = \frac{0,22(0,05 + 0,04 + 0,15/25 + 0,3/100) \times 1000}{3 \times 0,65 + 0,3 + 0 + 0} = 9,68\%$$

C255

$$HCS = \frac{0,22(0,05 + 0,04 + 0,3/25 + 0,3/100) \times 1000}{3 \times 0,65 + 0,3 + 0 + 0} = 10,27\%$$

Сталі, у яких показник $HCS > 4\%$, вважаються потенційно схильними до утворення гарячих тріщин. Це обумовлено наявністю кремнію та марганцю. Для запобігання гарячих тріщин зварювання треба виконувати з відповідним підбором зварювальних матеріалів [16].

Низьковуглецеві сталі відносяться до металів, що добре зварюються практично всіма видами і способами зварювання плавленням. Технологію зварювання для цих сталей вибирають з умов дотримання комплексу вимог, що забезпечують, насамперед рівномірність зварного з'єднання з основним металом і відсутність дефектів у зварному з'єднанні. Зварене з'єднання повинно бути стійким проти переходу в крихкий стан, а деформація конструкції повинна бути в межах, що не відбиваються на її працездатності. Метал шва при зварюванні низьковуглецевої сталі в незначній мірі відрізняється за своїм складом від основного металу - знижується вміст вуглецю і підвищується вміст марганцю і кремнію. Однак забезпечення рівномірності при дуговому зварюванні не викликає ускладнень. Це досягається за рахунок збільшення швидкості охолодження і легування марганцем і кремнієм через зварювальні матеріали. Вплив швидкості

оохолодження в значній мірі проявляється при зварюванні одношарових швів. Механічні властивості металу біляшовної зони піддаються деяким змінам в порівнянні з властивостями основного металу - при всіх видах дугового зварювання це незначне зміцнення металу в зоні перегріву [35].

Незважаючи на хорошу зварюваність низьковуглецевих сталей іноді для запобігання утворення гартівних структур в біляшовній зоні слід передбачати спеціальні технологічні заходи.

1.3. Типові технології складання та зварювання конструкції зварної ферми

Загальним для решітчастих конструкцій є наявність у вузлах з'єднання декількох окремих стержнів того чи іншого перерізу.

При складанні ферм особливу увагу приділяють центруванню стержнів у вузлах щоб уникнути появи згинальних моментів, не врахованих розрахунком. Різноманітність типів і розмірів ферм іноді не дозволяють використовувати переваги їх складання в інвентарних кондукторах. У цих випадках нерідко застосовують метод копіювання. Першу складену за розміткою ферму (рис. 1.3, а) закріплюють на стелажі - вона виконує функції копіру. При складанні деталі кожної наступної ферми 2 (рис. 1.3, б) розкладають і суміщають з деталями 1 ферми-копіру. Після складання деталей 2 на прихопленнях ферму (поки з односторонніми кутниками) знімають з копіра, встановлюють на стелажі окремо і ставлять на неї парні кутники 3 (рис. 1.3, в). Коли складання необхідної кількості ферм закінчене, завершують складання ферми-копіру та відправляють її на зварювання.

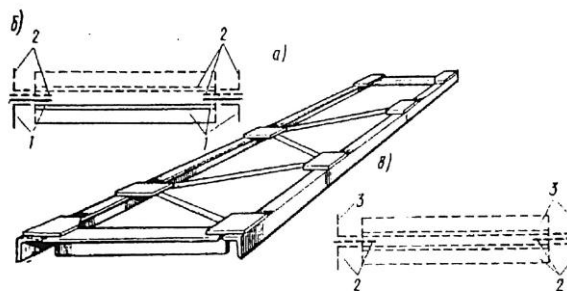


Рис. 1.3 - Складання ферм по копіру

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		14

Такий спосіб простий і ефективний, але не забезпечує необхідної точності розмірів ферм і правильного розташування монтажних отворів, наприклад, для збільшення точності складання на кінцях копіра встановлюють спеціальні з'ємні фіксатори (рис. 1.4), які визначають полдоження деталей з монтажними отворами і забезпечують геометричні розміри конструкції в межах заданих допусків.

Складання ферм по копіру з фіксаторами виконується наступним чином. Спочатку встановлюють кінцеві планки (рис. 1.4, 2), що попередньо зварені з фасонками (рис. 1.4, 1). Їх правильне положення забезпечують суміщенням монтажних отворів кінцевих планок з отворами в стійці фіксатора IV. Далі на копірі розкладають всі інші елементи, виконують прихоплення, ферму знімають з копіра, кантують і завершують складання, як описано вище.

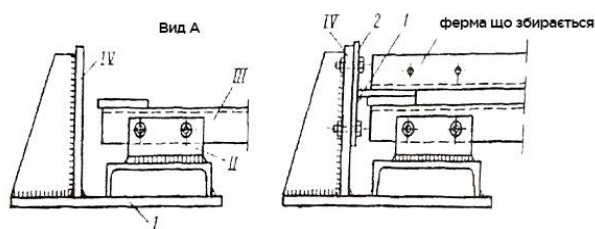


Рис. 1.4 - Копір з фіксатором для складання стропильних ферм: I - основа фіксатора; II - кріплення фіксатора до копіру; III - копір; IV - стояк фіксатора

При великій кількості ферм одного типорозміру стає економічно доцільним використання кондукторів і кантувачів. На рис. 1.5 показаний кондуктор, змонтований на базі плити з Т-подібними пазами, яка складається з окремих секцій і оснащена елементами універсальних збірних складальних пристроїв (УЗСП). Номери на схемі ферми відповідають номерам під рисунками пристроїв. Регульовані опори забезпечують фіксацію деталей в горизонтальній площині; регулювання по висоті здійснюється за допомогою різьби; фіксація – через отвори в деталі з використанням пробки. Деталі, які не мають отворів, встановлюють по упорах і перед прихопленням затискають за допомогою таких пристроїв: ексцентрикових затискачів, струбцин, вилок або за допомогою переносної пневмогідравлічної струбцини.

У кондукторі ферми складають без кантування. Для повороту їх при

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

складанні використовують пристрій, що доповнює складальний кондуктор 1 (рис. 1.6). За допомогою рамки 2 складену ферму спочатку ставлять у вертикальне положення, а потім передають на стенд 3, причому в кожному з цих положень виконують відповідні шви. У цей час на кондукторі 1 виконують складання наступної ферми.

Даний спосіб має високу продуктивність і якість виготовлення, але обмежений одним типорозміром конструкцій що виготовляються [17].

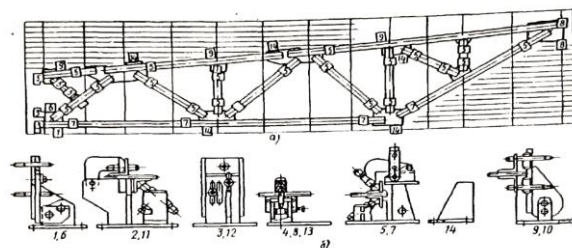


Рис. 1.5 - Кондуктор для ферм із застосуванням універсальних збірних складальних пристроїв (УЗСП)

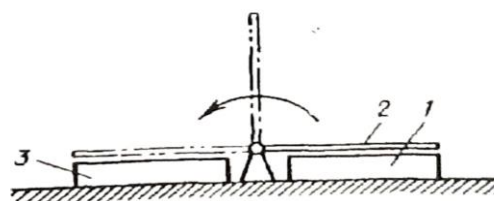


Рис. 1.6 - Схема пристрою для складання і зварювання ферм

Використанню механізованих поточкових методів при виготовленні ферм перешкоджає не тільки різноманітність типорозмірів і невелике число виробів серії, але і низька технологічність типових конструктивних рішень. Велика кількість деталей, що входять до складу ферм, ускладнює складальну операцію, призводить до необхідності виконання великої кількості швів, орієнтованих в просторі різним чином, і вимагає кантування виробу але зварювання в зручному положенні. Якість одержуваних з'єднань у значній мірі залежить від кваліфікації зварників.

Істотне вдосконалення виробництва стропильних ферм може дати використання дугоконтактного точкового зварювання (рис. 1.7). При цьому

способі наскрізне проплавлення елементів сумарною товщиною 20 ... 40 мм без попереднього виготовлення отвору. Точкове контактне зварювання забезпечує закріплення стержнів перед початком їх дугового зварювання. Наскрізне проплавлення дозволяє надійно і просто контролювати якість з'єднання. Крім того, з'являється можливість різкого скорочення кількості деталей шляхом виконання безфасоночних з'єднань, а також відповідає необхідності кантування ферми, оскільки зварювання виконують з одного боку [3].

Перевагами такого способу є, також, висока продуктивність, що набагато перевищує продуктивність автоматичного дугового зварювання, високоекономічність, тому що відсутня витрата зварювальних матеріалів, незначне споживання електроенергії, можливість повної автоматизації процесу, комплексної автоматизації виробництва в цілому. Але точкове контактне зварювання має і свої недоліки, такі як можливість виконання з'єднання тільки внапуск, відсутність герметичності зварних швів, залежність якості зварної точки від чистоти поверхні металу та ступеня сполучуваності їх один з одним [4].

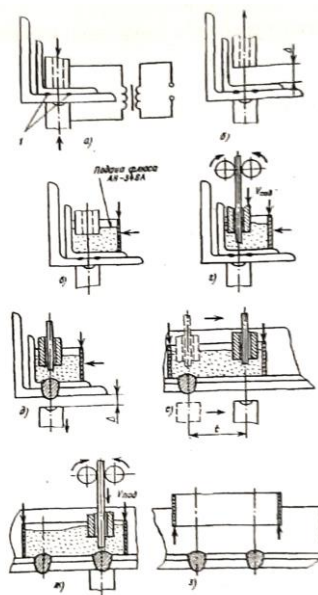


Рис. 1.7 - Технологія виконання проплавного точкового з'єднання

Зменшити масу ферми дозволяє використання трубчастих профілів. Однак для труб круглого перерізу безпосереднє з'єднання елементів у вузлі є трудомістким. Значно простіше виявляється з'єднання у вузлах труб прямокутного

або квадратного перерізу [3].

Виходячи з наведених переваг та недоліків зазначених способів можна зробити висновок про те, що кожний з них частково підходить для використання в даному проекті. Проте з урахуванням того, що типи і розміри обраної ферми є різноманітними пропонується взяти за основу метод копіювання. Копіювати пропонується не по першій складеній фермі, а по розмітці, нанесеній на платформі.

1.4 Висновки та постановка задач дипломного проекту

Аналіз секції зварної ферми та типових технологій виготовлення ферм показав, що конструкція є достатньо технологічною, допускає використання механічних способів складання та зварювання. До всіх швів є вільний доступ.

Конструкція виготовлена зі сталі С235. Сталі низьковуглецеві, не є схильними до холодних тріщин, але наявність кремнію та марганцю в складі обумовлюють потенціальну схильність до гарячих тріщин, для запобігання цьому необхідно підібрати відповідні зварювальні матеріали. Сталі добре зварюються в середовищі захистних газів.

Оцінивши способи виготовлення ферм за типовими технологіями визначили, що кожен з них частково підходить для використання в даному проекті, проте з урахуванням різноманітності типів і розмірів секції беремо за основу метод копіювання.

Для досягнення мети дипломного проекту, слід вирішити наступні задачі:

1. Вибрати та обґрунтувати способи зварювання.
2. Обрати зварювальні матеріали.
3. Розрахувати режими зварювання.
4. Розрахувати термічні цикли зварювання
5. Вибрати технологічну оснастку.
6. Вибрати зварювальне устаткування.
7. Розробити технологію складання і зварювання.

Розрахувати технологічну собівартість складання і зварювання обраної конструкції.

					ЛП.131.2127ст.02.01.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		18

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ				
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Артеменко О.Г.				Розрахунок технології зварювання ферми		Лім	Лист	Листів
Керівник	Драган С.В.							19	
Консульт							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.								

2. Розрахунок технології зварювання ферми

2.1. Вибір та обґрунтування способів зварювання

Добра зварюваність сталей С245, С255 забезпечує рівномірність зварного шва з основним металом, а також відсутність дефектів. Проте, наявні в сталі легуючі елементи можуть понизити опірність швів гарячим тріщинам, посилити або, навпаки, ослабити наслідки перегріву і схильність до крихкого руйнування металу в зоні термічного впливу і шві. Метал шва володіє пониженим вмістом вуглецю, частка кремнію і марганцю збільшена [19].

Оскільки сталі С245 та С255 добре зварюються всіма способами дугового зварювання, а зварні з'єднання є доступними, то для їх виконання принципово можливо використання таких способів дугового зварювання як ручне дугове, зварювання під флюсом та механізоване зварювання у захисних газах плавким електродом.

Для вибору оптимального способу розглянемо декілька способів зварювання, які можуть бути застосовані для виготовлення зварної ферми.

Ручне дугове зварювання

Суть процес полягає у наступному:

До електроду та зварювального виробу від джерела зварювального струму підводиться постійний або змінний зварювальний струм (рис. 2.1).

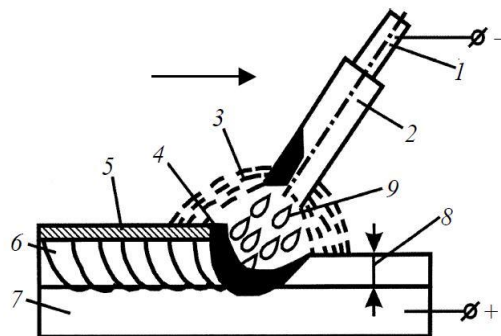


Рис. 2.1 - Ручне дугове зварювання металевим електродом з покриттям

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.02.02.06.ПЗ	Арк
						20
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Дуга горить між металевим стрижнем електрода і основним металом. 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. По мірі руху дуги, метал у зварювальній ванні кристалізується утворюючи зварний шов, і шлакову кірку на поверхні шва [46].

Переваги способу:

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

Недоліки способу:

- 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 [36].

Даний спосіб передбачає велике фізичне навантаження на виконавця, а також вирізняється низькою продуктивністю. Тому не слід використовувати цей спосіб для даної конструкції.

Зварювання під флюсом

Суть способу:

При автоматичному дуговому зварюванні захист розплавленого металу від атмосферного повітря в зоні зварювання здійснюється за допомогою порошкоподібної речовини (флюсу) (рис. 2.2). До зварюваного виробу подається голий дріт і окремо флюс. Зварювальна дуга горить під шаром флюсу між кінцем зварювального дроту і виробом у газовому пузирі, що утворюється навколо стовпа

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

дуги з парів присадного та основного металів і продуктів дисоціації складових флюсу. Розтоплена частина флюсу оточує газовий пузир і вкриває зварювальну ванну тонким шаром шлаку, цим самим перешкоджаючи стіканню розплавленого присадного та основного металів з киснем і азотом повітря. Після охолодження металу і шлаку, шлак у вигляді кірки, легко відділяється від наплавленого металу. Невикористана частина флюсу висмоктується з виробу назад у бункер за допомогою флюсовідсмоктувальних пристроїв [1].

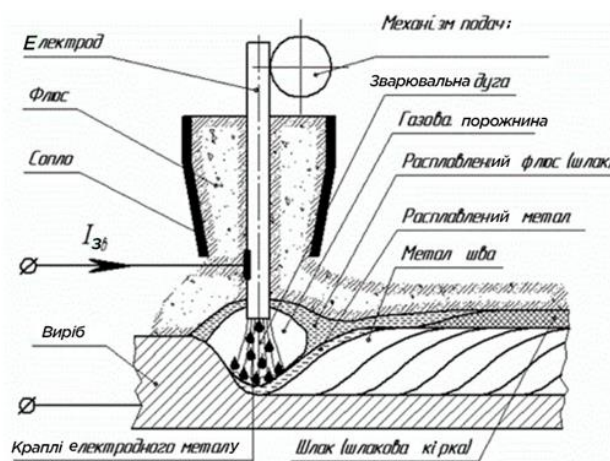


Рис. 2.2 - Зварювання під флюсом

Переваги:

- 1) в 10...15 разів підвищується продуктивність зварювання, досягається однорідність шва і підвищується якість наплавленого металу [1];
- 2) заощаджується зварювальний дріт у зв'язку зі зменшенням втрат металу на вигар та розбризкування і відсутністю недогарків;
- 3) полегшується праця робітника;
- 4) продуктивність зварювання під флюсом підвищується переважно за рахунок застосування великих зварювальних струмів і безперервності процесу. Занадто великі струми спричиняють підвищене розбризкування металу і порушують формування шва.

Недоліки:

- 1) місце зварювання закрите 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 [2].

Загалом цей спосіб зварювання підходить для даної ферми, але він є надто ресурсовитратним через наявність в конструкції великої кількості коротких швів і тому цей спосіб використовувати не доцільно.

Зварювання в захисних газах

Суть процесу:

Зварювання в захисних газах можна виконувати неплавким, зазвичай вольфрамовим, або плавким електродом. У першому випадку зварний шов утворюється за рахунок розплавлення крайок виробу і, якщо необхідно, присадного дроту, що подається в зону дуги. Плавкий електрод в процесі зварювання розплавляється и бере участь в утворенні металу шва. 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 ставляться 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.

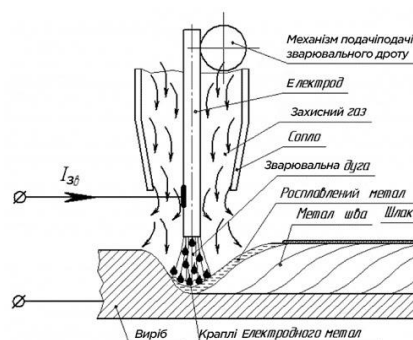


Рис. 2.3 - Зварювання у захисних газах

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

Переваги способу:

- 1) висока якість зварних з'єднань на будь-яких металах і їх сплавах різної товщини, особливо при зварюванні в інертних газах через мале вигорання легуючих елементів;
- 2) можливість зварювання в різних просторових положеннях;
- 3) відсутність операцій по засипці і прибиранні флюсу і видаленні шлаку;
- 4) можливість спостереження за формуванням шва, що особливо важливе при механізованому зварюванні;
- 5) висока продуктивність і легкість механізації і автоматизації процесу;
- 6) низька вартість при використанні активних захисних газів.

Недоліки способу:

- 1) необхідність вживання захисних заходів проти світлової і теплової радіації дуги;
- 2) можливість порушення газового захисту при задуванні струменя газу рухом повітря або при забризкуванні сопла;
- 3) витрата металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва і виробу;
- 4) наявність газової апаратури і в деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників [33].

Виходячи з проведеного аналізу способів зварювання і врахувавши особливості конструкції зварної ферми та розташування і довжини зварних швів доцільно обрати механізоване зварювання в суміші захисних газів плавким електродом.

Для механізованого зварювання в середовищі захисних газів використовуємо зварювальний дріт Св-08Г2С. Даний дріт підходить за хімічним складом до даних матеріалів сталей С245 і С255, та має високі механічні властивості. Обраний дріт гарантує міцне високоякісне з'єднання, що характеризується чистим і дуже рівним зварювальним швом. Дріт Св-08Г2С забезпечує формування на з'єднувальному шві валика та заповнення простору між краями зварюваного виробу [32].

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						24
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювальний дріт Св-08Г2С

Зварювальний дріт марки Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) має підвищений вміст кремнію і марганцю, які є відмінними розкислювачами і призначений для зварювання відповідальних конструкцій. Метал шва має високу стійкість проти утворення гарячих тріщин і містить найменшу кількість шлакових включень. Це один з найбільш популярних зварювальних дротів в складних зварювальних процесах в суднобудуванні, машинобудуванні, будівництві. Використання даного дроту в проєкті дає можливість отримати високі показники механічних властивостей зварного шва [34].

Зварювальний дріт Св-08Г2С використовують для механізованого дугового зварювання вуглецевих і низьковуглецевих сталей в середовищі захисних газів у всіх просторових положеннях [27].

Особливості:

- 1) відносно невисока ціна;
- 2) позитивні механічні якості, в тому числі в'язкість, високі межі міцності та ін.;
- 3) стабільний хімічний склад, мінімізоване розбризкування металу в процесі здійснення зварювання за допомогою застосування захисних газів;
- 4) стабільність горіння дуги;
- 5) широкий діапазон режимів роботи при використанні обладнання різноманітних класів складності;
- 6) відмінне повторне розпалювання електричної дуги;
- 7) незначна витрата мідних наконечників [51].

Хімічний склад плавкого дроту Св - 08Г2С та його механічні властивості наведені відповідно в таблицях 2.1, і 2.2.

Таблиця 2.1. Хімічний склад дроту Св-08Г2С, % (ГОСТ 2246-70) [29]

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,05 - 0,11	1,8 - 2,1	0,7 - 0,95	0,20	0,25	0,025	0,03

Таблиця 2.2. Механічні властивості дроту Св-08Г2С, % (ГОСТ 2246-70) [28]

Марка	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Св - 08Г2С	> 430	> 560	28	55

Для механізованого зварювання ферми використовуємо як захисне середовище газову суміш на основі аргону, тому що вона здатна зменшити кількість оксидних включень, до того ж сприяє подрібненню зерна, при цьому покращуючи мікроструктуру металу. Також збільшується глибина провару з'єднання, підвищується щільність шва, за рахунок чого збільшується міцність конструкцій, що з'єднуються за допомогою зварювання.

Використання суміші $Ar + CO_2$ в пропорції 82% $Ar + 18\% CO_2$ є ефективним при зварюванні низьковуглецевих сталей. Якщо порівнювати зі зварюванням у чистому аргоні або вуглекислому газі, то можна зрозуміти, що розглянута суміш дозволяє досягти більш легкого струменевого перенесення електродного металу. Шви виходять більш пластичними, ніж при зварюванні в чистому CO_2 . Зменшується ймовірність утворення пор.

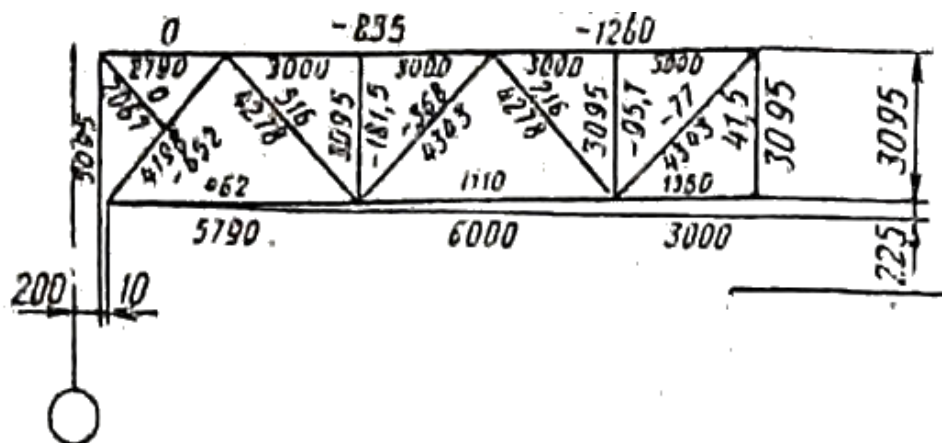
Переваги сумішей на основі аргону з додаванням CO_2 :

- 1) зниження кількості прилипання металевих бризок в області з'єднання і, як наслідок, зменшення трудомісткості з видалення бризок до 95%;
- 2) збільшення маси матеріалу, що наплавляється на одиницю часу, зменшення втрат електродного матеріалу на розбризкування під час зварювання;
- 3) значне підвищення пластичності і щільності металевих скріплень деталей;
- 4) істотне підвищення міцності зварювального з'єднання;
- 5) поліпшення гігієнічних умов праці на робочому місці, що досягається за рахунок істотного зниження кількості димів, що виділяються, і зварювальних аерозолів;
- 6) стабільність зварювального процесу, навіть за умови нерівномірної подачі дроту в зону з'єднання. Також стабільність роботи спостерігається при наявності слідів іржі і технологічного мастила на її поверхні [8].

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						26
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі викладеного в даному проекті для розробки технології зварювання ферми обираємо як зварювальні матеріали дріт Св-08Г2С і газову суміш 82% Ar + 18% CO₂.

Згідно з проєктною документацією ферми її елементи при експлуатації навантажені нерівномірно (рис. 2.4.). Цей фактор має бути врахований при призначенні розмірів зварних швів (катету кутового шва) і, відповідно, розрахунках режимів зварювання. Шви ферми, що з'єднують розкоси з основними поясами, як описано в розд. 1.1, є напустковими, тому для забезпечення їх міцності розрахуємо їх розміри (довжину і катет) у залежності від діючого навантаження.



Для розрахунків вибираємо два види швів, що відповідають найбільш навантаженому розкосу, та розкосу, навантаженому зусиллям середньої величини

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						27
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

(таких розкосів більшість в конструкції ферми).

Найбільше діюче зусилля стискання розкосу становить $P = 652$ кН. Розкіс являє собою нерівнобічний кутник розмірами $160 \times 100 \times 9$ мм. Розкіс з'єднується з косинкою внапусток швом типу Н1.

При дії лише осьового навантаження напруження умова міцності такого зварного має вигляд:

$$\tau_p = \frac{P}{F_{\text{шв}}} \leq [\tau], \quad (2.1)$$

де $F_{\text{шв}}$ – розрахункова площа зварного з'єднання; $F = 0,7k \times L_{\text{шв}}$. Тут k - катет шва; $L_{\text{шв}}$ - довжина шва; $[\tau]$ - допустимі напруження.

$$[\tau'] = 0,65[\tau] = 0,65 \frac{\sigma_T}{n} \quad (2.2)$$

де $\sigma_T = 255$ МПа; $n = 1,5$ - коефіцієнт запасу.

$$[\tau] = 0,65 \frac{255}{1,5} = 110,5 \text{ МПа}$$

Катет шва призначаємо в залежності від товщини металу. При $s = 7 \dots 16$ мм

$$k = 1,4 (s-2) \quad (2.3)$$

$$k = 1,4 (9-2) = 9,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо $k = 10$ мм.

Розрахуємо сумарну довжину шва, перетворивши формулу (2.1):

$$L_{\text{шв.}} = \frac{P}{0,7k \times [\tau]} \quad (2.4)$$

$$L_{\text{шв.}} = \frac{625 \times 10^3}{0,7 \times 0,01 \times 110,5 \times 10^6} = 0,808 \text{ м.}$$

$$L_{\text{шв.}} = L_{\text{фл1}} + L_{\text{фл2}}, \quad (2.5)$$

де $L_{\text{фл1}}$ та $L_{\text{фл2}}$ – довжина флангових швів.

Визначимо довжину кожного флангового шва, враховуючи розподіл діючого зусилля P пропорційно відстаням швів від осі дії сили, тобто

$$\frac{P_{\text{фл1}}}{P_{\text{фл2}}} = \frac{y_2}{y_1} \quad (2.5)$$

де $y_1 + y_2 = h$ – ширина полиці кутника.

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						28
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\phi n1} = P \cdot \frac{y_2}{h} \quad (2.6)$$

$$P_{\phi n2} = P \cdot \frac{y_1}{h} \quad (2.7)$$

$$y_1 = 20,5 \text{ мм} = 0,0205 \text{ м} [7].$$

$$y_2 = 0,075 - 0,0205 = 0,0545 \text{ м}$$

$$h = 0,0205 + 0,0545 = 0,075 \text{ м}$$

$$P_{\phi n1} = 625 \times 10^3 \frac{0,0545}{0,075} = 454,2 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{\phi n2} = 625 \times 10^3 \frac{0,0205}{0,075} = 170,8 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$L_{\phi n1} = \frac{454,2 \times 10^3}{0,7 \times 0,01 \times 110,5 \times 10^6} = 587,2 \times 10^{-3} \text{ м} = 0,587 \text{ м}$$

$$L_{\phi n2} = \frac{170,8 \times 10^3}{0,7 \times 0,01 \times 110,5 \times 10^6} = 220,8 \times 10^{-3} = 0,221 \text{ м}$$

Під час дії осевого навантаження $P = 216 \text{ кН} = 216 \times 10^3 \text{ Н}$ в розкосі $\angle 75 \times 5$ діють нормальні напруження розтягу σ_p .

При товщині металу $s < 6 \text{ мм}$ $k = 4 \dots 6 \text{ мм}$.

Обираємо $k = 5 \text{ мм}$

Розрахуємо довжину шва за формулою (2.4):

$$L_{\text{шв}} = \frac{216 \times 10^3}{0,7 \times 0,005 \times 110,5 \times 10^6} = 0,559 \text{ м}$$

$$P_{\phi n1} = 216 \times 10^3 \frac{0,0545}{0,075} = 156,97 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{\phi n2} = 625 \times 10^3 \frac{0,0205}{0,075} = 170,8 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$L_{\phi n1} = \frac{156,97 \times 10^3}{0,7 \times 0,005 \times 110,5 \times 10^6} = 405,6 \times 10^{-3} \text{ м} = 0,406 \text{ м}$$

$$L_{\phi n2} = \frac{156,97 \times 10^3}{0,7 \times 0,005 \times 110,5 \times 10^6} = 405,6 \times 10^{-3} \text{ м} = 0,406 \text{ м}$$

При навантаженні $P = 625 \text{ кН}$ – довжина флангових швів $L_{\phi n1} = 0,587 \text{ м}$, $L_{\phi n2} = 0,221 \text{ м}$. При навантаженні $P = 216 \text{ кН}$ – $L_{\phi n1} = 0,406 \text{ м}$, $L_{\phi n2} = 0,153 \text{ м}$.

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.3. Розрахунок режимів зварювання

Для усіх з'єднань внапусток режими зварювання розраховуємо за площею наплавленого металу за схемою [6]:

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

В залежності від товщини металу обираємо катет кутового шва та діаметр електродного дроту [6].

Зварювальний струм $I_{зв}$ залежить від діаметру електрода. Для механізованих способів зварювання

$$I_{зв} = \left(\frac{\pi d_e^2}{4} \right) j \quad (2.8)$$

де j – допустима густина струму, вибирається у залежності від діаметра електродного дроту d_e .

Напруга на дузі при зварюванні в газовій суміші

$$U_d = 20 + \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{d}} \right) \times I_{зв} \pm 1B \quad (2.9)$$

Площа шару наплавленого металу F визначається геометрією зварного з'єднання, за один прохід для механізованого зварювання 30 – 70 мм² [6].

Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від коефіцієнта наплавки α_n (для зварювання у газовій суміші 15 г/А*год) та площі шару F_n (мм²):

γ – густина металу електродного дроту, для сталі $\gamma = 7,8$ г/см³

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{36 \gamma F_n} \text{ (см/с)} \quad (2.10)$$

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

$$n = \frac{(F_n - F_1)}{F_1} + 1 \quad (2.11)$$

Швидкість подачі дроту, м/год

$$V_{пд} = \frac{4 \alpha_p I_{зв}}{\pi d_e^2 \gamma} \quad (2.12)$$

Ефективна теплова потужність, Дж/с

$$Q_e = I_{зв} \times U_d \times \eta \quad (2.13)$$

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						30
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

η - ефективний ККД нагріву; для зварювання в суміші газів $\eta = 0,75$ [6].

Погонна енергія [6]:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{зв}} \times U_{\text{д}} \times \eta}{V_{\text{зв}}} \text{ Дж/см} \quad (2.14)$$

Продуктивність наплавлення [6]:

$$G_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}} I_{\text{зв}} \times 10^{-3}, \text{ кг/год} \quad (2.15)$$

Розрахуємо режими зварювання за формулами 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15.

Конструктивні розміри зварного з'єднання внапусток Н1 ГОСТ 14771-76, мм наведені в табл. 2.3.

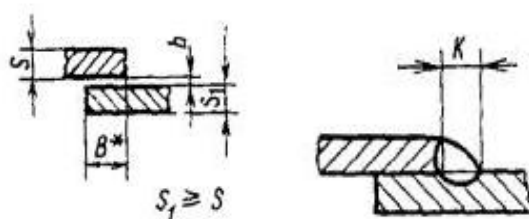


Рис. 2.5 - Зовнішній вигляд та підготовка крайок під зварювання з'єднання внапусток Н1

Таблиця 2.3. Конструктивні розміри з'єднань внапусток Н1 ГОСТ 14771-76, мм

Тип з'єднання ГОСТ 14771-76	$s = s_1$	b		B
		номін.	гр. відх.	
Н1 – Δ10	11,0 - 28,0	0	+ 1,5	12,0 - 100,0
Н1 – Δ5	2,2 - 5,0		+ 1,0	3,0 - 20,0

В залежності від розрахованого катету вибираємо діаметр електродного дроту. Для $k = 5$ мм і $k = 10$ мм; вибираємо $d_e = 1,6$ мм [6].

Розрахуємо параметри режиму для $k = 10$ мм

Зварювальний струм при $j = 120 \text{ А/мм}^2$

$$I_{зв} = \left(\frac{3,14 \times 1,6^2}{4} \right) \times 120 = 240 \text{ А}$$

Напруга на дузі

$$U_d = 20 + \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \right) \times 240 = 30 \pm 1 \text{ В}$$

Приймаємо $U_d = 30 \text{ В}$.

Площа наплавленого металу

$$F_n = 0,5k^2 + 1,05k$$

$$F_n = 0,5 \times 10^2 + 1,05 \times 10 = 60,5 \text{ мм}^2$$

Площа наплавлення $< 70 \text{ мм}^2$, тому зварювання виконується за один прохід.

Швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{15 \times 240}{7,8 \times 60,5} = 7,6 \text{ м/год} = 0,21 \text{ см/с}$$

Швидкість подачі дроту при $\alpha_p = 17 \text{ г/А} \times \text{год}$

$$V_{пд} = \frac{4 \times 17 \times 240}{3,14 \times 1,6^2 \times 7,8} = 260,3 \text{ м/год}$$

Ефективна теплова потужність

$$Q_e = 240 \times 30 \times 0,75 = 5400 \text{ Дж/с.}$$

Погонна енергія

$$Q_n = \frac{240 \times 30 \times 0,75}{0,21} = 25714 \text{ Дж/см}$$

Продуктивність наплавлення

$$G_n = 15 \times 240 \times 10^{-3} = 3,6 \text{ кг/год}$$

Для шва з катетом $k = 5 \text{ мм}$ отримали наступні параметри: $I_{зв} = 240 \text{ А}$;
 $U_d = 30 \text{ В}$; $V_{зв} = 26 \text{ м/год} = 0,72 \text{ см/с}$; $V_{пд} = 260,3 \text{ м/год.}$, $Q_e = 5400 \text{ Дж/с}$;
 $q_n = 7500 \text{ Дж/см}$; $G_n = 3,6 \text{ кг/год.}$

Площа наплавленого металу дорівнює:

$F_n = 0,5 \times 5^2 + 1,05 \times 5 = 17,75 \text{ мм}^2$. Оскільки площа наплавки $< 70 \text{ мм}^2$, то зварювання за один прохід є можливим.

Розраховані параметри режимів зварювання наведені в табл. 2.4.

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						32
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4. Розрахункові режими зварювання

Тип з'єднання ГОСТ 14771-76	Спосіб зварювання	Параметри					
		d_e , мм	$I_{зв}$, А	U_d , В	$V_{зв}$, м/год	$V_{пд}$, м/год	$q_{п}$, Дж/см
H1 – Δ10	ИП	1,6	240	30	0,21	260,3	25714
H1 – Δ5					0,72		7500

2.4. Розрахунок термічного циклу зварювання

Метал в будь-якій зоні зварного з'єднання відчуває нагрів і подальше охолодження. Зміна температури металу під час зварювання називається термічним циклом зварювання. Максимальна температура нагріву в різних зонах з'єднань різна: в шві максимальна температура перевищує, в зоні сплаву - близька, в зоні термічного впливу - менше температури плавлення, поступово зменшуючись у міру віддалення від шва [45].

Термічні цикли багато в чому визначають властивості різних зон зварного з'єднання [44].

При зварюванні плавленням застосовуються ефективні концентровані джерела енергії. Локалізація тепла в місці з'єднання металів і подальше його поширення у виробі викликають різноманітні структурні і деформаційні процеси. Усе це в кінцевому підсумку впливає на працездатність і якість зварних з'єднань. Зміна властивостей з'єднань досягається регулюванням параметрів режиму зварювання і початкової температури зварювального виробу. Вплив їх на зварювальні фізичні процеси дозволяє оцінити теорія теплових процесів при зварюванні, розроблена М.М.Рикаліним [18].

Для оцінки впливу термічного циклу зварювання на зварне з'єднання визначають розміри зони, у якій температура перевищує температуру фазових перетворень. Розрахунки, виконані з використанням теорії розповсюдження теплоти при зварюванні, дозволяють встановлювати залежності розмірів такої зони від параметрів процесу зварювання і теплофізичних властивостей основного металу [31].

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		33

Основними параметрами ТЦ є: максимальна температура T_m ; швидкості нагріву і охолодження ω при заданих температурах; час t_n перебування матеріалу при температурі вище заданої [44].

Залежно від методу і умови зварювання всі зазначені параметри ТЦЗ змінюються в досить широких межах.

В межах одного методу зварювання термічний цикл може також зазнавати значних змін в залежності від параметрів джерела нагріву, умов додаткового теплового впливу за рахунок підігріву або охолодження виробу, зварюваного матеріалу і його товщини і інших чинників.

Вибір оптимальних параметрів режимів зварювання обумовлений підвищенням продуктивності процесу і забезпечення необхідних рівнів властивостей і якості зварного з'єднання [22].

Зміна максимальних температур в напрямі, перпендикулярному осі переміщення джерела, розраховується за рівнянням [18]:

$$T_m(r_0) = \frac{0,368q}{\frac{\pi}{2}Vc\gamma r_0}, \quad (2.16)$$

$$\text{де } r_0 = \sqrt{\frac{0,368q}{\frac{\pi}{2}Vc\gamma\theta_e}}; \quad (2.17)$$

де $c\gamma$ - об'ємна теплоємність, Дж/(см³×К); T_l – температура ліквідуса °С.

За результатами розрахунків отримаємо термоцикли які мають вигляд (рис. 2.6)

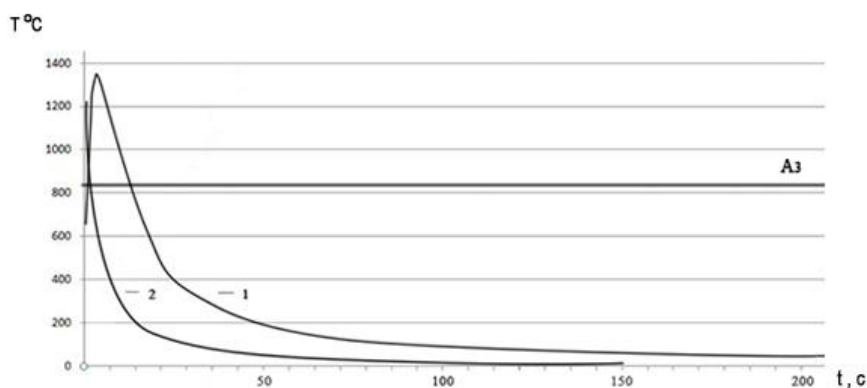


Рис. 2.6 - Термічний цикл при зварюванні сталі C255: 1 – Н1 Δ5; 2 – Н1 Δ10

Щоб мати можливість проаналізувати структурні перетворення, які

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

проходять в зоні термічного впливу при зварюванні, необхідно мати дані по кінетичному перетворенню аустеніту. Такі дані можна отримати за допомогою діаграм термокінетичного перетворення, побудованих для даних умов зварювання. Відлік часу при охолодженні аустеніту починається з моменту, коли температура досягає критичної точки A_3 (2.18) – вище цієї температури аустеніт знаходиться в термодинамічно-стійкому стані, нижче – в нестійкому і в залежності від температурно-часових умов може підлягати перлітному, бейнітному або мартенситному перетворенню [18].

Критична точка A_3 розраховується за формулою:

$$A_3 = 910 - 299C + 32Si - 25Mn - 8Cr - 18Ni + 2Mo + 117V - 24Cu - 7W - 120B \quad (2.18)$$

Для сталі C245:

$$A_3 = 910 - 299 \times 0,22 + 32 \times 0,1 - 25 \times 0,65 - 8 \times 0,3 - 18 \times 0,3 - 24 \times 0,3 = 816,17$$

Для сталі C255:

$$A_3 = 910 - 65,78 + 6,4 - 16,25 - 2,4 - 5,4 - 7,2 = 819,37$$

Завдяки нанесенню кривої охолодження на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту (рис. 2.7) можна прогнозувати можливі структурні перетворювання в ЗТВ та передбачити механічні властивості сталі після зварювання.

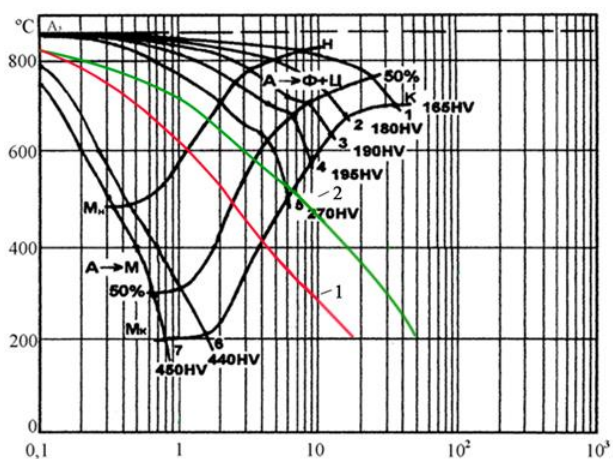


Рис. 2.7 – Аналіз діаграми термокінетичного перетворення аустеніту сталі C255: 1 – Н1 Δ5; 2 – Н1 Δ10

Утворена структура є ферито-перлітною. Твердість для шва Н1 Δ5 = 330HV, для шва Н1 Δ10 = 270HV.

Висновки

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		35

1. Для виготовлення ферми обираємо механізоване зварювання в суміші захисних газів $\text{Ar } 82\% + \text{CO}_2 \text{ } 18\%$ плавким електродом марки 08Г2С.

2. Залежно від навантаження на різні ділянки ферми розрахували необхідну довжину і катет зварних швів.

3. Розрахували режими зварювання: для з'єднання Н1 Δ5 $I_{зв} = 240\text{А}$, $U_d = 30\text{В}$, $V_{зв} = 0,72 \text{ м/год}$; Н1 Δ10 $I_{зв} = 240\text{А}$, $U_d = 30\text{В}$, $V_{зв} = 0,21 \text{ м/год}$.

4. Розраховано термічні цикли зварювання. Згідно с діаграми термокінетичного перетворення аустеніту утворена структура ЗТВ є феритно-перлитною з твердістю для шва Н1 Δ5 = 330HV, для шва Н1 Δ10 = 270HV.

					ДП.131.2127ст.02.02.06.ПЗ	Арк
						36
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.02.03.06.ПЗ				
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Артеменко О.Г.				Розробка засобів технологічного оснащення		Лім	Арк	Аркушіів
Керівник	Драган С.В.							37	
Консульт							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.								

3. Розробка засобів технологічного оснащення

Зварювання у захисній газовій суміші 82% Ar + 18% CO₂ будемо виконувати постійним струмом зворотної полярності, тому що зварювання струмом прямої полярності призводить до нестійкого горіння дуги [26].

Зварювальний пост оснащений всім необхідним обладнанням, додатковими інструментами. Основними складовими зварювального посту є: електричне джерело живлення, робочі кабелі, ацетиленовий пальник, допоміжні інструменти для роботи з металевими конструкціями, індивідуальні засоби захисту.

Організація зварювального посту і всі роботи, пов'язані з його облаштуванням, повинні проводитися відповідно до вимог охорони праці та безпеки життєдіяльності. При плануванні подібних ділянок, що здійснюють виконання технологічних процесів, слід керуватися ГОСТ 12.3. 003-86 [24].

В даному проекті використовуємо пересувний пост, що призначений для виконання зварювання великогабаритних виробів.

Комплект робочого місця зварника містить наступне обладнання: пальник; компресор; джерело електричного струму; реостат.

Пост для механізованого зварювання обладнаний переносною машиною, яка переміщує з певною встановленою швидкістю виріб або інструмент.

На посту зварника знаходиться балон з газовою сумішшю 82%Ar + 18%CO₂, ротаметр для визначення витрати газу, редуктор і газові рукава. Можуть використовуватися і спеціальні регулятори, які об'єднують у своїй конструкції ротаметр і редуктор [39].

Для механізованого зварювання в захисних газах підходять багато джерел з жорсткими та полого-спадними вольт-амперними характеристиками. Для розрахованих режимів зварювання в проекті вибираємо зварювальний випрямляч КИГ 401 [37] та механізм подачі електродного дроту КП 010-3 [28], які серійно випускаються КЗЕЗО (м. Н.Каховка).

Зварювальний випрямляч КИГ 401 (рис. 3.1.) призначений для напівавтоматичного дугового зварювання в середовищі захисних газів. Збільшена кількість ступенів перемикання зварювальної напруги дозволяє перекривати з

					ДП.131.2127ст.02.03.06.ПЗ	Арк
						38
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

малою дискретністю широкий діапазон зварювальних струмів без застосування складних електронних пристроїв, а спеціальна схема випрямлення - отримати зварювальний струм з дуже малим коефіцієнтом пульсації, що забезпечує чудові зварювальні властивості, мінімальне розбризкування, економію зварювальних матеріалів. Випрямляч простий в управлінні і надійний в роботі. У випрямлячі встановлений силовий діодний блок з коефіцієнтом запасу по струму $K = 1,25$.



Рис. 3.1 - Випрямляч зварювальний КИГ 401

Технічні характеристики випрямляча наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1. Технічні характеристики випрямляча КИГ 401 [37]

Номінальна напруга живильної мережі, В	380
Частота живильної мережі, Гц	50
Номінальна споживана потужність, кВт	46
Номінальний зварювальний струм, А:	
ПВ = 100%	315
ПВ = 60%	400
Кількість ступенів регулювання робочої напруги	40
Діапазон регулювання робочої напруги, В	16-37
Первинна потужність	28
Діапазон регулювання зварювального струму, А	40-450
Напруга холостого ходу, В	50
Маса, кг	190
Габаритні розміри:	з колесами 745x520x850 без колес 745x520x755

Особливості:

- 1) наявність ввідного автоматичного вимикача;
- 2) наявність стрілочного амперметра;
- 3) наявність стрілочного вольтметра;
- 4) наявність ввідного сальника для мережевого кабелю;
- 5) індикація ввімкненого стану в мережу;
- 6) захист від струмів перевантаження і короткого замикання в зварювальному ланцюгу;
- 7) котушки зварювального трансформатора і власне трансформатор в зборі просякнуті кремній-органічним лаком КО-916К;
- 8) вантажозахоплювальні пристрої для транспортування;
- 9) висока ремонтпридатність і надійність [37].

Апарат для механізованого зварювання типу КП 010-3

Апарат не входить в комплект КИГ, його необхідно купувати окремо.

Зварювальний апарат КП 010-3 (рис. 3.2.) з широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів, призначений для дугового зварювання плавким електродом на постійному струмі в середовищі захисних газів суцільним або порошковим дротом низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких сталей в середовищі аргону в усіх просторових положеннях.

Механізм подачі дроту разом з касетою для електродного дроту, органами керування і відсікачем газу змонтований в компактному корпусі закритого типу. У апараті застосований чотирироликівий механізм подачі дроту з зубчастим зачепленням з потужністю електродвигуна редуктора подачі дроту 100 Вт, що забезпечує надійну рівномірну подачу як суцільного, так і порошкового зварювального дроту.



Рис. 3.2 –апарат для механізованого зварювання типу КП 010-3

					ДП.131.2127ст.02.03.06.ПЗ	Арк
						40
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики апарата для механізованого зварювання наведені в табл. 3.2

Таблиця 3.2. Технічні характеристики апарата для механізованого зварювання типу КП 010-3 [38]

Номінальний зварювальний струм при ПВ =60% (в залежності від джерела), А	315, 400, 500, 600
Діапазон регулювання напруги на дузі (в залежності від джерела), В	16 - 37 18 – 50 17 – 46
Діапазон регулювання зварювального струму (в залежності від джерела), А	50 - 400 60 – 630 50 - 500
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавне
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	120-1100
Діаметр електродного дроту, мм • суцільний • порошковий	1,0-2,0 1,2-2,0
Маса електродного дроту в касеті, кг	5, 15
Габаритні розміри механізму подачі, мм	600×300×510
Маса механізму подачі, кг	28

Переваги:

- 1) безпечні струмові роз'єми;
- 2) швидкознімний газовий роз'єм;
- 3) плавне регулювання швидкості подачі електродного дроту з механізму подачі;
- 4) автоматичне керування газовим трактом, зварювальним джерелом і механізмом подачі за допомогою кнопки на пальнику;
- 5) продування газу до і після зварювання;
- 6) наявність режиму заправки дроту і режиму перевірки подачі газу;
- 7) універсальний гальмівний пристрій, відповідає європейському стандарту;
- 8) зубчасте зачеплення роликів подачі й притиску;
- 9) забезпечує установку касети діаметром 300мм з дротом вагою 15 кг і діаметром 200 мм з дротом вагою 5 кг

- 10) стабільна швидкість подачі зварювального дроту при довжині шлейфу пальника 3 ... 5 м і вигинах шлейфу;
- 11) застосування 4-х роликового механізму подачі, забезпечує підвищене тягове зусилля і можливість роботи з пальниками довжиною до 5м
- 12) подача зварювального дроту може здійснюватися безпосередньо з касети або з бухти, покладеної на розмотувальний пристрій [38].

3.2. Вибір технологічної оснастки

При складанні конструкції ферми застосовуються універсальні збірно-розбірні пристосування СРПС (рис. 3.5).

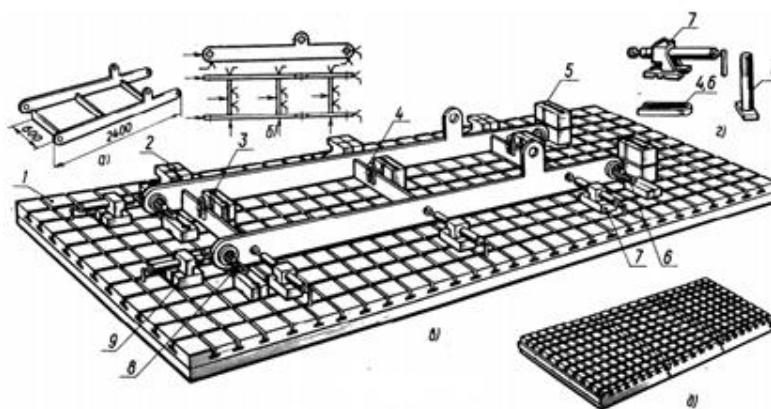


Рис. 3.5 – Компонування СРПС: *а* – виріб – рама; *б* – схема базування деталей при збиранні рами; *в* – компонування СРПС при збиранні рами; *г* – деталі СРПС, що використовуються для збирання; *д* – плити.

Комплект СРПС складається з універсальних плит (рис. 3.6, а) з Т-подібними поздовжніми і поперечними пазами і типових конструктивних елементів (рис. 3.6, б - е). Загальна плита збирається з окремих плит з розмірами 750×1500 мм. Загальний розмір такої плити визначається габаритними розмірами зібраних вузлів. Розроблений Науково-дослідним і проектно-технологічним інститутом машинобудування (м .Краматорськ) комплект СРПС включає базові деталі (рис. 3.6, а) - плити і кутника, що є основами на яких розміщуються елементи універсальних пристроїв: корпусні деталі (рис. 3.6, б), підкладки та опори, які складають каркас пристосувань; фіксуючі елементи (рис. 3.6, в) - упори,

призми, опори, фіксатори, домкрати; притискні елементи (рис. 3.6. г) - притискачі, струбцини, розпірки, стяжки, планки для закріплення деталей; установчі деталі (рис. 3.6, д) - шпонки для фіксації елементів універсальних пристроїв; кріпильні деталі (рис. 3.6, е) - болти, шпильки, гайки, шайби, сухарі [17].

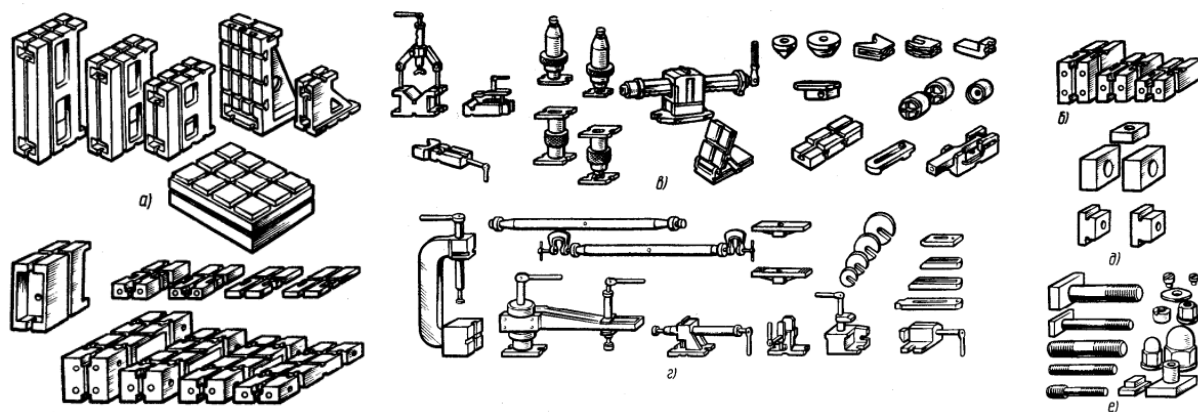


Рис. 3.6 – Елементи універсально-збірних переналагоджуваних пристосувань

Висновки

1. Обрано апарат для механізованого зварювання КП 010-3, а в якості джерела живлення - зварювальний випрямляч КИГ 401.
2. Обрано універсальне збірно-розбірне пристосування СРПС з набором універсальних переналагоджуваних пристосувань.

					ДП.131.2127ст.02.04.06.ПЗ				
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Артеменко О.Г.				Розробка удосконаленої технології виготовлення ферми		Літ	Арк	Аркушів
Керівник	Драган С.В.							44	
Консульт							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.								

4. Розробка удосконаленої технології виготовлення ферми

4.1. Розробка змісту технологічного процесу

Процес виготовлення заданої ферми виконується в такій послідовності (рис. 4.1):

1. виготовлення деталей і складальних одиниць; 2. складання; 3. зварювання; 4. контроль якості.

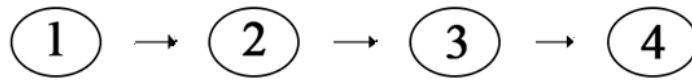


Рис.4.1. Принципова схема послідовності робіт

1) Виготовлення деталей

Правка листа на вальцях (рис. 4.2, а);

Правка кутника на вальцях (рис. 4.2, б)

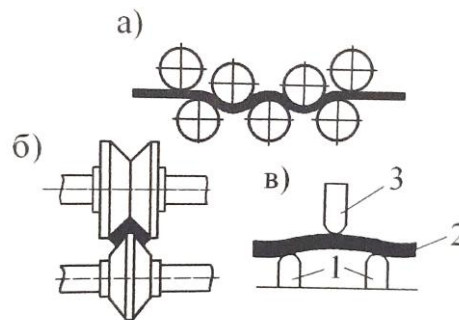


Рис. 4.2 - Схеми правки листових і профільних елементів: а – на листопрямильних вальцях; б – в кутникопрямильних вальцях; в – на пресі

Зачистка механічною щіткою, піскоструменем (основний метал очищають від іржі, масла, вологи, пухкого шару окалини);

Грунтування;

Розмітка листа для різання пластин і прокладок (при заготівлі кількох однакових деталей їх розмічають за шаблоном з допуском на різання);

Різання на гільйотині;

Різання кутника згідно з розміткою відрізною машиною.

2) Складання вузлів

Розмітка пластин для збірки на них розкосів і стоек згідно креслення;

					ДП.131.2127ст.02.04.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		45

Укладка пластин і кутників на зварювальній ділянці згідно з розміткою;
 Встановлення прихоплювань;
 Отриманий вузол перевертається на інший бік;
 Рівномірно розподіляються прокладки на кутниках і накриваються парними кутниками;
 Встановлення прихоплювань;
 З'єднання вузлів з поясами;
 Викладаються і закріплюються на зварювальній ділянці по одному кутника верхнього і нижнього поясів;
 Згідно креслення на них розміщуються попередньо зібрані вузли;
 Розміщуються прокладки на кутниках верхнього і нижнього поясів;
 Пояси накриваються парними кутниками;
 Встановлюють прихоплення.

3) Зварювання конструкції

Зварюють все доступні шви;
 Конструкцію перевертають (перекантовують) на інший бік [17].
 Зварюють шви, що залишились.

Конструкцію перекантовують на інший бік за допомогою приладу, що вказаний на рис. 4.3, і проварюють шви, до яких раніше не було доступу. Але з використанням опорних стійок удосконалених для кантування секції і приварювання до нижнього поясу тимчасових трубок по типу петель на воротах чи двері.

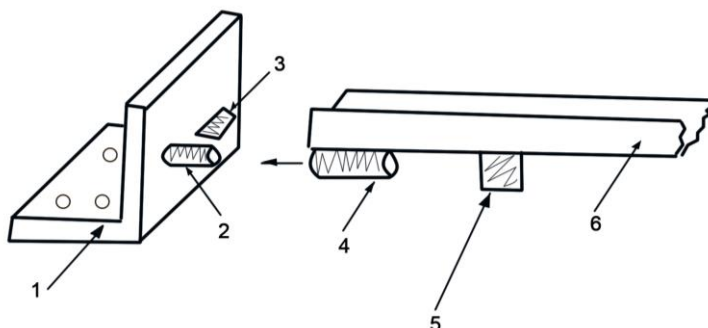


Рис. 4.3 – Пристрій для кантування ферми:

1 – стійка-фіксатор; 2 – стержень; 3 – пластина для горизонтального розміщення кутника (пояса); 4 – труба; 5 – підкладка для уникнення прогину по всій довжині пояса; 6 – нижній пояс

Зварювання обраної для даної конструкції сталі має свої особливості. Перед виконанням зварювання потрібно ретельно очищувати зварювальний матеріал від іржі, механічних нерівностей, бруду, окалини. Ці забруднення сприяють утворенню тріщин в зварному шві. Охолоджувати зварювальні конструкції потрібно повільно, на повітрі, щоб структура нормалізувалася. Технологію зварювання даної сталі вибирають з умов досягнення рівномірності зварного з'єднання основному металу, мінімального зниження пластичності і відсутності в зварному з'єднанні дефектів [52].

Основними підставами для вибору механізованого зварювання в захисних газах плавким електродом в суміші аргону 82% та CO₂ 18% для зварювання даної конструкції стали такі показники як можливість легування металу шва через дрід і будь-яке просторове положення шва. Крім того, при багат шаровому зварюванні не потребується зачистка, а протяжність шва при зварюванні в захисних газах плавким електродом може бути будь-якою [40].

Метал шва при зварюванні низьковуглецевих сталей відрізняється за складом від основного металу більш низьким вмістом вуглецю і кількома підвищеним вмістом марганцю і кремнію. Метал навколошовної зони низьковуглецевих сталей незначним чином зміцнюється в ділянці перегріву. Для зняття зварювальних напружень товстостінні конструкції з низьковуглецевих сталей можуть піддаватися після зварювання високому відпуску. Для вирівнювання властивостей і покращення структури проводять нормалізацію (від 900...940°C) з наступним високим відпуском. Перед виконанням зварювання потрібно ретельно очищувати зварювальний матеріал від іржі, механічних нерівностей, бруду, окалини. Ці забруднення сприяють утворенню тріщин в зварному шві. Охолоджувати зварювальні конструкції потрібно повільно, на повітрі, щоб структура нормалізувалася. При проведенні зварювання для відповідальних деталей потрібен попередній підігрів, приблизно до 400 градусів, за допомогою підігріву забезпечиться необхідна міцність шва, також в даному випадку зварювання можна здійснювати в декілька підходів [25].

					ДП.131.2127ст.02.04.06.ПЗ	Арк
						47
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Контроль якості зварних з'єднань

Для контролю якості зварних швів виготовленої ферми, крім візуального контролю, використовується ультразвуковий метод для виявлення дефектів зварних з'єднань. Принцип ультразвукового контролю базується на тому, що міцні матеріали є відмінними провідниками звукових хвиль. Такі хвилі можуть проникати в матеріальні об'єкти на велику глибину і потрапляючи на межу двох матеріалів з різною акустичною проникністю - заломлюються і відбиваються. Результат взаємодії звукових хвиль з матеріалом посилюється згідно зі зменшенням довжини їх хвиль (і відповідно до цього, збільшення частоти коливань).

Найбільш простим, практичним і економічним є луна-метод. Заснований луна-метод на фіксації луна-сигналів від дефекту. Зонduючий імпульс приладу зазвичай спостерігають на екрані відбитий від дна виробу – донний луна-сигнал від дефекту. Використовуючи різні види хвиль, вирішують завдання дефектоскопії металів, сплавів і багатьох неметалічних матеріалів. Вимірюючи час повернення донного сигналу і, враховуючи швидкість ультразвуку в матеріалі, визначають товщину виробу. У випадку якщо невідома товщина виробу, то вимірюють швидкість по донному сигналу і оцінюють загасання, а за цими даними, визначають фізико-механічні властивості матеріалів. При використанні луна-метода контроль проводиться при доступі до досліджуваного об'єкту з одного боку, і при цьому визначаються розміри дефекту та його координати [50].

Висновок

1. Розроблена технологія складання і зварювання ферми на основі метода копіювання.
2. Обрано пристрій для кантування ферми.
3. Контроль якості зварних швів здійснюється візуальним (100%) та ультразвуковим луна-методом (100%).

					ДП.131.2127ст.02.04.06.ПЗ	Арк
						48
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ				
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Артеменко О.Г.				Охорона праці		Літ	Арк	Аркушів
Керівник	Драган С.В.							57	
Консульт							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.								

5. Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання ферми

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» [11].

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.	80
Ціна 1 кг електродного дроту марки Св-08Г2С	грн	26
Ціна 1 м ³ захисного газу	грн	60
Ціна 1 кВт-год електроенергії	грн	1,89
Тарифна ставка оплати праці складальника, Г _{ст}	грн./н-год	87
Тарифна ставка оплати праці зварювальника, Г _{ст}	грн. /н-год	80
Тарифна ставка оплати праці контролера, Г _{ст}	грн. /н-год	59,34
Ціна випрямляча зварювального КИГ 401	грн	45000
Ціна механізму подачі електродного дроту КП 010-3	грн	11000
Довжина швів	см	1616
Площа наплавки швів	см ²	0,605
Щільність металу	г/см ³	7,8
Коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів для зварювання		1,02

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
						50
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Найменування показника	Розмірність	Величина
Потужність холостого ходу джерела струму	кВт	2,5
ККД зварювального посту		0,5
Коефіцієнт, що враховує допоміжний час, K_d		1,2
Коефіцієнт, що враховує підготовчो-заклучний час, $K_{п-з}$		1,04
Коефіцієнт обслуговування робочого місця, K		1,13
Коефіцієнт використання зварювального посту, K_p		0,6
Зварювальний струм:	А	240
Напруга на дузі:	В	30
Швидкість зварювання:	м/год	7,6

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

$$C_m = \sum C_{mi}. \quad (5.3)$$

Вартість електроенергії розраховується як

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

де W – повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год.; Π_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

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		51

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 табличними даними [11].

Трудомісткості зварювання розраховується за формулою:

$$T_{рзв} = I_{шв} \times T_0 \times K_d \times K_{п-з} \times K \quad (5.7)$$

$$T_0 = \frac{m}{V_{36}}, \quad (5.8)$$

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-заклучний 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:

$$C_a = \frac{\Sigma B_i \times H_{ai}}{100} \quad (5.9)$$

$$C_p = \frac{\Sigma B_i \times H_p}{100}, \quad (5.10)$$

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

Розрахуємо собівартість ферми

Вага наплавленого металу, кг:

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
						52
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_H = \gamma \times F_H \times l_{шв} \quad (5.11)$$

$$G_H = 0,605 \times 7,8 \times 100 = 471,9 \text{ г} = 0,4791 \text{ кг (на 1 метр шва)}$$

$$G_{H, \text{ заг.}} = 0,605 \times 7,8 \times 1616 = 7625,9 \text{ г} = 7,626 \text{ кг}$$

Витрата дроту, кг:

$$G_{др} = G_H \times k \quad (5.12)$$

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

$$G_{др} = 0,419 \times 1,02 = 0,4274 \text{ кг (на 1 метр шва)}$$

$$G_{др, \text{ заг.}} = 7,626 \times 1,02 = 7,78 \text{ кг}$$

Витрата газу, м³:

$$H_{г} = 0,8 \times G_{др}$$

$$H_{г} = 0,8 \times 0,4274 = 0,342 \text{ м}^3 \text{ (на 1 метр шва)}$$

$$H_{г, \text{ заг.}} = 0,8 \times 7,78 = 6,224 \text{ м}^3$$

Витрата електроенергії розраховується за формулою (5.5):

$$\tau = \frac{l_{шв}}{V_{зв}} \quad (5.13)$$

$$\tau = \frac{16,16}{7,6} = 2,13 \text{ год}$$

$$\tau_1 = \frac{\tau}{\hat{E}_i} \quad (5.14)$$

$$\tau_1 = \frac{2,13}{0,6} = 3,55 \text{ год}$$

$$W = \frac{30 \times 240}{0,5 \times 1000} \times 2,13 + 2,5(3,55 - 2,13) = 34,222 \text{ кВт} \times \text{год} \text{ (на один погонний}$$

метр шва)

$$W_{\text{заг.}} = 34,222 \times 16,16 = 553,03 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Витрати матеріалів на всі з'єднання

$L_{шв}, \text{ см}$	$F_H, \text{ см}^2$	$G_H, \text{ кг}$	$G_{др}, \text{ кг}$	$H_{г}, \text{ м}^3$	$W, \text{ кВт} \times \text{год}$
1616	0,605	7,626	7,78	6,224	553,03

Затрати на зварювальні матеріали на один виріб розраховуються за

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
						53
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

формулою (5.2), грн:

1) дроту:

$$C_{\text{др}} = 26 \times 7,78 = 202,28 \text{ грн}$$

2) газу:

$$C_{\text{г}} = 60 \times 6,224 = 373,44 \text{ грн}$$

3) електроенергії:

$$C_{\text{е}} = 1,8855 \times 553,03 = 1042,738 \text{ грн}$$

Розрахуємо трудомісткість:

1) складання за табличними даними [11]:

$$T_{\text{р ск.}} = 17 \times 0,15 + 13 \times 0,14 + 5 \times 0,21 + 2 \times 0,28 + 2 \times 0,21 + 2 \times 0,28 + 3 \times 0,28 + 2 \times 0,49 + 5 \times 0,49 + 1 \times 0,21 + 2 \times 0,65 = 12,74 \times 0,8 = 10,224 \text{ н-год}$$

Коефіцієнт для швів внапусток 0,8

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

$$C_{\text{ск}} = 1,1 \times 10,224 \times 87 \times 1,22 = 1193,7 \text{ грн}$$

2) зварювання:

розрахуємо основний час за формулою (5.8):

$$T_0 = \frac{1}{7,6} = 0,132 \text{ год}$$

розрахуємо трудомісткості зварювання за формулою (5.7):

$$T_{\text{р зв}} = 16,16 \times 0,132 \times 1,2 \times 1,04 \times 1,13 = 3,01 \text{ н-год}$$

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

$$C_{\text{зв}} = 1,1 \times 3,01 \times 80 \times 1,22 = 323,154 \text{ грн}$$

3) контроль:

Для з'єднань внапусток візуальний контроль складає 2 хв. на 1 см шва.

$$T_{\text{р к}} = 16,16 \times 2 = 32,32 \text{ хв} = 0,54 \text{ н-год}$$

$$C_{\text{к}} = 1,1 \times 0,54 \times 59,34 \times 1,22 = 43 \text{ грн}$$

Розрахуємо собівартість матеріалів однієї конструкції:

$$C_{\text{м}} = 202,28 + 373,44 = 575,72 \text{ грн}$$

Собівартість ресурсів:

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
						54
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_e = 1042,738 \text{ грн}$$

Загальна собівартість трудомісткості:

$$C_{\text{пр}} = 1193,7 + 323,154 + 43 = 1559,85 \text{ грн}$$

Річна програма (80 шт):

$$C_m = 575,72 \times 80 = 46057,6 \text{ грн}$$

$$C_e = 1042,738 \times 80 = 83419,04 \text{ грн}$$

$$C_{\text{пр}} = 1559,854 \times 80 = 124788,32 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання розраховуються за формулою (5.9):

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

$$C_{\text{акп}} = \frac{11000 \times 14,5}{100} = 1595 \text{ грн}$$

Річна сума амортизації:

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

$$\frac{C_{\text{акп}}}{7 \text{ років}} = \frac{1595}{7} = 227,85 \text{ грн}$$

Загальна річна амортизація обладнання:

$$C_{\text{а.заг.}} = 900 + 227,85 = 1127,85 \text{ грн}$$

$$\text{Амортизація на один виріб} \frac{1127,85}{80} = 14,1 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання розраховуються за формулою (5.10):

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

$$C_{\text{ркп}} = \frac{11000 \times 15}{100} = 1650 \text{ грн}$$

Річна сума ремонту

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

$$\frac{C_{\text{ркп}}}{7 \text{ років}} = \frac{1650}{7} = 235,71 \text{ грн}$$

Загальна річна сума на ремонт обладнання:

$$C_{\text{р.заг.}} = 964,3 + 235,71 = 1199,71 \text{ грн.}$$

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		55

Витрати на ремонт на один виріб $\frac{1199,71}{80} = 15 \text{ грн}$

Результати розрахунків зведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3. Собівартість матеріалів, ресурсів та обладнання річного виготовлення конструкцій

С _м , грн	С _е , грн	С _{пр} , грн	С _а , грн	С _р , грн
46057,6	83419,04	124788,32	1127,85	1199,71

Технологічна собівартість виготовлення конструкцій за рік розраховується за формулою (5.1):

$$C_T = 46057,6 + 83419,04 + 124788,32 + 1127,85 + 1199,71 = 256592,52 \text{ грн}$$

Зведені затрати на технологічну собівартість складання і зварювання ферми наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4. Зведені затрати на технологічну собівартість складання і зварювання ферми

Найменування статей затрат	Величина
Зварювальні матеріали	46057,6
Заробітна плата	124788,32
Електроенергія	83419,04
Амортизаційні відрахування по обладнанню	1127,85
Витрати на поточний ремонт обладнання	1199,71
Технологічна собівартість одного виробу	3207,4
Технологічна собівартість річного випуску виробів	256592,52

Висновки

Розраховано технологічну собівартість виготовлення стропильної ферми, яка складає 3207,4 грн – на один виріб та 256592,52 – річні витрати при програмі 80 шт/рік.

					ДП.131.2127ст.02.05.06.ПЗ	Арк
						56
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.02.06.06.ПЗ				
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Артеменко О.Г.				Охорона праці		Літ	Арк	Аркушів
Керівник	Драган С.В.							57	
Консульт							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.								

6. Охорона праці

Робота електрозварника пов'язана з низкою можливих шкідливих і небезпечних впливів на його організм. Для ослаблення та усунення шкідливих і небезпек, пов'язаних з виконанням процесу дугового електрозварювання, необхідно суворе виконання встановлених правил охорони праці і техніки безпеки. Найбільший вплив на зварника і всіх осіб, що знаходяться в зоні виконання електрозварювальних робіт, надає випромінювання зварювальної дуги.

Зварювальний дуга є джерелом випромінювань з різною довжиною хвилі: видимих світлових, ультрафіолетових і інфрачервоних. Зварювальний дуга має яскравість видимого випромінювання, нестерпний для людського ока, до якої він не може пристосуватися. Часті перерви в горінні дуги створюють різкі контрасти освітленості.

Для ослаблення світлового потоку і пом'якшення контрастів освітленості застосовується густо забарвлене захисне скло, через яке зварювальник спостерігає за процесом зварювання. Потужне ультрафіолетове випромінювання дуги викликає болісно протікає запалення очей (електроофтальмія) і при тривалій дії викликає опіки шкіри. Захисне скло повинне повністю затримувати ультрафіолетові промені; всі частини тіла, не закриті одягом, повинні захищатися від випромінювань дуги.

Зварювальна дуга безперервно виділяє в навколишнє середовище газу і дим з дрібних твердих частинок, переважно оксидів металу. Кількість газів і димових частинок і ступінь їх шкідливості для працюючих залежать від роду зварюваного металу, складу електродної обмазки, відповідно до чого і застосовуються вентиляційні та інші пристрої для захисту працюючих.

Електрозварник наражається на небезпеку ураження електричним струмом, оскільки він майже неминуче стосується струмоведучих частин зварювального ланцюга. Особливо небезпечна в цьому відношенні зварювання всередині котлів та резервуарів та інших об'єктів, в яких зварювальник сидить або лежить на металі, і зварювання в сирих приміщеннях, на відкритому повітрі в сиру погоду і т. п. Для зменшення небезпеки ураження струмом необхідно суворо

					ДП.131.2127ст.02.06.06.ПЗ	Арк
						58
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

дотримуватися правил безпеки, надійно заземлювати корпусу зварювальних машин і апаратів, спостерігати за справністю електрозварювальної апаратури та ізоляції всіх частин зварювальної установки. У більш небезпечних випадках необхідно застосовувати для зварника дерев'яні підмостки, гумові килимки та ін., що підсилюють ізоляцію тіла зварника від землі [5].

Головним засобом захисту людей від ураження електричним струмом при дотику до обладнання, що випадково опинилося під напругою, є захисне заземлення. Воно складається з заземлювачів і заземлюючих проводів. Заземлювачі можуть бути природними і штучними. До перших от-носяться металеві конструкції, занурені в землю і виконують спеціальні роботи: трубопро-води, обсадні труби. Штучні заземлювачі влаштовують спеціально зі сталевих стрижнів, труб, куточків або металевої смуги певного розміру.

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенційно небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Тому всі потенційно небезпечні частини мають бути заземлені або занулені. Відповідно до ПУЕ у чотири провідних мережах трифазного струму глухе заземлення нейтралі є обов'язковим, а також у трифазних мережах до 1 кВ із глухо заземленою нейтраллю електричне обладнання має бути занулене. В електроустаткуванні понад 1 кВ з ізольованою нейтраллю має бути виконане заземлення [31].

Розрахуємо заземлення в електроустаткуванні з ізольованою нейтраллю.

Заземлюючий пристрій, який виконується з додержанням вимог до його опору, повинен мати у будь-яку пору року опір не більше 0.5 Ом, включаючи опір природніх заземлювачів.

Заземлення електроустановок напругою вище 1 кВ мережі з ізольованою нейтраллю при використанні заземлюючого пристрою тільки для електроустановок вище 1 кВ повинно бути не більше 10 Ом [23].

Електроустановки, що живляться напругою вище 1000 В - до 110 кВ і вище з ефективно заземленою нейтраллю, де струми замикання на землю в мережі

					ДП.131.2127ст.02.06.06.ПЗ	Арк
						59
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

досягають значень 50 - 500 А, опір заземлювального пристрою R_z повинен бути не більшим 0,5 Ом [13].

Опір штучного заземлення розраховуємо з врахуванням використання природнього заземлення, ввімкненого паралельно:

$$1/R_{\text{ш}} = 1/R_z - 1/R_{\text{пр}}, \quad (6.1)$$

де R_z – розрахунковий опір заземлюючого пристрою за ПУЕ; $R_{\text{ш}}$ – опір штучного заземлення; $R_{\text{пр}}$ – опір природнього заземлення.

На основі вихідних даних записуємо:

$$1/R_{\text{ш}} = 1/0,5 - 1/0,8;$$

звідси $R_{\text{пр}} = 1,33$ Ом.

Знаходимо розрахункові питомі опори ґрунту горизонтальних і вертикальних заземлювачів:

$$\rho_{p,z} = \rho_{\text{г}} k_{n,z}; \quad (6.2)$$

$$\rho_{p,v} = \rho_{\text{г}} k_{n,v}, \quad (6.3)$$

де $\rho_{\text{г}}$ – питомий опір ґрунту (суглинок), рівний 100 Ом·м; $k_{n,v}$; $k_{n,z}$ – підвищуючі коефіцієнти вертикальних і горизонтальних електродів для заданої кліматичної зони.

Повищуючі коефіцієнти для кліматичної зони 3 приймаються рівними 2 для горизонтальних електродів на глибині прокладання 0,8 і 1,4 – для вертикальних стержневих електродів довжиною 2-3 м при глибині прокладання з вершини 0,5-0,8 м [30].

Розрахункові питомі опори:

1) для горизонтальних електродів: $\rho_{p,z} = 100 \cdot 2 = 200$ Ом·м;

2) для вертикальних електродів: $\rho_{p,v} = 100 \cdot 1,4 = 140$ Ом·м.

Знаходиться опір розтікання одного вертикального електрода – кутника довжиною 2 м при заглибленні нижче рівня землі на 0,7 м за формулою:

$$R_{o.v.e} = \frac{\rho_{p,v}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{l} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right). \quad (6.4)$$

					ДП.131.2127ст.02.06.06.ПЗ	Арк
						60
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

При застосуванні кутників для вертикальних електродів в якості діаметра приймається еквівалентний діаметр кутника

$$d = d_{y,e} = 0,95b, \quad (6.5)$$

де b – ширина сторони кутника.

Для кутника з шириною полки $b = 0,06$ м; $d = 0,95b = 0,95 \cdot 0,06 = 0,057$ м.

$$R_{o.g.e} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,057} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 50,5 \text{ Ом.}$$

Знаходимо приблизну кількість вертикальних заземлювачів за попередньо прийнятим коефіцієнтом використання. Коефіцієнт використання вертикальних електродів у випадку розміщення їх за контуром без врахування впливу горизонтальних електродів зв'язку знаходимо за довідковими даними

Відношення відстаней між вертикальними електродами до їх довжини $d/l = 2$; так як $d = 4$ м, приймаємо, що відстань між електродами рівна 4 м; $l = 2$ м, звідси $4/2 = 2$.

Використовуючи довідникові дані, вибираємо попередній коефіцієнт використання:

$k_{e.g} = 0,66$ (якщо кількість кутників 60 і відношення $d/l = 2$);. Приблизна кількість вертикальних заземлювачів n :

$$n = \frac{R_{o.g.e}}{k_{e.g} R_{ш}}, \text{ Ом.} \quad (6.6)$$

де $R_{ш}$ – необхідний опір штучного заземлювача

$$n = \frac{50,5}{0,66 \cdot 1,33} = 57,5. \text{ Ом.}$$

Знаходимо опір горизонтального заземлювача, який складається з полос 40·4 мм², приварених до верхніх кінців кутників. Коефіцієнт використання з'єднувальної полоси в контурі знаходимо за довідковими даними: $k_{e.g} = 0,28$ (при кількості кутників порядку 60 і відношення відстані між вертикальними електродами до їх довжини $d/l = 2$).

Опір полоси знаходимо за формулою:

					ДП.131.2127ст.02.06.06.ПЗ	Арк
						61
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{pze} = \frac{1}{k_{\theta, \varepsilon}} \frac{\rho_{p, \varepsilon}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}. \text{ Ом.} \quad (6.7)$$

Відстань між вертикальними електродами $d = 4$ м. Припущена кількість електродів 60, тоді периметр, по якому прокладають горизонтальні полоси, буде складати $l = 60 \cdot 4 = 240$ м.

$$R_{p, \varepsilon, e} = \frac{1}{0,28} \frac{200}{2\pi \cdot 240} \ln \frac{2 \cdot 240^2}{0,04 \cdot 0,7} = 0,47 \cdot 15,2 = 7,16 \text{ Ом.}$$

Уточнений опір вертикальних електродів

$$R_{\theta, e} = \frac{R_{p, \varepsilon, e} R_{\text{ш}}}{R_{p, \varepsilon, e} - R_{\text{ш}}} = \frac{7,16 \cdot 1,33}{7,16 - 1,33} = 1,63 \text{ Ом.}$$

Уточнене число вертикальних електродів знаходимо при коефіцієнті використання $k_{\theta, \varepsilon} = 0,58$, прийнятому з довідникових даних при $n = 60$ і $d / l = 2$.

$$n = \frac{R_{\theta, \varepsilon, e}}{k_{\text{ш}, \theta, \gamma} R_{\theta, e}} = \frac{50,5}{0,58 \cdot 1,63} = 53,4. \text{ Ом.}$$

В електроустановках напругою до 1 кВ з ізолюваною нейтраллю опір заземлюючого пристрою, що використовується для заземлення електроустаткування, повинен бути не більше 4 Ом [30].

В електроустановках понад 1 кВ з ізолюваною нейтраллю повинне бути виконане заземлення [47].

Висновки

1. Розглянуто особливості охорони праці при роботі на зварювальній ділянці, пов'язані з використанням електроустаткування.
2. Розраховано захисне заземлення.
3. Визначені заходи техніки безпеки при роботі з електрообладнанням.

Загальні висновки

1. Розроблено технологію складання і зварювання ферми в основі методу копіювання, яка включає підготовчі операції складання, зварювання і контроль зварних з'єднань.
2. Для зварювання всіх швів обрано механізоване зварювання в суміші захисних газів $\text{Ar } 82\% + \text{CO}_2 \text{ } 18\%$ плавким електродом Св-08Г2С. З урахуванням різної навантаженості на ділянках ферми розраховано катети і довжина швів з'єднань внапусток, розраховано їх режими: для з'єднання Н1 $\Delta 5$ $I_{\text{зв}} = 240\text{А}$, $U_{\text{д}} = 30\text{В}$, $V_{\text{зв}} = 0,72 \text{ м/год}$; Н1 $\Delta 10$ $I_{\text{зв}} = 240\text{А}$, $U_{\text{д}} = 30\text{В}$, $V_{\text{зв}} = 0,21 \text{ м/год}$.
3. Розраховано термічні цикли для ЗТВ швів ферми. Отримана структура є ферито-перлитною. Твердість для шва Н1 $\Delta 5 = 330\text{НВ}$, для шва Н1 $\Delta 10 = 270\text{НВ}$.
4. Призначена послідовність складання і зварювання, яка забезпечує зниження трудомісткості.
5. Для виконання зварювання обрано устаткування: механізм подачі електродного дроту КП 010-3, а в якості джерела живлення - зварювальний випрямляч КИГ 401.
6. Складання виконується на універсальному складально-зварювальному стенді з використанням універсальних приладів.
7. Розрахована технологічна собівартість ферми показала, що собівартість виготовлення одного виробу складає 3207,4 грн., а при річній програмі 80 шт/рік собівартість дорівнює 256592,52 грн/рік
8. Розглянуто заходи з охорони праці на зварювальній ділянці, та можливості уникнення ризиків під час роботи. Розраховано захисне заземлення.

					ДП.131.2127ст.02.00.00.ПЗ	Арк
						63
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://helpiks.org/6-51176.html>.
2. Автоматичне дугове зварювання під флюсом. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/avtomatichne-dugove-zvaryuvannya>
3. Балочные и решетчатые конструкции. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://msd.com.ua/svarnye-konstrukcii-tehnologiya-izgotovleniya>
4. Бережний, С.П. Зварювання тиском: Методичні вказівки для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» [Текст] / С.П. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 18 с.
5. Бойко, І.О. Практикум зі зварювання: Методичні вказівки для студентів спеціальності «Технологія і устаткування зварювання» [Текст] / І.О. Бойко, Волков Д.А. – Краматорськ: ДДМА, 2016. – 36 с.
6. 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.
7. Васильев, А.А. Металлические конструкции [Текст] / А.А. Васильев. – Москва: Стройиздат. – 1979. – 472с.
8. Газовая смесь для производства сварки. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://goodsvarka.ru/oborudovanie-i-materiali/svarochnaja-smes/>.
9. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартинформ. – Введен 01.07.1977.
10. ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ. – Введен 30.06.1989
11. 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.
12. Жиляков, В.Я. Проекування металевих конструкцій: конспект лекцій [Електронний ресурс] / В.Я. Жиляков. - Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013.

					ДП.131.2127ст.02.00.00.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		64

– 66 с.

13. Запорожець, О.І. Основи охорони праці: підручник [Текст] / О.І. Запорожець, Франчук Г.О. - Київ: Центр навчальної літератури, 2009. – 264 с.

14. 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.

15. Классификация ферм. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://5stroyemh.ru/ferma/klassifikatsiya/17-klassifikatsiya-ferm.html>

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

17. 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.

18. Лебедєв, Ю.М. Розрахунки теплових процесів при зварюванні: методичні вказівки до виконання курсової роботи [Текст] / Ю.М. Лебедєв, В.Ф. Лебедєва, С.А. Лой. - Миколаїв: НУК, 2007.– 64 с.

19. Лист г/к 20 мм ст.10ХСНД. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tdalianse-m.ru/p/19958179-list-20-mm-stal-10hsnd-1500h6000-mm/>.

20. Лупачёв, В.Г. Общая технология сварочного производства. Учебное пособие [Текст] / В.Г. Лупачев. – Минск: Выш. школа, 2011. - 287 с.

21. Механизированная сварка в углекислом газе. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stalevarim.ru/pub/mehanizirovannaya-svarka>

22. Носов Д.Г. Теорія процесів зварювання: конспект лекцій [Електронний ресурс] / Д.Г.Носов. – Кам'янське, ДДТУ, 2019. - 171 с.

23. НПАОП 16.0-1.16-97. Правила безпеки для тютюнового та тютюново-ферментаційного виробництва (32400). – Харків: УкрНДІхарчпром. – Затверджено 22.04.97.

24. Организация сварочного поста. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fgpip.ru/svarka/organizatsiya-svarochnogo-posta.html>.

					ДП.131.2127ст.02.00.00.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		65

25. Патон, Б. Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением [Текст] / Под ред. Б. Е. Патона М.: «Машиностроение», 1974. – 768 с.
26. Полуавтоматическая сварка в защитном газе. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spika.com.ua/a42041-poluavtomatichskaya-svarka.html>.
27. Проволока сварочная Св-08Г2С. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://monolith.center/catalog/provoloka-svarochnaya/>
28. Проволока сварочная СВ08Г2С. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://its-m.ru/provoloka-sv08g2s.html>.
29. РД 34 15.132-96 Руководящий документ. Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов. – Москва: НПО ОБТ. – Введен 14.03.1996.
30. Розрахунок захисного заземлення і робочого заземлення. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>
31. Рудницький, В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. [Текст] / В.Г. Рудницький. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. - 280 с.
32. Св-08Г2С – проволока для высококачественной наплавки и сварки. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tutmet.ru/>
33. Сварка в защитных газах. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.deltasvar.ru/biblioteka/48-vidy-svarki/68-svarka-v-zashhitnykh-gazakh>.
34. Сварка металлоконструкций и арматуры железобетона при выполнении монтажных работ / Гадаев Н.Р., Резепов В.Д., Антопевич В.В [и др.]; под ред. Н.Р. Гадаева [Электронный ресурс] – Москва: ЭЛГАД, 2004. – 238 с.
35. Сварка углеродистых сталей. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-server.ru/notes/svarka-uglerodistyykh-stalei>.
36. Сварочные Работы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://brigada1.lv/svarochnye-raboty.html>.
37. Сварочный выпрямитель КИГ-401. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://amtorg.com.ru/svarochnyy-vypryamitel-kig-401>.
38. Сварочный полуавтомат КП 010-3. – [Электронный ресурс]. – Режим

					ДП.131.2127ст.02.00.00.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		66

доступу: <https://amtorg.com.ru/svarochnyy-poluavtomat-kp-010-3>.

39. Сварочный пост и его оборудование. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stalevarim.ru/pub/svarochnyy-post-i-ego-oborudovanie/>.

40. Состояние сварочного производства на судостроительных заводах Украины. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/>

41. Сталь марки С245 — расшифровка и характеристики. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flagman-ug.ru/truby/plotnost-stali-s245.html>.

42. Стальные фермы. Виды и конструктивные решения. Расчет и конструирование. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://versus.wordpress.com>

43. Сфера применения ангаров. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroykomproekt.ru/service/stroitelstvo-angarov>.

44. Теория сварочных процессов: учебник для вузов [Электронный ресурс] / В.М. Неровный, А.В. Коновалов, Б.Ф. Якушин [и др.]; под ред. В.М. Неровного. - Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 702 с.

45. Термічний цикл зварювання і структура зварного з'єднання. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://obrobka.pp.ua/324-termchniy-cikl>

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

47. Трансформаторы. Технические характеристики. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1734.html

48. Углеродистая сталь С245 по ГОСТ 27772 для стальных сварных металлоконструкций. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gran-stroi.ru>

49. Углеродистая сталь С255 по ГОСТ 27772 для строительных стальных сварных металлоконструкций. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gran-stroi.ru/stal-S255-GOST-27772-88.php>.

50. Ультразвуковой контроль. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ukrintech.com.ua/ua/ultrazvukovij-kontrol>

51. Чем хороша сварочная проволока. – [Электронный ресурс]. – Режим

					ДП.131.2127ст.02.00.00.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		67

доступу: <http://goodsvarka.ru/oborudovanie-i-materiali/provoloka-sv08g2s/>.

52. Чернышов, Г. Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением: учебное пособие для студентов вузов [Текст] / Г. Г. Чернышов, Д. М. Шашин, В. И. Гирш [и др.]; под ред.: Г. Г. Чернышова, Д. М. Шашина. - СПб.: Лань, 2019. – 464 с.

					ДП.131.2127ст.02.00.00.ПЗ	Арк
						68
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДП.131.2127ст.02.00.06.ПЗ				
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Артеменко О.Г.				Відомість графічної частини		Літ	Арк	Аркушів
Керівник	Драган С.В.							69	
Консульт							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. Кафед	Квасницький В.Ф.								

Деталі для виготовлення конструкції зварної ферми

№	Найменування	Кіль- кість	Переріз	Довжина	Маса, кг		Примітки
					Шт.	Заг.	
1	Куточок	2	L200×125×14	6260	214	428	C245
2	Куточок	2	L140×10	8170	176	352	
3	Куточок	2	L90×7	5380	52	484	
4	Куточок	2	L180×110×12	9170	242	135	
5	Розкос	2	L160×100×9	3740	67,5	73	
6	Розкос	2	L90×7	3770	36,4	54	
7	Стійка	2	L90×7	2800	27	132	
8	Розкос	2	L125×9	3830	66,2	44	
9	Розкос	2	L75×5	3790	22	33	
10	Стійка	2	L75×5	2830	16,4	45	
11	Розкос	2	L75×5	3860	22,4	14	
12	Стійка	1	L75×5	2460	14,3	10	
13	Розкос	1	L75×5	1670	9,7	10	
14	Пластина	1	-180×20	580	16,4	16	C255
15	Пластина	1	-350×12	560	18,4	18	
16	Пластина	1	-210×10	400	6,6	7	
17	Пластина	1	-180×10	250	3,5	4	
18	Пластина	1	-410×10	670	21,6	22	
19	Пластина	1	-400×10	950	30,0	30	
20	Накладка	2	-150×10	420	4,9	10	
21	Пластина	2	-180×10	350	4,9	10	
22	Пластина	1	-410×10	1060	34,0	34	
23	Накладка	2	-180×12	500	8,5	17	
24	Пластина	1	-400×10	700	22,0	22	
25	Пластина	2	-420×10	440	14,5	29	
26	Пластина	2	-180×12	300	5,1	10	
27	Пластина	1	-180×10	260	3,7	4	
28	Пластина	2	-220×14	860	20,8	42	
29	Пластина	17	-60×10	160	0,8	14	
30	Пластина	13	-60×10	110	0,5	7	
31	Пластина	2	L75×5	80	0,5	1	C245
32	Пластина	2	-70×10	70	0,4	1	C255

					ДП.131.2127ст.02.00.06.ПЗ	Арк
						70
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		