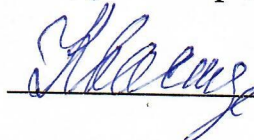


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

 В.Ф. Квасницький

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти **«магістр»**
(потрібне залишити)

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ВУЗЛІВ**
ТРУБНОЇ РЕШІТКИ ТЕПЛООБМІННИКА З ВИКОРИСТАННЯМ
АВТОМАТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ

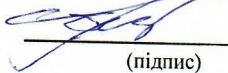
Виконав: студент 6121м групи

 Долгополов Д. В.
(підпис)

Керівник роботи:

Професор, к.т.н., професор НУК

(посада, науковий ступень, вчене звання)

 Драган С. В.
(підпис)

Миколаїв – 2021 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально науковий інститут

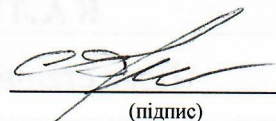
Кафедра зварювального виробництва

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма «Інжиніринг зварювання та споріднених процесів»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми


(підпис)

С.В. Драган

«08» 09 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
(потрібне залишити)

Студенту Долгополову Данилу Валерійовичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження технології зварювання вузлів трубної решітки теплообмінника з використанням автоматизованого комплексу

Керівник роботи: к.т.н., доцент, професор НУК Драган С.В.

Затверджені наказом ректора № від « » 20 року

2. Термін подання роботи: 01.12. 2021 р.

3. Вихідні дані по роботі: 1. Робочі креслення парогенератора ПГ-1000.

2. Матеріал трубної решітки: Т0Т - 08Х18Н10Т; трубної дошки – сталь 16ГС + 08Х18Н10Т. 3. Технологічний процес зварювання. 4. Річна програма – 300 шт.

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

1. Аналіз технології та проблеми зварювання трубних решіток. 2. Обґрунтування технології автоматичного зварювання вузлів. 3. Металографічні дослідження зварних з'єднань. 4. Розробка устаткування автоматизованого комплексу. 5. Розробка варіантів технологічного процесу зварювання. 6. Розрахунки технологічної собівартості зварювання.

5. Перелік презентаційних матеріалів :1. Характеристики вузлів теплообмінника. 2. Зварювальні матеріали, режими зварювання. 3. Результати металографічних досліджень. 4. Варіанти технологічного процесу зварювання. 5. Економічні показники технології зварювання

6. Консультанти розділів роботи

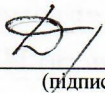
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 -6	Драган С.В. прфесор	05.09 2021	05.09.1.2021

7. Дата видачі завдання 05.09. 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літератури	30.09.2021	
2.	Обґрунтування технології зварювання	10.10.2021	
3.	Експериментальні дослідження	25.10.2021	
4.	Розробка устаткування	31.10 2021	
5.	Розробка варіантів технологічного процесу	10.11.2021	
6.	Економічні розрахунки	15.11.2021	
7.	Оформлення роботи	25.11.2021	

Студент


(підпис)

Долгополов Д.В.
(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Драган С.В.
(ПІБ)

Анотація

Кваліфікаційної роботи студента гр.6121м Долгополова Данила Валерійовича

Тема роботи Дослідження технології зварювання вузлів трубної решітки теплообмінника з використанням автоматизованого комплексу

Робота спрямована на підвищення ефективності зварювальних робіт в атомній енергетиці .

Мета роботи - дослідження технології автоматичного зварювання вузла «труба (заглушка) – трубна дошка» теплообмінника типу ПГВ-1000 з використанням автоматизованого комплексу

У роботі вирішені наступні завдання:

1.Розроблено технологічні процеси зварювання вузлів теплообмінників стосовно до умов ЮУ АЕС з використанням автоматизованого комплексу

2 Вибрана конструкція зварного вузла трубної решітки та оцінка якості зварних з'єднань .

3 Розрахунковим шляхом визначені параметри режиму автоматичного зварювання МІГ кільцевих швів при вварюванні ТОТ та заглушок у трубну дошку теплообмінника.

4 Визначені розрахунком параметри режиму зварювання забезпечують задовільне формування кільцевих швів з'єднання «ТОТ (заглушка) – трубна дошка»

5 Виконані металографічні дослідження технології автоматичного зварювання вузлів трубної решітки теплообмінників.

6 Виконана економічна оцінка технології зварювання вузлів теплообмінників з використанням автоматизованого комплексу

Робота складається з 6 розділів, містить 103 сторінок тексту, 47 рисунків, 16 таблиць та 22 використаних джерел інформації.

Керівник роботи Драган Станіслав Володимирович

Ключові слова: зварювання, автоматизований комплекс, технологія, теплообмінник

Summary

Qualification work of the student gr.6121m Dolgopolov Danylo Valeriyovych

R&D Research of technology of welding of knots of a pipe lattice of the heat exchanger with use of the automated comple

The work is aimed at improving the efficiency of welding in nuclear energy.

The aim of the work is to study the technology of automatic welding of the node "pipe (cap) - pipe board" heat exchanger type PGV-1000 using an automated complex

The following tasks are solved in the work:

1. Technological processes of welding of heat exchanger units in relation to the conditions of the Southern Ukraine NPP with the use of the automated complex are developed
- 2 The researches connected with a choice of a design of a welded knot of a pipe lattice, designing of technology of welding and an estimation of quality of welded connections are executed and it is established
- 3 The parameters of the mode of automatic welding of MIG ring seams during welding of TOT and plugs in the tubular board of the heat exchanger are calculated.
- 4 It is established that the parameters of the welding mode determined by calculation provide satisfactory formation of annular seams of the connection "TOT (cap) - pipe board"
- 5 The results of metallographic studies confirmed the correctness of the choice of technology for automatic welding of tubular lattice units of heat exchangers
6. The economic estimation of technology of welding of units of heat exchangers with use of the automated complex is executed

The work consists of 6 sections, contains 103 pages of text, 47 figures, 16 tables and 22 sources of information used.

Supervisor Dragan Stanislav Vladimirovich

Key words: welding, automated complex, technology, heat exchanger

					КР 131 6121м 0 .0				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.								Літ.	Аркуш
Перевір.									Аркушів
Н Контр									
Затверд.									

ЗМІСТ

	Стр.
Вступ.....	6
1. Аналіз технології виготовлення вузла« труба (заглушка) – трубна дошка» теплообмінника	8
1.1. Призначення,умови роботи теплообмінників та конструкція зварноговузла« труба (заглушка) – трубна дошка».....	9
1.2. Властивості та зварюваність матеріалів трубної решітки.....	15
1.3. Проблеми ремонтного зварювання вузлів теплообмінників на ЮУ АЕС.....	21
1.4. Системи автоматичного керування зварюваннямв захисних газах....	22
1.5. Висновки та задачі кваліфікаційної роботи.....	29
2.Обґрунтування технології автоматичного зварювання вузлів трубної решітки.....	32
2.1. Вибір типу конструкції зварних з'єднань труб (заглушок) з трубноюдошкою.....	33
2.2. Розрахунок параметрів режиму автоматичного зварювання кільцевого шва.....	38
2.3. Вибір зварювальних матеріалів на підставі оцінки очікуваної структури металу зварних з'єднань труб(заглушок) з трубною дошкою.....	41
Висновки.....	45
3. Металографічні дослідження зварного з'єднання труб (заглушок) з трубною дошкою при виготовленні та ремонті трубної решітки	47
3.1. Методика експериментальних досліджень	48
3.2.Металографічні дослідження зварних з'єднань.....	51
Висновки.....	59
4. Розробка вузлів автоматизованого зварювального комплексу.....	60
4.1.Характеристикатехнологічного устаткування.....	61
4.2. Розрахунки транспортної платформи.....	67
Висновки.....	69

5. Розробка технології автоматичного зварювання вузла« труба (заглушка) – трубна дошка».....	71
5.1. Зміст варіантів технологічного процесу зварювання	72
5.2.Опис елементів системи керування автоматизованим зварювальним комплексом.....	75
Висновки.....	91
6. Розрахунок технологічної собівартості виготовлення (ремонту) вузлів теплообмінників з використанням автоматизованого комплексу.....	92
Висновки.....	98
Загальні висновки.....	99
Список використаних джерел інформації.....	101

Вступ

Незважаючи на те, що у теперішній час промислова енергетика досягла високого рівня розвитку, тим не менше техногенні катастрофи ще мають місце. Особливо, ця проблема актуальна для процесу технічної експлуатації виробів відповідального призначення, що працюють в екстремальних умовах, а також для об'єктів стратегічного призначення, зокрема атомних електростанцій (АЕС). Тому дуже важливо забезпечити надійність роботи не тільки всіх елементів обладнання АЕС, а й місць з'єднання їх деталей.

При виготовленні теплообмінних апаратів АЕС достатньо широко використовуються деталі, виготовленні повністю з корозійно-стійких сталей аустенітного класу або композитні, що мають плакований корозійно-стійкий шар. При цьому найбільш слабкою ланкою в конструкції теплообмінника завжди були та залишаються зварні з'єднання. Це, зокрема, стосується таких вузлів теплообмінників, як трубні решітки, особливо тих, що експлуатуються в умовах підвищеного радіаційного забруднення.

Вихід з ладу теплообмінних трубок (ТОТ) або порушення герметичності зварних з'єднань трубої дошки вимагає проведення ремонтних робіт зварюванням. Якщо виготовлення теплообмінника здійснюється в безпечних виробничих умовах, то ремонтні роботи проводяться вже за наявності радіаційного забруднення теплообмінника. Ця обставина обмежує час знаходження зварювальника в небезпечній зоні. Крім того, за правилами експлуатації необхідна зупинка енергоблоку та глушіння пошкодженої ТОТ шляхом вварювання спеціальних заглушок. Це призводить до значних енергетичних та економічних витрат.

До зварювальних робіт залучаються, як правило, зварювальники високої кваліфікації, але складні умови зварювання не гарантують стабільно високої якості зварних з'єднань, особливо при ремонті трубних решіток.

Одним із шляхів підвищення ефективності зварювального виробництва при виготовленні та ремонті вузлів теплообмінників на АЕС є впровадження автоматичного або роботизованого зварювання трубних решіток з виведенням

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		6

зварювальника за межі небезпечної зони.

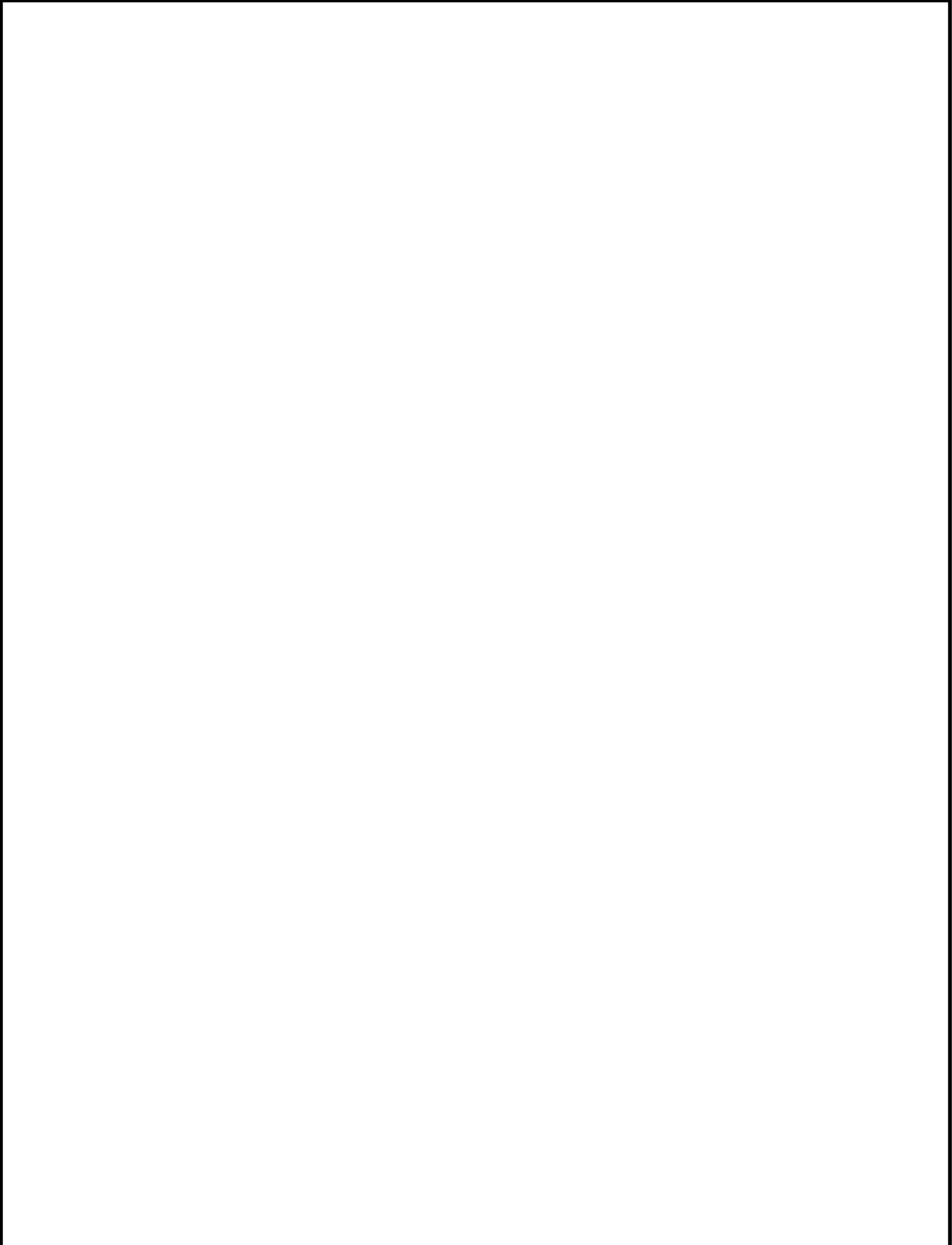
На Южноукраїнській АЕС (ЮУ АЕС) трубні решітки теплообмінники типу ПГВ-1000 у минулі роки виготовляли та ремонтували зварюванням методом ТІГ. Така технологія характеризується підвищеними трудовитратами та нестабільністю якості зварних з'єднань, зв'язаною з обмеженістю знаходження зварювальників у робочій зоні, особливо при ремонтному зварюванні.

Враховуючи ці обставини, підприємством було придбано автоматизований технологічний комплекс на базі зварювального апарата ALPHA Q 551 з орбітальною зварювальною голівкою POINTEC 80.

Для успішного впровадження вказаного комплексу у виробництво на ЮУ АЕС проводиться відпрацювання технології вварювання ТОГ та заглушок в трубні решітки теплообмінників типу ПГВ-1000.

Метою даної роботи є дослідження технології автоматичного зварювання вузла «труба (заглушка) – трубна дошка» теплообмінника типу ПГВ-1000 з використанням автоматизованого комплексу.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		7



					КР 131 6121м 0 .0							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз технології виготовлення вузла «труба (заглушка) – трубна дошка» теплообмінника				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.												
Перевір.												
Н Контр												
Затверд.												

1. Аналіз технології виготовлення вузла «труба (заглушка) – трубна дошка» теплообмінника

1.1. Призначення, умови роботи теплообмінників та конструкція зварного вузла «труба (заглушка) – трубна дошка»

Теплообмінник - технічний пристрій, в якому здійснюється теплообмін між двома середовищами, що мають різні температури. Теплообмінники застосовуються в технологічних процесах нафтопереробної, нафтохімічної, хімічної, атомної, холодильної, газової та інших галузей промисловості, в енергетиці та комунальному господарстві [1].

Від умов застосування залежить конструкція теплообмінника. Існують апарати, в яких одночасно з теплообміном протікають суміжні процеси, такі як фазові перетворення, наприклад, конденсація, випаровування, змішування.

На рис. 1.1 представлені типи теплообмінників, які найбільш часто зустрічаються на практиці.



Рис.1.1 Типи найбільш розповсюджених теплообмінників

Конструкцію теплообмінників визначають умови їх роботи. При роботі з рідиною під високим тиском використовують однокамерні теплообмінники, але їх виробництво досить дороге, труби в разі ремонту складнозамінити. Тому такі теплообмінники користуються меншим попитом на ринку.

Найбільш поширені в промисловості рекуперативні кожухотрубні теплообмінники (рис.1.2), принцип роботи яких полягає в тому, що холодна і

гаряча робочі середовища рухаються по різних кожухам, і теплообмін відбувається в просторі між ними [2].

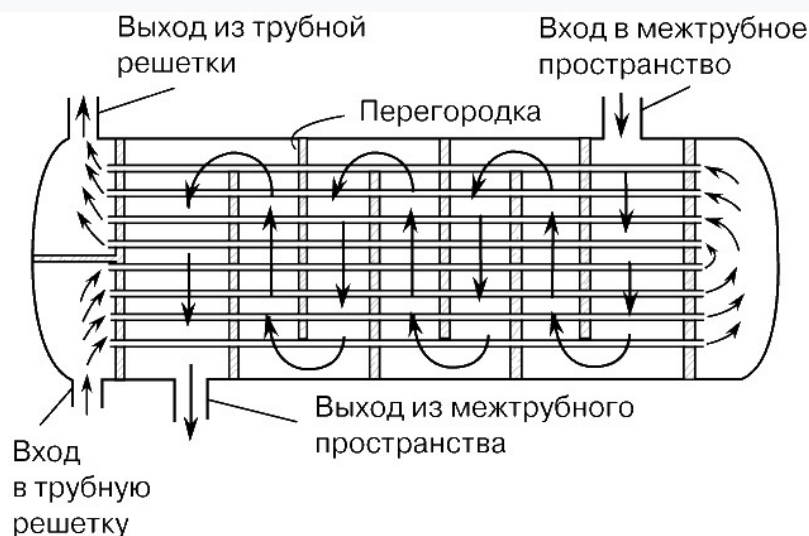


Рис. 1.2. Принцип роботи кожухотрубного теплообмінника

Як видно на рис. 1.2, кожухотрубний теплообмінник складається з пучка трубок, які розташовані в своїй камері і закріплені на дошці або решітці. Кожух - власне, назва всієї камери, звареної з листа не менше 4 мм (або більше, в залежності від властивостей робочого середовища), в якій знаходяться дрібні трубки і дошка. Як матеріал для дошки використовують зазвичай листову сталь. Між собою трубки з'єднуються патрубками, є також вхід і вихід в камеру, відведення для конденсату, перегородки.

Залежно від кількості труб і їх діаметра, коливається потужність теплообмінника. Так, наприклад якщо передавальна тепло поверхню становить близько 9 000 кв. м., потужність теплообмінника складе 150 МВт.

Будова кожухотрубного теплообмінника, зокрема з'єднання зварних труб з дошкою і кришками, може бути різним, так само як і вигин кожуха (у вигляді букви U або W).

Робочим середовищем всередині труб є рідина, в той час як гаряча пара проходить в відстані між труб, утворюючи конденсат. Оскільки стінки трубагріваються більше, ніж дошка, до якої вони прикріплені, цю різницю

необхідно компенсувати, інакше б пристрій мав значні втрати тепла. Для цього застосовуються спеціальні компенсатори - сальники або сільфони.

Особливістю конструкції теплообмінників є відстань між трубами, яка в 2-3 рази повинна перевищувати їх переріз. Завдяки цьому коефіцієнт віддачі тепла є невеликим, і це сприяє ефективності роботи всього теплообмінника.

Кожна кожухотрубна секція (рис. 1.3) складається з: обичайки 1, двох патрубків з фланцями, трубок поверхні 2, трубних дошок 3.

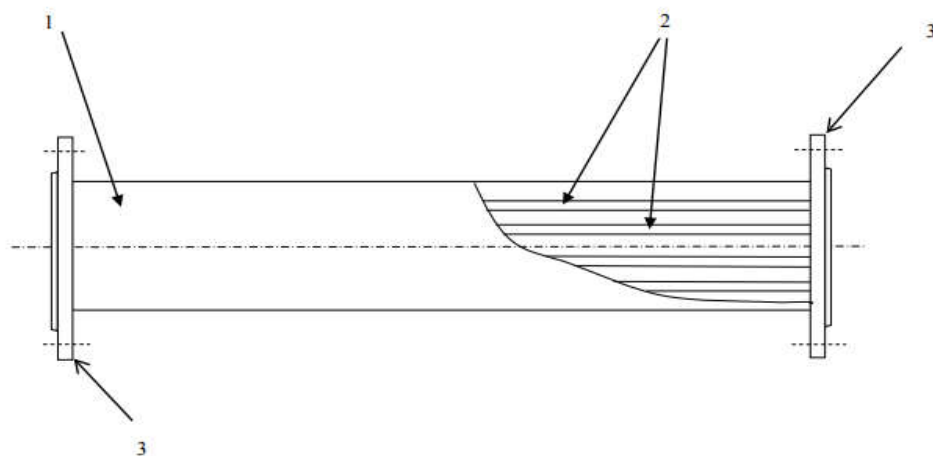


Рис. 1.3 - Загальний вигляд кожухотрубною секції:

На Южноукраїнській атомній електростанції (ЮУ АЕС) використовуються теплообмінники типу ПГВ 1000, до складу яких входять кожухотрувні секції, технічна характеристика яких наведена в табл.1.1.

Найбільш слабким місцем теплообмінних будь-яких апаратів є, як правило, поверхня теплообміну і, в першу чергу, місця з'єднання труб з трубними дошками і корпусом. Тому при проектуванні та виготовленні зазначених конструкцій звертатимуть особливу увагу на забезпечення вільної компенсації термічних розширень трубок відносно корпусу і на надійність з'єднання труб з трубними дошками.

З метою підвищення надійності та довговічності роботи теплообмінників застосовують різні конструкції зварних з'єднань труб з трубними дошками (рис.1.4) [1].

Таблиця 1.1 Технічна характеристика кожухотрубно́ї секції

Параметри	Значення
Тип апарату	ТН- з жорстким і нерухомими трубними решітками
Робочий тиск, МПа	1,6
Тиск розрахунковий, МПа	1,8
Тиск при гідровипробуванні, МПа	2,3
Нагріваче середовище	Вода з центральної системи опалення
Підігріваче середовище	Вода з центральної системи холодної води
Матеріал основних деталей: трубна дошка теплообмінних труб	Сталь 16ГС (ДСТУ 8804:2018) з плакованим шаром ($s = 4$ мм) зі сталі 08X18H10T (ГОСТ 5632-72) Сталь 08X18H10T (ГОСТ 5632-72)
Діаметр кожуха зовнішній, мм	3250
Діаметр кожуха внутрішній, мм	3050
Температура нагрівачого середовища, найбільша °С	150
Довжина теплообмінних труб, мм	20000
Зовнішній діаметр і товщина стінки теплообмінних труб, мм	16x2
Схема розміщення труб в трубних решітках і перегородках	По вершинах рівнобічних трикутників

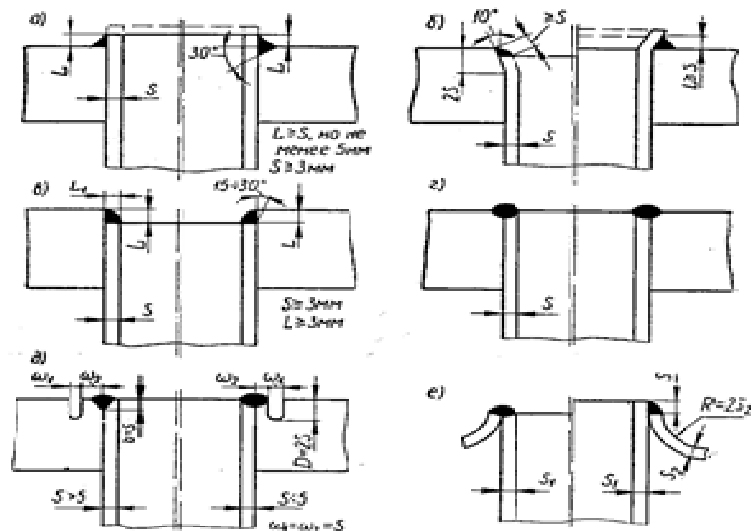


Рис.1.4. Типи зварних з'єднань труб з трубними дошками:

a - для трубок при $S > 3$ мм *б* - для трубок при $S > 3$ мм з розвальцюванням трубок;
в - таке ж саме, як *a* і *б*; *г* - для трубок при $S < 3$ мм; *д* - таке ж саме, як *г* -
зварювання способом ТІГ; *е* - при товщині трубної дошки $S < 4$ мм.

Аналіз способів закріплення трубок у трубній дошці показує, що вони характеризуються низкою взаємних переваг та недоліків [3]. Так, істотними недоліками з'єднання труб з трубними дошками розвальцюванням і приварюванням є необхідність підвищеної чистоти і точності обробки отворів в трубних дошках, відпал, а іноді і калібрування кінців труб при розвальцюванні. При цьому вальцювання труб діаметром менше 12 мм через зниження стійкості інструменту неможливе. Крім того, вальцювальні з'єднання чутливі до різких змін температури. Через значні залишкові напруження в кінцях розвальцьованих труб знижується корозійно-механічна міцність матеріалу і можлива поява тріщин [4]. В теперішній час все ширше застосовуються такі способи з'єднання, що передбачають імпульсний вплив на елементи з'єднання, зокрема: імпульсне механічне розвальцьовування, запресовування труб цанговими патронами, запресовування труб енергією вибуху хімічних вибухових речовин, електрогідроімпульсне запресовування та ін. [5].

Відмінною особливістю з'єднання труб з трубними дошками, отриманого імпульсним способом, є надзвичайно щільне прилягання труб до трубної дошки, при цьому механічна міцність з'єднання значно вища, ніж під час вальцювання.

При цих способах з'єднання не пред'являється підвищених вимог до чистоти отворів (можна обмежитися свердлінням) і до ступеня роздачі.

Незважаючи на це, в процесі експлуатації теплообмінників збігом часу окремі з'єднання через дію агресивного середовища, власних та експлуатаційних напружень втрачають герметичність і сприяють виходу з ладу теплообмінника. Особливі наслідки цього має порушення роботи теплообмінників, що експлуатуються в надто небезпечних умовах, зокрема на атомних електростанціях [4, 5].

Для підвищення стійкості металу проти корозійного руйнування часто трубні дошки виготовляють з вуглецевої сталі, плакованої нержавіючою сталлю. У цьому випадку труби пропускають через отвори в трубних дошках і приварюють дуговим способом круговим швом із зовнішнього боку (рис.1.5)

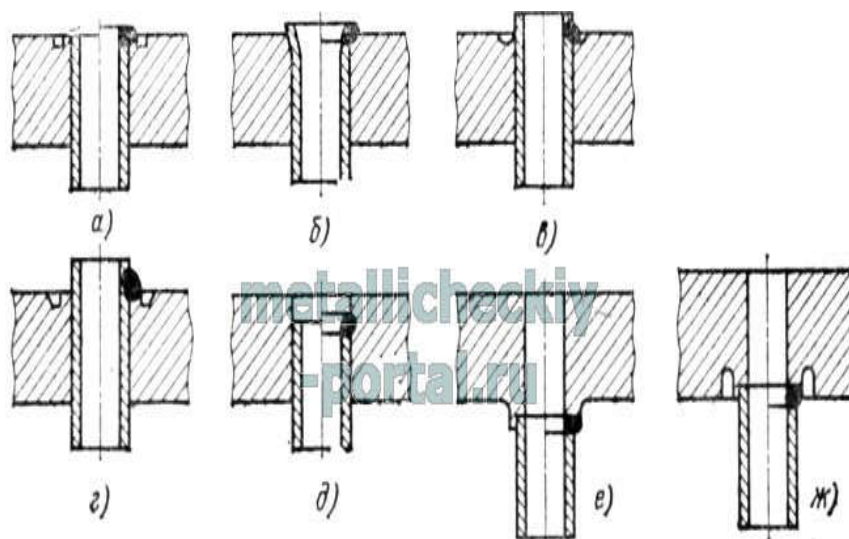


Рис. 1.5. Варіанти з'єднання труб з трубними дошками дуговими способами зварювання

При цьому шов виявляється в зоні найбільших робочих напружень (розтягнення або стиснення), що діють в трубній дошці. Найбільш неприємним є те обставина, що основні робочі навантаження при цьому діють в площині трубної дошки, тобто в напрямках дії найбільших залишкових напружень від зварювання. Варіант конструктивного оформлення зварного з'єднання, показаного на рис. 1.5,а пов'язаний з найменшою кількістю технологічних труднощів. Варіанти, наведені на

рис. 1.5, в, г також є припустимими але) є найбільш простім і надійним є варіант на рис. 1.5, а[3], тому він використовується найбільш часто.

Слід відзначити, що вказаний варіант зварного з'єднання використовують не лише для приварювання трубок до трубної дошки, а і під час встановлення заглушок на пошкоджених трубах при ремонті теплообмінників [4].

1.2. Властивості та зварюваність матеріалів трубної решітки

Для виготовлення деталей теплообмінників використовують різні конструкційні матеріали, що визначаються, головним чином, температурним режимом роботи та характеристиками теплоносія [6].

Труби виготовляють як з низьковуглецевих або хромонікелевих нержавіючих сталей, так і кольорових, никелево-мідних сплавів. Для виготовлення трубних дошок використовують вуглецеві сталі, часто плаковані нержавіючої сталлю.

У поверхнях теплообміну при температурі стінки нижче 350 °С можуть використовуватись вуглецеві сталі марок ст. 10 та ст. 20; при роботі металу в діапазоні 350-420 °С орієнтуються на низьколеговані сталі, наприклад марки 12МХ [4].

Якщо робоча температура лежить в межах 520-530 °С, застосовують сталі з більш високим вмістом хрому, який підвищує стійкість металу до окалиноутворення, наприклад сталі 12Х1МФ, 15Х1М1Ф та ін..

Добавка в сталь ванадію та молібдену підвищує при високих температурах межу повзучості. При температурах понад 600 °С орієнтуються на застосування аустенітних сталей типу 10Х18Н10Т чи можливість використання жароміцних нікелевих сплавів з вмістом (60...75 %) Ni [7].

Для виготовлення корпусів, колекторів, трубних дошок використовуються котельні листові вуглецеві сталі марок 15К, 20К, 22К, низьколеговані марганцеві, наприклад, 16ГНМ та сталі з підвищеним (до 2%) вмістом нікелю – (10ГН2МФА), хромомолібденові (18Х2М та ін.), а також аустенітні нержавіючі сталі [8]. Якщо робочі умови (температура стінки, тиск) допускають застосування вуглецевих або низьколегованих сталей, а високі вимоги до чистоти теплоносія не дозволяють

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15

зробити це, трубні дошки, колектори, частини корпусів виготовляються зі сталей, плакованих корозійно-стійкими матеріалами (нержавіючою сталлю, нікелем, інконелем та ін.) [1]. Плакування проводиться спільним прокатуванням вуглецевих або низьколегованих сталей з тонкими листами захисних покриттів або іншими методами.

Для виготовлення та ремонту деталей теплообмінників типу ПГВ 1000 на ЮУ АЕС використовуються, як було вказано в табл. 11, наступні матеріали: для труб - сталь 08X18H10T (ГОСТ 5632-72), для трубних дошок - сталь 16ГС (ДСТУ 8804:2018) товщиною $s = 70$ мм з плакованим шаром ($s = 4$ мм) зі сталі 08X18H10T.

Оскільки в даній роботі досліджується технологія зварювання труб з плакованим шаром трубної дошки, розглянемо властивості та зварюваність сталі 08X18H10T.

Сталь марки 08X18H10T – корозійно-стійка жароміцна сталь аустенітного класу, яка постачається у вигляді труб та сортового і листового прокату. Аналогами даної сталі є такі: AISI 321; S32100 (США); SUS 321 (Японія); 1.4541; X10CrNiTi18-10; X6CrNiTi18-10 (Євросоюз). Хімічний склад сталі 08X18H10T наведено в табл. 1.2, механічні властивості – в табл. 1.3.

Таблиця 1.2 Хімічний склад сталі 08X18H10T, % (ГОСТ5632-72)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	-
до 0,08	до 0,8	1,0 – 2,0	9,0 – 11,0	до 0,02	до 0,035	17,0 – 19,0	до 0,3	(5 C - 0,7) Ti, решта Fe

Таблиця 1.3 Механічні властивості сталі 08X18H10T при $T = 20$ °C,

Сортамент	Межа короточасної міцності σ_B , МПа	Межа плинності σ_T , МПа	Відносне подовження δ_5 , %	Термообробка
Труба	529...540	216	37...40	-
Лист тонкий	530	205	40	Загартування 1050...1080 °C, охолодження

Щільність сталі 08X18H10T становить 7900 кг/м^3 . Зварюваність сталі 08X18H10T, як і подібних високолегованих сталей ускладнюється багатокомпонентністю їх легування

та умовами експлуатації зварних конструкцій. Спільною проблемою зварювання є попередження утворення у шві та біляшовній зоні кристалізаційних гарячих тріщин, що мають міжкристалічний характер та спостерігаються у вигляді дрібніших мікронадривів та тріщин. Гарячі тріщини можуть утворюватися також при роботі конструкції при підвищених температурах. Утворення гарячих тріщин найбільш характерно для крупнозернистої структури металу шва, тому застосування методів, що сприяють подрібненню кристалів і дезорієнтації структури, зменшуючи міжкристалічні прошарки, дещо підвищують стійкість швів проти гарячих тріщин [9].

Для оцінки схильності сталей і сплавів до утворення гарячих тріщин використовують декілька методів (табл.1.4):

Таблиця 1.4 Характеристика методів оцінки схильності сплавів до утворення гарячих тріщин (ГТ) [10]

Назва методу	Показники	Застосування
Розрахунково-статистичний, за параметричними рівняннями та структурними діаграмами	Фактор схильності до ГТ (HCS, CSF, CSF ₂ , L); Одиниці схильності до ГТ (UCS*); Критичний темп деформації $tg \alpha_{кр}$; Хромонікелевий еквівалент (Cr/Ni)	Для наближеної оцінки сплавів
Експериментальний, за допомогою машинних методів випробування	Критична швидкість ($v_{кр}$) та темп деформації ($B_{кр}$)	Для порівняльної оцінки та вибору технологічних варіантів зварювання
Експериментальний, з технологічними методами випробувань	Наявність ГТ при зварюванні проб; Частота утворення ГТ; Відносна довжина ГТ; Критична швидкість зварювання; Критичний розмір зразка проби	Для порівняльної оцінки схильності сплавів до ГТ
Розрахунково-експериментальний за допомогою технологічних проб та еталонних зварювальних матеріалів	Запас стійкості проти утворення ГТ	Для оцінки стійкості зварної конструкції проти ГТ при зварюванні в заданому діапазоні режимів зварювання

Слід відзначити, що розрахунково-статистичний метод є непрямим, оскільки заснований на використанні параметричних рівнянь, складених за допомогою регресійного аналізу, і застосовується тільки для тих сплавів, які входять до концентраційних меж вивчених композицій.

Другий недолік цього методу — неможливість урахування аномалій за домішками, що не входять до параметричних рівнянь, а також аномалій за технологічними параметрами зварювання, що виходять за досліджені межі. Ці недоліки властиві й оцінці за структурними діаграмами Шеффлера, Ди-Лонга та інших. Тому розрахунково-статистичний метод рекомендується для наближених експрес-оцінок, а експериментальний як перевірочний [10].

Незважаючи на вказані недоліки, розрахунково-статистичним методом користуються доволі часто, якщо достатньо точно встановлений хімічний склад сплаву. У даній роботі досліді стосуються сталі 08X18H10T, хімічний склад якої регламентований стандартом, тому для оцінки структури основного металу та металу зварного шва можна використовувати розрахунково-статистичний метод з застосуванням як показників схильності до ГТ фактор HCS та хромонікелевий еквівалент (Cr/Ni).

Визначимо вихідну структуру сталі 08X18H10T за допомогою діаграмами Шеффлера і оцінемо схильність вказаної сталі до утворення гарячих тріщин. Для цього спочатку розрахуємо еквівалентні значення хрому і нікелю за формулами:

$$Cr_{екв} = \%Cr + 5Mo + 1,5 \cdot \%Si + 0,5 \cdot \%Nb + 2 \cdot \%Ti \quad (1.1)$$

$$Ni_{екв} = \%Ni + 30 \cdot \%C + 0,5 \cdot \%Mn + \%N$$

Розрахунок виконаємо за середнім вмістом хімічних елементів в сталі

$$Cr_{екв} = 18 + 1,5 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,7 = 20,6\%.$$

$$Ni_{екв} = 10 + 30 \cdot 0,08 + 0,5 \cdot 1,5 = 14,15\%.$$

Розрахунковим значенням $Cr_{екв}$ та $Ni_{екв}$ на діаграмі Шеффлера (рис. 1.6) відповідає точка 1, яка визначає структуру металу сталі – аустенітно-феритна з вмістом близько 5 % δ -фериту.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		18

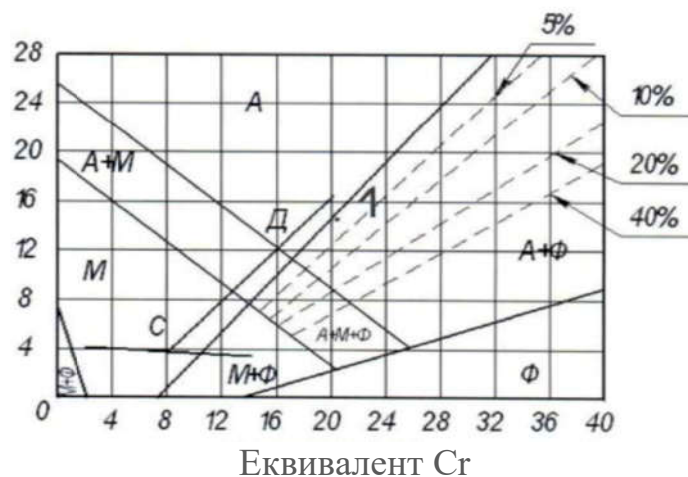


Рис.1.6. Визначення структури сталі 08X18H10T

Для оцінки стійкості основного металу проти гарячих тріщин розрахуємо хромонікелевий еквівалент за формулою

$$\frac{Cr_{екв}}{Ni_{екв}} = \frac{Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 0,31Mn + 22C + 1,42N + Cu} \quad 1.2)$$

$$\frac{Cr_{екв}}{Ni_{екв}} = \frac{18 + 1,5 \cdot 0,8 + 3 \cdot 0,7}{10 + 0,31 \cdot 1,5 + 22 \cdot 0,08 + 0,3} = 1,7.$$

Критерієм стійкості металу хромо-нікелевих сплавів проти гарячих тріщин є значення показника $\frac{Cr_{екв}}{Ni_{екв}} > 1,5$. Оскільки розрахункове значення хромонікелевого еквіваленту $1,7 > 1,5$, тобто стійкість металу проти утворення гарячих тріщин забезпечена, але запас стійкості є невеликим. Тому при розробці технології зварювання сталі 08X18H10T мають бути передбачені заходи щодо забезпечення стійкості металу шва проти гарячих тріщин.

Як відомо, для підвищення стійкості металу та зварних швів проти гарячих тріщин слід отримати метал, що має в структурі деяку кількість первинного δ-фериту. Позитивний вплив фериту в уастенітно-феритних швах на попередження утворення в них гарячих тріщин пов'язаний з характером процесу первинної кристалізації металу зварювальної ванни. Одночасне випадіння з рідкої фази кристалів аустеніту та первинного δ-фериту приводить до зменшення перерізу стовпчастих кристалів, тобто зменшенню міжкристалічних прошарків, розділених

ділянками первинного δ -фериту. В результаті ймовірність утворення гарячих тріщин в місцях розташування прошарків зменшується.

Як показали попередні розрахунки, структура сталі 08X18H10T є двофазною і являє собою матрицю з аустеніту з розташованою по границях зерен фазою δ -фериту, отже вона є може бути стійкою проти утворення гарячих тріщин.

Що стосується металу шва, то елементи, що сприяють феритизації δ -фериту металу, також позитивно впливають на процес знесірювання зварювальної ванни внаслідок зменшення кількості легкоплавкої сульфідної евтектики. Отримання аустенітно-феритних швів досягається їх додатковим легуванням феритоутворюючими елементами, такими як хром, кремній, алюміній, молібден та ін. [9]. Тому при виборі зварювальних матеріалів слід віддавати перевагу таким з них, в яких передбачений підвищений вміст вказаних хімічних елементів.

Другою проблемою зварювання аустенітних сталей є втрата корозійної стійкості в результаті розвитку в металі шва та в основному металі біля лінії сплавлення міжкристалітної (ножевої) корозії. Цей дефект в металі шва виникає в результаті виділення під дією термічного циклу зварювання з аустеніту карбідів хрому, що призводить до місцевого збіднення границь зерен хромом. Головна причина цього – підвищений в металі шва вуглецю та відсутність або недостатній вміст титану або ніобію. Оскільки сталь 08X18H10T містить близько 0,7 % титану, то схильність деталей теплообмінника, виготовлених з неї, до міжкристалітної корозії знижується. Але у швах, які мають крупнозернисту структуру, зберігається небезпека втрати корозійної стійкості.

Міжкристалітна корозія може виникати також на деякій відстані від зварного шва. Причиною є вплив термічного циклу на ділянці зварного з'єднання, де проходять ізотерми критичних температур.

Попередження схильності сталі та швів до міжкристалітної корозії досягається легуванням більш енергійними, ніж хром, елементами (титаном, ніобієм, ванадієм та ін.), а також технологічними заходами, зокрема підбором параметрів режиму зварювання [5, 9].

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		20

Слід відзначити, що двофазна аустенітно-феритна дезорієнтована подрібнена структура швів на сталі 08X18H10T забезпечує підвищену стійкість проти міжкристалітної корозії у порівнянні з аустенітними швами.

1.3. Особливості умов та проблеми зварювання вузлів теплообмінників на ЮУ АЕС

В даний час з'єднання труб з трубними дошками здійснюється в більшості випадків гнуттям труб з подальшим зварюванням. Зварювання виконується в аргоні способами ТІГ або МІГ. При цьому використовують два варіанти технології: виготовлення трубних решіток та ремонт теплообмінника при виході з ладу решіток.

У першому випадку в трубну дошку встановлюють та вваривають трубки або заглушки у відповідності до креслення, у другому – виконують глушіння пошкоджених труб шляхом встановлення заглушок у трубну дошку.

До виконання зварювальних робіт, враховуючи особливі умови проведення їх на ЮУ АЕС, допускаються газоелектрозварювальники, які пройшли теоретичну підготовку, практично виконали заварювання атестаційних зразків та успішно атестовані на категорію 1.

Перед початком виконання виробничого завдання відкривається доз-наряд на данну роботу, в якому вказується місце, дата, час виконня. При виконанні ремонтного зварювання також вказується обмежений час знаходження робітника в колекторі, тому що роботи виконуються в першому контурі с підвищеним радіаційним рівнем забруднення. Далі обов'язково проводиться цільовий інструктаж робітнику, йому видається спеціальний одяг, оперативні та прямопоказуючі дозиметри. Лише після цього зварювальник допускається до виконання виробничого завдання.

Технологія зварювання трубних решіток також має характерні особливості. При зварюванні елементів з відношенням товщини, що перевищує 4:1 (найменша товщина не більше 2 - 3 мм), виникає небезпека пропалення тонкої деталі - стінки труби при необхідному проплавленні масивного елемента – трубної

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		21

дошки. Виконання зварювання в цих умовах вимагає високої кваліфікації зварювальника, особливо при виконанні робіт в обмежений час знаходження робітника в колекторі.

Якщо у зварному з'єднанні мають місце ділянки з недостатнім проплавленням трубної дошки, то внаслідок високої корозійної активності теплоносія зварне з'єднання труб з трубними дошками може виявитися недостатньо надійним внаслідок появи щільової корозії в зазорі.

Для запобігання цього дефекту виникає необхідність у вальцюванні трубки на всю товщину трубної дошки, але ця технологічна операція є достатньо складною і трудомісткою. Крім цього, вальцювальні з'єднання чутливі до різких змін температури. Через значні залишкові напруження в кінцях развальцованих труб знижується корозійно-механічна міцність матеріалу і можлива поява тріщин. Тому при проектуванні і виборі технології зварювання потрібно піклуватися не тільки про те, щоб отримати якісне зварне з'єднання при найменших виробничих витратах, а й забезпечити надійну довготривалу його експлуатацію.

Через великі дозові навантаження та низьку продуктивність зварювального процесу, а також залежність якості зварювання від кваліфікації зварювальника на підприємстві було прийняте рішення про запровадження автоматизованого комплексу для виконання робіт при виготовленні та ремонті трубних решіток.

1.4. Системи автоматичного керування зварюванням в захисних газах

Мета автоматизації зварювальних процесів – отримання зварних з'єднань з необхідними властивостями та найкращими техніко-економічними показниками без безпосередньої участі людини. Забезпечення необхідного рівня якості зварних конструкцій та їх експлуатаційної надійності, підвищення продуктивності та покращення умов праці вимагає комплексної автоматизації зварювальних процесів.

Збурювання параметрів режиму зварювання безпосередньо впливають на процеси плавлення основного й електродного металів і їхнє співвідношення в металі шва.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		22

Зі збільшенням струму зростає не тільки глибина проплавлення, але і частка основного металу в металі шва. Збурювання по напрузі дуги впливають на ширину зварного шву і кількість основного металу у зварному шві і є однією з причин утворення підрізів при зварюванні кутових швів. Зміни швидкості зварювання складним чином впливають на форму зварного шва. При малих швидкостях (10 м/год. при зварюванні під флюсом) унаслідок зниження інтенсивності витіснення розплаву з-під стовпа дуги величина проплавлення мінімальна. Зі збільшенням швидкості зварювання до 25 м/год. проплавлення збільшується, а потім через зниження погонної енергії – зменшується. Таким чином, у залежності від установленної швидкості зварювання її зміни можуть бути пов'язані зі змінами глибини проплавлення як прямої, так і оберненої залежності. Ширина шва пов'язана зі швидкістю зварювання оберненою залежністю [11].

Не менш важлива умова одержання якісних зварних з'єднань – забезпечення точного розташування електрода відносно зварюваних крайок. Наслідком неточного напрямку дуги по осі з'єднання є непровари і підрізи в зварному шві. Зростаючі вимоги до якості зварних з'єднань можуть бути задоволені лише на основі використання систем автоматичного керування (САК) процесом дугового зварювання, що виконують такі функції:

- програмне керування переміщеннями робочих органів зварювального устаткування;
- керування послідовністю операцій у зварювальному циклі;
- стабілізація параметрів режиму під час зварювання з метою усунення впливу на зварний шов збурювань за струмом і напругою дуги, швидкості зварювання, вильоту електрода, довжини дуги, витрат захисного газу й ін.;
- автоматичне направлення електрода по осі зварного з'єднання за допомогою слідкуючих систем;
- керування перенесенням металу, формуванням і кристалізацією зварних швів.

Останнім часом розробляються системи, що здійснюють автоматичне

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		23

керування з використанням математичних моделей процесу утворення зварного з'єднання з урахуванням деяких технологічних збурювань[12, 13].

Однією з найважливіших функцій САК, що забезпечує стабільність якості шва при автоматичному зварюванні МІГ/МАГ є керування положенням зварювального інструменту відносно осі зварного з'єднання. Для цього у сучасних автоматизованих зварювальних комплексах використовуються як позиційні, так і контурні системи числового програмного керування (ЧСПК), як найбільш гнучкий засіб автоматизації маніпуляційних систем технологічного устаткування в цілому. Програму роботи устаткування зображують у вигляді блок-схем алгоритмів, графів функціонування та іншими способами [14].

Позиційні системи керування координатами ланок застосовуються для автоматизації таких технологічних операцій: зварювання електрозаклепками, дугове приварювання шпильок і бобишек, вварювання труб у трубні дошки, багатопрохідне зварювання (для розкладки зварних валиків по перерізу оброблення) і т.ін.

Контурні системи застосовуються для забезпечення руху із заданою контурною швидкістю в будь-якій точці траєкторії (зварювання криволінійних і просторових швів, наплавлення складних поверхонь, термічне різання і т.п.). Контурні системи складніші за позиційні, але вони можуть використовуватися як для контурного, так і для позиційного керування [12].

При автоматизації зварювання крупногабаритних конструкцій, до яких можна віднести і трубні решітки теплообмінників АЕС, доцільно використання сучасних ЧСПК, що забезпечують наведення електрода на стик зварюваних деталей з метою виключення непроварів у випадку зміщення ст. ику та підтримання постійної довжини дуги і виліту електрода для стабілізації глибини провару деталей, які значно відрізняються по товщині.

У теперішній час перспективним підходом до розпізнавання образу зварювального стику та його просторового положення є отримання інформації за зміною струму та напруги зварювання, при цьому роль датчика грає сама електрична дуга.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		24

Датчики, засновані на використанні зварювальної дуги як вимірювального перетворювача, дозволяють виконувати вимірювання безпосередньо у точці зварювання. При керуванні положенням зварювального інструмента це виключає необхідність урахування транспортного запізнення, не потребує розміщення в зоні зварювання будь-яких вимірювальних пристроїв, забезпечує вимірювання положення з'єднання відносно самої зварювальної ванни і дуги, завдяки чому еа точність наведення не впливають зношування напрямних зварювального інструменту, неточність правки електродного дроту та магнітне дуття. Використання дуги як датчика засновано нп вимірюванні напруги на дузі, частоти або скважності струму при зварюванні плавким електродом [12].

Слід відзначити, що використання дуги як датчика системи наведення на лінію з'єднання зварюваних елементів потребує досить детальної обробки інформації. Для цього потрібна складна апаратура обробки сигналів, створення якої стало реальним лише на сучасному рівні розвитку мікроелектронної техніки [13].

На сьогоднішній день вже розроблено багато систем автоматичного наведення електрода на лінію з'єднання зварюваних елементів з використанням параметрів дуги, зокрема таких, що дозволяють шляхом сканування місця положення дуги у крайніх точках її відхилення від запрограмованого положення, відстежувати траєкторію руху зварювального інструменту при виконанні кругового шва. Стосовно стосовно технології зварювання вузлів «ТОТ-трубна дошка»теплообмінників АЕС така система може бути визнана перспективною і придатною для впровадження у виробництво.

Принцип побудови СПК положенням електрода при зварюванні плавким електродом з використанням дуги як датчика сигналів пояснює розроблені СПК, що використовується при роботизованому зварюванні крупногабаритних конструкцій, коли технологією передбачені поперечні синусоїдальні або колові коливання електрода. У цьому випадку, з метою отримання високоякісного формування шва, для побудови образу зварювального стику використані метод контролю зварювального струму та напруги і метод їх гармонічного аналізу при

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		25

поперечних коливаннях електроду [12].

На рис. 1.7. наведені форми сигналів струму і напруги при коливаннях дуги упоперек стику при зварюванні плавким електродом. Метод контролю зварювального струму і напруги завснований на порівнянні сигналів струму і напруги у лівому (L) та правому (R) півциклах коливання дуги.

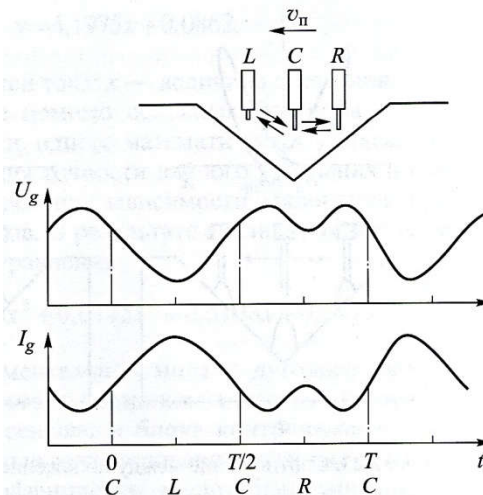


Рис. 1.7. Форми сигналів струму та напруги при коливаннях дуги упоперек стику:

L - ліве положення дуги; C - середнє положення; R - праве положення

При зміщенні електрода від центра стику зі швидкістю $v_n = v_{\max} \sin(\omega t)$, (де $v_{\max}$ – максимальна швидкість коливання дуги; ω – кутова частота коливань дуги) сигнали у пів циклах різні. Ця інформація використовується для керування положенням електрода відносно лінії стику.

Реалізація розглянутого метода контролю зварювального струму та напруги в системах стеження виявила його головний недолік – низьку перешкодозахищеність.

В інших СПК для МІГ/МАГ- зварювання цей недолік був подоланий шляхом використання спеціального контролера. Принцип роботи такого контролера полягає у наступному. При зварюванні в захисних газах стикових швів з V –подібною обробкою крайок при коливаннях пальника і постійній швидкості подачі електродного дроту зварювальний струм змінюється у залежності від від виліту електрода. При наближенні пальника до бокової стінки розробки зварювальний струм зростає внаслідок зменшення довжини виліту. Відповідно, коли пальник рухається від бокової стінки до центру розробки, струм різко знижується через зростання виліту електрода. Ці зміни ілюструють діаграми струму на рис. 1.8.

КР.131.6121м.0 .0					Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	26

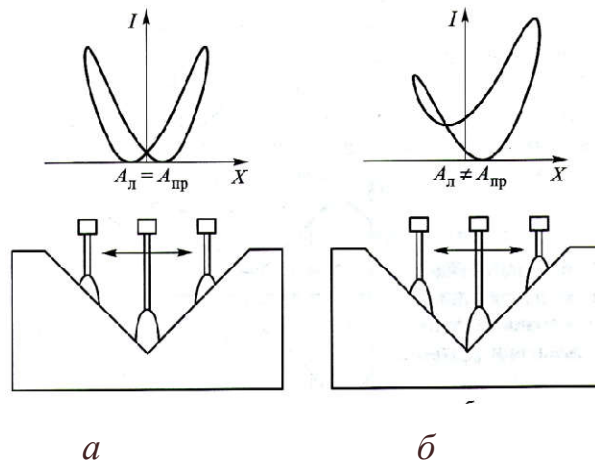


Рис. 1.8. Співвіднішення між положенням електродного дроту і зварювальним струмом:

а – задане положення електрода; *б* – крайнє відхилення електрода

Площі лівої ($A_{\text{л}}$) та правої ($A_{\text{пр}}$) областей розраховуються інтегруванням величини зварювального струму за часом. При співпадинні осі коливання з центром розробки площі лівої та правої частин однакові (рис. 1.8,а). При відхиленні центру коливань від центру розробки виникає різниця областей зміни струму ($\Delta A = A_{\text{пр}} - A_{\text{л}}$) (рис. 1.8,б). Ця різниця використовується для визначення відхилення пальника від центру розробки.

Математична модель дугового сенсора включає визначення зварювального струму в процесі МІГ/МАГ-зварювання і областей зміни струму.

Зварювальний струм є функцією, що залежить від виліту електрода та швидкості подачі дроту. У випадку коли швидкість подачі дроту постійна, зварювальний струм визначатиметься ви літом електрода та швидкістю зміни виліту електрода, зміни яких залежать від коливань та швидкості зварювання.

Рівняння для визначення зварювального струму в процесі МІГ/МАГ-зварювання з поперечними коливаннями, має вигляд [12].

$$K_0 \frac{d^2 I}{dt^2} + (bK_0 I^2 - K_1) \frac{dI}{dt} + aI + b(l_e - K_2 - K_1 I) I^2 = v_{\text{пе}} - \frac{dl_e}{dt}, \quad (1.3)$$

де $K_0 = \frac{H}{\beta}$; $K_1 = -\frac{R + \alpha}{\beta}$; $K_2 = \frac{U_{\text{xx}} - U_0}{\beta}$. В цих формулах: I – середній зварювальний струм; l_e – виліт електрода; $v_{\text{пе}}$ – швидкість подачі електродного дроту;

U_{xx} – напруга холостого ходу; U_0 – встановлена напруга зварювання; H – індуктивність; R – опір кола; a – ширина зварювального зазора; b – ширина шва; α – кут підйому профілю розробки; β – кут між напрямками заданого та копіювального рухів.

На підставі рівняння (1.3) розроблюється алгоритм роботи системи стеження по осях Y і Z з урахуванням допустимого зміщення пальника ϵ (рис. 1.9) для отримання необхідних розмірів зварного шва.

У розглянутій СПК наведений алгоритм реалізований у вигляді комп'ютерної програми стеження за траєкторією руху пальника та висотою шва при роботизованому зварюванні. Блок-схема системи стеження за стиком (рис. 1.10) при виникненні зміщення визначає за регресивними рівняннями, з урахуванням шумів, області зміни струму. Після цього отримані дані опрацьовуються за допомогою контролера та перетворюють у величину коректування, яка передається в систему керування зварювальним роботом.

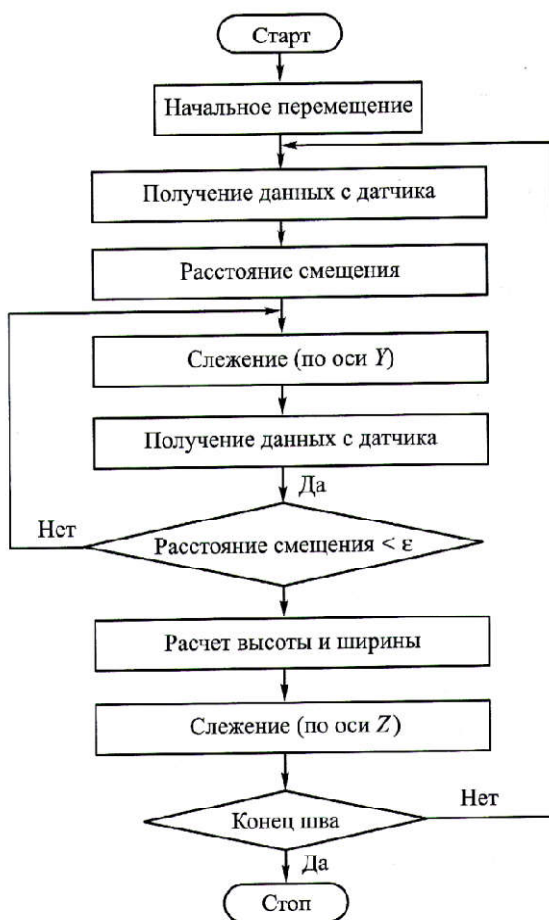


Рис. 1.9. Алгоритм роботи системи стеження [12]

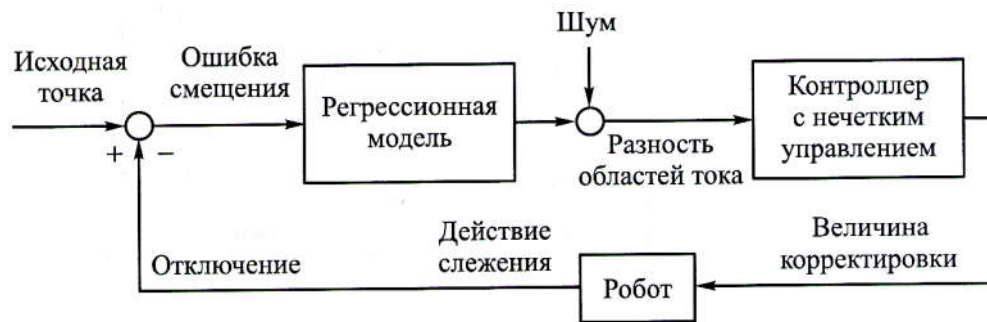


Рис. 1.10.Блок-схема системы слежения за стиком [12]

Слід відзначити, що для забезпечення відповідності вихідного значення та реальної величини керування необхідно визначення відповідних коефіцієнтів масштабування та аналіз чутливості системи до змінювання коефіцієнтів масштабування.

Аналіз наведених систем автоматичного керування при зварюванні в захисних газах показав, що принципово вони можуть бути використані при розробці технології автоматичного зварювання трубних решіток теплообмінників на ЮУ АЕС як складові автоматизованого технологічного комплексу. Але для цього має бути виконаний достатньо великий обсяг робіт, зв'язаних з адаптацією програмного забезпечення окремих видів устаткування до конкретних умов виробництва, що являє собою окреме технічне завдання.

1.5. Висновки та задачі кваліфікаційної роботи

Аналіз номенклатури теплообмінників, їх конструкції, технології виготовлення та ремонту вузла «труба (заглушка) – трубна дошка» стосовно до умов ЮУ АЕС, а також систем програмного керування зварюванням в захисних газах дозволяє зробити наступні висновки.

1. Теплообмінники промислових установок, зокрема теплових АЕС, відрізняються за конструкцією та матеріалами, що використовуються для виготовлення робочих вузлів, у залежності від призначення, характеру теплоносія та температурних режимів навантаження. Одним з найбільш навантажених вузлів теплообмінників є вузол «теплообмінна трубка (ТОТ) – трубна дошка», який виконується найчастіше у зварному варіанті з різною конструкцією з'єднання.

2. Для зварних з'єднань вузла «(ТОТ) – трубна дошка» на ЮУ АЕС використовуються наступні матеріали: ТОТ - хромо-нікелева сталь 08Х18Н10Т, трубна дошка – конструкційна сталь 16ГС з плакуючим шаром зі сталі 08Х18Н10Т. Оцінка зварюваності сталі 08Х18Н10Т показала невеликий запас стійкості металу проти гарячих тріщин при зварюванні.

3. При експлуатації теплообмінника ТОТ пошкоджуються внаслідок корозійного розтріскування та пошкодження герметичності зварних з'єднань. Вказані дефекти вимушують виводити з роботи пошкоджені ТОТ і виконувати ремонтні роботи, зв'язані з вварювання спеціальних заглушок. Ремонтні зварювальні роботи виконуються вручну методами ММА та ТІГ і проводяться в умовах радіаційного забруднення, що впливає на продуктивність і якість зварювання та обмежує час знаходження зварювальника у небезпечній зоні.

4. Підвищення продуктивності зварювального процесу та забезпечення стабільної якості зварювання і безпечних умов роботи зварювальників можна шляхом комплексної механізації та автоматизації технологічного процесу зварювання при виготовленні та ремонті трубних решіток теплообмінників.

5. Розроблені системи автоматичного керування зварюванням в захисних газах дозволяють використати їх основні положення для керування процесом МІГ/МАГ- автоматичного зварювання вузла «(ТОТ) – трубна дошка» теплообмінників на ЮУ АЕС. При цьому перспективними є САК з використанням як датчика власне зварювальної дуги.

На підставі викладених висновків для досягнення мети сформульовані наступні головні задачі даної кваліфікаційної роботи:

1. Обґрунтувати технологію автоматичного зварювання вузлів «(ТОТ) – трубна дошка (заглушка)» теплообмінників з використанням автоматизованого комплексу.
2. Виконати металографічні дослідження зварного з'єднання ТОТ (заглушка) – плакований шар трубної дошки при автоматичному зварюванні МІГ.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		30

3. Вибрати склад зварювального устаткування та виконати перевірочні розрахунки транспортної платформи, що входить до складу автоматизованого технологічного комплексу.

4. Розробити зміст технологічних процесів зварювання та описати елементи системи керування ними при виготовленні та ремонті трубних решіток теплообмінників з використанням автоматизованого технологічного комплексу в умовах ЮУ АЕС.

Виконати економічну оцінку розробок на підставі розрахунку технологічної собівартості зварювання з використанням автоматизованого комплексу.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		31

					КР 131 6121м 0 .0			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.					Обґрунтування технології автоматичного зварювання вузлів трубної решітки		Літ.	Аркуш
Перевір.								Аркушів
Н Контр								
Затверд.								

2 Обґрунтування технології автоматичного зварювання вузлів трубної решітки

2.1. . Вибір типу конструкції зварних з'єднань труб (заглушок)

з трубою дошкою

Звичайні механізми руйнування труб теплообмінників.

Ерозія кінця впускний труби поширена в охолоджувачах зі сплавів вуглецевої сталі і міді, технологічних теплообмінниках і трубках конденсаторів і обумовлена кінетичною силою рідини (або газу), особливо, якщо вона містить абразивні домішки.

На входах в теплообмінні труби зміни напрямку потоку середовища і утворюються бульбашки повітря створюють сильну турбулентність, приводячи до пошкодження захисних пасивних плівок на внутрішніх поверхнях трубок. Через 150 мм довжини трубок турбулентний потік стає ламінарним, і агресивна дія середовища різко зменшується. Інші фактори, що сприяють сильної турбулентності, - неправильна форма розподільної камери (каналу) і труби, що подає.

Якщо в середовищі містяться корозійні складові, то негативних наслідків для теплообмінних трубок може бути значно більше. Це так зване явище ерозія-корозія. Спільний ефект від ерозії та хімічного впливу середовища значно вище, ніж від їх впливу окремо. Причиною ерозії-корозії найчастіше є корозійноактивна технологічна рідина. Однак це явище також може викликати і вода, наприклад, коли теплообмінні трубки піддають дії охолоджуючої води з домішкою сульфідів і (або) аміаку.

Корозійне розтріскування під напругою (КРН) являє собою інший поширений вид руйнування трубок теплообмінників. Його причиною є спільна дія напруги при розтягуванні і корозії. КРН часто відбувається на ділянці розвальцьовування труб безпосередньо за трубної решітки, особливо при надмірній розвальцьовуванні. Найбільш часто зустрічаються форми - це аміачна корозійне розтріскування сплавів на основі міді, хлоридно КРН аустенитної корозійностійкої сталі і лужну КРН вуглецевої і легованої сталей.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		33

Інші види корозії, які зустрічаються на кінцях трубок і з'єднаннях труба-трубна решітка, - це точковий вплив і щілинна корозія. Щілинна корозія - небезпечна форма глибокого локального проникнення, яка найбільш часто зустрічається в аустенитной (Cr-Ni) корозійностійкої сталі, яка підлягає впливу хлоридів.

Швидкість як КРН, так і щілинної корозії значно збільшується при підвищенні температури. [14].

Причиною руйнування на ділянках впускний трубної решітки і кінців теплообмінних трубок можуть бути також механічні фактори (наприклад, неправильне развальцування труби) і погано виконані зварні шви між трубою і трубної доски.

Зазвичай більшість пошкоджень в трубах теплообмінників, використовуваних на промислових підприємствах, відбувається на першому (150 мм) ділянці трубного пучка. Пошкодження труб проявляються у вигляді стоншування труби, освіти канавок, точкової корозії, тріщин, що в кінцевому підсумку може призвести до витоків і збою в роботі трубного пучка (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Корозійні пошкодження труб теплообмінників: б – на кінцевих ділянках; в – щілинна корозія

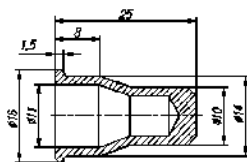
- очищення поверхні колектора і його додаткова осушення;
- механічна обробка (фрезерування) вхідних отворів т / о трубок;
- заварка заглушок за допомогою зварювального пристрою з «магазин» до 25-ти заглушок;

- візуальний контроль зварного з'єднання з відеозйомкою;
- капілярний контроль зварного з'єднання.

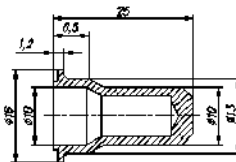
Таблиця 2.1

Типи заглушок

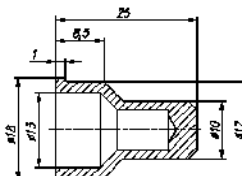
	Позначення	По садковий діа метр,	До вжина по садковог	Зага льна довжина, мм
1	АДМ.009.02. 06.033 (рис.1)	14	6	25
2	АД- ЗГЛ.1000.13.001 (рис.2)	13	4	25
3	АДМ.009.02. 06.034 (рис.3)	17	8	25
4	АД- ЗГЛ.001.17.001 (рис.4)	17	4	25



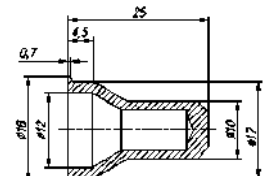
а)



б)



в)



г)

Рис. 2.2 Конструкції заглушок: а - заглушка АДМ.009.02.06.033; б - заглушка АД-ЗГЛ.Ю00.13.001; в - заглушка АДМ.009.02.06.033; г - заглушка АД-ЗГЛ00П7.001

В процесі розробки зварювальної технології герметизації дефектних трубок виявилось вплив деяких особливостей стану металу ПГ при тривалій його експлуатації протягом декількох десятиків років.

У лабораторних умовах нам вдалося з'ясувати причину можливої протечки зварного з'єднання заглушки на зразках імітаторах. При неповному

видаленні металу т / о в колекторі. трубки в зварному з'єднанні можуть утворюватися дефекти у вигляді свищів в звареному шві через можливе підвищення тиску повітря при випаровуванні затрубних «бруду» і залишилася в трубці води.

Рідка ванна металу зварного з'єднання при замиканні зварного шва може прориватися газами і парами вологи, особливо якщо другий кінець т / о трубки вже герметизирован заглушкою.

Розміри утворюються свищів залежать від інтенсивності випарів в т / о трубці. Ці експерименти показали, що необхідно видаляти метал трубки і частково метал колектора в районі установки заглушки, а також необхідно ретельно проводити осушення трубок, бажано з їх продувкою повітрям перед їх герметизацією.

Це дозволить підвищити надійність герметизації.

Розроблена конструкція з урахуванням цієї вимоги має посадковий діаметр 16 мм (таблиця 2.1). Укорочена заглушка АД-ЗГЛ.001.17.001 дозволяє її встановлювати в дефектні трубки ПГ реакторного блоку ВВЕР-1000 з плакуючим 4-ми міліметровим шаром перлитного колектора, і тим самим при механічній обробці отвору не порушується розвальцьовування т/о трубки ця заглушка дозволяє герметизувати також т / о трубки ПГ реакторів ВВЕР-1000, а також проводити ремонт раніше встановлених ручним способом, та є універсальною заглушкою.

Всі типи заглушок діаметром 16 мм (рис.2.2) пройшли відповідно з «Програмою-методикою» АД-ЗГЛ.002ПМ успішні термогідролічні випробування і металографічні дослідження шліфів зварного з'єднання заглушки на зразках-імітаторах. В процесі термоциклірування зразки багаторазово нагрівалися до температури + 350 ° С і швидко охолоджувалися в воді, число циклів становило Герметичність зварного з'єднання відповідала IV класу чутливості відповідно до правил ПНАЕГ-7-019-89.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		36

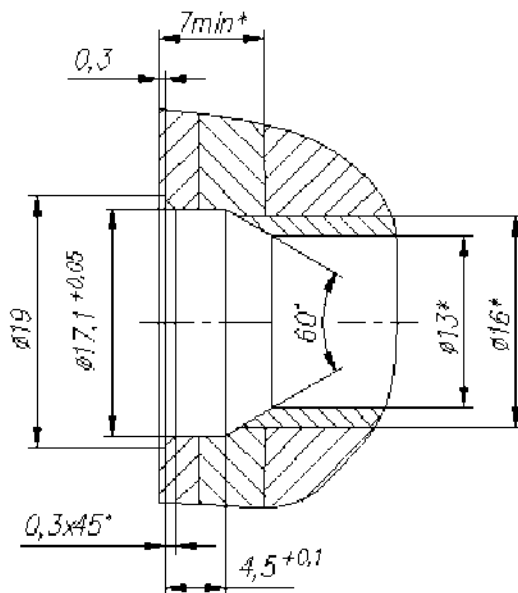


Рис 2.3 Обработка торца трубы под заглушку.

Для заварки заглушек использовался джерело струму Pipemaster 515 що має ш струмовий режим в широкому діапазоні регулювання. аргонотрубова заварка заглушек виконувалася з амплітудою струму 180 А . Заварка з'єднання заглушки з колектором проводилася двічі, тобто з наступною переплавною металу шва.зварю- дріт використовувався діаметром 1.2 мм

Глибина зварного шва становить близько 1,6 мм, що відповідає вимогам ПН АЕГ-7-009-89.

Заглушки діаметром 17 мм протягом декількох років встановлюються на блоках 3 і 4 (ВВЕР-440) НВ АЕС, що знаходяться в експлуатації вже близько 40 років. всього заварено 541 заглушка. На блоці 4 заварено 286 штук, і всі вони забезпечують необхідну герметичність ПГ. На фотографії показано одне з зварних з'єднань заглушки з колектором.

А ось на блоці 3 виникли труднощі з герметизацією т / о трубок. характер зварювального процесу помітно відрізнявся від того, як він проходив на блоці 4. З 255 встановлених заглушок 5 штук потекли при гідровипробуванні ПГ або на початку роботи блоку на потужності. Пов'язано це, мабуть, з особливими умовами і станом металу колекторів ПГ - адже це був перший блок з реактором ВВЕР-440. Можливо, з якихось причин в окремих т / о трубках метал в «затрубном» просторі

піддався корозії. В результаті могло проявитися помітне ослаблення зварного з'єднання. Тому на зразках-імітаторах бажано провести перевірку стану металу, завареного на метал, свідомо схильний до корозії. на металографічних шліфах слід перевірити стан зони металу, прилеглого безпосередньо до кордону зварного шва.

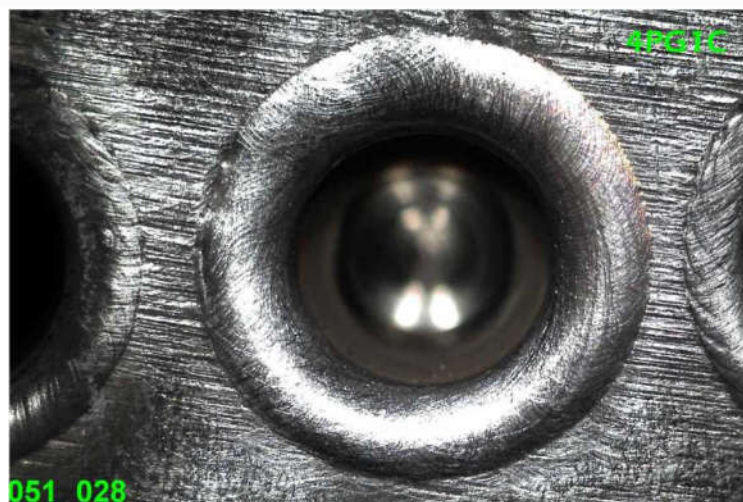


Рис. 2.4 Вигляд шву завареної заглушки.

Підвищення якості герметичності заглушки в цих умовах можна домогтися збільшенням глибини проварювання зварного з'єднання. Збільшена площа з'єднання заглушки з колектором дозволить підвищити його механічну міцність.

2.2. Розрахунок параметрів режиму автоматичного зварювання кільцевого шва

З метою розробки технології автоматичного зварювання трубок (заглушок) з трубною дошкою в роботі виконаний розрахунок параметрів режиму не стандартного стикового з'єднання з кільцевим швом.

Розрахунок параметрів режиму зварювання виконаємо для схеми за площею наплавленого металу [9].Відповідно до початку розрахунку були визначені такі вихідні дані:

Просторове положення - нижнє, форма шва – кільцева, товщина t з'єднуваних елементів- товщина стінки ТОТ(заглушки) $s = 2\text{мм}$. Ці параметри визначені за робочими кресленнями парогенератора ПГ-1000 .

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		38

Спосіб зварювання - автоматичний, в суміші $\text{Ar} + (2...5)\% \text{O}_2$, рід струму- постійний зворотної полярності.

Основні параметри режиму, що розраховуються:

діаметр електрода d_e , мм;

сила зварювального струму $I_{зв}$, А

напруга на дузі U_d , В;

швидкість зварювання $V_{зв}$, см/с або м/год;

швидкість подачі електродного дроту $V_{др}$, см/с або м/год;

кількість проходів;

витрата захисного газу, л/хв ;

погонна енергія $q_{п}$, Дж/см.;

геометричні параметри шва:

площа наплавленого металу F_n , мм² або см².

Розрахунок за площею наплавленого металу здійснюємо за схемою;

$$s \rightarrow d_e \rightarrow I_{зв} \rightarrow U_d \rightarrow F_n \rightarrow V_{зв} \rightarrow V_{др}. \quad (2.1)$$

Оскільки товщина трубки (заглушки) становить $s=2\text{мм}$, то використовуємо дріт діаметром $d_e=1,2\text{ мм}$.

Виліт електрода для $d_e=1,2\text{ мм}$ становить $l=(8...15)\text{ мм}$.

Витрата газу $Q=9...12\text{ л/хв}$.

Розрахуємо силу зварювального струму за формулою:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot j}{4} \quad (2.2)$$

Для діаметра $d_e=1,2\text{ мм}$ приймаємо $j=200\text{ А/мм}^2$, тоді сила струму

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226\text{ А}.$$

У зв'язку з підвищеним питомим опором нержавіючої сталі розраховану силу струму можна зменшити на $(10...15)\%$.

Приймаємо $I_{зв} = 220 \cdot 0.83 = 180\text{ А}$

В цьому випадку густина струму становитиме :

$$j = \frac{4I}{\pi d_e^2} \quad (2.3)$$

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		39

$$\frac{4 \cdot 180}{3,14 \cdot 1,2^2} = 160 \text{ А/мм}^2$$

Розрахуємо напругу на дузі за формулою :

$$U_d = 20 + \frac{0,05 I_{зв}}{\sqrt{d_e}} \pm 1 \quad (2.4)$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 180}{\sqrt{1,2}} \pm 1 = 28 \pm 1$$

Приймаємо $U_d = 27 \text{ В}$

Розрахуємо швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{a_n \cdot I_{зв}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} \quad (2.5)$$

$$V_{зв} = \frac{13 \cdot 180}{3600 \cdot 7,9 \cdot 0,085} = 0,98 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 34,7 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Приймаємо $I_{зв} = 35 \text{ мА}$.

Швидкість подачі дроту :

$$V_{пд} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma} \quad (2.6)$$

$$V_{пд} = 7 + 0,04 \frac{180}{1,2} = 13 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}}$$

$$V_{пд} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 180}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2 \cdot 7,9} = 7,28 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 262 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Погонна енергія:

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

$$q_n = \frac{180 \cdot 27 \cdot 0,7}{0,97} = 3507 \frac{\text{Дж}}{\text{см}}$$

Результати розрахунку параметрів режиму зведені в табл..2.2.

Таблиця.2.2 Параметри режиму автоматичного зварювання

d_e , мм	$I_{зв}$ А	j А/мм^2	U_d В	$V_{зв}$ м/год	$V_{пд}$ м/год	q_n $\frac{\text{Дж}}{\text{см}}$	Q л/хв
1.2	180	160	27	34.7	262	3507	9...12

Розраховані параметри режиму зварювання відповідають рекомендованим: сила струму 200-240 А, швидкість зварювання 40-44 м/год витрата газу 8-10 л/хв [15 - 17]

2.3. Вибір зварювальних матеріалів та оцінка очікуваної структури

металозварних з'єднань труб(заглушок) з трубою дошкою

Як захисний газ використовуємо суміш $Ar + (2...5\%)O_2$. Останній сприяє зменшенню розмірів крапель металу, що переносяться через дугу, внаслідок чого покращується стійкість дуги та формування шва.

Кисень також окиснює водень, який потрапляє в зону зварювання, знижуючи небезпечність виникнення пір у шві. Можливо також використання суміші $Ar + (10...15\%)CO_2$.

Для забезпечення доброго формування швів при автоматичному зварюванні сталі 08X18H10T зварювальний струм має перевищувати так званий критичний струм, величина якого залежить від діаметра електродного дроту. Так, для дроту діаметром 1 мм критичний струм становить 160...180 А, а для дроту діаметром 2 мм – 250...270 А. При до критичних значеннях струму перенос металу в дузі має не струминний, а крапельний характер; при цьому порушується формування шва та стійкість дуги. Розрахована вище сила струму для дроту діаметром 1,2 мм становить 180 А, яка є критичною для зміни характеру переносу металу – від крапельного до струминного.

Для вибору марки зварювального дроту проаналізуємо хімічний склад металу шва при використанні різних дротів аустенітно-феритного класу. Для аналізу виберемо наступні марки дротів : 04X19H9, 06X19H9T, 04X19H11M3 ,OKAufrod 347 Si.

З метою визначення частки участі наплавленого металу в металі шва розрахуємо відповідні площі згідно с рис.2.5.

Відповідно до рис. 2.5 розіб'ємо повну площу зварного шва на окремі, прості фігури.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		41

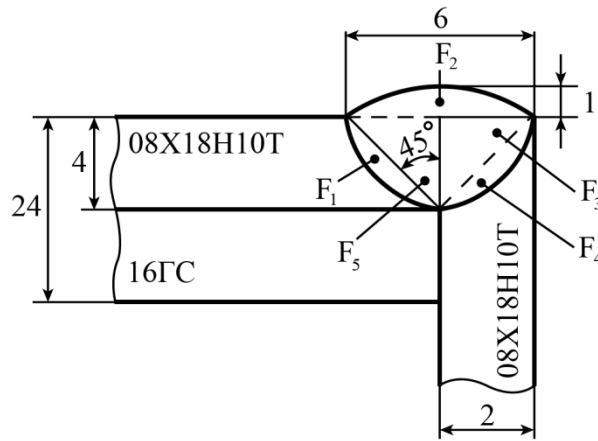


Рис.2.5. До розрахунку частки участі наплавленого металу в металі шва

Тоді

$$F_{\text{шв}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \quad (2.7)$$

Площу основного металу розрахуємо за формулою

$$F_{\text{о.м.}} = F_1 + F_3, \quad (2.8)$$

а наплавленого металу – за формулою

$$F_{\text{н.м}} = F_2 + F_5 \quad (2.9)$$

Складові формул (2.8) , (2.9) , з урахуванням того, що $F_4 = F_1$ розрахуємо за формулами;

$$F_1 = 0.75 a h \quad (2.10)$$

$$F_1 = \frac{2}{0.7} \cdot 0.5 \cdot 0.75 = 1.1 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 0.75 \cdot 6 \cdot 1 = 4.5 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{2 \cdot 2}{2} = 2 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = F_1 = 1.1 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{4 \cdot 2}{2} = 4 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{ом}} = 1.1 + 1.1 + 2 = 4.2 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{н.м}} = 4.5 + 4 = 8.5 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{шв}} = 4.2 + 8.5 = 12.7 \text{ мм}^2$$

Розрахунок хімічного складу металу шва виконаємо за відомою формулою ,що визначає вміст кожного хімічного елементу в залежності від частки його участі у шві [14].

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

$$X_{шв} = \gamma_{о.м} [X]_{о.м} + \gamma_{н.м} [X]_{н.м} \quad (2.11)$$

Частка участі основного метала

$$\gamma_{о.м} = \frac{F_{о.м}}{F_{шв}} = \frac{4.2}{12.7} = 0,33$$

Частка участі наплавленого металу

$$\gamma_{н.м} = \frac{F_{н.м}}{F_{шв}} = \frac{8.5}{12.6} = 0,67$$

Як основний метал використовуємо сталь 08X18H10T, хімічний склад якого наведено в табл. 2.3.

Хімічний склад наплавленого металу визначемо у залежності від марки зварювального дроту, який може бути використаний для автоматичного зварювання МІГ [9,17]. Як марки дроту в цьому дослідженні вибрані такі:

- 1) Св.-04X19H9 ;2) Св.- 06X19H9T; 3) Св.- 04X19H11M3; 4) OKAufrod 347 Si (аналог Св.- 04X19H11M3). Відповідний хімічний склад вказаних дротів також наведено в табл.2.3.

Таблиця 2.3 Хімічний склад досліджованих матеріалів

Марка	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe	Mo	Ti	Nb
08X18H1T	≤0.08	<0.8	<2	9-11	<0.02	<0.035	17-19	<0.3	65	-	<0.7	-
04X19H9	≤0.06	0.5-1	1-2	8-10	<0.018	<0.025	18-20	-	-	-	-	-
06X19H9T	≤0.08	0.4-1	1-2	8-10	≤0.015	<0.03	18-20	-	-	-	0.5-1.0	-
04X19H11M3	<0.06	<0.6	1-2	10-12	<0.018	<0.025	18-20	-	-	2-3	-	-
OK Aufrod 347 Si	<0.08	0.8	1.8	10	-	-	20	<0.3	-	<0.3	-	0.7

Розрахуємо еквівалент Cr та Ni відповідно до вказаних дротів

- 1) Сполучення 08X18H10T + Св.-04X19H9:

$$\%Cr_{екв} = 19,67 + 1,5 \cdot 0,93 + 2 \cdot 0,23 = 21,46$$

$$\%Ni_{екв} = 10,33 + 30 (0,07) + 0,5 \cdot 2 = 13,43$$

Розрахунок показує, що згідно з діаграмою Шефлера (рис.2.5) в металі шва міститься 5 % δ- фериту (позначено червоним кольором)

					КР.131.6121м.0 .0						Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата							43

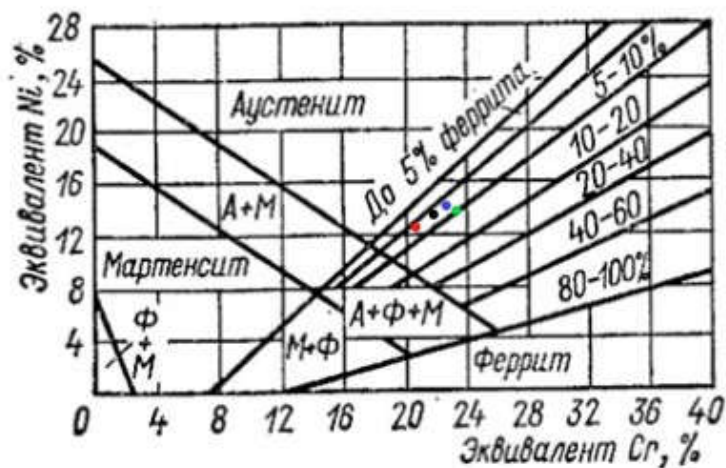


Рис. 2.5 . Визначення структури металу шва при використанні зварювальних дрітків різних марок : • - Св.- 04Х19Н9; - • - Св.- 06Х19Н9Т; • - Св.- 04Х19Н11М3; • : ОКАufrod 347 Si

2) Сполучення 08Х18Н10Т + Св.- 06Х19Н9Т

$$\%Cr_{\text{екв}} = 19,67 + 1,5 \cdot 0,934 + 2 \cdot 0,9 = 22,87$$

$$\%Ni_{\text{екв}} = 10,33 + 30 \cdot 0,08 + 1,5 \cdot 2 = 13,73$$

При цьому сполученні матеріалів згідно (рис.2.5) в металі шва міститься 8 % δ -фериту (позначено чорним кольором).

3) Сполучення 08Х18Н10Т + Св - 04Х19Н11М3

$$\%Cr_{\text{екв}} = 19,67 + 1,5 \cdot 0,66 + 2,2 = 24,66$$

$$\%Ni_{\text{екв}} = 11,67 + 0,5 \cdot 2 = 12,67 + 30 \cdot 0,07 = 14,77$$

В цьому випадку згідно з діаграмою Шефлера (рис.2.5) в металі шва міститься 10 % δ - фериту (позначено синім кольором).

4) Сполучення 08Х18Н10Т+ ОКАufrod 347 Si

$$\%Cr_{\text{екв}} = 19,67 + 1,5 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,47 = 22,73$$

$$\%Ni_{\text{екв}} = 10,33 + 30 \cdot 0,08 + 0,5 \cdot 1,87 = 13,67$$

Згідно з діаграмою Шефлера (рис.2.5) в металі шва міститься 10 % δ - фериту (позначено зеленим кольором).

Зведені результати розрахунків наведені в табл. 2.4 .

КР.131.6121м.0 .0					Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	44

Таблиця 2.4 Результати розрахунку хімічного складу металу шва при використанні дротів різних марок

Марка зварювального дроту	Еквівалент Ni%	Еквівалент Cr%	Вміст фериту %
04X19H9	13,43	21,46	5
06X19H9T	13,73	22,87	8
04X19H11M3	14,77	24,66	10
ОКАufrod 347 Si	13,67	22,73	8

Як видно з табл.2.4 ефект від використання дротів 06X19H9T та ОКАufrod 347 Si однаковий, але найкращий результат забезпечує дріт 04X19H11M3, що гарантує найбільшу стійкість металу проти гарячих тріщин. Крім того, використання цього дроту є доцільним з економічних міркувань.

В цілому, для зварювання допустимо використання всіх вище перерахованих зварювальних дротів, тому що відсоток фериту знаходиться в межах 10 %.

Висновки

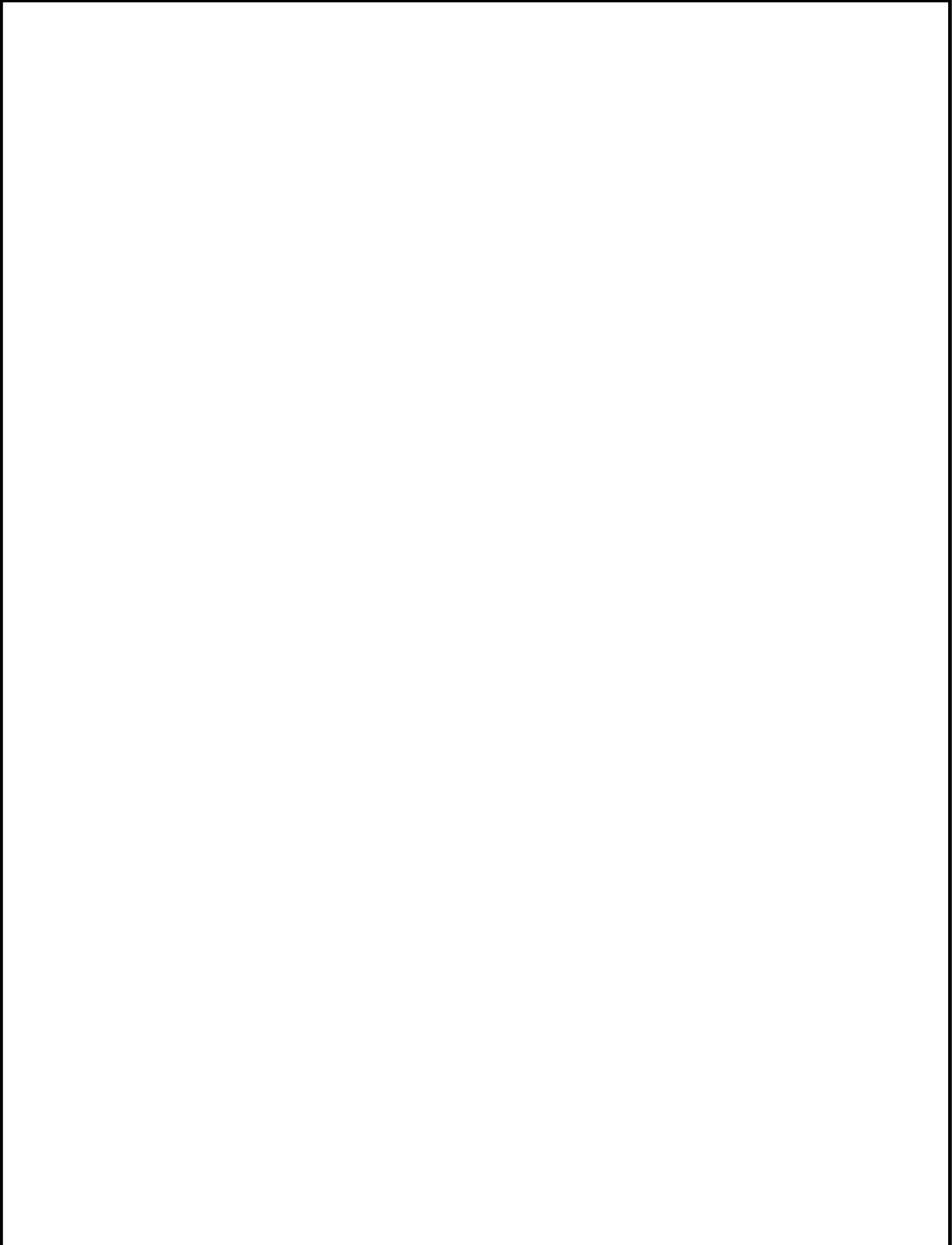
1. На підставі аналізу попередніх досліджень з забезпечення герметичності зварного з'єднання на зразках-імітаторах вузла «ТОТ (заглушка) з трубною дошкою» вибрано тип заглушки для ремонтного зварювання трубної решітки парогенератора ПГ-1000. Укорочена заглушка АД-ЗГЛ.001.17.001 з посадковим діаметром 16 мм дозволяє герметизувати також ТОТ. Борт заглушки, крім надійної посадкової фіксації її в отворі трубної дошки, виконує роль присадного металу і дозволяє виконувати зварювання ТІГ без присадного дроту.
2. Обґрунтовано вибір сполучення зварювальних матеріалів для автоматичного зварювання МІГ ТОТ (заглушек) з трубною дошкою теплообмінника. Встановлено, що як захисний газ слід використовувати суміш $Ar + (2...5) \% O_2$; як електродний дріт можливо використання дротів марок: Св.- 04X19H9; Св.- 06X19H9T;

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

Св.- 04Х19Н11М3; ОКАufrod 347 Si. Кожна з даних марок дроту формує в металі шва двофазну аустенітно-феритну структуру з вмістом δ -фериту від 5 до 10 % , завдяки чому забезпечується стійкість металу проти гарячих тріщин. Перевагу з економічних міркувань віддано дроту марки Св-04Х19Н11М3.

3. Розрахунковим шляхом визначені параметри режиму автоматичного зварювання МІГ кільцевих швів при вварюванні ТОТ та заглушок у трубну дошку теплообмінника. При товщині трубки $s = 2$ мм розрахункові параметри дорівнюють: $d_e = 1,2$ мм; $I_{зв} = 180$ А; $U_d = 27$ В; $v_{зв} = 35$ м/год; $q_{п} = 3507$ Дж/см; $Q = 9 \dots 12$ л/хв.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		46



					КР 131 6121м 0 .0				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.					Металографічні дослідження зварного з'єднання труб (заглушок) з трубою дошкою при виготовленні та ремонті трубої решітки		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.									
Н. Контр.									
Затверд.									

3 Металографічні дослідження зварного з'єднання труб (заглушок) з трубною дошкою при виготовленні та ремонті трубної решітки

3.1. Методика експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження мають на меті перевірку правильності визначених розрахунками режимів зварювання вузла: труба-трубна дошка.

Металографічні дослідження виконували на зразках-імітаторах (рис.3.1), які являють собою фрагмент зварного вузла, що містить трубну дошку та три приварних елементи-заглушки, з яких два відповідають зварному з'єднанню трубки з дошкою при виготовленні теплообмінника, а один – центральний зварному з'єднанню заглушки з трубною дошкою під час ремонту теплообмінника.

Товщина зразків, що імітують трубну дошку складає 70 мм, яка є найбільшою у трубних решітках теплообмінників, що використовуються на ЮУАЕС.

Розміри заглушок відповідали оригінальним розмірам трубок теплообмінника (діаметр 16 мм, товщина стінки 2 мм), матеріал – сталь 08X18H10T.

Матеріал трубної дошки – сталь 16ГС плакована сталлю 08X18H10T.

Товщина плакуючого шару 4 мм (рис.3.1).

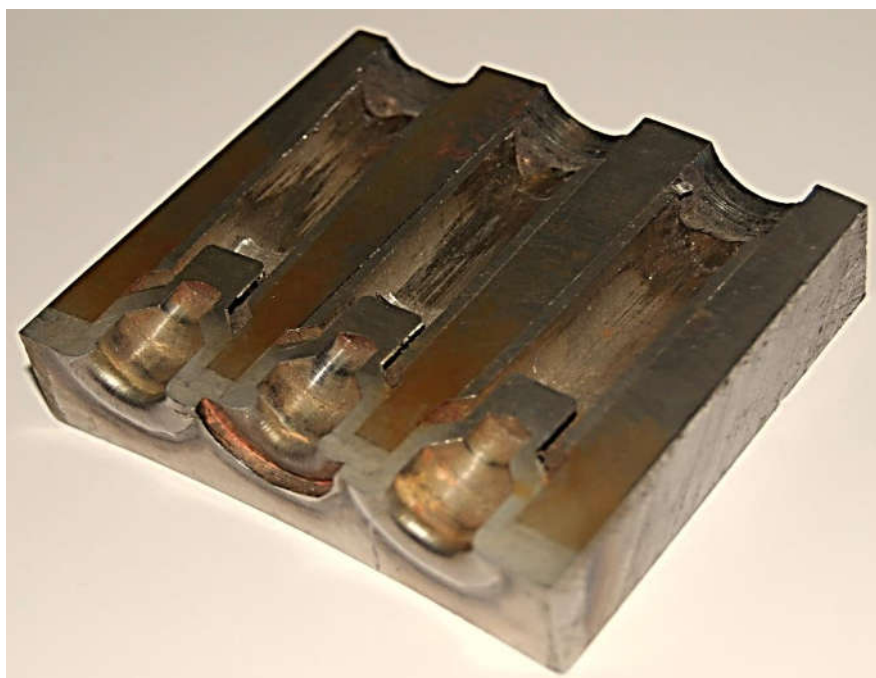


Рис. 3.1. Загальний вигляд зразка для металографічних досліджень

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		48

Зварювання всіх швів на зразках виконували з використанням автоматизованого комплексу на режимі, наведеному у розд. 2.2.

Для зварювання використовували електродний дріт марки Св - 04х19Н11М3 діаметром 1,2 мм.

Для попередньої оцінки якості зварювання зварені зразки підлягали зовнішньому огляду з метою виключення з подальших досліджень ділянок швів, яких мали місце напливи, підрізи, лускатість та інші зовнішні дефекти на формування шва.

Далі з відібраних зразків виготовляли шліфи для дослідження макро- та мікроструктури зварних з'єднань. Для цього зі зразків механічним способом вирізали темплети таким чином, щоб отримати поздовжні шліфи у діаметральній площині заглушок (рис. 3.2)

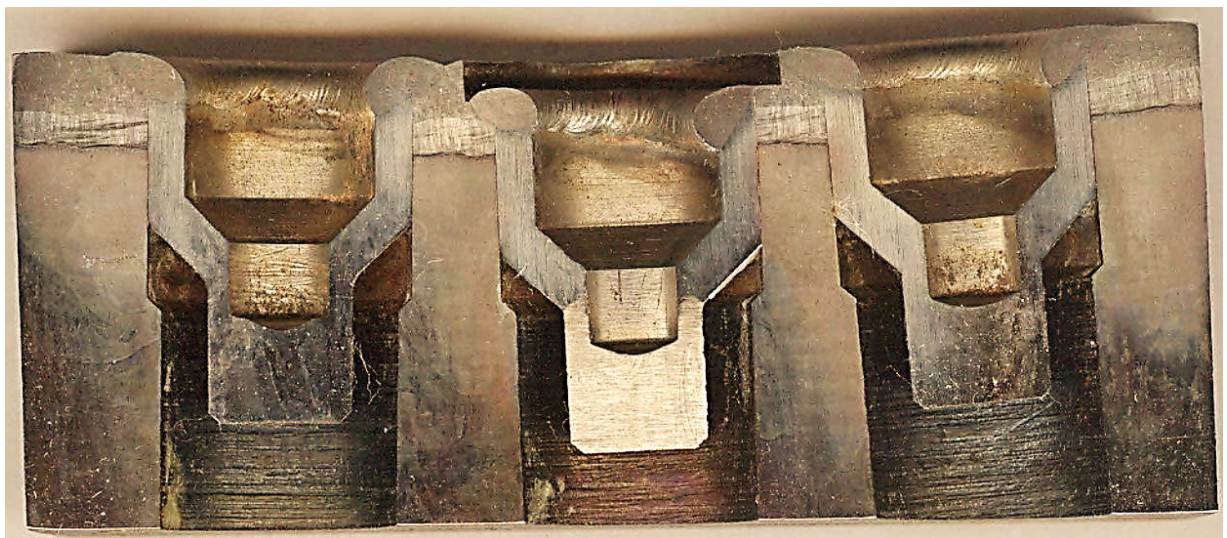


Рис.3.2 Макроструктура зварних з'єднань заглушок з трубною дошкою

Метою першого етапу металографічного дослідження була оцінка форми шва та характеру проплавлення основного металу за допомогою макроструктурного аналізу поперечного перерізу зварних швів при виготовленні та ремонті досліджуваного вузла теплообмінника.

Підготовку макрошліфів здійснювали наступним чином.

На другому етапі металографічних досліджень вивчали не тільки мікроструктуру зон зварного з'єднання, а й всіх ділянок металу, включаючи основу – сталь 16ГС, плакуючий шар – сталь 08Х18Н10Т та наплавлений метал шва.

Підготовку металу для цього дослідження проводили за наступною методикою.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		49

1. Шліфування зразка механічне. На образивному папері в кілька стадій, зменшуючи розмір образивних частинок: р150, р 400, р 800, р 1500 послідовно. При переходах від великої зернистості до дрібної зразок ретельно промивається.

2 . Полірування зразка механічна на алмазних пастах зернистістю 28/20, 10/7 7/5,5/3, 2/1 послідовно. При переході від однієї паці до іншої зразок промивається спиртом.

3.Травлення розтвором Васил'єва:

80% спирт (96 град.) ; 100 г соляна кислота (HCl) ; 5 г сірчана кислота (H₂ SO₄); 20 г мідний купорос.

Травлення виконували методом втирання.

Для металографічних досліджень використали металографічний мікроскоп Неофот 21 (рис.3.3). Фотографування структури здійснювалось з використанням цифрового фотоапарата SONYDSC-W15, оснащеного адаптером, підключеним до тубусу мікроскопа. Штатний окуляр мікроскопа х-12,5 змінювали по довжині на 15 . Таким чином, збільшення при фотографуванні в 200 разів дозволило більш чітко аналізувати зображення структури на різних ділянках зразка.

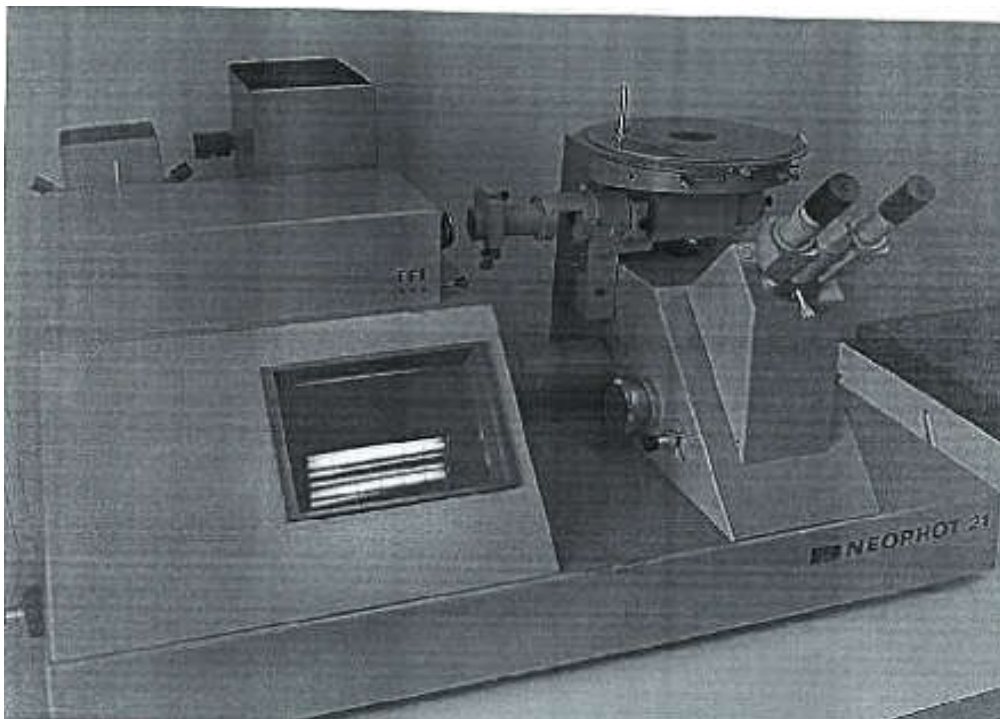


Рис.3.3 Металографічний мікроскоп Неофот 21

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		50

Мікроскоп Неофот 21 призначений для металографії та створення знімків. Спостереження проводиться методом світлого та темного поля, в поляризованому світлі, зі зміною контрастності збільшення.

Технічні характеристики мікроскопу Неофот 21:

Збільшення мікроскопа – від 100 до 1000 крат

Діапазон обертання столика – від 0 до 360 градусів

Розміри фотопластинок см- 9х12

Розмір кадру фотоплівки мм- 24х36

Джерела світла – галогенні лампи 12В -100Вт, ксенова лампа ХВО 101

Структуру металу досліджували при 200-кратному збільшенні.

Характерна структура однієї з ділянок досліджуваного зварного з'єднання наведена на рис. 3.4

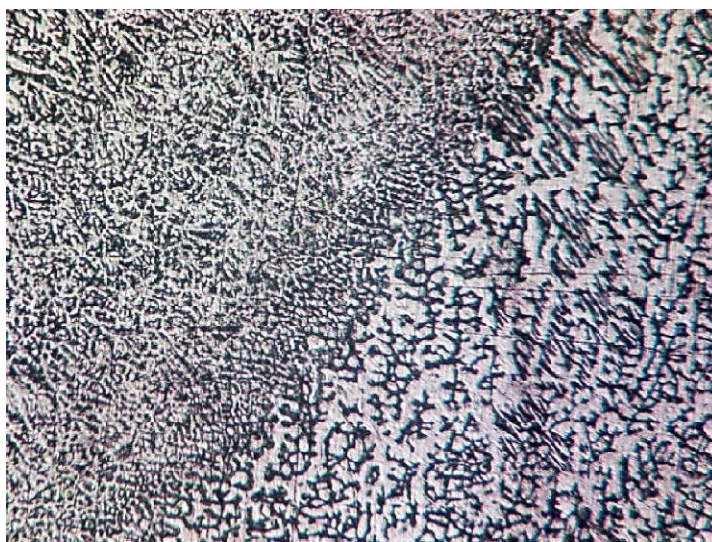


Рис. 3.4. Структура металу зварного з'єднання на границі сплавлення, х200

При дослідженнях мікроструктури оцінювали наявність внутрішніх дефектів – гарячих тріщин, пір та інших в наплавленому металі.

3.2 Металографічні дослідження зварних з'єднань

При виготовленні теплообмінників однією з операцій технологічного процесу є вварювання трубок або встановлення та вварювання герметизуючих заглушок у трубну дошку. При цьому має бути забезпечена однакова якість всіх зварних з'єднань, оскільки умови їх експлуатації є однаковими.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		51

Надійність роботи теплообмінника значною мірою визначається якістю всіх його конструктивних елементів, але в процесі експлуатації теплообмінника відбувається знос металу теплообмінних труб, пов'язаний з ерозійними і корозійними процесами. В результаті з'являються або можуть з'явитися течі між 1-им і 2-м контурами. В цьому випадку виникає необхідність герметизації дефектних теплообмінних трубок шляхом встановлення механічних заглушок фірми «Вестінгауз» або вварювання відповідних заглушок.

Як показав досвід проведення ремонтних робіт теплообмінників більш ефективним способом герметизації трубок є вварювання заглушок.

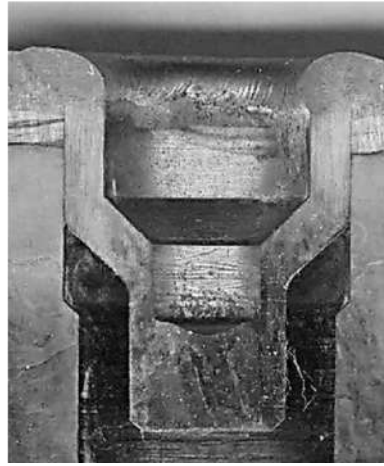
Але для забезпечення високої стабільності та якості зварних з'єднань заглушок при використанні автоматизованого зварювального комплексу в даній роботі проведені металографічні дослідження зон зварних з'єднань для двох варіантів технології: 1) при вварюванні заглушок в трубну дошку при виготовленні теплообмінника та 2) при ремонті теплообмінника.

Дослідження проводили згідно з методикою, викладеною в п. 3.1. даної роботи. Для досліджень були використані спеціальні зразки, які вміщували обидва типи зварних з'єднань (див. рис.3.1). Крайні зварні з'єднання відповідали технології виготовлення теплообмінника, середнє – ремонтній технології. Зварювання зразків виконували в умовах виробництва на ЮУ АЕС, металографічні дослідження – в лабораторіях Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова.

На першому етапі металографічного дослідження вивчали та порівнювали форму зварного шва і характер проплавлення основного металу для вказаних вище варіантів технології. На рис. 3.5 наведені відповідні макрошліфи зварних з'єднань.

Як видно з макрошліфів, обидва досліджувані варіанти технології зварювання дозволяють отримати достатнє сплавлення матеріалу заглушки з плакованим шаром трубної дошки. Завдяки цьому забезпечується необхідна герметичність з'єднань згідно з Правилами технічної експлуатації теплових установок і мереж [18]. Як видно з макрошліфів, обидва досліджувані варіанти технології зварювання дозволяють отримати достатнє сплавлення матеріалу заглушки з плакованим шаром трубної дошки.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		52



a



б

Рис. 3.5. Макрошліфи зварних з'єднань заглушки з трубною дошкою для двох варіантів технології:

a – виготовлення колектора; ***б*** – ремонт колектора

Завдяки цьому забезпечується необхідна герметичність з'єднань згідно з Правилами технічної експлуатації теплових установок і мереж[П]. Разом з тим, спостерігається різниця у формі швів. При вварюванні заглушки в трубну дошку під час виготовлення теплообмінника забезпечується більш вільний доступ зварювального мундштука до зони зварювання, ніж при виконанні ремонтного зварювання. Тому формування шва у першому випадку здійснюється у більш сприятливих умовах (див. рис. 3.5,***a***). Для гарантованого сплавлення металу заглушки з плакованим шаром трубної дошки у другому випадку слід змінювати кут нахилу мундштука або виконувати зварювання у

два проходи, що призводить до утворення надлишкового напливу металу (див. рис. 3.5,б). Але внаслідок нестандартної конструкції даного зварного з'єднання це може бути допустимо за умови вказування цих обставин в технічній документації, зокрема у WPS.

В цілому, результати макроскопічного дослідження свідчать про правильність вибраних параметрів режиму зварювання, що забезпечують відсутність недопустимих дефектів формування шва (підрізів, свищів, напливів, непроварів) та гарантують герметичність зварного з'єднання.

Метою другого етапу дослідження була оцінка впливу варіанту технології зварювання на структуру кожної ділянки зварного з'єднання. Для цього були обрані характерні точки в кожній зоні з'єднання відповідно до схеми на рис. 3.6.

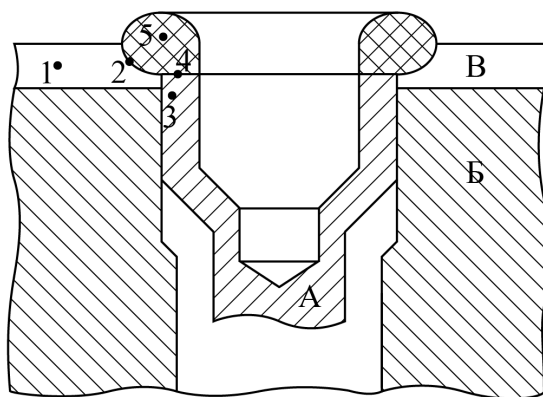


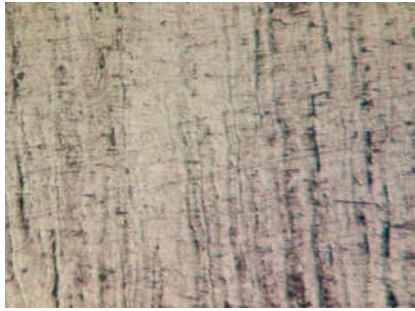
Рис. 3.6. Схема розташування контрольних точок на досліджуваному зразку:

1 - основний метал – плакований шар трубної дошки; 2 - зона сплавлення наплавленого металу з металом плакованого шару трубної дошки; 3 – основний метал трубки (заглушки); 4 – зона сплавлення наплавленого металу з металом трубки (заглушки); 5 – наплавлений метал; А - трубка (заглушка); Б – трубка дошка; В – плакований шар

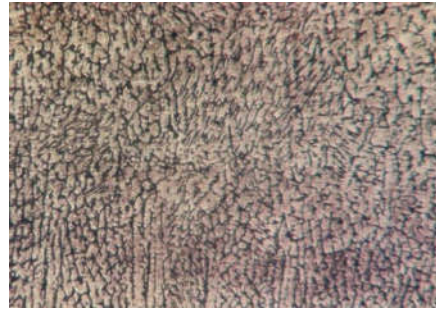
Мікроструктурний аналіз проводили шляхом співставлення структури металу однойменних ділянок зварного з'єднання.

Основний метал.

Структура основного металу наведена на рис. 3.7



a



б

Рис. 3.7. Мікроструктура основного металу, X200:

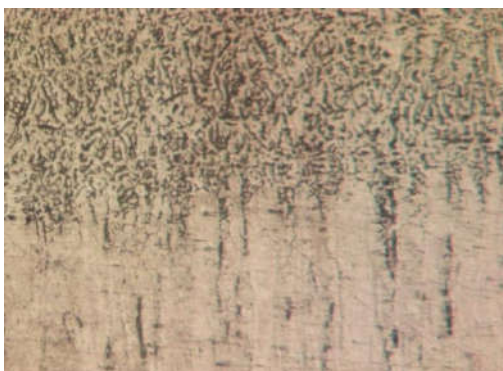
a - трубка (заглушка); *б* - плакований шар трубної дошки

Як видно, основний метал плакованого шару та трубки має аустенітно-феритну структуру з невеликим вмістом фериту, що відповідає структурі, визначеній за допомогою діаграми Шеффлера (рис. 1.6).

Разом з тим, спостерігаються відмінності, обумовлені попередніми технологічними операціями виготовлення сполучених деталей. Метал трубки проходив операцію волочіння з високим рівнем пластичного деформування, тому його структура має типову структуру металевого прокату. Структура металу плакованого шару трубної дошки характеризується наявністю дезорієнтованих зерен, що свідчить про отримання біметалу одним з методів гарячої обробки.

Зона сплавлення.

Структура металу зон сплавлення наведена на рис. 3.8



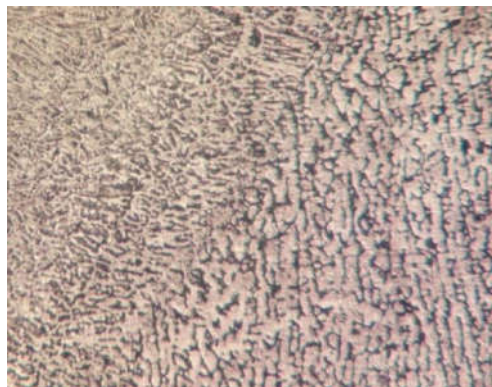
a



б



в



г

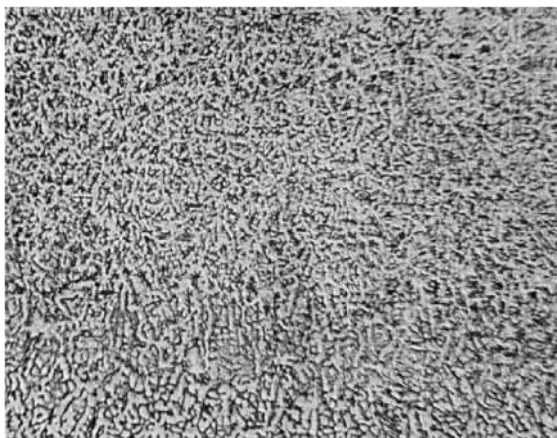
Рис. 3.8 Мікроструктура металу зон сплавлення, X200:

а, в – шов-трубка (заглушка), **б, г** – шов-плакований шар; **а, б** – зварювання при виготовленні трубної решітки; **в, г** – ремонтне зварювання

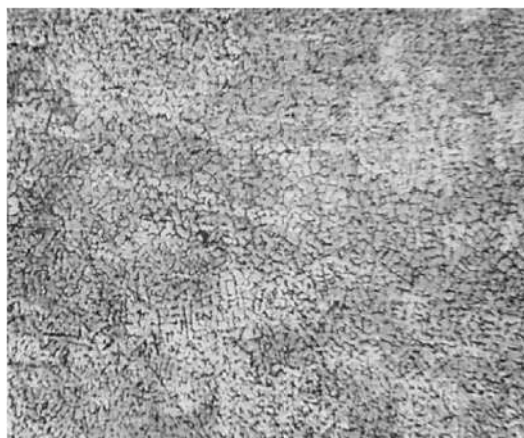
На знімках чітко простежується зміна структури металу від основного до наплавленого з переходом від рядкової до зернистої в напрямку від трубки (заглушки) до зварного шва та від литої до зернистої в напрямку від плакованого шару до шва.

Метал шва

Структура металу шва наведена на рис. 3.9



а



б

Рис. 3.9 Мікроструктура металу шва, X200:

а - зварювання при виготовленні трубної решітки;
б, – ремонтне зварювання

Порівняння отриманих структур свідчить про їх ідентичність, але при виготовленні трубної решітки структура наплавленого металу більш

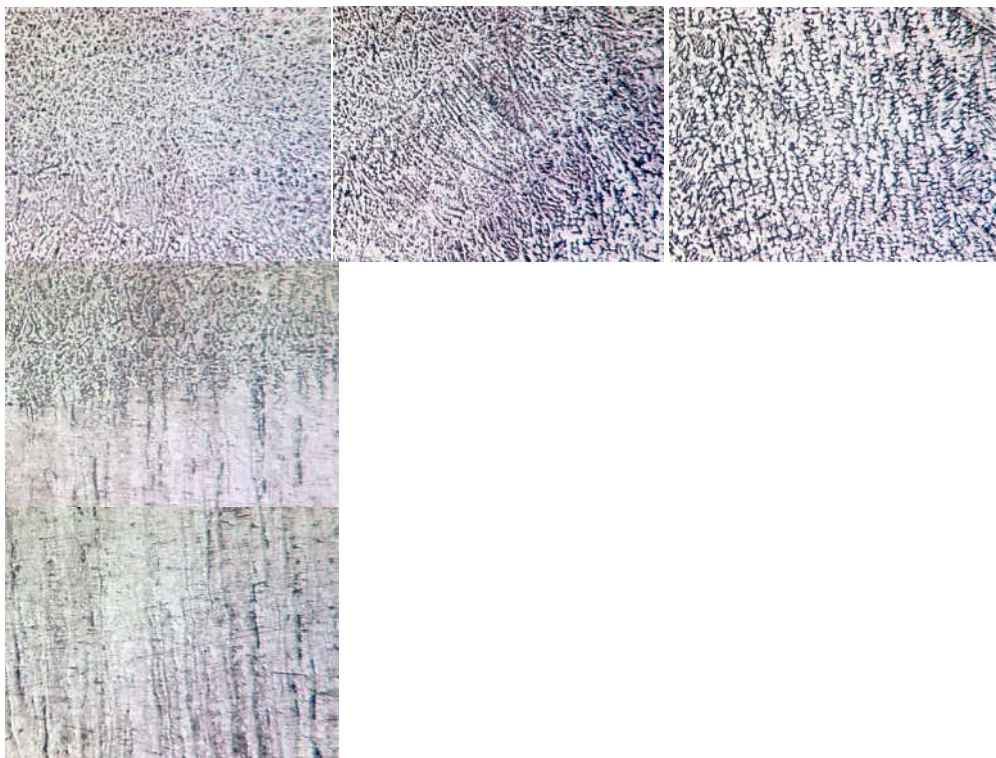
					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		56

рівномірна дрібнозерниста, ніж при ремонтному зварюванні, що можна пояснити більш сприятливими умовами охолодження шва.

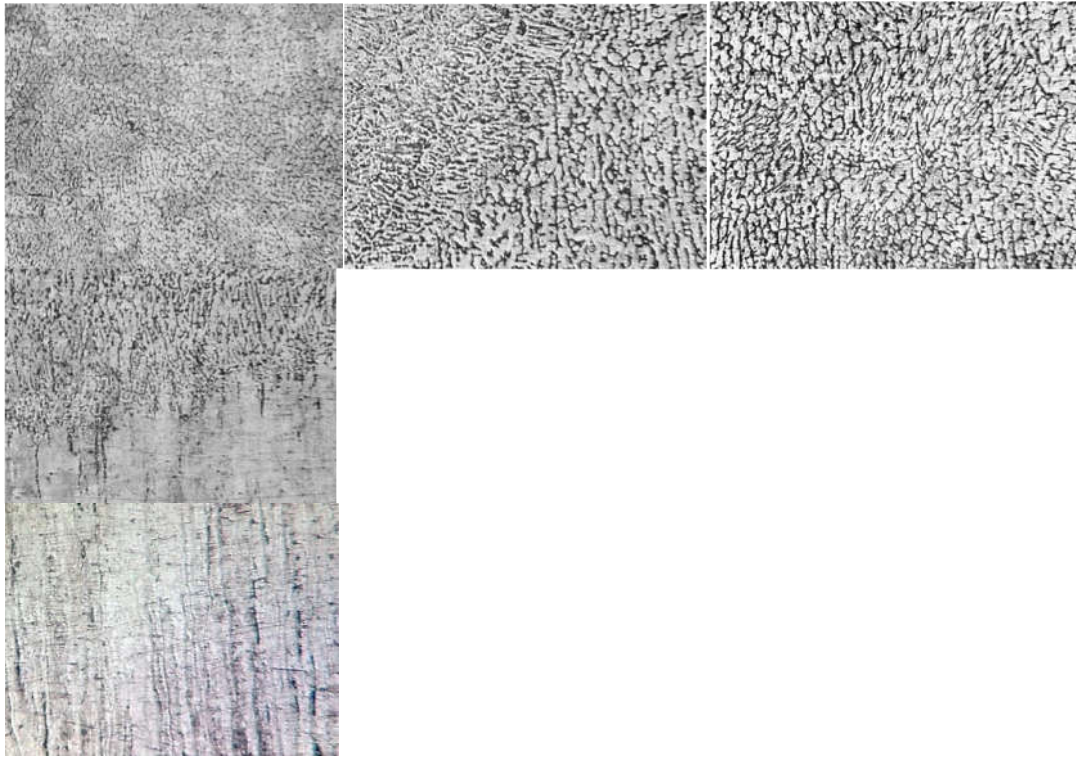
Завдяки двофазній структурі та наявності феритної складової в наплавленому металі відсутні гарячі тріщини, а використання захисної газової суміші забезпечує щільність металу – пори відсутні.

Повну картину зміни структури у зварному з'єднанні можна отримати шляхом суміщення структур окремих ділянок з'єднання, що й було заключним етапом металографічних досліджень.

Як видно з рис. 3.9 при виготовленні та ремонті трубної решітки аргоно-дуговим зварюванням забезпечується схожість і ідентичність структури металу на всіх ділянках зварного з'єднання та характер її зміни від наплавленого металу до основного металу трубки (заглушки) та плакованого шару трубної дошки.



a



б

Рис. 3.10 Узагальнена структура зварного з'єднання
«труба- труба дошка» при двох варіантах технології
зварювання:

а – виготовлення трубної решітки; **б** – ремонтне зварювання

В цілому, порівняння мікроструктур зварного з'єднання при двох варіантах технології зварювання (рис. 3.10) свідчить про можливість отримання якісного з'єднання за допомогою автоматизованого зварювального комплексу як при виготовленні трубних решіток, так і при виконанні ремонтних робіт на теплообмінниках.

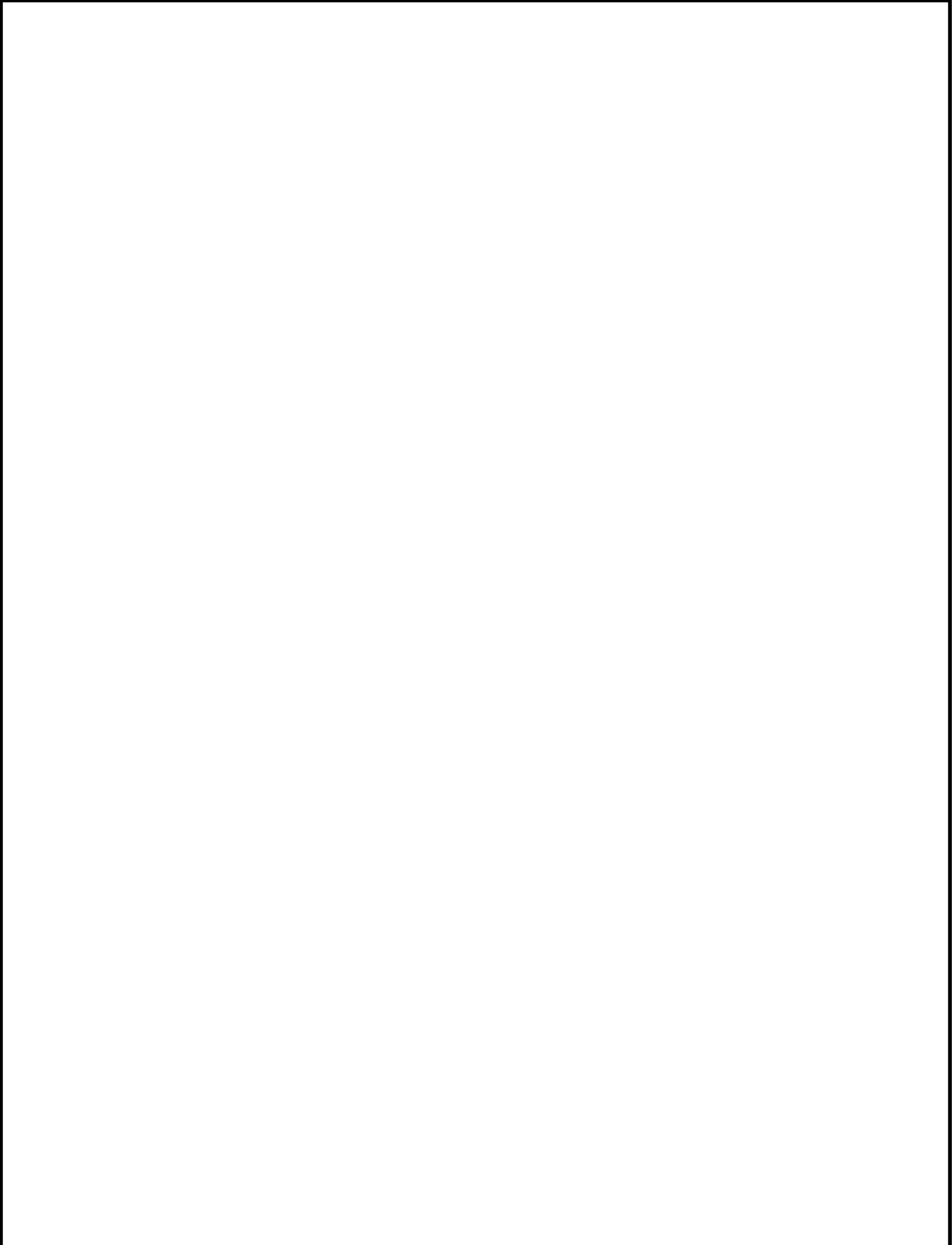
Таким чином, експериментальні дослідження підтвердили, що призначені в параметри режиму автоматичного зварювання та вибрані зварювальні матеріали забезпечують задовільне формування зварного шва та структуру наплавленого металу .

Слід також відзначити, що спосіб зварювання МІГ у безімпульсного режиму не поступається способу імпульсно-дугового зварювання, але не потребує застосування складного та вартісного джерела живлення.

Висновки

1. Результати виконаних металографічних досліджень підтвердили правильність вибору технології автоматичного зварювання вузлів трубної решітки теплообмінників.
2. Встановлено, що визначені розрахунком параметри режиму зварювання забезпечують задовільне формування кільцевих швів з'єднання «ТОТ (заглушка) – трубна дошка» при виготовленні та ремонті трубної дошки парогенератора ПГ-1000. Аналіз макроструктурних зразків показав відсутність зовнішніх дефектів швів та стабільне сплавлення наплавленого металу з основним, завдяки чому має бути забезпечена герметичність зварних з'єднань при виготовленні та ремонті трубних решіток.
3. Мікроскопічними дослідженнями встановлено, що під дією термічного циклу зварювання відбувається плавна зміна структури металу зварного з'єднання від основного металу до наплавленого. Гарячих тріщин та інших внутрішніх дефектів зварного шва не виявлено.
4. Експериментально підтверджено отримання при зварюванні дротом Св-04Х19Н11М3 двофазної структури металу шва з наявністю фази δ -фериту, що гарантує стійкість проти гарячих тріщин.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		59



					КР 131 6121м 0 .0				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.					Розробка вузлів автоматизованого зварювального комплексу			Літ.	Аркуш
Перевір.									Аркушів
Н Контр									
Затверд.									

4. Розробка вузлів автоматизованого зварювального комплексу

4.1. Характеристика технологічного устаткування

До складу автоматичного комплексу входить:

1. Зварювальна голівка Мультитрак А2 (GMAW):
- 2 Зварювальний апарат ALPHA Q 551
3. Орбітальна зварювальна голівка POINTEC 80
4. Програмоване джерело струму для орбітального зварювання Pipemaster 515
5. Зварювальна колона BCZQ 2x2

Зварювальна голівка Мультитрак А2 (GMAW) розроблена для механізації і збільшення продуктивності зварювання в захисному газі. Компоненти виготовлені з міцних матеріалів, що робить зварювальну голівку дуже надійною при зварюванні будь-якого з'єднання. Зручні регулювання дозволяють встановити блок подачі зварювального дроту із зворотним зв'язком, що забезпечує стабільну подачу дроту навіть при зміні навантаження на привід. Попереднє налаштування і контроль зварювальних параметрів здійснюється на пульті керування. Цифрова система керування дозволяє швидко налаштовувати зварювальні параметри, заносити їх в пам'ять машини (до 255 елементів пам'яті). Параметри зварювання виводяться на ЖК-дисплей. Зварювальна голівка може бути оснащена двома типами пальників для зварювання в захисному газі А2 GMAW і MTW 600. Пальник MTW 600 спеціально розроблений для інтенсивного високопродуктивного зварювання і має посилену систему водяного охолодження. Ефективне рідинне "вихрове" охолодження охолоджує не лише контактний пристрій голівки, але і її корпус. Усі необхідні підведення знаходяться у верхній частині пальника, що оберігає їх від дії тепла і радіації зварювальної дуги. Загальний вигляд голівки Мультитрак А2 (GMAW) наведений на рис. 4.1, технічні дані показані в таблиці 4.1.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		61

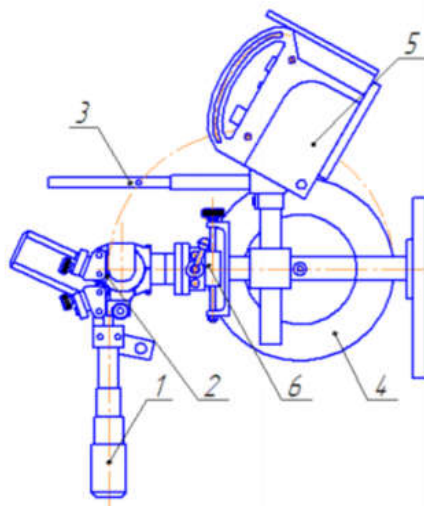


Рис. 4.1. Зварювальна голівка Мультитрак А2 (GMAW): 1 - пальник, 2 - подаючий механізм, 3 - проміжний ролик подачі дроту, 4 - касета з дротом, 5 - блок керування, 6 - маховик регулювання положення пальника відносно шва.

Таблиця 4.1 Технічна характеристика зварювальної головки Мультитрак А2

Характеристика	Величина
Максимальний зварювальний струм при ПР 100% (у суміші газів/Ar), А	600
Максимальний зварювальний струм при ПР 100% (в CO ₂)	650
Напруга яка живить трьохфазну мережу, В	380
Даметр електродного дроту, мм	1,2 – 2,4
Швидкість подачі електродного дроту, м/хв	2 – 25
Швидкість зварювання, м/хв	0,1 – 1,7
Кут нахилу горелки поперек шва, град.	±15
Маса, кг	25

Зварювальна голівка Мультитрак А2 (GMAW) входить до складу зварювального апарату ALPHA Q 551, (рис. 4.2), який є моделлю інноваційних зварювальних апаратів нового покоління, розробленого на основі надійної і випробуваної інверторної технології EWM. Сфера застосування апарату охоплює увесь спектр виробничих завдань, забезпечуючи високу якість зварювання багатьох матеріалів і сплавів.

Великий резерв потужності, що досягається за рахунок високої тривалості включення, дозволяє зменшити теплове навантаження на усі компоненти і збільшити термін служби апарату. Передбачене плавне регулювання динаміки зварювальної дуги (дроселювання). Технічна характеристика апарату ALPHA Q 551 наведена в табл.4.2.



Рис. 4.2 – Загальний вигляд зварювального апарату ALPHA Q 551

Таблиця 4.2 Технічна характеристика апарату ALPHA Q 551.

Технические характеристики апарату ALPHA Q 551	
Діапазон регулювання зварювального струму, А	5-550
ПВ при температурі навколишнього середовища	40
Сила струму при ПВ 60% (t=40°C), А	550
Сила струму при ПВ 100% (t=40°C), А	420
Мережева напруга (допуски), В	400 (-25%; +20%)
Частота струму в мережі	50/60
Сетевой запобіжник, А	3 x 35
Максимальна споживана потужність, кВА	28,8
Пропонована потужність генератора, кВА	39,4
COSφ	0,99
Швидкість подачі дроту, м/мин	0,5-24
Ємність бака (охлаждающая жидкость), л	12
Максимальна витрата , л/хв	5
Максимальний тиск на вихід , бар	3,5
Габарити зварювального апарата (Д×Ш×В), мм	1100 x 455 x 1000
Габарити пристрій подачі проволоки (Д×Ш×В), мм	690 x 300 x 410
Масса зварювального апарата, кг	125
Масса пристрія подачі дроту, кг	12

Автоматизований зварювальний комплекс комплектується орбітальною голівкою POINTEC 80 (рис. 4.3) технічна характеристика якої наведена в табл. 4.3



Рис. 4.3 – Загальний вид орбітальної зварювальної головки POINTEC 80

Таблиця 4.3 Технічні характеристики зварювальної головки для вварювання труб в трубні дошки POINTEC 80

Тип зварювального процесу	MIG/MAG
Положення зварювання	Горизонтальне/вертикальне
Струм зварювання	Макс. 300А
Швидкість подачі дроту	2 – 15 м/хв.
Нахил зварювальної горелки	$\pm 30^0$
Довжина зварювальної головки	320 мм (без картриджа)
Діаметр зварювальної головки	169 мм
Хв. Ø зварювальної труби	10 мм
Макс. Ø зварювальної труби	80 мм (нахил зварювального пальника 15^0)
Охолодження	Рідке
Допустиме регулювання по осі зварювання	+ 5 мм
Маса	7,6 кг
Напруга двигуна	24 В

Орбітальна зварювальна голівка POINTEC 80 дозволяє вварювати труби в трубну дошку в горизонтальному або вертикальному положенні. Фіксоване з'єднання

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		64

кабелю з контроллером. Поворотні вбудовані з'єднання дозволяють зробити нескінченне число обертів. Сумісність з усіма типами центруючі картриджів і опрацювань дозволяє використовувати голівку в усьому діапазоні труб.

Крім того до складу автоматизованого комплексу входить інжекторне джерело живлення Pipemaster 515 (рис 4.4).



Рис. 4.4 – Загальний вигляд джерела струму, що програмується для орбітального зварювання Pipemaster 515.

Програмоване джерело струму для орбітального зварювання Pipemaster 515 - джерело живлення який забезпечує високу точність, повторюваність, і надійність. Забезпечує точність встановлених режимів зварювання, вбудований перемикач дозволяє зупинити зварювання при збої подачі газу в пальник, цифрові технології назавжди усувають необхідність в періодичному калібруванні зварювальної голівки - швидкість обертання двигунів і вихідні характеристики залишаються точними і стабільними незалежно від зносу і умов експлуатації, а також це дає можливість міняти зварювальні голівки без витрати часу на калібрування. Технічні характеристики приведені в таблиці 4.4

Вказане зварювальне устаткування змонтоване на пересувній колонні BCZQ2x2, яка дозволяє транспортувати зварювальний інструмент у будь –яку

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		65

точку робочого простору і виконувати попереднє позиціонування зварювального автомата. Зварювальна колона дозволяє переміщати голівку по трьох осях.

Таблиця 4.4 Технічні характеристики Pipemaster 515

Функції, які контролюються	Зварювальний струм, обертання головки, швидкість подачі електродного дроту, керування напруги на дузі
Діапазон регулювання струму	0 – 200
Емність вбудованої пам'яті	100 зварювальних програм
Максимальна напруга холостого ходу	80 В
Маса	35 кг
Напруга яка живить мережу	115 - 230

Зварювальна колона (рис.4.5) складається з приводної платформи для повздовжнього, переміщення із зварювальною і маршевою швидкостями. На вертикальній стійці колони змонтована консоль, що висувається, переміщається по висоті і в поперечному напрямі. Поперечне переміщення також здійснюється із зварювальною і маршевою швидкості.

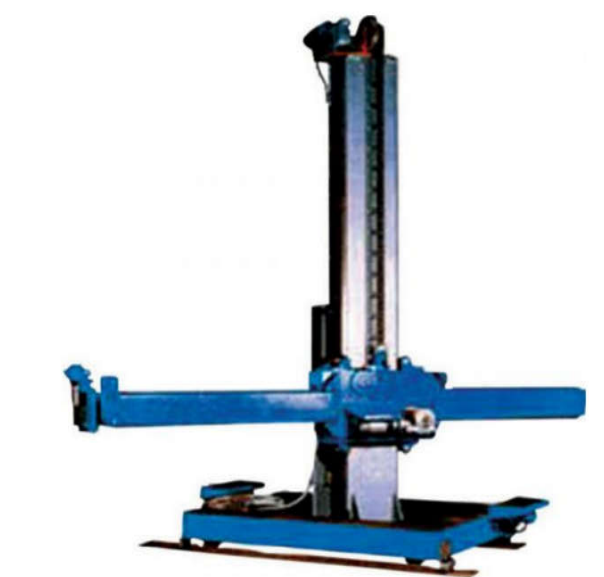


Рис. 4.5 – Загальний вид зварювальної колони BCZQ 2x2

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		66

Технічні характеристики зварювальної колони BCZQ 2x2 наведені в табл.4.5.

Таблиця 4.5 Технічні характеристики зварювальної колони BCZQ 2x2

Модель	BCZQ 2x2
Ефективне вертикальне переміщення, мм	2000
Ефективне горизонтальне переміщення, мм	2000
Швидкість вертикального переміщення, мм/хв	1000
Швидкість горизонтального переміщення, мм/хв	120-1200
Мінімальна висота консолі, мм	400
Вантажопід'ємність, кг	200

Колові шви зварюються при нерухомо встановленому візку.

4.2 Розрахунок транспортної платформи

Транспортна платформа містить ходову частину і механізм пересування . Приводи механізму пересування забезпечує рух платформи з робочою або маршовою швидкістю. З метою оцінки придатності зварювальної колони BCZQ 2x2 для зварювання трубних решіток теплообмінників на ЮУ АЕС виконаємо розрахунок ходової частини транспортної платформи згідно з методикою розрахунку зварювальних візків глгольного типу.[19].

Розрахунок починаємо із визначення опорних реакцій ходових коліс .

Положення ЦВ відповідає розташуванню зварювальної головки на кінці висувної консолі згідно з розрахунковою схемою на рис.4.6, *a* .У цьому випадку з рівняння сил відносно лівої рейки

$$Q_1 = G \frac{l + l_1}{l} \quad (4.1)$$

Тоді:

$$4800 \frac{1.6 + 1.4}{1.6} = 1188H$$

а правої рейки

$$Q_1 = G \frac{l_1}{l} \quad (4.2)$$

$$4800 \frac{1.4}{1.6} = 4200H$$

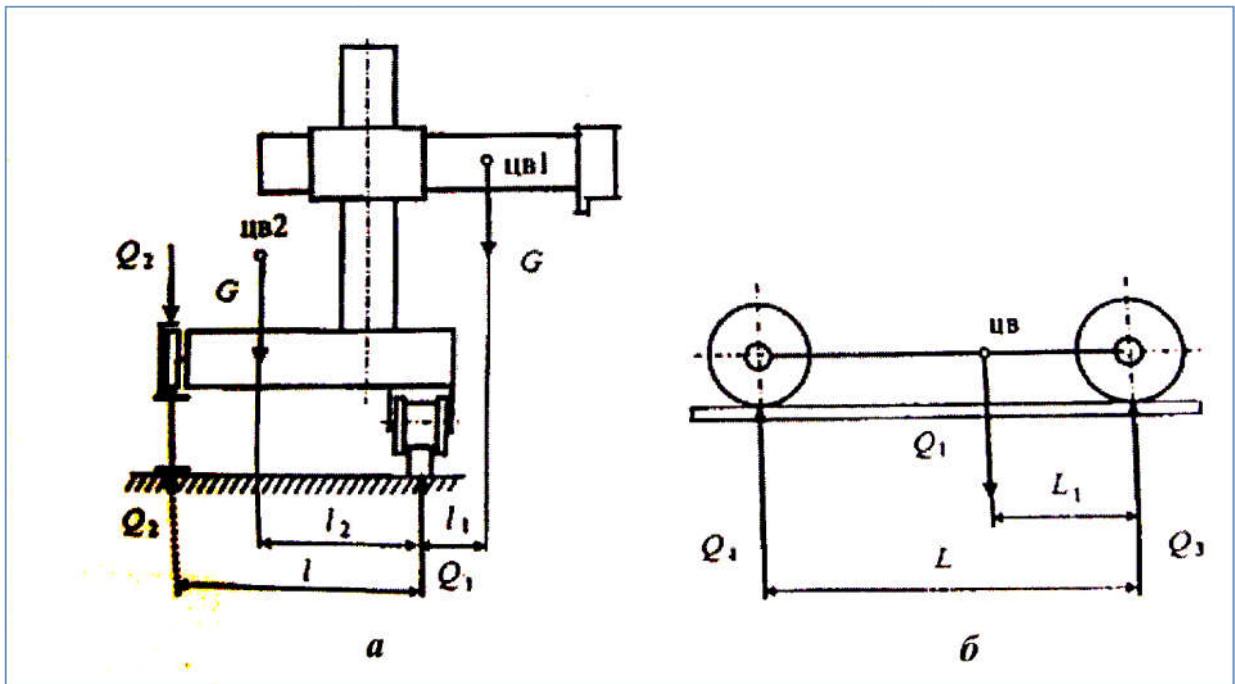


Рис.4.6. Розрахункова схема в транспортній платформі

Розподіл зусиль між колесами, що рухаються по одній рейці розрахуємо відповідно до схеми на рис .4.6 б

$$Q_3 = Q_3 \frac{L - L_1}{L} \quad (4.3)$$

Тоді;

$$11880 \frac{1.2 - 0.4}{1.2} = 7920H$$

$$Q_4 = \frac{L_1}{L} \quad (4.4)$$

$$11880 \frac{0.14}{0.65} = 2558H$$

На підставі мас пристроїв, що розміщені на платформі приймаємо навантаження на платформу 16800 Н. Такому навантаженню відповідає діаметр ходових колес $D_x = 320\text{мм}$.

За розрахунковими навантаженнями та прийнятими розмірами ходових перевіряємо міцність коліс на контактні напруження

$$\sigma_{ef} = 0.167kf \sqrt{\frac{PE}{hr}} \leq [\sigma] \quad (4.5)$$

Тоді:

$$0.167 \cdot 1.05 \sqrt{\frac{11880 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{0.08 \cdot 0.16}} = 430 \cdot 10^6 \text{ Па} = 430 \text{ МПа}$$

Допустимі контактні напруження $[\sigma] = 520 \text{ МПа}$.

Розрахунок показав, що контактна міцність коліс забезпечена.

Діаметри осей ходових коліс визначаємо за формулою

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{2.5Ql_0}{[\sigma]}} \quad (4.6)$$

Тоді:

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{2.5 \cdot 7920 \cdot 0.1}{60 \cdot 10^6}} = 3.2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Приймаємо $d_0 = 35 \text{ мм}$.

Розрахуємо необхідну потужність приводного двигуна механізму пересування транспортної платформи за формулою.

$$N = \frac{Wn^v}{\eta_0} \quad (4.7)$$

Опір Wn є підсумковим опором усіх ходових коліс візка і для усталеного руху, коли відсутні сили інерції, і його визначаємо за формулою:

$$Wn = \sum Q_{ik_p} \frac{f_{nn} + 2u_k}{D_{x.k}} \quad (4.8)$$

:

$$Wn = 16800 \cdot 2.5 \frac{0.1 \cdot 0.035 + 3 \cdot 10^{-4}}{0.32} = 159.6 \text{ Н}$$

Тоді потужність приводу становить

$$N = \frac{160 \cdot 13}{0.8} = 2600 \text{ Вт} = 2.6 \text{ кВт}$$

На транспортній колонні BCZQ2x2 встановлений електро двигун потужністю $N=3,2 \text{ кВт}$, тому механізм пересування колони забезпечує розраховану потужність.

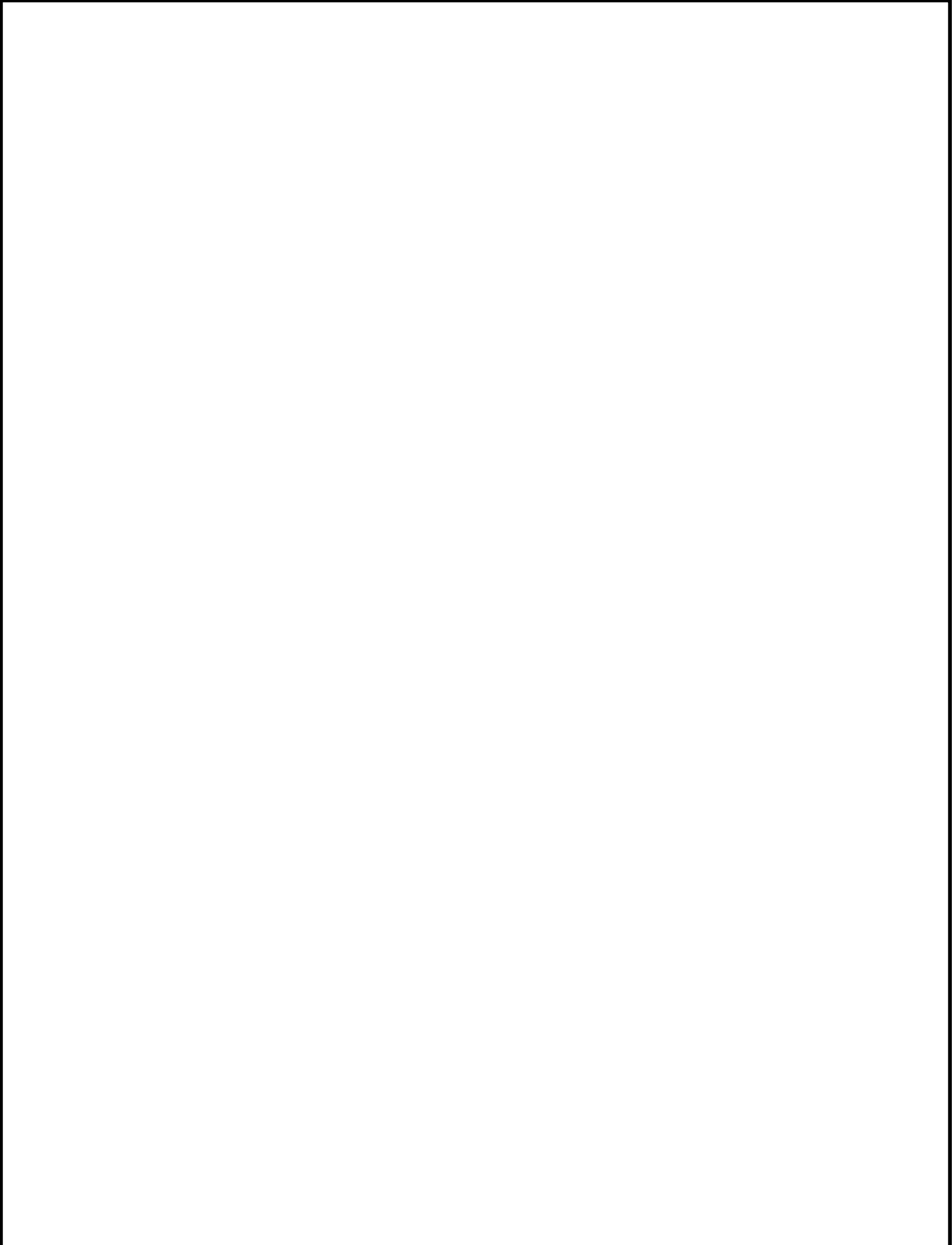
Висновки

1. Вибрано технологічне устаткування для автоматизованого комплексу, виконання автоматичного зварювання при виготовленні та ремонті трубних дошок теплообмінників стосовно до умов ЮУ АЕС.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		69

2. Виконані розрахунки механізму пересування транспортної платформи, яка забезпечує доставку зварювальної головки в робочу зону і орієнтацію інструмента відносно зварного шва.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		70



					КР 131 6121м 0 .0				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.					Розробка технології автоматичного зварювання вузла« труба (заглушка) – трубна дошка		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.									
Н Контр									
Затверд.									

5. Розробка технології автоматичного зварювання вузла« труба (заглушка) – трубна дошка

5.1. Зміст варіантів технологічного процесу зварювання

Технологічний процес (ТП) призначений для автоматизованого глушіння теплообмінних трубок парогенераторів ПГВ-1000 при допомозі модуля OPZ - TECNATOM методом кільцевого дугового зварювання MIG в захисному середовищі газової суміші $Ar + (2...5)\% O_2$

Основними документами, що регламентують зміст даного технологічного процесу при виготовленні теплообмінника або при виконанні ремонтних робіт, є:

- «Правила будови і безпечної експлуатації обладнання і трубопроводів атомних енергетичних установок» ПНАЕ Г-7-008-89;

- «Устаткування і трубопроводи атомних енергетичних установок. Зварювання та наплавлення. Основні положення »ПНАЕ Г-7-009-89;

«Устаткування і трубопроводи атомних енергетичних установок. Зварні з'єднання та наплавлення. Правила контролю »ПНАЕ Г-7-010-89;

Специфікація процедури виконання зварювальних робіт (WPS).[20]

Зварювальники та ІТП повинні бути атестовані відповідно до діючих на Україні норм і правил.

І. Вихідний стан об'єкту

А. Виготовлення теплообмінника

А1. Виконати огляд заздалегідь підготовлених у необхідній кількості трубок або заглушок, виконати атестацію зварювання.

А2. Виконати контроль кваліфікації персоналу, атестацію зварювальників, включаючи оцінку контрольного зварного шва згідно з кресленням теплообмінника; здійснити контроль захисного газу.

А. 3. Перевірити якість контрольного зварного шва, використовуючи наступні методи та обладнання:

- візуальний огляд (відеокамера OPZ-TECNATOM),
- лабораторні металографічні обстеження,

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		72

- лабораторні обстеження на опір міжкристалічній корозії.

Б. Виконання ремонтних робіт

Б1. Теплообмінник перед початком ремонтних робіт має бути охолодженим до температури 40 °С, кришки першого и іншого контурів зняті, колектор повністю звільнений від води.

Б2. Рівень радіації на теплообміннику проконтрольованим и створити умови для безпечної роботи в радіаційній обстановці.

Б3. Другий контур звільнити від води до рівня на 100 мм нижче від трубки, на якій будуть проводитись зварювальні роботи.

Б4. Виконати огляд заздалегідь підготовлених у необхідній кількості заглушок, відібраних у відповідності до трубок, на яких проводитимуться зварювальні роботи.

Б5. Виконати атестацію зварювання.

Б6. Виконати контроль кваліфікації персоналу, атестацію зварювальників, включаючи оцінку контрольного зварного шва, здійснити контроль захисного газу[21, 22].

II. Зміст технологічного процесу зварювання

А. Виготовлення трубної решітки

А 4. Почати роботу відповідно до встановленої послідовності, підготувати робоче місце або здійснити перевірку маніпулятора.

А. 5. Перенести за допомогою крана маніпулятор з установочного стенду на колектор теплообмінника.

А 6. Встановити маніпулятор на колектор, відцентрувати його положення.

А 7. Встановити зварювальну головку відповідно до координат позиції трубки, на якій буде здійснюватися зварювання, розвернути головку в робоче положення, відкоригувати положення головки.

А 8. Встановити головку згідно координатам позиції трубки (або заглушки), на якій буде здійснюватися зварювання, підвести головку до трубної дошки. При цьому центруючий виступ входить в трубку або у центральне гніздо заглушки.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		73

А 9. Приварити трубку (або заглушку) до трубної дошки кільцевим швом згідно WPS.

А. 10.Здійснити візуальний огляд шва.

А 12. Виконати зварювання інших трубок (зглушок) у порядку, встановленому програмою роботи зварювальної установки.

А.13.Виконати візуальний контроль якості зварних з'єднань з використанням відеокамери OPZ-TECNATOM.

Б. Ремонтне зварювання (Глушіння дефектних теплообмінних трубок)

Б7. Підготувати робоче місце або здійснити перевірку маніпулятора, встановити на опору свердлильну головку з системою видалення стружки.

Б8. Розвернути головку в робоче положення, відцентрувати свердло по осі трубки, на якій буде виконуватися зварювання, після чого розсунути упорний механізм.

Б9. Включити свердлильні пристрій і підвести свердлильну головку до зварного шва на трубці, де буде виконуватися ремонтне зварювання.

Б10.Переміщаючи опору висвердлити трубку.

Б 11. Провести огляд висвердленого отвору.

Б 12. Висвердлити всі трубки, які підлягають заглушенню.

Б.13. Вручну встановити заглушки в усі висвердлені отвори.

Б. 14. Зняти свердлильну головку і встановити зварювальну головку.

Б 15. Відцентрувати головку по трубці, на якій буде виконуватися зварювання.

Б 16. Приварити заглушку відповідно до WPS, здійснити візуальний огляд зварного шва. Якщо якість зварювання або форма зварного шва викликають сумніви, повторити операцію, слідуючи WPS. Знову здійснити візуальний огляд зварного шва.

Б.17. Виконати зварювання на інших висвердлених трубках.

Б.18. Виконати візуальний контроль якості зварних з'єднань з використанням відеокамери OPZ-TECNATOM

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		74

Б 19. Зняти зварювальну головку з опори.

5.2.Опис елементів системи керування автоматизованим зварювальним комплексом

Управління технологічними операціями проводиться за допомогою відповідної комп'ютерної програми.

Для керування роботою модуля OPZ і маніпулятора "ZOK" використовуються пристрої PowerCube™ 1. Кожний пристрій PowerCube™ включає в себе, при мінімальному обсязі, всі необхідні елементи керування рухами і складається з наступних вузлів:

високодинамічнийдвигунзмінного струму з електронним перемикачем,
контролер обертання,
оптичний кодер,
контролер переміщення високої точності,
контролер струму і температури двигуна.

Основою системикерування є SIMATIC S7 PLC (ProgrammableLogicSystem / Програмована Логічна система) фірми Siemens. Для полегшення роботи і контролю використовуються головна панель-MP270B і дистанційна панель керування-OP170B. Пристрій базується на операційній системі Microsoft Windows PC™ 2. Для включення нерегульованих моторів і контролю стану кінцевих вимикачів використовується розподільча система вводу / виводу Wago.

Така конструкція скорочує кількість кабелів між маніпулятором і пристроєм управління. Всі пристрої PowerCube™ і елементи системи вводу / виводу (В / В) Wago взаємопов'язані через інтерфейсу Profibus. Обидві панелі операторів - головна і дистанційна - приєднані до процесора S7 за допомогою стандартного інтерфейсу MPI.

Пристрій керування складається з:

- процесора SIMATIC S7 315-2DP,
- джерела живлення на 24В / 30А для всіх двигунів і світлосигналів, - - джерела живлення 24В / 5А для електронних схем,
- регулятора постійного струму для двигуна BAUTZ з фільтром на виході.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		75

Система Wago 750 В / В, складається з 2-х цифрових і 2-х аналогових виходів, і 2-х аналогових входів, головні мережі живлення (реле, переривники схем, фільтри).

Основними складовими "ZOK" є наступні:

Пристрій PowerCube PDU 090 із зовнішнім кодером обертання щогли (X)

Пристрій PowerCube PSM 090 переміщення каретки (Y)

Розподільна система В / В WAGO 752 (16 x DI, 16 x DO)

Кінцеві вимикачі (KB)

Модуль OPZ складається з наступних елементів:

Пристрій PowerCube PDU 070 для ковзання санчат (Z),

Релейний комутатор INT3 перемикання нерегульованих моторів,

Електромотори на 24В нахилу санчат, фіксування лап і переміщення пирососа,

Кінцеві вимикачі (KB)

Електромотор Е644А з пристосуванням для дрилі (70В ПСТ, 420Вт)

2. ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ

Перед включенням системи необхідно перевірити правильність підключення всіх кабелів. Для підключення кабелів зверніться до креслення №. VE -200 007 «Підключення ZOK-OPZ" і до креслення №. VE -200 007 «Підключення STAND-OPZ". Підключити основне живлення. Коли всі елементи будуть належним чином підключені, включити пристрій за допомогою перемикача «таВНЫ14» / "MAINS" і підключити живлення до моторів натиснувши на кнопку «пуСК» / "START".

3. ФУНКЦІОНУВАННЯ

Програмне забезпечення управління запускається відразу ж після включення системи. Протягом запуску пристрою управління перевіряється існуюча система конфігурацій. Дана система допускає такі зміни:

Маніпулятор "ZOK" з приєднаним модулем OPZ,

Маніпулятор "ZOK" без модуля OPZ,

Модуль "OPZ" в режимі очікування.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		76

Визначити поточну конфігурацію, програмне забезпечення (ПЗ) управління самоконфігурується, з метою дозволити або відключити ті чи інші операції. Спроби записи на неіснуюче пристрій або читання з нього через інтерфейс Profibus призводять до зупинки процесора.

Процес керування з панелей операторів відбувається на екранах. Екрани відображають еволюцію процесів, відображаючи різні використовувані значення. Кожен екран містить логічно пов'язані дані, що виводяться на панель оператора і можуть бути їм змінені в залежності від значень, одержуваних при кожній операції. Екрани відображають стан процесу у вигляді числових значень, графіків, гістограм і т.д.

Під час запуску як головна, так і дистанційна панелі спочатку завантажуються операційною системою Windows PC.

5.2.1 Головна панель оператора

Головна панель управління (рис. 5.4) змонтована на лицьовій панелі пристрою керування

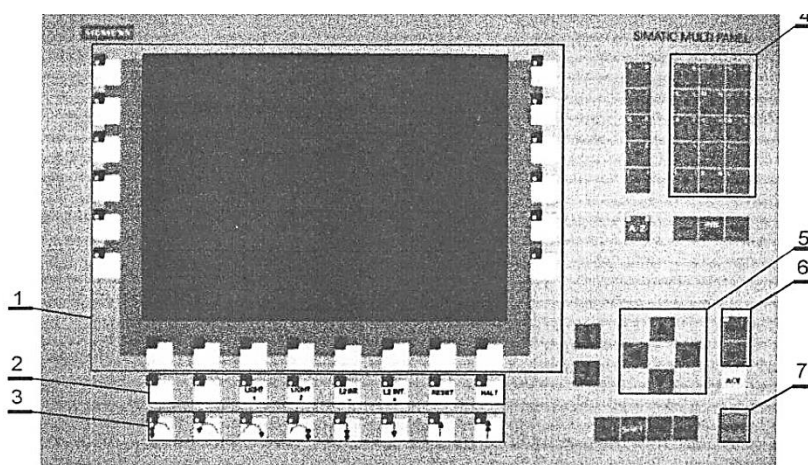


Рис. 5.4. Головна панель оператора

Головна панель управління складається з екрану 10.4 "TFT, оточеного 20-ю функціональними клавішами - від F1 до F20 (1). Крім цього, ще 16 програмованих клавіш - від K1 до K16 - розташовані в нижніх частинах. Клавіші K3-K8 (2) запрограмованість наступним чином:

Светосігнал1 вмикання / вимикання (ON / OFF) (K3)

Светосігнал2 вмикання / вимикання (ON / OFF) (K4)

Светосігнап2 (інтенсивність) (K5)

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		77

Светосигнал2 (інтенсивність) "+" (КБ)

Скидання (RESET) (К7)

СТОП (HALT) (К8)

Команда СТОП / HALT негайно зупиняє будь-який має місце рух. Виконання команди СТОП / HALT підтверджується повідомленням (Пристрій Зупинено / DriveHALTed / - натисніть СКИДАННЯ для продовження / hit RESET tocontinue! /). Повідомлення зникає після натискання на скидання / RESET. Використовуючи команду СТОП / HALT (а, потім, скидання / RESET) можна вирішити аномальні ситуації Клавiшi зі стрiлками К9-К16 (3) запрограмовані для ручного управління маніпулятором "ZOK": швидке руху вліво (К9); повільне руху щогли вліво (К10); повільного руху щогли вправо (К11); швидкого руху щогли вправо (К12); каретка - швидко вниз (К13); каретка - повільно вниз (К14); каретка - повільно вгору (К15); каретка - швидко вгору (К16).

Діапазон переміщення по Х обмежений програмним забезпеченням 520 градусами за годинниковою стрілкою, рахуючи від вихідної позиції. Переміщення по Y зупиняється не доходячи 4-х міліметрів до відповідного кінцевого вимикача.

Цифрова клавіатура (4) для безпосереднього зміни значень, підтверджує кожне введення значення натисканням на ВВЕДЕННЯ / ENTER (7).

Чотири клавіші вибору об'єкта (5) використовуються для виділення вибраного об'єкта на екрані з метою введення нового значення або прочитання довідки по даному об'єкту.

Обидві клавіші HELP і ESC (6) використовуються для відкриття і закриття тексту довідки.

Інші клавіші в даному (ПО) не застосовуються.

5.2.2. Запуск і повернення в початковий стан

Поки ПО управління перевіряє поточну конфігурацію системи, на дисплеї відображається Екран запуску (рис. 5.5). Протягом цього процесу неможливо втручання оператора.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		78



Рис. 5.5 - Дисплей запуску

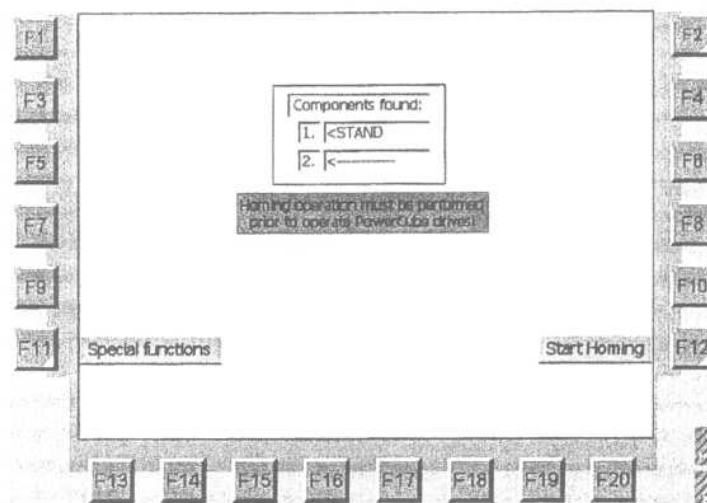


Рис. 5.6 - Екран вихідного стану

На екран виведено вікно «Знайдені складові» / "Сотропеп1з found". Вікно показує поточну конфігурацію системи, виявлену під час запуску.

Для правильного вимірювання позиції по всіх осях необхідно виконати операції. Вихідного стану / Homing (визначення реперної позиції). Під час виконання операції Homing, кожен пристрій знаходиться в русі до спрацювання відповідного кінцевого вимикача (КВ). Після зупинки пристрій повільно повертається назад до повторного спрацювання кінцевого вимикача, а потім знову дуже повільно рухається в зворотному напрямку до зупинки у КВ. На цій позиції пристрій обнуляє свій внутрішній датчик позиції. Тепер пристрій вже готове до виконання будь-яких операцій з позиціонування.

Процедура Homing, після натискання клавіші F12, триває наступним чином:

					КР.131.6121м.0 .0		Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			79

1. Перевіряються лапи фіксування модуля OPZ в самому нижньому (не зафіксованим) положенні. Якщо хоча б одна з лап не перебуває у крайньому нижньому положенні, виконується операція "unfix" (не зафіксовано) поки не спрацюють обидва кінцевих вимикача.

2. Виконання Homing "Z" (ковзання модуля OPZ).

3. Нахилити головку модуля до крайнього верхнього положення (якщо вона там чи не знаходиться).

При невід'єднаному модулі операції 1-3 не проводяться.

4. Виконання Homing "X" (щогла маніпулятора "20K").

5. Виконання Homing „ Y "(каретка маніпулятора" ZOK ").

При не від'єднаному маніпуляторі операції 4-5 не проводяться.

Якщо маніпулятор ZOK після проведення цієї операції розташований далеко від одного або обох KB, то операція Homing займе чимало часу внаслідок використання низькій швидкості. Для скорочення часу на виконання процедури Homing використовуйте вікно спеціальних функцій [рис. 5.7], що викликається з екрану Homing натисканням клавіші F11.

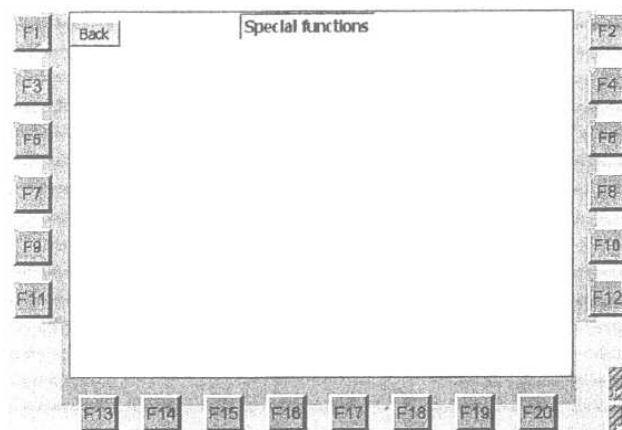


Рис. 5.7. Екран спеціальних функцій

На виведенню екрані щогла і каретка наводяться в рух натисканням на клавіші зі стрілками. Оскільки процедура Homing раніше не була виконана, то визначення позиції на цьому екрані неможливо. Єдиною метою даної операції є позиціонування каретки і щогли поблизу від кінцевих вимикачів, щоб скоротити час виконання операції Homing.

Рух по осі Y (каретка) припиняється на Конц.Викл., Тоді як рух по осі X

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		80

(щогла) не припиняється: оператор сам повинен довести її до положення в кілька градусів за годинниковою стрілкою щодо кінцевого вимикача.

Після вибору даного екрану, Progr. Забезп. управління виконує наступні дії:

1. Перевіряються лапи фіксування модуля OPZ в самому нижньому (не зафіксованим) положенні. Якщо хоча б одна з лап не перебуває у крайньому нижньому положенні, виконується операція "unfix" поки не спрацюють обидва кінцевих вимикача.

2. Головка модуля OPZ перевіряється на вертикальне (транспортне) положення. Якщо голівка не перебуває у вертикальному положенні, то рух маніпулятора ZOK переривається і з'являться повідомлення про помилку: "Нагорі - Необхідний Homing!".

(Нахил головки модуля OPZ можливо тільки при крайнім правому положенні санчат, яке може бути визначено тільки після виконання Homing). В такому випадку, необхідно повернутися в екран Homing і запустити операцію Homing. Якщо щогла і каретка маніпулятора ZOK розташовані далеко від кінцевих вимикачів, то після початку операції Homing по осі X можна перервати операцію відключенням системи; знову включивши систему необхідно вийти на екран Спеціальних функцій і перемістити щоглу і каретку ближче до КВ.

Для повернення на екран Homing, натиснути клавішу F1.

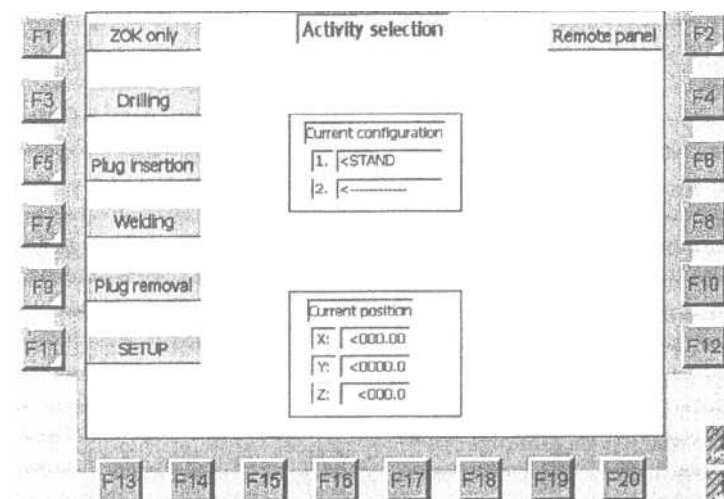


Рис. 5.8 - Екран вибору дії

На цьому екрані оператор отримує доступ до управління всіма нижче

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		81

описаними діями модуля OPZ і маніпулятора ZOK.

6.2.3. Тільки маніпулятор ZOK

Екран тільки для маніпулятора ZOK (Рис. 5.9) призначений для управління рухом маніпулятора ZOK.

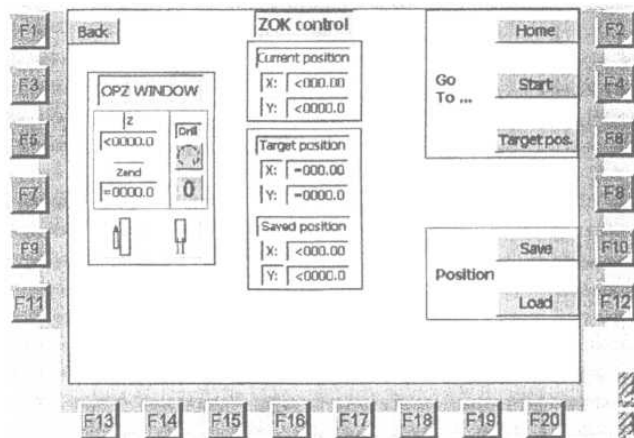


Рис. 5.9 - Екран тільки маніпулятора ZOK

У вікні «Поточний стан» / "Сігген1 position" показуються поточні значення положення маніпулятора ZOK по осях X і Y. Ці значення залежать від встановленої вихідної позиції, а також від заздалегідь встановлених значень по X і по Y в вихідній позиції (дивитися Тонку настройку). У вікні «Цільова позиція» / "тоді position" відображаються встановлені значення мети по X і по Y для виконання руху по команді «Йти до поз. Цілі» / "Go To Targetpos. ". Для зміни цих значень вибрати відповідну клітинку за допомогою клавіш вибору об'єкта і ввести нове значення використовуючи цифрову клавіатуру (підтвердити клавішею ВВЕДЕННЯ / ENTER), або використовувати команду «Завантаження позиції» / "РоеШопLoad" для прямого завантаження збережених значень.

У вікні «Збережена гі03npHH» / "Savedposition" відображаються збережені значення по X і Y. Значення можуть бути замінені тільки по команді «Зберегти позицію» / "Ро5Шоп Save". Вікно "Модуль OPZ» показує поточний стан модуля OPZ.

Призначення команд «одне натискання»:

Назад - натиснути на F1 для переходу до попереднього вигляду,

Додому - натиснути на F2 для переходу в вихідну позицію,

У Початок - натиснути F4 для переходу в початкову позицію,

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

У поз. мети - натиснути F6 для переходу в позицію Цілі,

Зберегти позицію - натиснути F10 для збереження поточної позиції маніпулятора ZOK. Перед заміною раніше збережених значень необхідно підтвердити заміну - натисканням на F17 (ТАК / YES) або ж натиснути F16 (НЕТІ / NO!) Для скасування.

Завантажити позицію - натиснути F12 для завантаження значень позиції по X і по Y в вікно «Цільова поЗН4Нfl» / "Targetposition". Дія необхідно підтвердити таким же чином, що і в разі «Зберегти позицію».

Крім команд «Одне натискання», управління рухом маніпулятора ZOK можна виробляти і вручну, за допомогою клавіш зі стрілками.

5.2.4. Свердління

Екран Свердління (рис 5.10) призначений для управління модулем OPZ під час свердління.

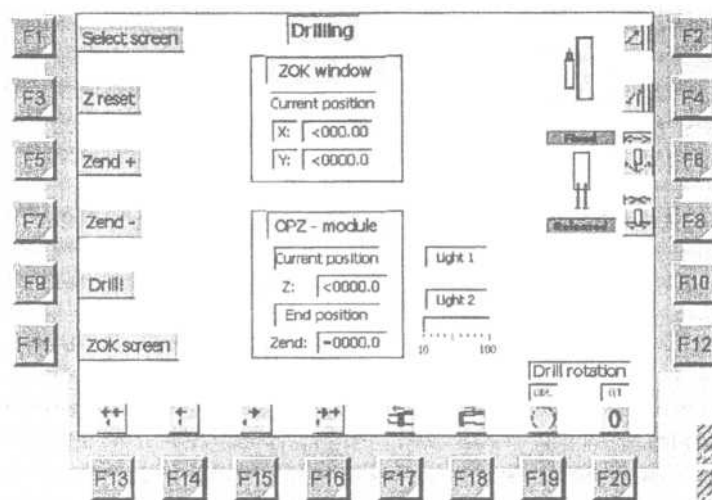


Рис. 5.10 - Екран свердління

Вікно «Маніпулятор ZOK» виводить поточні значення X і Y позиції маніпулятора ZOK.

Вікно "Модуль OPZ" показує поточну позицію санчат по осі Z. Значення можна обнулити натиснувши на F3, щоб встановити початкову позицію свердління. Вікно «Zend» відображає поточну кінцеву позицію під час свердління (глибина свердління). За допомогою цифрової клавіатури для зміни значення Zend (підтвердити натисканням на ВВЕДЕННЯ / ENTER).

Кнопки світлосигналів "Light 1" і "Light 2" вказують стан правого (Light 1) і

лівого (Light 2) світильників. Коли відповідний світильник гасне - кнопка ховається. Гістограма під кнопкою Light 2 показує поточну інтенсивність світлосигнального обладнання.

Кнопка «Стан головки» / "Heabstatus" показує поточний стан головки модуля OPZ (по вертикалі - транспортну позицію, або по горизонталі - робочу позицію).

Кнопка «Стан фіксують пан» / "Fixinglegsstatus" показує поточну позицію фіксують лап. Насправді, вона видає останню введену команду, оскільки стан лап змінюється відразу ж після натискання на F6 (ОНКС./FIX) АБО F8 (своб. / Release). Рух лап може бути зупинено в будь-який момент.

Червона осередок «Працівниками Державтоінспекції зафіксовано» / "Fixed", розташована над кнопкою Стану фіксують лап, з'являється тільки при спрацьовуванні обох верхніх кінцевих вимикачів (коли модуль OPZ належним чином зафіксований).

Зелена осередок «освоб.» / "Released" під кнопкою стану з'являється тільки при спрацьовуванні обох нижніх кінцевих вимикачів (фіксують лапи знаходяться в самому нижньому положенні).

Чи не переміщати каретку маніпулятора ZOK через перешийок ПГ поки обидві лапи модуля OPZ НЕ зафіксуються в крайньому нижньому положенні, а головка не буде знаходитися у вертикальному положенні!

Команди «одне натискання»:

Вибрати екран - натиснути F1 для повернення на екран Вибору дії.

Нахил вгору - натиснути F2 для переміщення головки модуля OPZ в вертикальне

(Транспортне) положення. Ця дія можливо тільки при правій кінцевої позиції санчат.

Скидання Z - натиснути F3 для обнулення значення Zend (для встановлення початкової позиції свердління).

Нахил вниз - натиснути F4 для переміщення головки модуля OPZ в горизонтальне (робоче) положення.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		84

Zend "+" - натиснути F5 для збільшення Zend на 0.1mm

Фікс. / Fix - натиснути F6 для запуску операції фіксування (переміщення фіксують лап вгору). Для правильного фіксування, першою починає рух задня лапа, а після її зупинки кінцевим вимикачем, починається переміщення передньої лапи до спрацьовування відповідного КВ. Ця дія може бути перервано в будь-який момент натисненням F6 або F8. По завершенні фіксування, з'являється червона кнопка «зафіксо.» /, ЛхесГ над кнопкою стану фіксують лап. При зафіксованому модулі OPZ (при відкритому по-крайній мірі одному з верхніх кінцевих вимикачів) відключаються всі рухи маніпулятора ZOK.

Zend - натиснути F7 для зменшення Zend на 0.1mm

ОсВо6./Release - натиснути F8, щоб почати згладжування (переміщення фіксують лап вниз). Обидві лапи переміщаються одночасно вниз до спрацьовування їх кінцевих вимикачів. Ця дія може бути перервано в будь-який момент натисненням F6 або F8.

Свердли! / ОГШ! - натиснути F9 для початку свердління. Перед початком, переконайтеся в тому, що всі параметри операції виставлені правильно і встановлена вихідна позиція (обнулити значення Zend в стартовій позиції). Перевірте, що дріль працює. Протягом свердління блимає зелена осередок «Йде свердління» / "ОпШпдіnprogress".

Екран маніпулятора ZOK - натиснути F11 для прямого переходу до екрану «Тільки маніпулятор ZOK» / "ZOK only".

Рух санчата - використовувати клавіші F13-F16 для переміщення санчат модуля OPZ:

F13 - швидке переміщення вперед,

F14 - повільне переміщення вперед,

F15 - повільне переміщення назад,

F16 - швидке переміщення назад,

Швидкості швидкого і повільного переміщення вводяться з екрану Установка.

При знаходженні головки модуля OPZ в вертикальному положенні рух

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		85

санчат відключено, а всі кнопки руху санчат, розташовані над клавішами F13-F16.

5.2.5. Установка заглушки

Екран установки заглушки (рис. 5.11) призначений для управління модулем OPZ під час встановлення заглушки.

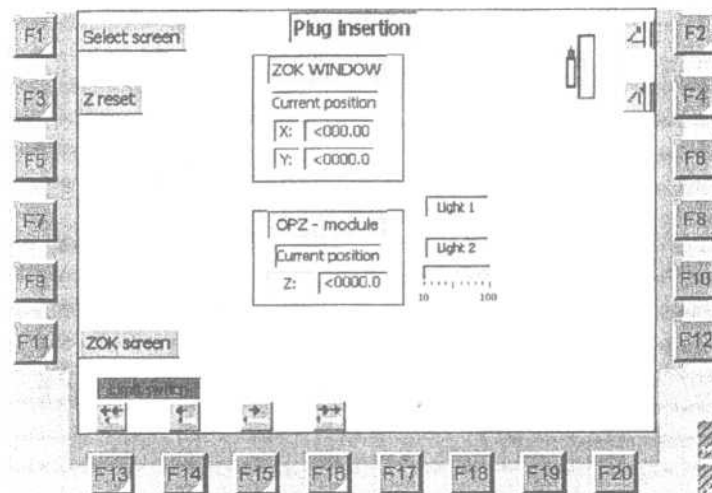


Рис. 5.11 - Екран установки заглушки

На цьому екрані призначення всіх вікон і використовуваних функціональних клавіш таке ж, як і на екрані Свердління / Drilling.

Операція з фіксування лап неможлива з огляду на те, що воно не використовується при встановленні заглушок.

5.2.6. Зварювання

Екран зварювання (рис. 5.12) призначений для управління модулем OPZ при зварюванні.

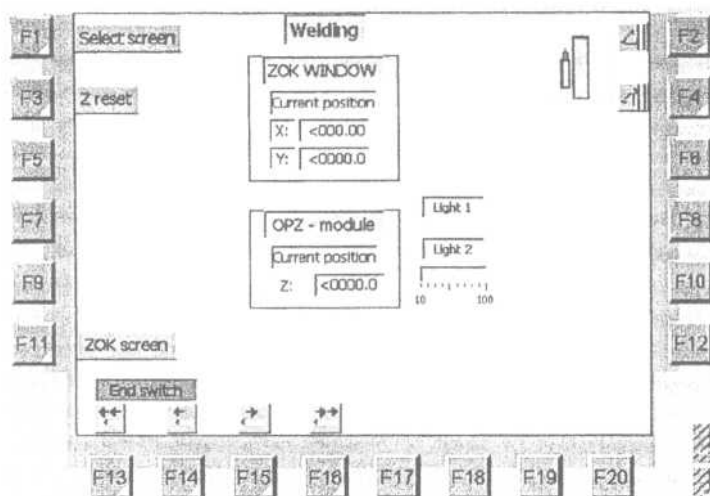


Рис. 5.12 - Екран зварювання

На цьому екрані призначення всіх вікон і використовуваних функціональних клавіш таке ж, як і на екрані Свердління / Drilling. Операція з фіксування лап неможлива з огляду на те, що воно не використовується при зварюванні.

5.2.7. Екран видалення заглушки

Екран зняття заглушки (рис. 5.13) призначений для управління модулем OPZ при видаленні заглушок.

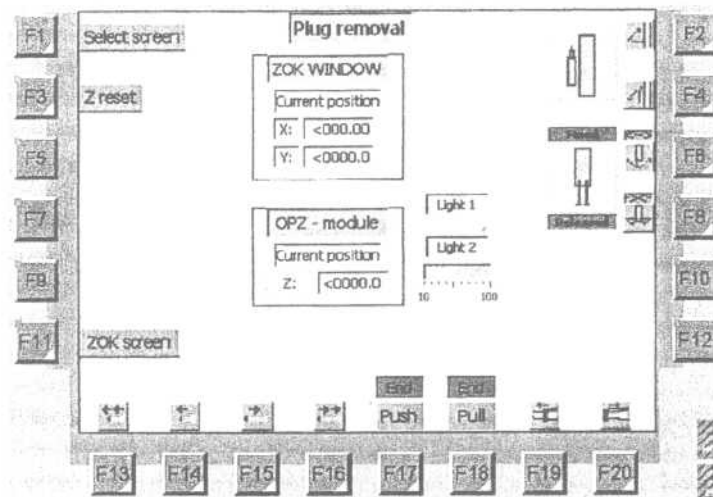


Рис. 5.13 - Екран видалення заглушки

На цьому екрані призначення всіх вікон і використовуваних функціональних клавіш таке ж, як і на екрані Свердління / Drilling.

Нові функції:

Штовхати / Push - натиснути F17, щоб засунути головку зняття заглушки (проштовхує наконечні головки в просвердлену заглушку).

Тягнути / Pull - натиснути F18, щоб висунути голівку зняття заглушки (витягає назад наконечник головки при видаленні заглушки).

Пилосос приводиться в дію за допомогою F19, F20:

Пилосос вперед - натиснути F19 для переміщення пилососа в робочу позицію. Якщо клавіш; F19 не звільняється після досягнення кінцевої позиції, підведення живлення до мотору перериває автоматичним термозапобіжника "Polyswitch".

Пилосос назад - натиснути F20 для переміщення пилососа назад. Якщо клавіша F20 не звільняється після досягнення кінцевої позиції, підведення

					КР.131.6121м.0 .0		Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			87

живлення до мотору переривається автоматичним термозапобіжника "Polyswitch".

5.2.8. екран установки

Екран установки [рис. 5.14] призначений для установки всіх параметрів модуля OPZ маніпулятора ZOK.

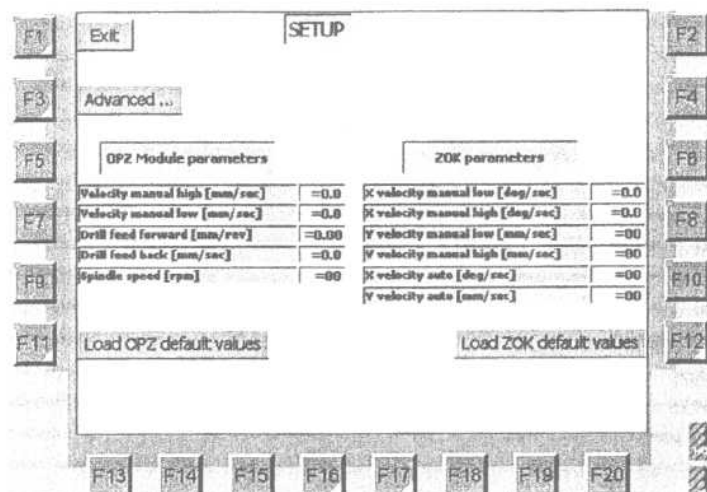


Рис. 5.14- Екран установки

Щоб змінити вибране значення необхідно виділити відповідну клітинку за допомогою

клавіш вибору об'єкта, ввести нове значення за допомогою цифрової клавіатури і підтвердити натисканням на ВВЕДЕННЯ / ENTER.

Параметри модуля OPZ:

Висока швидкість вручну (мм / сек) - швидкість ковзання санчат (Z) модуля OPZ slide (Z) при швидкому переміщенні вручну вперед і назад. Допустимий діапазон значень: 2-4 мм / сек (1 десятковий розряд). Значення за замовчуванням: 4.0.

Низька швидкість вручну (мм / сек) - швидкість ковзання санчат (Z) модуля OPZ slide (Z) при швидкому переміщенні вручну вперед і назад.

Допустимий діапазон значень: 0.1-2 мм / сек. Значення за замовчуванням: 0.5.

Подача дрилі вперед [мм / об] - подача дрилі під час свердління, яка вимірюється в мм на оборот шпинделя. Допустимий діапазон значень: 0.03 - 0.2 мм / об (2 десяткових розряду). Значення за замовчуванням: 0.03.

Подача дрилі назад [мм / сек] - швидкість ковзання санчат при поверненні в початкову позицію після закінчення свердління. Допустимий діапазон значень: 0.1 - 4 мм / сек (1 десятковий розряд). Значення за замовчуванням: 4.0.

Швидкість шпинделя [об / хв] - швидкість обертання дреля. Допустимий діапазон значень: 80 - 150 об / хв (ціле число). Значення за замовчуванням: 100.

Параметри маніпулятора ZOK:

Висока швидкість вручну по X [град / сек] - висока швидкість обертання щогли (X) маніпулятора ZOK при ручному управлінні за допомогою клавіш зі стрілками. Допустимий діапазон значень: 4-12 град / сек (1 десятковий розряд), Значення за замовчуванням: 10.0.

Низька швидкість вручну по X [град / сек] - низька швидкість обертання щогли (X) маніпулятора ZOK при ручному управлінні за допомогою клавіш зі стрілками. Допустимий діапазон значень: 0.1 - 4 град / сек, Значення за замовчуванням: 0.2.

Висока швидкість вручну по Y [мм / сек] - висока швидкість руху каретки (Y) маніпулятора ZOK при ручному управлінні за допомогою клавіш зі стрілками. Допустимий діапазон значень 15-60 мм / сек (ціле число). Значення за замовчуванням: 60.

Низька швидкість вручну по Y [мм / сек] - низька швидкість руху каретки (Y) маніпулятора ZOK при ручному управлінні за допомогою клавіш зі стрілками. Допустимий діапазон значень: 1-15 мм / сек. Значення за замовчуванням: 2.

Автоматична швидкість по X [град / сек] - швидкість обертання щогли маніпулятора ZOK, керованої клавішами "одне натискання" з екрану "Тільки маніпулятор ZOK". Допустимий діапазон значень: 5-12 град / сек (ціле число). Значення за замовчуванням: 8 0.

- Автоматична швидкість по Y [град / сек] - швидкість руху каретки маніпулятора ZOK, керованого клавішами "одне натискання" з екрану "Тільки маніпулятор ZOK". Допустимий діапазон значень: 5 - 60 мм / сек (ціле число). Значення за замовчуванням: 60.

Команди "одне натискання":

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		89

Вихід / Exit - натиснути F1 для повернення в екран Вибору дії,

Тонка настройка / Advanced ... - натиснути F3 для переходу в екран тонкої настройки,

Завантажити значення за замовчуванням в модуль OPZ - натиснути F11 для заміни всіх попередньо встановлених параметрів модуля OPZ їх значеннями за замовчуванням. Завантажити значення за замовчуванням в маніпулятор ZOK - натиснути F12 для заміни всіх попередньо встановлених параметрів їх значеннями за замовчуванням.

Перед тим, як ввести перш збережені значення, необхідно підтвердити дію натискання на F17 (ТАК / YES) або скасувати його натисканням на F16 (НЕТ/NO!).

5.2.9. Екран тонкої настройки

Екран тонкої настройки [рис. 5.15] дозволяє встановити початкову позицію маніпулятора ZOK, а також значення X і Y для даної позиції.

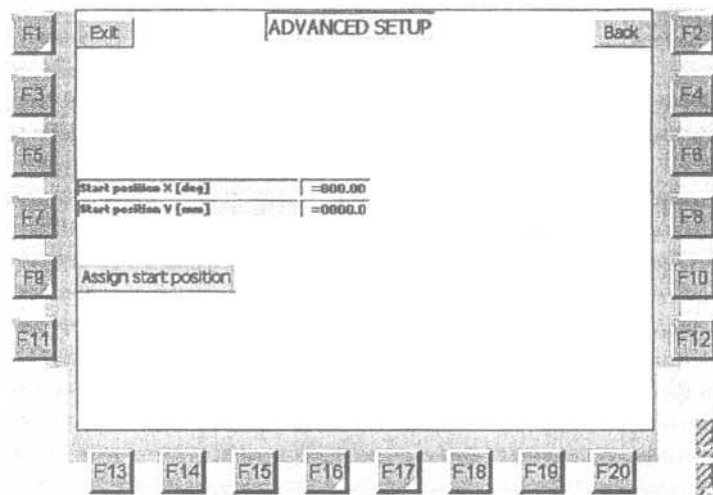


Рис. 5.15 - Екран тонкої настройки

В осередках «Початкова позиція X» / "Startposition X" та "Початкова позиція Y» / "Startposition Y" відображаються реальні значення початкової позиції.

Щоб змінити вибрані значення необхідно виділити відповідні комірки. За допомогою клавіш вибору об'єкта, ввести нові значення за допомогою цифрової клавіатури і підтвердити натиснувши на ВВЕДЕННЯ / ENTER.

Команди "одне натискання":

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		90

Вихід / Exit - натиснути F1 для переходу на екран Вибору дії,
 Повернення / Back - натиснути F2 для переходу на попередній (Установка) екран,

Встановити початкову позицію / Assignstartposition - натиснути F9 для визначення початкової позиції в тій точці, в якій щогла і каретка розташовані на даний момент, зумовлений значення X і Y початкової позиції будуть введені як справжні значення для даної точки. Перед завершенням необхідно підтвердити дію натисканням на F17 (ТАК / YES) або скасувати його натисканням на F16 (НЕТІ / NO!).

Описаний порядок роботи головного пульта керування автоматизованим комплексом дублюється дистанційним пультом керування (рис 5.16)

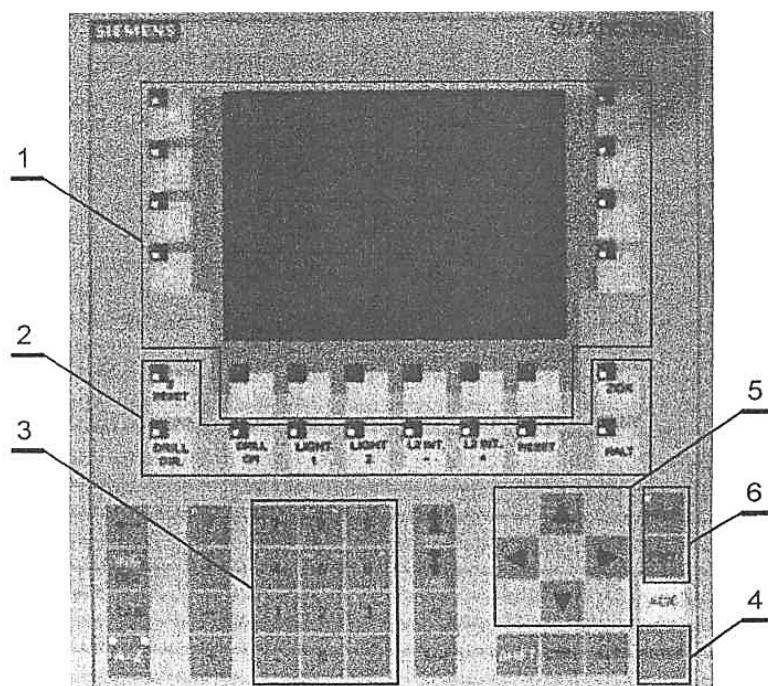


Рис. 5.16 - Панель дистанційного керування

Висновки

1. Розроблено два варіанти технологічного процесу зварювання вузлів трубної решітки теплообмінника з використанням автоматизованого комплексу .
2. Розроблений технологічний може бути реалізований за допомогою програмного забезпечення роботи технологічного устаткування . Наведено опис роботи системи керування автоматизованим комплексом з головного та дистанційного пультів керування .

					КР 131 6121м 0 .0				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.					Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання заглушки		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.									
Н Контр									
Затверд.									

6. Розрахунок технологічної собівартості складання і зварювання заглушки

Величину технологічної собівартості річної програми
Зварювання теплообмінника з використанням автоматичного
комплексу розрахуємо за формулою [20]:

$$C_T = C_M + C_{з.п} + C_e + C_{об} \quad (6.1)$$

де C_M – затрати на зварювальні та допоміжні матеріали; $C_{з.п}$ – затрати
на заробітну плату з відрахуваннями; C_e – затрати на технологічну
електроенергію; $C_{об}$ – затрати на амортизаційні відрахування,
поточне обслуговування та ремонт зварювального устаткування.

Для розрахунку технологічної собівартості річної програми глушення
теплообмінних трубок ПГ 1000, скористаємося наступними вихідними даними:

Річна програма випуску виробів	500 шт.
Довжина швів на одному виробі, виконуваних: автоматичним зварюванням	0,05м;
Вартість устаткування:	
Зварювальний апарат ALPHA Q 551	310000 грн.
та зварювальна голівка Мультитрак A2 (GMAW) програмоване джерело струму для орбітального зварювання Pipemaster 515	60000 грн
Орбітальна зварювальна голівка POINTEC 80	250000 грн
Зварювальна колона	200000 грн
Ціна зварювальних матеріалів:	
Зварювальний дріт 04X19M11H3 діаметром 1.2 мм	300 грн/кг.
Газова суміш	20 грн/л.
Електроенергія для технологічних потреб	3,25 грн/кВт-год.
Трудовісткість зварювальних робіт	0.42 год/м

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		93

Годинна тарифна ставка зварювальника

100 грн/год.

Розрахунки витрат будемо виконувати на 1 пог. м шва.

Затрати на зварювальні матеріали розраховуємо за формулою

$$C_m = \sum_i H_i \cdot \Pi_i, \quad (6.2)$$

де H_i – норма витрат i -го матеріалу, кг/м; Π_i – вартість одиниці i -го матеріалу з урахуванням транспортно-заготівельних затрат, грн./кг.

Норма витрат на один метр шва:

$$H_i = G \cdot K, \quad (6.3)$$

де G – маса металу, наплавленого на 1 метр зварного шва; K – коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів зварювальних матеріалів (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. Значення коефіцієнту переходу від маси наплавленого металу до витрати матеріалів для зварювання

Спосіб зварювання	Зварювальний матеріал
	Дріт
Автоматичне в захисному газі $\text{Ar} + (2 \dots 5)\text{O}_2$	1,02

Маса наплавленого металу на 1 метр зварного шва, виконуваного у нижньому положенні, розраховується як

$$G = 100F \cdot \gamma, \quad (6.4)$$

де F – площа поперечного перерізу шва, см^2 (розд. 2); γ – щільність металу, г/см^3

Витрату захисної газової суміші приймаємо відповідно до розрахованого режиму зварювання (розд. 2)

Затрати на заробітну плату розраховуємо як суму повних затрат на

заробітну плату основних виробничих робочих, що беруть участь у виконанні технологічного процесу

$$C_{3.n} = \sum_{i=1}^n C_{3.n.i}, \quad (6.5)$$

де $C_{3.n.i}$ – повні затрати на заробітну плату [основну, додаткову та

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		94

єдиний соціальний внесок (ЄСВ)] робочих при виконанні i -ої операції; n – число операцій технологічного процесу.

Повні затрати на заробітну плату робочих при виконанні i -ої операції розраховуємо за формулою

$$C_{з.п.i} = [(1,1 \dots 1,15) T_p \cdot \Gamma_{ст}] \cdot 1,22, \quad (6.6)$$

де T_p – трудомісткість виконання операції складання або зварювання, н-год.;
 $\Gamma_{ст}$ – середня годинна тарифна ставка, грн./год.

Затрати на технологічну електроенергію розраховуємо як

$$C_e = W \cdot \Pi_e, \quad (6.7)$$

де W – повні витрати електроенергії одним зварювальним постом, кВт-год.;
 Π_e – вартість 1 кВт-год. електроенергії, грн.

Витрати електроенергії на 1 пог. м шва

$$W = \frac{U_d \cdot I_z}{\eta \cdot 1000} \cdot \tau + W_0(\tau_1 - \tau), \quad (6.8)$$

де U_d – напруга дуги, В; I_z – зварювальний струм, А; η – ККД зварювального поста, приймаємо $\eta = 0,65$; W_0 – потужність, що витрачається джерелом живлення під час холостого ходу, приймаємо $W_0 = 2,5$ кВт; τ – час горіння дуги (основний час); $\tau_1 = \frac{\tau}{K_n}$ – повний(оперативний) час зварювання з урахуванням коефіцієнту K_n використання зварювального поста, орієнтовно для зварювання у цехових умовах $K_n = 0,5 \dots 0,8$.

Загальні затрати на амортизаційні відрахування та поточний ремонт зварювального обладнання розраховуємо за формулою

$$C_{об} = \sum_i (C_{ai} + C_{pi}), \quad (6.9)$$

де C_{ai} та C_{pi} – амортизаційні відрахування та затрати на поточний ремонт i -го виду обладнання відповідно.

$$C_{ai} = \frac{\sum_i \Pi_i \cdot H_{ai}}{100}, \quad (6.10)$$

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		95

$$C_{pi} = \frac{\sum_i C_i \cdot H_{pi}}{100}, \quad (6.11)$$

де C_i , H_{ai} , H_{pi} – вартість, норма амортизаційних відрахувань та норма витрат на поточний ремонт i -го виду обладнання відповідно (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 - Норми амортизаційних відрахувань та затрат на поточний ремонт обладнання

Група обладнання	Норма відрахувань у % до балансової вартості	
	амортизаційних H_a	на поточний ремонт H_p
Джерела живлення для дугового та електрошлакового зварювання	12,5...16,7	10...20
Автомати і апарати для механізованого зварювання, установки для дугового зварювання, наплавлення	11,0...16,7	

Розрахунок затрат на зварювальні матеріали

Зварювальний дріт 04X19H11M3:

витрати на один метр шва

$$H = 100 \cdot 0,12 \cdot 7,9 \cdot 1,02 = 96 \text{ г} = 0,09 \text{ кг.}$$

Затрати на зварювальний дріт Св-04х19Н11М3 на 1м шва

$$C = 0,09 \cdot 20 \cdot 300 = 540 \text{ грн}$$

Витрати газової суміші 98 % Ar + (2...5)O₂ на 1 м шва

$$H_{\text{газ}} = 18 \text{ л.}$$

Затрати на газову суміш на 1 м шва

$$C_{\text{газ}} = 18 \cdot 20 \cdot 20 = 7200 \text{ грн}$$

В цілому, затрати на зварювальні матеріали

$$C_m = 7200 + 540 = 7740 \text{ грн.}$$

Затрати на річну програму

$$C_m = 7740 \cdot 500 = 3870000 \text{ грн}$$

Розрахунок затрат на заробітну плату на 1 м шва

затрати на заробітну плату зварювальника - оператора

$$C = 1,15 \cdot 0,42 \cdot 100 \cdot 1,22 = 58,90 \text{ грн.}$$

Затрати на річну програму

$$C = 58,90 \cdot 500 \cdot 15 = 441415 \text{ грн}$$

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		96

Затрати на технологічну електроенергію розрахуємо як суму затрат на автоматичне та механізоване зварювання з урахуванням відповідних витрат енергії

Витрати електроенергії на 1 пог. м шва при автоматичному зварюванні

$$W_{\text{авт}} = \frac{27 \cdot 180}{0,65 \cdot 1000} \cdot 0,03 + 2,5(0,05 - 0,03) = 2,9 \text{ кВт; - год;}$$

Затрати на технологічну електроенергію при автоматичному зварюванні на 1м шва

$$C = 2,9 \cdot 0,05 \cdot 3,25 = 4.70 \text{ грн;}$$

Затрати на технологічну електроенергію на річну програму

$$C = 4.70 \cdot 15 \cdot 500 = 35250 \text{ грн}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань по обладнанню на річну програму виробів (500шт.)

Зварювальний автомат ALPHAQ551 та зварювальний мультитрак

$$C = \frac{3100000 \cdot 15}{100} = 46500 \text{ грн; ,}$$

джерело живлення Pipimaster 515

$$C = \frac{60000 \cdot 15}{100} = 9000 \text{ грн;}$$

зварювальна головка POINTEC 80

$$C = \frac{250000 \cdot 13}{100} = 32500 \text{ грн;}$$

зварювальна колона

$$C = \frac{200000 \cdot 14}{100} = 28000$$

Загальні річні амортизаційні відрахування по обладнанню

$$C = 46500 + 9000 + 32500 + 28000 = 116000 \text{ грн.}$$

Розрахунок затрати на поточний ремонт обладнання на річну програму :

Зварювальний автомат ALPHAQ551 та зварювальній мультитрак

$$C = \frac{310000 \cdot 15}{100} = 46500 \text{ грн; ,}$$

джерело живлення Pipimaster 515

$$C = \frac{60000 \cdot 18}{100} = 10800 \text{ грн;}$$

зварювальна головка POINTEC 80

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		97

$$C = \frac{250000 \cdot 16}{100} = 4000 \text{ грн.};$$

зварювальна колона

$$C = \frac{200000 \cdot 15}{100} = 3000 \text{ грн.}$$

Загальні затрати на ремонт обладнання

$$C_p = 46500 + 10800 + 4000 + 3000 = 64300 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків статей затрат та технологічної собівартості виготовлення річної програми випуску теплообмінників зведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 - Зведені затрати на технологічну собівартість продукції

Найменування статей затрат	Значення показника, грн.	% від технологічної собівартості
Річна програма випуску виробів	500	-
Зварювальні матеріали	3870000	85.5
Заробітна плата	441415	9.75
Електроенергія	35250	0.78
Амортизаційні відрахування	116000	2.56
Затрати на поточний ремонт	64300	1.42
Технологічна собівартість річного випуску продукції	4526965	100

Висновки

1. Економічні розрахунки показали що технологічна собівартість поточного ремонту за розробленою технологією зварювання складає 64300 грн. річної програми 4526965 –грн.
2. Головними статтями технологічної собівартості є затрати на зварювальні матеріали (85.5%) та на заробітну плату основних робочих (9.75%).

Загальні висновки

- 1 Розроблено технологічні процеси зварювання вузлів теплообмінників стосовно до умов ЮУ АЕС з використанням автоматизованого комплексу, який передбачає використання можливості виконання зварних з'єднань «труба- трубна дошка» при виготовленні та ремонті трубних решіток. Розроблений технологічний може бути реалізований за допомогою програмного забезпечення роботи технологічного устаткування. Наведено опис роботи системи керування автоматизованим комплексом з головного та дистанційного пультів керування.
- 2 Виконані дослідження, зв'язані з вибором конструкції зварного вузла трубної решітки, проектування технології зварювання і оцінки якості зварних з'єднань і встановлено:

- на зразках-імітаторах вузла «ТОТ (заглушка) з трубною дошкою» вибрано тип заглушки для ремонтного зварювання трубної решітки парогенератора ПГ-1000. Укорочена заглушка АД-ЗГЛ.001.17.001 з посадковим діаметром 16 мм дозволяє герметизувати також ТОТ.
- обгрунтовано вибір сполучення зварювальних матеріалів для автоматичного зварювання МІГ ТОТ (заглушек) з трубною дошкою теплообмінника. Встановлено, що як захисний газ слід використовувати суміш $\text{Ar} + (5 \dots 10) \% \text{O}_2$; як електродний дріт Св.- 04Х19Н11М3. Використання цих зварювальних матеріалів забезпечує отримання в металі шва двофазної аустенітно-феритної структуру з вмістом δ -фериту від 5 до 10 %, завдяки чому забезпечується стійкість металу проти гарячих тріщин.

3. Розрахунковим шляхом визначені параметри режиму автоматичного зварювання МІГ кільцевих швів при вварюванні ТОТ та заглушок у трубну дошку теплообмінника. При товщині трубки $s = 2$ мм розрахункові параметри дорівнюють: $d_e = 1,2$ мм; $I_{зв} = 180$ А; $U_d = 27$ В; $v_{зв} = 35$ м/год; $q_n = 3507$ Дж/см; $Q = 9 \dots 12$ л/хв.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		99

4 Встановлено, що визначені розрахунком параметри режиму зварювання забезпечують задовільне формування кільцевих швів з'єднання «ТОТ (заглушка) – трубна дошка» при виготовленні та ремонті трубої дошки парогенератора ПГ-1000. Аналіз макроструктуродослідних зразків показав відсутність зовнішніх дефектів швів та стабільне сплавлення наплавленого металу з основним, завдяки чому має бути забезпечена герметичність зварних з'єднань при виготовленні та ремонті трубних решіток. Результати виконаних металографічних досліджень підтвердили правильність вибору технології автоматичного зварювання вузлів трубої решітки теплообмінників.

5.Економічні розрахунки показали що технологічна собівартість поточного ремонту за розробленою технологією зварювання складає 64300 грн. річної програми 4526965 –грн. Головними статтями технологічної собівартості є затрати на зварювальні матеріали (85.5%) та на заробітну плату основних робочих (9.75%).

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		100

Список використаних джерел інформації

1. Луканин, В.Н. Теплотехника. Учебн. для техн. вузов. [Текст] / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др. Под ред. В.Н. Луканина, 3-е изд. испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 671 с.
2. Будов, В.М. Конструирование основного оборудования АЭС. Учебн. пособие для вузов. [Текст] / В.М. Будов, В.А. Фарафонов.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 264 с.
3. Николаев, Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, автоматизация производства и проектирование сварных конструкций.[Текст] /Г.А.Николаев, С.А.Куркин, В.А. Винокуров - М.: Высшая школа, 1983.- 344 с.
4. Воеводин В.Н. Анализ данных контроля теплообменных труб парогенераторов ПГВ-1000 на ЮУ АЭС [Текст] / В.Н. Воеводин, А.С. Митрофанов, С.В. Гоженкой др. // Вопросы атомной науки и техники, 2018. — № 5. — С. 82-86.
5. Тяпков,В.Ф. Состояние, основные проблемы и направления совершенствования водно-химического режима АЭС[Текст]/В.Ф.Тяпков, Р.Б. Шарафутдинов // ВестникГосатомнадзораРоссии,2003.- №4.
- 6.ГОСТ 9929-82 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые стальные. Типы, основные параметры и размеры.- М.: Изд-во стандартов, 1982.
7. Бейлинов, М.И. Краткий справочник по сталям и сплавам.[Текст] /М.И. Бейлинов, Л.И. Пронской, К.:Вища школа, 1971. – 196 с.
8. ДСТУ 8804:2018. Прокат толстолистовой из нелегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия. Введен01.01.2019.
9. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учеб.для студентов вузов[Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
- 10.Режим доступа:https://metizbearing.ru/svarka/raschetno_statisticheskij_metod.html
- 11.Лебедев, В.К. Автоматизация сварочных процессов [Текст] /. Под ред. В.К. Лебедева, В.П. Черныша. – К.:Вища школа, Головное изд-во, 1986. – 296 с.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		101

12. Шолохов, М.А. Траекторные задачи при автоматической и роботизированной сварке. Методы и алгоритмы решения, датчики, программно-аппаратные средства. [Текст] / М.А. Шолохов; под научн. ред. Э.А. Гладкова, Р.А. Перковского.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, - 2015. – 168 с.
13. Вайнер, Ш. А. Фотоэлектронные системы управления [Текст] / Ш.А. Вайнер, С. А. Вайнер. - М.: Машиностроение, 1980.-205 с.
14. Рубчевский, В.Н. Исследования коррозионной стойкости сплавов на никелевой основе, как конструкционного материала для процесса сернокислотной очистки сырого бензола [Текст] / В.Н. Рубчевский, Ю.А. Чернышов, В.В. Зеленский, А.И. Савенюк, С.В. Нестеренко // Углекислотный журнал. - 2013.- № 3.- С. 41-46.
15. Режим доступа : <http://techlib.org/books/akulov-tehnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem/>
16. Мельниченко Н.Т. Монтаж и сварка конструкций из нержавеющей стали и алюминия. [Текст] / Н.Т. Мельниченко. -Л.: Машиностроение, 1968. - 208 с.
17. Голобородько, Ж.Г. Основи технології дугового зварювання суднових конструкцій [Текст]. Навч. посібник / Ж.Г. Голобородько, С.В. Драган, В.В. Квасницький // Під заг. ред. С.В. Драгана.- Миколаїв: НУК, 2013.- 386с.
18. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. Введені в дію Наказом Міністерства палива та енергетики України 14.02 2007р, № 71, ред. 5.05.2015 р.
19. Драган С.В. Розрахунки вузлів і механізмів складально-зварювальної оснастки [Текст]. Навч. посібник / С.В. Драган.- Миколаїв: НУК, 2020.-110с
20. Драган С.В. Технологія зварювання суднових корпусних конструкцій (проекування і організація) [Текст]. Навч. посібник / С.В. Драган, Ж.Г. Голобородько, І.В. Сімутеньков // під аг. ред. С.В. Драгана.- Миколаїв: НУК, 2017.-328с
21. Современные зарубежные приборы и установки неразрушающего контроля // Экспресс-информация : Приборы, средства автоматизации и системы управления. — 1997. — Вып. 6. — 46 с.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		102

22. Волченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций [Текст] /
В.Н.Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. - 152 с.

					КР.131.6121м.0 .0	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		103