

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Національний Університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут**

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри
_____ С.В. Драган
« ____ » _____ 20 ____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

**на тему: Дослідження та оптимізація технології автоматичного
зварювання трубопроводів зі сталі 08X18H10T**

Виконав: студент групи 6121м
_____ Козловський Д.С.
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи:
к.т.н., професор НУК
(посада, науковий ступень, вчене звання)

 Костін О.М.
(ПІБ)

Миколаїв, 2023 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

_____ С.В.Драган

«_____» _____ 20____ р.

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

Студенту _____ Козловському Дем'яну Святославовичу _____
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження та оптимізація технології автоматичного
зварювання трубопроводів зі сталі 08X18H10T

Керівник роботи Костін О.М

Затверджені наказом ректора № _____ від «_____» _____ 20____ року

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: технологічний трубопровід 1160 x 496, річна
програма випуску 50 шт.

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

1) Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення. 2)

Дослідження та розробка технології виготовлення трубопроводів. 3) Розробка

технологічного процесу складання та зварювання трубопроводів. 4) Охорона

праці під час проведення зварювальних та підготовчих робіт. 5) Економічна

оцінка розробленої технології.

5. Перелік презентаційних матеріалів

Тема, мета та завдання кваліфікаційної роботи, креслення трубопроводу,

зварні з'єднання та режими зварювання, розрахунок термічного циклу

зварювання, технологічна послідовність складання та зварювання,

контроль якості, економічна оцінка проєкту, загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костін О. М.		
2	Костін О. М.		
3	Костін О. М.		
4	Костін О. М.		
5	Костін О. М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення	10.10.2023	
2.	Дослідження та розробка технології виготовлення	25.10.2023	
3.	Розробка технологічного процесу складання та зварювання.	11.11.2023	
4.	Охорона праці під час проведення зварювальних робіт	25.11.2023	
5.	Економічна оцінка проекту	02.12.2023	
6.	Підготовка презентації та доповіді	10.12.2023	
7.			
8.			
9.			
10.			

Студент _____ Козловський Д.С.
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи  Костін О.М.
(підпис) (ПІБ)

Зміст

Вступ.....	6
1. Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення.....	8
1.1 Загальна характеристика конструкції.....	9
1.2. Вибір групи сталі.....	10
1.3. Способи зварювання.....	13
1.4. Типове обладнання яке використовується для зварювання трубопроводів з нержавіючої сталі.....	14
1.5 Методи контролю при зварному виробництві.....	22
1.6 Висновки, мета та завдання кваліфікаційної роботи.....	32
2. Дослідження та розробка технології виготовлення.....	34
2.1. Характеристика основного матеріалу.....	35
2.2. Призначення типів та розмірів зварних з'єднань.....	36
2.3. Розрахунок режимів зварювання.....	37
2.4. Розрахунок схильності до гарячих і холодних тріщин.....	43
2.5 Розрахунок з'єднань на напруження та деформацію від зварювання.....	48
2.6 Перевірка зварного з'єднання на дефекти за допомогою макрошліфу.....	58
Висновки.....	59
3. Розробка технологічного процесу складання та зварювання.....	61
3.1. Принципова послідовність складання та зварювання.....	62
3.2. Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів.....	66
3.3. Обґрунтування вибору зварного обладнання.....	68
3.4. Контроль якості зварних з'єднань.....	70
Висновки.....	71

4. Охорона праці.....	72
4.1 Основи охорони праці у виробництві	73
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при проведенні складально-зварювальних робіт і заходи щодо їхнього усунення	75
4.3 Розрахунок захисного заземлення.....	79
4.4 Розробка правил техніки безпеки при виконанні складально-зварювальних робіт.....	82
4.5 Охорона навколишнього середовища.....	84
4.6 Забруднення навколишнього середовища при проведенні складально-зварювальних робіт.....	85
Висновки.....	94
5. Економічна оцінка проєкту.....	95
Висновки.....	102
Загальні висновки.....	103
Список використаної літератури.....	105
Додаток.....	107

					КР.131.6121м.05.00.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Козловський			Вступ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Костін О.М.						
Реценз.						НУК ім. адм. Макарова		
Н. Контр.								
Затверд.								

ВСТУП

Інженерам завжди ставили завдання по спрощенню всіх процесів у виробництві, головні принципи завжди були: уніфікація, механізація, автоматизація, покращення логістики. Всі ці самі принципи напряду відносяться і до зварювального виробництва.

Уніфікації вдалось досягти, за рахунок стандартизації матеріалів, деталей, прокату (наприклад однакових, стандартизованих діаметрів труб, однакові діаметри зварювального дроту, суміші газу мають відповідати міжнародній класифікації, тощо...), а також всі локальні (державні) стандарти, напряду мають зв'язок з міжнародними (наприклад EN ISO).

Механізація, на сьогоднішній день розвинута, як ніколи раніше. Безліч компаній висунули на світовий ринок свої рішення з спрощення зварювальних процесів, представлені як уже відомі, значно покращені та модернізовані зварювальні апарати, так і абсолютно нові рішення, дешеві процесори зробили доступною для багатьох підприємств роботизовані варіанти зварювання.

Логістика, хоч напряду не відноситься до зварювальних процесів, проте обсяг виробництва будь-якого підприємства, яке навіть може мати людей та обладнання для виконання значного обсягу роботи, може стикнутися з проблемою логістики, та по цій причині, значно знизити свою ефективність, тому сьогодні, коли проектують нові заводи, завжди підганяють їх під ефективне використання автомобільних доріг, залізної дороги, портів, тощо...

В даному дипломному проєкті, представлена схема виготовлення типових, технологічних трубопроводів, яка використовує всі основні принципи спрощення виробництва:

1. усі матеріали, які використовуються для виготовлення є стандартними.
2. усі зварювальні процеси є широкою мірою автоматизовані, використовують тільки сучасне зварювальне обладнання, ручне зварювання виконується тільки у разі неможливості використовувати автоматизоване чи механізоване зварювання.
3. Схема заводу виробника, активно використовує принципи «конвеєру», коли всі цехи виконавши роботу, передають виріб до іншого цеху, завод напряду прилягає до автомобільної дороги для ефективного завантаження/розвантаження, в багатьох місцях, для ефективності транспортування, на заводі побудована своя залізна дорога.

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Козловський			Аналіз особливостей конструкції і можливих варіантів її виготовлення		
Перевір.		Костін О.М.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
					НУК ім. адм. Макарова		

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТА МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

1.1. Загальна характеристика конструкції

Конструкція яка представлена в роботі є технічним трубопроводом для атомної електростанції. Габаритні розміри та маса конструкції, може змінюватися, залежно від потреб замовника. Вони можуть бути як невеликого розміру (показано далі на схемі), так і займати простір 20 футового контейнеру.

Трубопровід працює в умовах статичного та динамічного навантаження і впливом навколишнього середовища.

Так як трубопровід являє собою достатньо просту конструкцію, то він придатний для автоматизованого виготовлення.

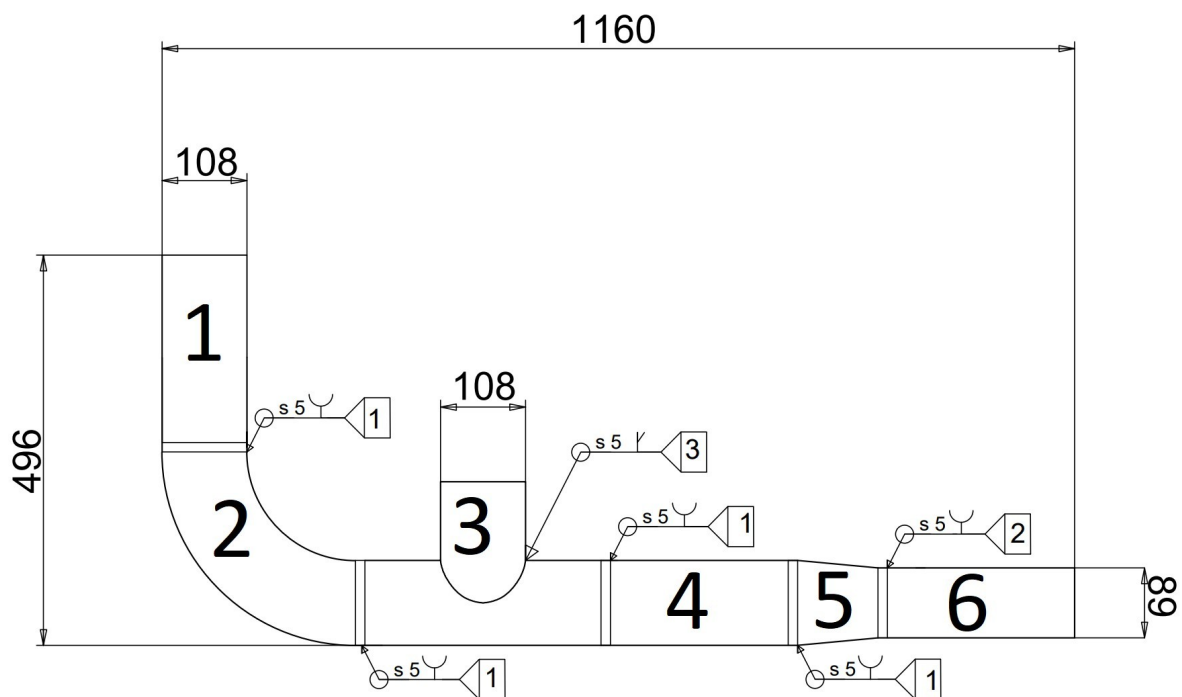


Рисунок 1.1. Загальний типовий вигляд трубопроводу.

Елементи трубопроводу, можуть як додаватися, так і відніматися, залежно від потреб замовника, основні типові елементи (див. рис. 1.1):

- пряма труба $S=5$ мм $L = 240$ мм (№1,4,6);
- поворот $S=5$ мм $R = 138$ мм (№2);

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- трійник (відвід) $S=5$ мм (№3);
- перехідник (труба конусна) $S=5$ мм (№5).

З аналізу конструкції видно, що габаритні розміри, можуть мінятися, враховуючи особливості орбітальної зварювальної головки, протяжність трубопроводу може бути від 10 см до розмірів контейнеру для транспортування. Мала протяжність зварних швів, що дає можливість використовувати автоматизоване зварювання в захисних газах, всі шви є стиковими з повним проварюванням, можливий діаметр від 50 до 168 мм, втім практика показала: найчастіше замовників цікавлять діаметри 108 та 89 мм. Замовником може бути не тільки АЕС, також подібними трубопроводами широко цікавляться в харчовій промисловості, хімічній промисловості.

1.2 Вибір групи сталі

Для відповідального трубопроводу, сталь повинна відповідати наступним вимогам:

1. Висока корозійна стійкість (щоб кислоти, та інші агресивні середовища, не руйнували трубопровід, та аби частинки трубопроводу не потрапили в потік рідини).
2. В складі не повинно бути добавок, які можуть вплинути на склад речовини, що транспортується трубопроводом (особливо актуально в харчовій і хімічній промисловості).
3. Властивість металу зберігати свої властивості при високих температурах.

Враховуючи всі вище перелічені вимоги, ми повинні повністю виключити всі низьковуглецеві, малолеговані та середньолеговані сталі. Всі вони схильні до корозії, не працюють в умовах підвищених температур, вразливі до шкідливих хімічних середовищ.

Група сталей яка нас задовольняє: нержавіючі хромисті сталі.

Нержавіюча сталь – це сталь з вмістом хрому не менше 11,5 %, та з вмістом карбону не більше 0,2 %. Особливості нержавіючої сталі можна пояснити її хімічним складом. 3 основні елементи Fe, Cr, Ni – дають достатню

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

конструктивну міцність, при цьому забезпечуючи корозійну та жароміцність. За обсягом застосування нержавіюча сталь часто застосовується в харчовій, хімічній промисловості, в холодильній техніці[1].

За структурою нержавіючі сталі поділяються на 3 групи[2]:

1. Сталі мартенситного класу
2. Сталі феритного класу
3. Сталі аустенітного класу

Сталі мартенситного класу – це корозійно стійкі неіржавні і жароміцні сталі. Корозестійкими називають сталі, котрі мають стійкість до електрохімічної корозії в атмосфері. Жаростійкими називають сталі, які стійкі до хімічного руйнування поверхні в газових середовищах при температурі більше 550 °С., які працюють в ненавантаженому або мало навантаженому стані. Корозійна стійкість мартенситних сталей, пояснюється наявністю в них хрому. При цьому на поверхні металу з'являється тонка плівка оксидів хрому, яка надійно захищає метал від руйнувань корозії. Для тієї ж мети, а також, для жаростійкості, можна добавляти Ni, Mo, W. Хром також збільшує кількість складних карбідів в сплаві, які міцніші цементиту, а частина атомів хрому в них замінена на залізо. Чим більше в сталі хрому – тим більша його кількість входить до складу складних карбідів. Важливо підмітити – наявність в сталі хрому – сильно сповільнює швидкість будь-яких фазових перетворень. В свою чергу, збільшення стабільності аустеніту – підвищує схильність до гарячих тріщин. Легований мартенсит більш пластичний, чим вуглецевий і називається голковим феритом, але така структура має погану міцність на удар. Шов виходить крихким, виростає шанс появи холодних тріщин[2].

Коли мова йде про метал шва, його структура повинна бути аналогічною до основного металу, або вона повинна бути аустенітна. [2]

Сталі феритного класу – це високохромисті сталі, які мають від 17% Cr та до 0.15% C. Перевагами таких сталей є корозійна стійкість, жаростійкість до 1100 °С. Оскільки феритні сталі однофазні, вони не схильні до утворення

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

структур гартування, оскільки не відбувається структурних перетворень при нагріванні та охолодженні. Втім сталі цього класу не рекомендують для зварювання, оскільки вони страждають від підвищеної схильності до росту зерна, яке неможливо виправити термічною обробкою, схильності металу до крихкості після нагрівання, та міжкристалічної корозії[3].

Побороти ріст зерна можна, якщо використовувати режими зварювання з низькою погонною енергією, а також зварювальними матеріалами, що містять присадки Ti, Al.

Для зниження схильності металу до крихкості від зварювання, роблять наступне: попередній підігрів 150 - 180 °C, намагаються зменшити Вуглець в металі шва та біля шовної зони, намагаються зменшити вміст таких елементів як Ti, Al (втім, останнє, збільшує ріст зерна)

Міжкристалічну корозію (сильні карбіди хрому, які випадають по границям зерна) намагаються побороти введенням в метал елементів, які утворюють міцні та стабільні карбіди (в даному випадку, ці елементи мають бути сильнішими карбідо утворювачами ніж хром), для цього додають Ti, Nb в малих кількостях[2,3].

Сталі аустенітного класу. Об'єднують в собі високу пластичність та достатню міцність, в великому діапазоні температур. Сталь цього класу, також має хорошу корозійну стійкість, в широкому діапазоні температур, а також високу жароміцність, тобто можливість працювати в навантаженому стані при високих температурах, на великих проміжках часу. Ці всі переваги, отримані за допомогою введення додаткового нікелю, який блокує ферито твірні властивості хрому, та забезпечує стійку однофазну структуру.

Однофазна структура підкреслює відмінну стійкість цієї сталі до холодних тріщин. Втім сплав страждає від гарячих тріщин. До інших проблем відносять: можливість втрати корозійної стійкості; поява пор в наплавленому металі.

Поява кристалізаційних тріщин в наплавленому металі пояснюється: теплофізичними властивостями аустеніту; транскристалітною будовою металу

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

шва; наявністю легкоплавкої евтектичної структури, яка розташована по границям стовпчастих кристалів.

Якщо описувати конкретніше: понижена теплопровідність та збільшений коефіцієнт теплового розширення, призводять до, порівняно з іншими сплавами, підвищених напружень в металі шва. Структура металу шва дендритна, при багато прохідному зварюванні, нові кристаліти ростуть зі старих дендритів. Також сплав страждає від підсолідусних тріщин.

Однак, появі кристалізаційних та підсолідусних тріщин, можна ефективно протидіяти, основні способи: Введення другої фази при умові виділення її під час кристалізації; додаткове легування деякими хімічними елементами; подрібнення первинної структури шляхом легування елементами-модифікаторами; технологічні заходи.

Численні дослідження показали, що введення в структуру аустеніту від 2 до 5 % первинного фериту, практично повністю вирішує проблему кристалізаційних тріщин. Інші експерименти показали, що на аустенітну хромонікелеву сталь, добре впливають коливання під час охолодження після зварювання, таким чином виходить добре подрібнити зерно[3].

Враховуючи всі переваги та недоліки хромистих нержавіючих сталей, було обрано сталь аустенітного класу, для виконання конструкції.

1.3 Способи зварювання

Зварювання відбувається багатьма способами, найпоширеніший це – ручне дугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом (**TIG**), головними перевагами такого способу є «чистота» зварювання [4], та точність виконуваних робіт. Доступним також є механізоване зварювання (**MIG**), при чому є 2 основних типа, з гарячим зварювальним дротом (коли зварювальний дріт проводить електричний струм[5]) та холодним зварювальним дротом (коли дуга горить між неплавким вольфрамовим електродом та виробом, а зварювальний дріт, подається окремо), головною перевагою цього типу є висока продуктивність процесу, що покращує всі показники економічності та

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

продуктивності. Існує також варіант зварювати покритими електродами (ММА), спеціально призначеними для такого типу зварювання, цей варіант використовують, наприклад, коли немає можливості розмістити всі необхідні апарати і балони для зварювання нержавіючої сталі, важкодоступні місця, або наприклад треба виконати ремонт якоїсь деталі чи вузла, а закупівля спеціально під цю ціль дорогого зварювального обладнання (TIG), не є економічно доцільною, і простіше використати широко доступні ММА апарати, видавши зварнику спеціальні електроди[6].

В якості захисного газу для зварювання нержавіючої сталі використовують **аргон** (99.95%), рідше використовують гелій та суміші гелію з аргоном. Газ для зварювання таких сталей значно дорожче, ніж суміші типу М21 (18% CO_2 + 82% Ar) чи 99.95% CO_2 , які прийнято використовувати для зварювання низьковуглецевих сталей, тому його витрати є важливою складовою в усіх економічних показниках для підприємства. Через це витрати аргону завжди стараються робити економними, і рідко ставлять більше ніж рекомендовано для конкретного типу зварювання. Витрати аргону часто прив'язують до розміру сопла зварювального пальника.

В якості зварювальних матеріалів, використовують прутки довжиною 1000 мм різного діаметру, ширина вибору також забезпечується за рахунок хімічного складу електродів, оскільки завдяки ним можна легувати, змінювати склад шва в зоні зварювання, що може бути дуже важливим, особливо на відповідальних конструкціях. Зварювальний дріт також має широкий вибір діаметрів та хімічного складу[7].

1.4. Типове обладнання яке використовується для зварювання трубопроводів з нержавіючої сталі

Зварювальні апарати, для ручного дугового зварювання. Апарат для зварювання нержавіючої сталі, зазвичай виконаний як пальник з неплавким електродом та соплом, тобто класичний **TIG**. Неплавкий електрод потрібний для запалювання та підтримування дуги, сопло формує «конус» із захисного

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

газу. «Класичні TIG» апарати дають можливість зварювати і покритими електродами, що може бути корисним для економії зварювального обладнання, збільшує варіативність виконуваних робіт на виробництві. Сучасними прикладами класичних зварювальних апаратів є:

1 Зварювальний інвертор Paton ADI 200 PRO



Рисунок 1.2 Paton ADI 200 PRO

2 Зварювальний інвертор Tesla Weld TIG 253



Рисунок 1.3 Tesla Weld TIG 253



Рисунок 1.4 AMITI TIG315P

Ці апарати є типовими прикладами сучасного зварювального обладнання, вони показують хороші характеристики дуги, при цьому мають багато сучасних функцій, типу: безконтактний підпал дуги, 2/4 тактний режим. Усі ці опції потрібні для того, аби спростити процес зварювання, зменшити втому зварника, підвищити ефективність процесу. Таке обладнання може використовуватися як

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

для ремонту трубопроводів, так і для виконання окремих елементів (наприклад зварних трійників)

Механізоване зварювання нержавіючих сталей також можливе для виконання трубопроводів, втім практика показує, що для точної роботи вони підходять значно гірше ніж звичайні «класичні» апарати для ручного дугового зварювання, а для швидкого виконання зварних стиків, з високою продуктивністю та якістю, прийнято використовувати апарати типу «кліщі» чи «колона». Приклади такого зварювального обладнання наведено далі. Типові апарати орбітального зварювання труб «кліщі»:

1 Відкриті кліщі для орбітального зварювання труб ORBIWELD TP 600



Рисунок 1.5 ORBIWELD TP 600

2 Відкриті кліщі для орбітального зварювання труб MWG – 170



Рисунок 1.6 MWG - 170

Це типові представники автоматизованого зварювання, їх об'єднує між собою висока продуктивність роботи, пальник, який є класичний TIG (тобто присутній неплавкий вольфрамовий електрод), з холодним зварювальним дротом. Таке обладнання установлюється прямо на трубу, зазвичай вага такої установки не перевищує 10 кг. Для обох апаратів доступний діаметр труб коливається від 70 до 170 мм.

Прикладом зварювальної «колони» є:

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Зварювальна колона серії MAB|MBL 15/15



Рисунок 1.7 MAB|MBL 15/15

Зварювальні апарати такого типу дозволяють зварювати трубу не тільки встик до іншої труби, а також можна виконувати повздовжні шви труби, тобто самостійно займатися виготовленням не тільки трубопроводів, а й труб. Зварювальна головка на обладнанні такого типу, може бути комбінована, тобто одночасно представлена як TIG головка з неплавким електродом, так і MIG головка де зварювальний струм подається по зварювальному дроту. Така установка підходить і для зварювання балок.

Джерелами живлення для «кліщів» та «колон» можуть служити:

1 джерело живлення MWA-400



Рисунок 1.8 MWA - 400

Джерело живлення MWA-400 інверторного типу, живиться від мережі 380 В, має вагу 120 кг, зручне для транспортування, має екран для того аби задавати програму зварювання, а також контролювати процес зварювання під час самого процесу. Багато систем захисту, збережуть як саме джерело живлення, так і допоможуть уникнути помилок при зварюванні (наприклад, апарат вкаже на відсутність контакту, або захисного газу). Зварювальний струм від 5 до 400 ампер. Для струму до 160 А, параметр ПВ = 100%, тобто машина на струмі до

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

160 А, може працювати без пауз, що корисно, коли треба організувати роботу в 3 зміни. Забезпечує зварювання імпульсним режимом (симетричний імпульс), з часом пікового струму 0.1 секунда та часом нижнього струму 0.1 секунда.

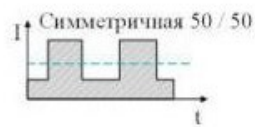


Рисунок 1.9 Симетричний імпульс

Подібні характеристики та можливості має джерело живлення:

2 Джерело живлення РА-Н110А



Рисунок 1.10 РА-Н110А

Деякі зварювальні установки мають власний, вбудований блок подачі дроту, деякі мають бути обладнанні ним додатково. Типові приклади такого апарату:

1 блок подачі дроту MWS-170



Рисунок 1.11 MWS - 170

2 блок подачі дроту FEEDER CW 06



Рисунок 1.12 FEEDER CW 06

Дане обладнання забезпечує подачу холодного зварювального дроту в місце зварювання, покриваючи широкий спектр діаметрів, та даючи можливість широко змінювати швидкість.

Зварювальні супорти. Самі по собі «кліщі» та «колона» не можуть виконувати зварювальні процеси, та збирати конструкції, оскільки виконують конкретно функцію зварювання, сам виріб, повинен на чомусь стояти, бути десь закріплений, для цього було розроблено цілу серію зварювальних супортів, далі наведено, декілька типових прикладів.

1 Трубний обертач з моторизованим супортом і осцилятором ТБ-10



Рисунок 1.13 ТБ - 10

Обертачі такого типу, найчастіше використовуються для роботи в парі зі зварювальною установкою типу «кліщі» [8], обертач затискає заготовку, тримаючи її в одному положенні, якщо потрібно, положення можна змінити, поставити під кращим, для даного процесу зварювання кутом. В парі зі зварювальною установкою типу «кліщі» можна виконувати дуже ефективно орбітальне зварювання трубопроводів, оскільки така комбінація обладнання

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

дозволяє проводити орбітальне зварювання, при цьому залишаючи зварювальну ванну в одному положенні, наприклад: зварювальні кліщі обертаються за годинниковою стрілкою зі кутовою швидкістю 60 гр/хв, отже, обертаючи заготовку в протилежному (проти годинникової стрілки годинника) напрямку, з тією самою швидкістю, їхні швидкості будуть скомпенсовані і зварювальна ванна, буде залишатися в одному просторовому положенні (зазвичай в нижньому), такий метод підвищує ефективність зварювання, оскільки шов зварений по всій довжині в одному положенні, має рівномірні умови формування та кристалізації.

2 Самоцентрувальні зварювальні позиціонери серії HGZ – 5.



Рисунок 1.14 HGZ - 5

Позиціонери такого типу зазвичай працюють в парі з зварювальним обладнанням типу «колона». Вони добре підходять для зварювання трубопроводів великих діаметрів. Зазвичай таке обладнання постачається в парі: обертач + опора, тобто, одна опора має електромотор, який дозволяє обертати трубу, що може бути корисним для процесу зварювання, інша опора є просто коліщата без приводу [9], часто додатково докупляють окремо опори без моторів. Оскільки при обертанні труби, вона з торцевої сторони ніяк не закріплена, то для обертання цілком достатньо лише одної опори з мотором, коліщата виконані з гуми, або мають гумове покриття, яке деформується від ваги трубопроводу, який зазвичай досить масивний, через це, він сам по собі не обертається.

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 Самоцентрувальні зварювальні позиціонери серії HGZ – 60



Рисунок 1.15 HGZ - 60

Виконує усі ті самі функції, що і попередній екземпляр, але вигідно виділяється наявністю вагонних коліщат (виділенні стрілками), вмонтованих в базі цього позиціонера. Така особливість дозволяє поставити його на спеціальні рейки, та швидко, в залежності від потреби, змінювати місце позиціонера (наприклад з однієї частини цеху в іншу, або розставити опори так, щоб мінімізувати стрілку прогину виробу).

4 автоматизований зварювальний позиціонер ВУ-50В



Рисунок 1.16 ВУ-50В

Часто застосовується наряду з іншими позиціонерами на зварювальних виробництвах, має простішу конструкцію, проте і займає значно менше простору цеху.

Усі ці позиціонери та зварювальні апарати є лише типовим прикладом обладнання на підприємствах, та не ж обов'язковим використання саме цих, наведених агрегатів.

1.5 Методи контролю при зварному виробництві.

Методи контролю зварних швів прийнято розділяти на 2 головні типи:

1 методи неруйнівного контролю

2 методи руйнівного контролю

Методи неруйнівного контролю – це такі методи контролю, які ніяк не руйнують фінальний готовий продукт, не порушує його властивостей та дозволяє його експлуатацію в майбутньому. Методи неруйнівного контролю:

1 **Огляд зовнішніх дефектів, технічний огляд** – зовнішній огляд і вимірювання поверхневих та наскрізних дефектів. Дозволяє знайти такі дефекти як: тріщини, пори, дефекти розмірів та форми шва, усадкові раковини, підрізи, зміщення кромок, напливи, ввігнутість шва, шлакові включення, пропал.

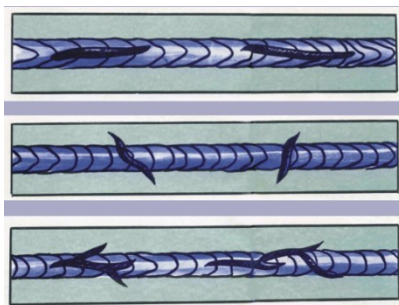


Рисунок 1.18 дефекти розміру та форми шва

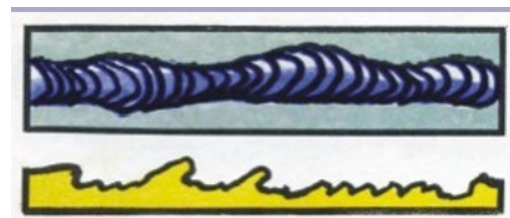


Рисунок 1.17 тріщини



Рисунок 1.19 пори

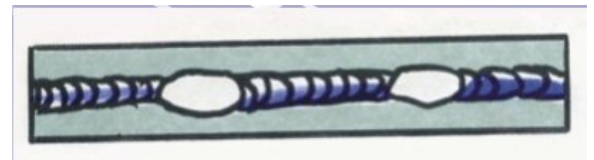


Рисунок 1.20 усадкові раковини

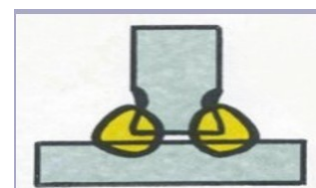




Рисунок 1.21 шлакові включення

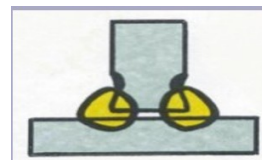


Рисунок 1.22 підрізи



Рисунок 1.23 зміщення кромки

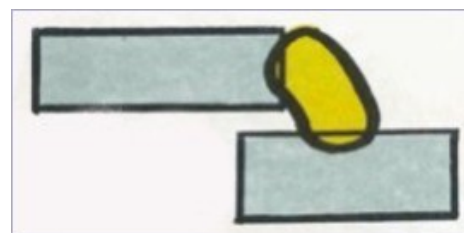


Рисунок 1.24 ввігнутість шва

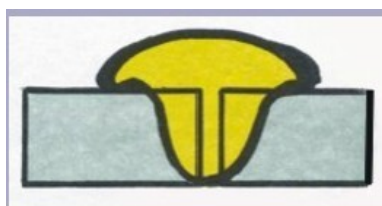


Рисунок 1.25 напливи

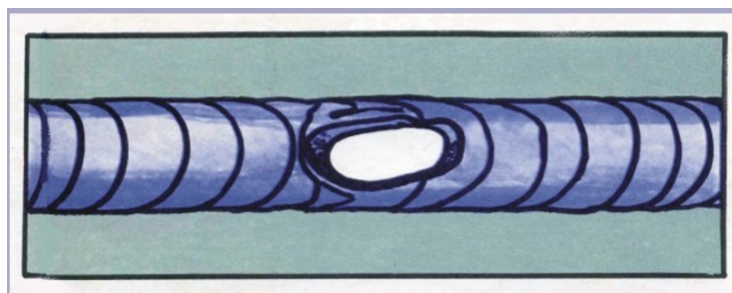


Рисунок 1.26 пропал

Інструментами для технічного огляду є: лінійки, лекала, штангенциркулі різних типів та форм, лупи різного збільшення[10]. Наприклад: шаблон конструкції О. І. Красовського, який дає змогу проводити виміри як таврових так і стикових з'єднань, виміри зазору між кромками

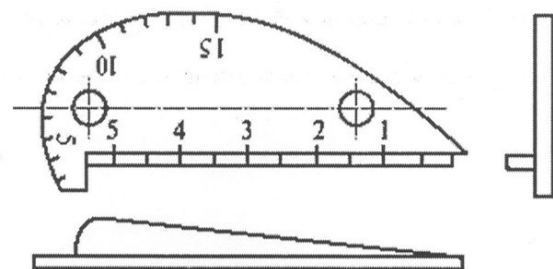


Рисунок 1.27 шаблон О. І. Красовського

Універсальний шаблон зварювальника, дозволяє провести виміри куту скосу кромки, виміри розміру притуплення, виміри зазору в з'єднанні



Рисунок 1.28 універсальний шаблон зварювальника.

Є також багато інших шаблонів та інструментів для первинного огляду.

Дефекти які неможливо побачити неозброєним оком, також мають бути знайдені та відмічені, для того аби їх можна було виправити/видалити.

Внутрішні дефекти бувають: не провари, пори, тріщини, шлакові включення, внутрішні напливи.

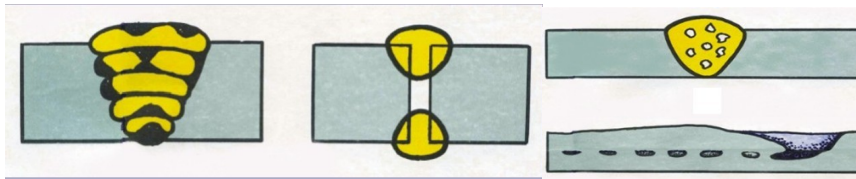


Рисунок 1.29 непровари

Рисунок 1.30 пори

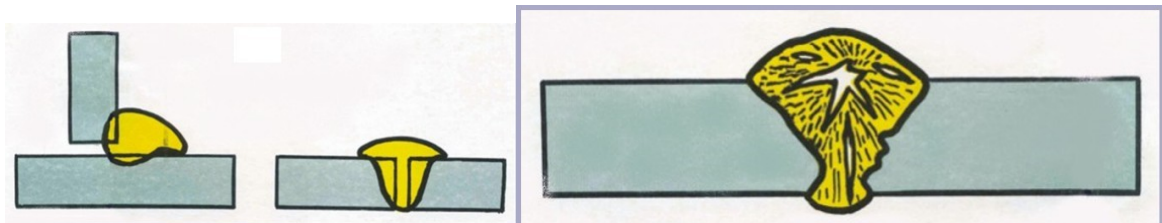


Рисунок 1.31 приховані напливи

Рисунок 1.32 тріщини

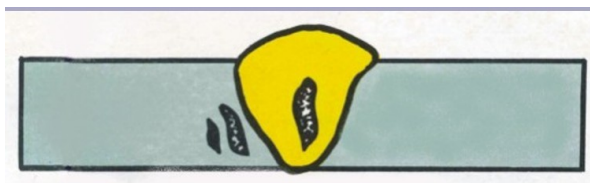


Рисунок 1.33 шлакові включення

Знайти такі приховані від людського ока дефекти можна, за допомогою наступних методів неруйнівного контролю:

2 капілярний метод

Даний спосіб контролю використовує властивість рідини зтягуватися в дуже дрібні капіляри. Швидкість і ступінь проникнення всередину матеріалу пов'язана з його змочуваністю і діаметром капілярів. Чим більше змочується сплав і тонше капіляри - глибше проникає рідина.

Капілярний спосіб контролю якості шва дозволяє мати справу не тільки з будь-якими металами, але і з керамікою, пластмасою, склом. Головне його застосування пов'язане з проявом зовнішніх вад, які неможливо або важко визначити неозброєним оком. Іноді, використовуючи, наприклад, гас, можна виявити наскрізні дефекти[10].

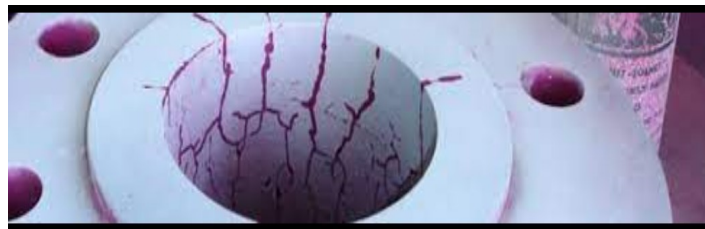


Рисунок 1.34 Проявлення дефектів капілярним способом

3 Радіаційний контроль. Виявлення дефектів засноване на різному поглинанні металом і неметалевими речовинами проникаючого випромінювання. Як джерело подібних випромінювань застосовуються рентгенівські апарати, що дозволяють отримати гальмівне (рентгенівське) випромінювання, у-випромінювання (ізотопне), різного типу прискорювачі (прискорювачі електронів, Бетатрон).

Радіографічний контроль з фіксацією зображення на плівці або папері є головним способом радіографічного контролю. Його перевага - можливість збереження документального свідчення результатів просвічування і простота контролю[10].

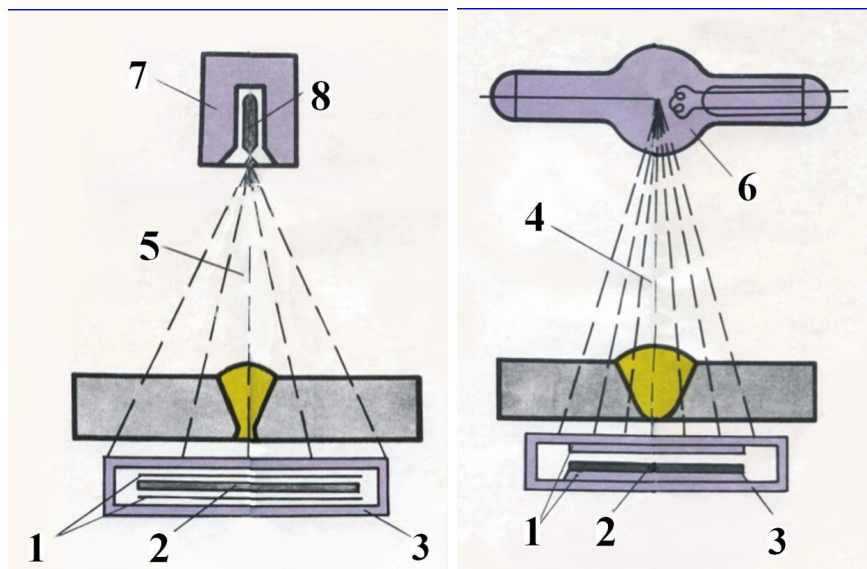


Рисунок 1.35 загальні схеми радіаційного контролю

Де 1 – фотоплівка, 2 – касета, 3 – екрани, 4 – рентгенівські промені, 5 – гамма промені, 6 – рентгенівська трубка, 7 – свинцевий кожух, 8 – ампула радіоактивної речовини.

4 Магнітна та віхреструмова дефектоскопія

Віхреструмові методи контролю засновані на аналізі взаємодії зовнішнього електричного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, які надані збудженням катушки в електропровідному об'єкті контролю. Густина вихрових струмів в об'єкті залежить від геометричних та електромагнітних параметрів об'єкту. Віхреструмова проникність падає з товщиною об'єкту контролю, тому такий метод ефективно використовувати для перевірки поверхні виробу на дефекти, які неможливо побачити неозброєним людським оком.

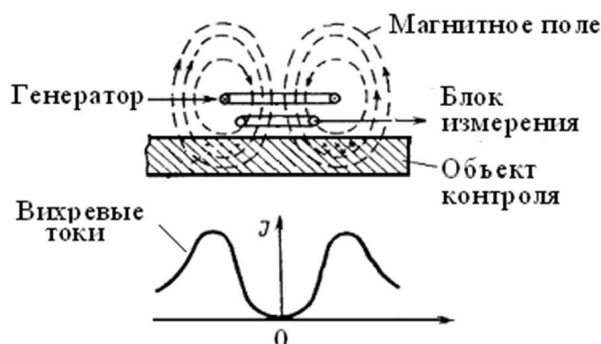


Рисунок 1.36 принципова схема віхреструмової дефектоскопії

Магнітна дефектоскопія, метод заснований на аналізі взаємодії постійних магнітних полей з феромагнітним об'єктом контролю і фіксації полей розсіювання, пропорційних товщині контрольованого виробу. Магнітопровідність повітря та металу різко відрізняється, величина зміни полей розсіювання головним чином пов'язана з фізичними розмірами дефектів [3,10].

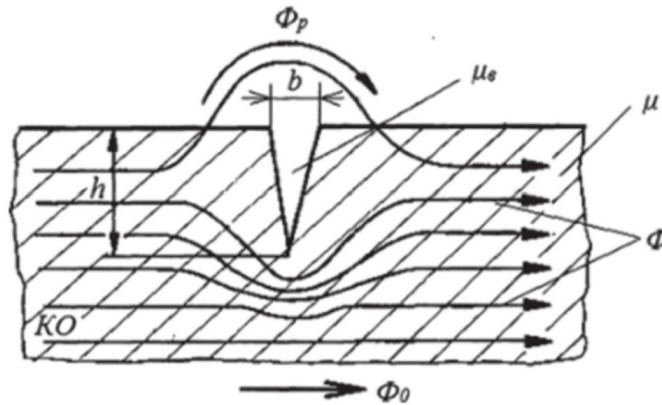


Рисунок 1.37 принципова схема розсіювання магнітного потоку в районі дефекту.

5 Ультразвукова дефектоскопія

Один із найточніших варіантів виявлення дефектів у зварювальному шві. В його основі лежить властивість ультразвукових хвиль відбиватися від поверхні матеріалів або середовищ з різними густинами. Якщо зварний шов не має всередині себе дефектів, тобто, його щільність однорідна, то звукові хвилі пройдуть крізь нього без перешкод. Якщо всередині є дефекти, вони відіб'ються від дефекта. Використовують хвилі частотою від 200кГц до 100МГц.

Ультразвук буде відбиватися від металевій площині пори або тріщини, і повернеться назад, відображаючись на датчику. Необхідно відзначити, що різні вади відображають хвилі по-різному. Тому можна підсумок дефектоскопії класифікувати.

Це найзручніший і найшвидший спосіб контролю зварних з'єднань трубопроводів, посудин та інших конструкцій. Головний мінус – складність розшифрування отриманих сигналів, тому з такими приладами працюють

тільки висококваліфіковані фахівці. Є різні схеми проведення контролю, які можуть використовуватися при різній геометрії зварного з'єднання[10].

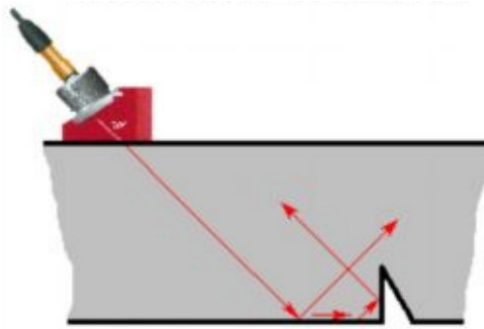


Рисунок 1.38 Типова схема ультразвукового контролю

6 Пошук щілин – метод неруйнівного контролю, з використанням проникаючих речовин. Його суть полягає у тому, що спеціальні речовини (пенетратори) проникають в щілини об'єкта, показуючи їх розміри і форму.

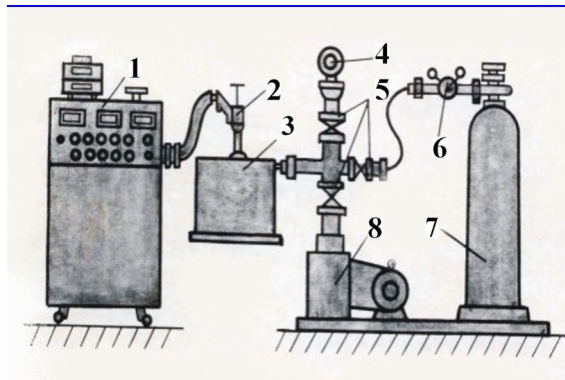


Рисунок 1.39 Типова схема обладнання для пошуку щілин, де: 1 гелієвий датчик, 2 щуп, 3 закрита зварна конструкція, 4 вакуумметр, 5 клапани, крани, 6 газовий редуктор, 7 балон з гелієм, 8 вакуумний насос.

Методи руйнівного контролю – такі методи контролю, коли зварюють зразки з'єднань, подібних до тих, які будуть використовуватися на деталях та вузлах, на аналогічних режимах, для того щоб провести випробування на міцність, удар, тріщиностійкість і т.п. Методи руйнівного контролю дають напряму оцінити можливі переваги та недоліки спроектованих зварних швів.

Методами руйнівного контролю є:

1 вимірювання твердості

Вимірювання твердості відбувається за 3 основними методами[10]:

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

1.1 метод Брінеля – спосіб визначення твердості, за діаметром відбитка, який залишає металева кулька, що втискається в поверхню. Показником твердості вважають відношення прикладеного зусилля при випробуванні, до площі відбитка. Оцінюється в одиницях HB

1.2 метод Роквелла – спосіб визначення твердості, за глибиною відбитка алмазного конуса, що втискається в поверхню. Оцінюється в одиницях HRC. За цим методом, матеріал з безкінечною твердістю має показник в 100 HRC.

1.3 Метод Віккерса – спосіб визначення твердості, за площею відбитку, яку залишає після себе алмазна пірамідка. Показником твердості є відношення докладеного зусилля до площі відбитка. Оцінюється в одиницях HV.

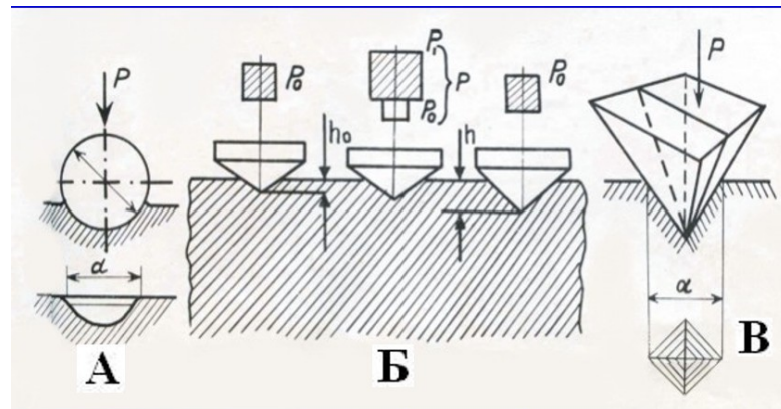


Рисунок 1.40 Схема вимірювання твердості: А по Брінелю, Б по Роквелу, В по Віккерсу.

- 2 **Випробування на статичний розтяг** – випробування на стандартних зразках круглого (рідше прямокутного) перерізу в умовах розтягування їх осьовою силою за допомогою розривної машини. Під час випробування знаходять :1 границю міцності, 2 границю плинності, 3 зусилля на руйнування, 4 область деформаційного зміцнення, 5 область деформаційного знеміцнення.

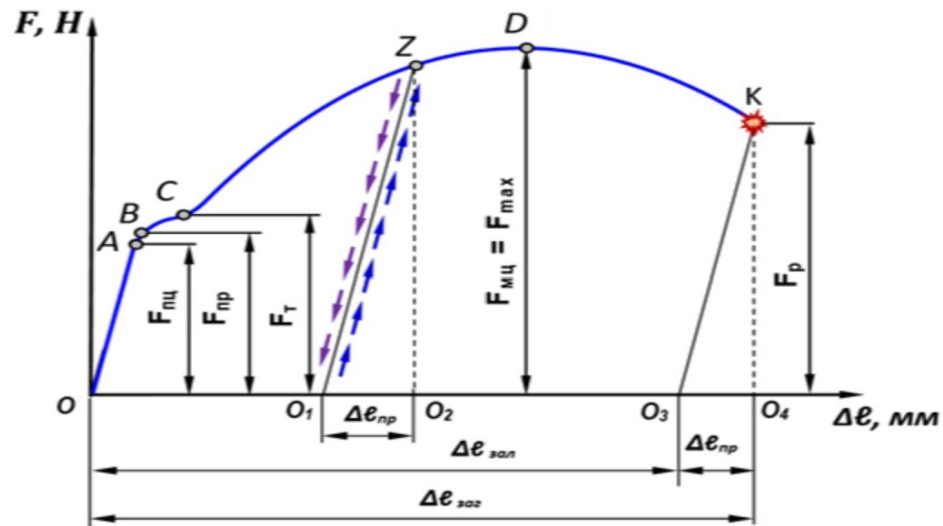


Рисунок 1.41 типова діаграма розтягу

Одиницями виміру є МПа

Зразки вирізають зі швів, або біля шовної зони, залежно від цілі випробування.

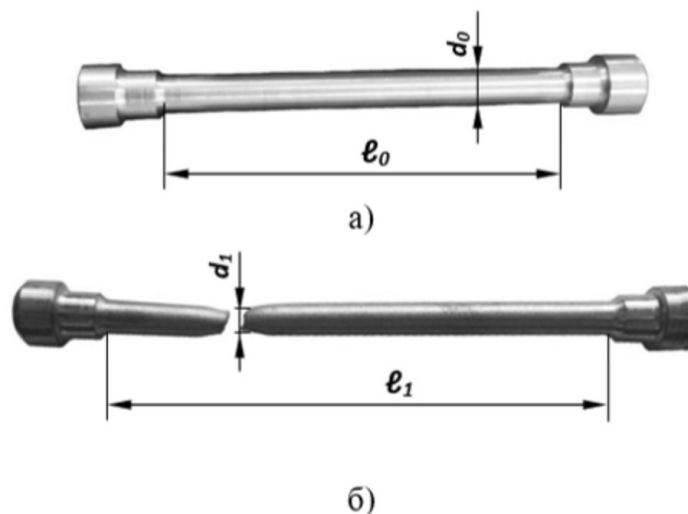


Рисунок 1.42 Типовий зразок на випробування розтягу: а) до розтягу, б) після розтягу.

- 3 **Випробування на ударну в'язкість** – випробування, яке має на меті, визначити здатність матеріалу поглинати енергію в процесі деформації і руйнування під дією ударного навантаження. Оцінкою є робота, що виконана при ударному згині, віднесеною до площі перерізу в місці надрізу. Вимірюється в Дж/м². Ударна в'язкість є відносною характеристикою,

проте вона дає хороше розуміння про здатність матеріалу, протистояти крихкому руйнуванню.

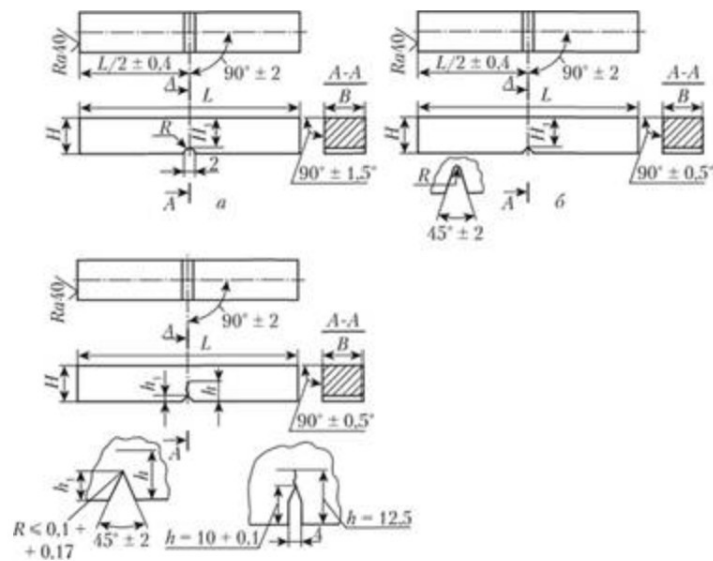


Рисунок 1.43 Типові форми та надрізи на заготовках для визначення ударної в'язкості

Зразки мають 3 типові надрізи по формі літер У та V , літерою Т позначають зразок на випробування тріщиностійкості[3,10].

- 4 **Випробування на втому** – випробування різних зразків, з різних ділянок зварного шва, необхідне, для оцінки роботи металу шва, в робочих умовах. Навантаження є циклічними, змінними за знаком, можуть бути різні за способом надання: розтяг, стиск, згин, кручення, або навіть комбінація декількох. Виконується дуже нечасто, оскільки вимагає велику кількість часу.

Усі випробування регламентовані наступними стандартами:

ISO 15614-1

ISO 5817

1.6 Висновки, мета та завдання кваліфікаційної роботи

1. Було визначено загальну концепцію конструкції, наведено її типовий вигляд та габарити, описано варіативність елементів, відповідно від вимог призначення, було обрано типовий трубопровід габаритами 1160мм * 496мм.
2. Встановлено групу сталі, яка найкраще підходить для виконання завдання такого типу, обґрунтовано переваги аустенітної хромонікелевої

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нержавіючої сталі (2-5% Фериту), а саме: термостійкість, корозійна стійкість, стійкість до хімічних подразників. Сталь цієї групи має чудову стійкість до холодних тріщин, а при правильному підборі сталі за хімічним складом, можна уникнути, в тому числі, і кристалізаційних тріщин від зварювання.

3. Наведено типові способи зварювання для вибраної групи сталей, описано їх недоліки та переваги, особливості при виконанні зварювання.
4. Наведено типове обладнання яке може використовуватися, для виконання заданої конструкції, і для заданого типу сталі. Описано їх особливості використання, основні характеристики.
5. Описано типові методи руйнівного та неруйнівного контролю зварних з'єднань, для обраної групи сталей, підходять зовнішній огляд та радіографічний контроль.

Виходячи з цього, метою даного дипломного проекту є розробка технології складання та зварювання технологічних трубопроводів, яка забезпечила б мінімізували використання немеханізованих способів зварювання, підвищила загальну продуктивність, скорочення собівартості і підвищення якості продукції. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. обрати раціональну послідовність виготовлення, визначити допоміжне зварювальне обладнання, оптимальні способи зварювання, розрахувати режими зварювання;
2. Виконати аналіз структури і властивостей одержуваних зварних з'єднань;
3. Вибрати зварювальні матеріали і обладнання які найкраще підходять для поставленого завдання;
4. Розробити ефективні заходи з охорони праці;
5. Виконати економічну оцінку ефективності.

					КР.131.6121м.05.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

					КР.131.6121м.05.02.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Козловський			Дослідження та розробка технології виготовлення трубопроводів			Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Костін О.М.									
Реценз.								НУК ім. адм. Макарова			
Н. Контр.											
Затверд.											

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУДОПРОВОДІВ

2.1 Характеристика основного матеріалу

Враховуючи призначення конструкції, в даній роботі було вибрано сталь 08X18H10T.

Нержавіюча сталь 08X18H10T належить до корозійно- та жаро- стійких хромонікелевих сплавів. Має високі експлуатаційні характеристики, механічна міцність і довговічність матеріалу дозволяє використовувати його для різних вузлів та агрегатів, які будуть працювати в агресивних середовищах, в тому числі з підвищеними температурами.

Таблиця 2.1. Хімічний склад 08X18H10T, % мас.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe	Cu	Ti
0.08	0.8	До 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	Близько 65	до 0.3	1

Таблиця 2.2. Механічні властивості, та вид поставки 08X18H10T

ГОСТ	Вид поставки термообробка	Товщин и мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	$\delta_5(\delta_4)$ (%)	ψ %
ГОСТ 5949-75	Прутки.Гартування 1020-1100 °С, повітря, масло,вода .	60	196	490	40	55
ГОСТ 18907-73	Прутки шліфовані , оброблені на задану міцність .	1-30	-	590-830	20	-
ГОСТ 7350-77 (зразки поперечні) ГОСТ 5582-75 (Зразки поперечні)	Листи гарячекатані и холоднокатані : - гартування 1000-1080 °С,вода , повітря.	Св. 4	206	509	43	-
	- гартування 1050-1080 °С,вода , повітря.	До 3,9	-	520	40	-
ГОСТ 25054-81	Поковки.гартування 1050-1100 °С, вода або повітря .	1000	196	490	35	40
ГОСТ 9940-81	Труби безшовні гарячедеформовані без термообробки	3,5-32	-	510	40	-

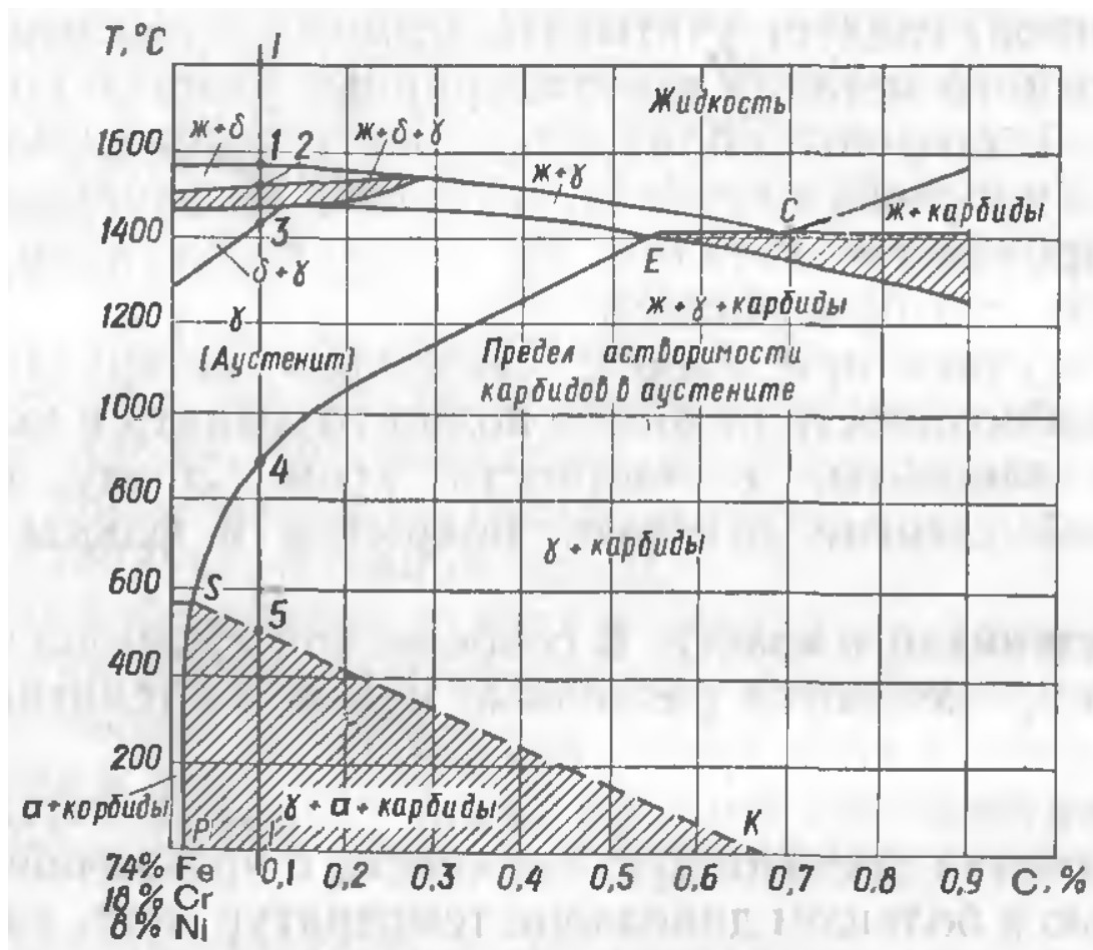


Рисунок 2.1 Діаграма стану (18%Cr+8%Ni) [2]

Найближчі закордонні аналоги

Євросоюз EN 1.4541

США AISI 321

2.2. Призначення типів та розмірів зварних з'єднань.

Як видно з аналізу конструкції трубопроводу він має не велику протяжність швів із за не великих габаритних розмірів. Основний тип зварних з'єднань стикові[11]. Параметри всіх зварних з'єднань приведено в таблиці 2.3.

1. Приварювання стиків труб діаметру 108 мм виконується згідно EN ISO 9692 тип з'єднання 2.2.

2. Приварювання стиків труб діаметру 89 мм виконується згідно EN ISO 9692 тип з'єднання 2.2.

3. Зварювання трійника діаметру 108 мм виконується згідно EN ISO 9692 тип з'єднання 1.9.1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.131.6121м.05.02.ПЗ

Арк.

36

Таблиця 2.3. Таблиця зварних з'єднань за EN ISO 9692-1.

№	Умовне позначення зварного з'єднання за EN ISO 9692-1	Конструктивні елементи		t,мм	b,мм	C,мм	β
		Підготовка крайок зварювальних деталей	шва зварного з'єднання				
1	1.8			5	0	2.5	8
2	1.8			5	0	2.5	8
3	1.9.1			5	1	1	40...50

Примітка : кут β в 3 з'єднанні змінюється від 50° до 40° , залежно від місця зварювання, оскільки при зварюванні трійника є ділянки, де стінки труб утворюють кут 90° (тут β рівне 50°), а є де стінки утворюють кут майже 180° (тут β рівне 40°).

2.3. Розрахунок режимів зварювання.

Ручне дугове зварювання неплавким електродом в атмосфері захисних газів, тип 1.8 за EN ISO 9692-1.

Приварювання стику труб діаметра 108 мм.



Рисунок 2.2. Зовнішній вигляд та підготовка крайок під зварювання.

Підбір параметрів зварювання TIG процесу, широкою мірою виконується завдяки довідниковій літературі.[3,4,6,12,13]

Беремо до уваги, що діаметр вольфраму в зварювальній головці 2.4 мм.

Зварне з'єднання стику труби, виконується в 2 проходи:

1. Корінь шва, виконується без присадкового матеріалу.
2. Завершальний прохід – заповнює шов присадковим металом, має також забезпечити сплавлення всього шва.

Джерело живлення забезпечує зварювання імпульсним (симетричним струмом), відповідно до зварювального струму, має бути вибраний піковий та нижній струм.

Напруження U дуги при TIG зварюванні = 12 Вольт.

Сила струму: вважається, що для стабільного проплавлення при TIG зварюванні, на 1мм товщини металу, потрібно брати не менше 30 А і не більше 60 А [2,5]. Візьмемо значення 40 А.

Товщина металу при 1 проході = 2.5 мм.

$$I = c * 40 \quad (2.1)$$

$$I = 2.5 * 40 = 100 \text{ (A)}$$

Враховуючи, що імпульс в джерела симетричний, розрахуємо верхню силу струму, враховуючи, що нижня сила струму при імпульсному режимі рівний 60 А.

$$I_{\max} = 2 * I - I_{\min} \quad (2.2)$$

$$I_{\max} = 2 * 100 - 60 = 140 \text{ (A)}$$

Отже, Максимальна сила струму = 140 А.

Швидкість зварювання – для спрощення процесу зварювання і для того щоб забезпечити подібність термічних циклів, швидкості 1 та 2 проходу, прийнято робити однаковими. При цьому, є 2 ключових фактора:

1. Швидкість, при уже заданих Силі струму та напрузі, треба вибирати так, щоб погонна енергія, не перевищувала, максимально дозволена.

Для аустенітних нержавіючих сталей = 2500 Дж\мм

2. Швидкість зварювання, повинна давати зварювальному дроту, нормально розплавлятися та заповнювати зварювальну ванну, для її стабільного формування, та щоб не допустити, утворення пор в шві, що є недопустимим дефектом, оцінку цього процесу, дає сам оператор-зварник. *Експериментально*, було встановлено, що при зварюванні дротом діаметру 1 мм, та при швидкості подачі дроту 550 мм\хв досягається оптимальне сплавлення.

Отже, погонна енергія для кореневого шва буде

$$Q = \frac{k * I * U}{V} \quad (2.3)$$

,де k коефіцієнт для TIG процесу = 0.6

$$Q = (0.6 * 100 * 12) / 1 = 720 \text{ Дж/мм, що менше } 2500 \text{ Дж/мм}$$

Заповнювальний прохід повинен буде забезпечити проплав на глибину, мінімум на 3 мм (2.5 мм для залишку стінки труби, та мінімум 0.5 мм для підсилення шва). Відповідно, беручи 40 А на 1 мм товщини, розрахую силу струму для заповнювального проходу

$$I = t * 40$$

$$I = 3 * 40 = 120 \text{ (A)}$$

Розрахуємо I_{max}

$$I_{\max} = 2I - I_{\min}$$

$$I_{\max} = 2 * 120 - 60 = 180 \text{ (A)}$$

Отже, погонна енергія для заповнювального шва буде $Q = \frac{k * I * U}{V}$

,де k коефіцієнт для TIG процесу = 0.6

$$Q = (0.6 * 120 * 12) / 1 = 864 \text{ Дж/мм, що менше } 2500 \text{ Дж/мм}$$

Розрахунок для труби діаметру 89 мм, буде аналогічний, оскільки має однакову товщину стінки та однакову розробку крайок.

Довжина шва для труб

$$L = d * \pi \quad (2.4)$$

$$108 * 3.14 = 340 \text{ мм}$$

$$89 \cdot 3.14 = 280 \text{ мм}$$

Ширина шва, при обох діаметрах, буде рівною 10...14 мм, завдяки коливанням зварювальної головки, з амплітудою 2.8...3.2 мм.

Визначимо $V_{\text{под}}$.

Було проведено експерименти, які мали на меті дізнатися, як впливає швидкість подачі зварювального дроту, на висоту підсилення шва, не змінюючи інших характеристик. Дані по підсиленню, дещо коливаються, оскільки товщина металу (δ) під час кореневого проходу, може дещо коливатися, і бути відмінною від рекомендованої 2.5мм

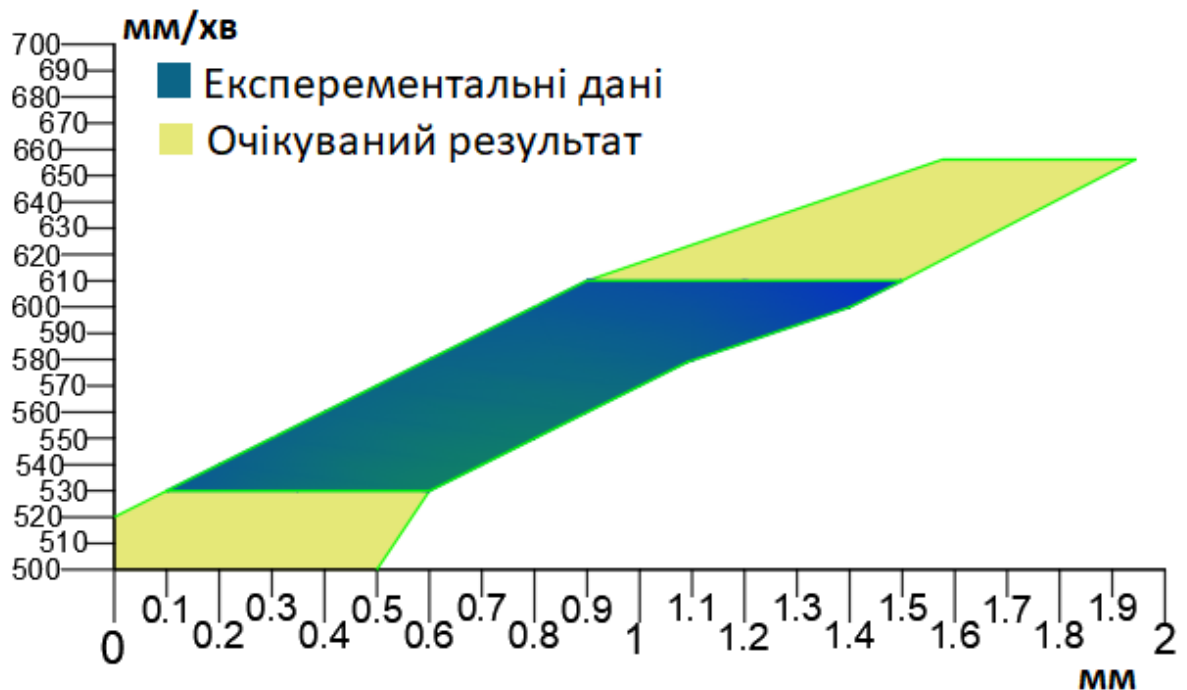


Рисунок 2.3 Залежність висоти опуклості шва, залежно від швидкості подачі зварювального дроту.

Зварювання трійника виконується відповідно до EN ISO 9692 тип з'єднання 1.9.1, враховуючи особливість зварювання трійника, доцільно буде розрахувати 2 типи шва:

1. Тип 1.9.1 з кутом $B = 40^\circ$
2. Тип 1.9.1 з кутом $B = 50^\circ$

Зварювання 2 типів, буде відбуватися на однакових параметрах, відмінності будуть пов'язані, з відмінністю в геометрії.

Сила струму: як було сказано раніше, чітких формул для TIG зварювання, може і не бути, відомо лише експериментальні дані, що на 1 мм металу виставляють 30 – 60 А. Нажаль геометрія з'єднання складніша, і тут важко вибрати струм, як при попередньому зварюванні. Зварювання TIG, подібне до MMA, однак електрод неплавкий. Використавши формулу зварювального струму при MMA зварюванні, розрахую силу струму.

$$I = \frac{\pi * d^2}{4} * j \quad (2.5)$$

Де, d – діаметр електроду (2.4 мм), j – густина струму (для TIG процесу = 20...30 А/мм² [3])

$$I = \frac{3.14 * 2.4^2}{4} * 20 = 90 \text{ (А)} - \text{сила струму кореневого проходу.}$$

Силу струму при TIG зварюванні при наступних проходах, прийнято піднімати на 10 – 30 %[12]

Прийmemo силу струму для заповнюючих проходів рівною 120 А.

Діаметр присадних дротів: рекомендовано для корневих проходів використовувати діаметр 1 – 1.2 мм. Приймемо 1 мм.[12]

Діаметр зварювального дроту: прийmemo 2 мм.

Розрахувати точно продуктивність при TIG зварюванні також складно, з довідникової літератури, вдалось визначити, що при TIG зварюванні, цей показник, дещо нижчий ніж при MMA .[3,5,12]

Таблиця 2.4 Експериментально визначена продуктивність для MMA та TIG

Вид зварювання	Продуктивність
MMA	0.5-2 кг/год
TIG	0.5-0.8 кг/год

Розрахуємо площу наплавленого металу, користуючись формулами для MMA зварюванні, враховуючи меншу продуктивність TIG, дещо знизивши показники.

$$S1 = (4...8) * d = 6...8 \text{ (мм}^2\text{)} \text{ прийmemo (6 мм}^2\text{)}. \quad (2.6)$$

$$S_n = (5 \dots 10) * d = 10 \dots 20 \text{ (мм}^2\text{)} \text{ приймаємо } 10 \text{ (мм}^2\text{)}. \quad (2.7)$$

Швидкість зварювання для TIG процесу, оцінюється, залежно від типу проходу (кореневого чи заповнювального) та кваліфікації зварника. З довідникової літератури [3,6,12].

Таблиця 2.5 експериментально визначена $V_{зв}$ для TIG

Тип шва	Швидкість зварювання
Кореневий	0.5 – 0.8 (мм/с)
Заповнюючий	0.5 – 1 (мм/с)

Приймаємо $V_{зв}$ для кореневого шва = 0.65 мм/с

Приймаємо $V_{зв}$ для заповнювального шва = 0.75 мм/с

Визначимо кількість проходів для 1.9.1 тип 1 та 2. Для цього нам потрібно знати площу поперечного перерізу шва. Було побудовано та вираховано площу швів за допомогою системи **AutoCAD**:

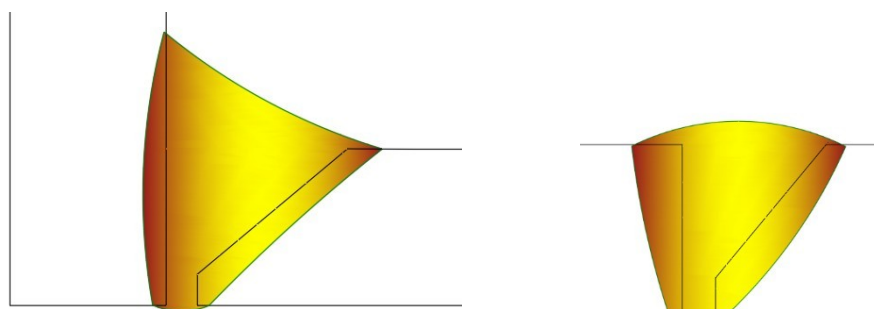


Рисунок 2.4 Зварні шви для з'єднання 1.9.1

$$F1 = 36 \text{ мм}^2$$

$$F2 = 24 \text{ мм}^2$$

Розрахуємо кількість проходів при F1:

$$n = \frac{F - S_1}{S_n} + 1 \quad (2.8)$$

$$N = (36 - 6)/10 + 1 = 4 \text{ Проходи.}$$

Розрахуємо кількість проходів при F2:

$$N = (24 - 6)/10 + 1 = 2.8 = 3 \text{ Проходи.}$$

Розрахуємо погонну енергію для кореневого та заповнюючого швів.

$$Q = \frac{k \cdot I \cdot U}{V}$$

$$Q_{\text{кор}} = (0.6 \cdot 90 \cdot 12) / 0.65 = 997 \text{ (Дж/мм)}$$

$$Q_{\text{зап}} = (0.6 \cdot 120 \cdot 12) / 0.75 = 1152 \text{ (Дж/мм)}$$

Таблиця 2.6 Зварювальні режими

Тип шва	Тип зв.	I А	U В	Vзв мм/с	Q кДж/мм	Vпод м/хв
1.8 корінь	141FM	100	12	1	0.72	N\A
1.8 запов.	141FM	120	12	1	0.864	0.55
1.9.1 корінь	141MW	90	12	0.65	0.997	N\A
1.9.1 запов.	141MW	120	12	0.75	1.152	N\A

2.4 Розрахунок схильності до гарячих і холодних тріщин

Гарячі тріщини при зварюванні – крихкі, міжкристалічні руйнування металу шва і зони термічного впливу, що виникають при твердодіагностичному стані при завершенні кристалізації, а також в твердому стані на етапі високих температур, на етапі розвитку міжзернової деформації.

Вважається, що схильність до гарячих тріщин мають всі конструкційні сплави.

Відповідно до теоретичних уявлень про появу гарячих тріщин головні причини їх утворення:

1. Температура інтервалу крихкості (ТІК) в період кристалізації металу шва.
2. Мінімальна пластичність в ТІК
3. Темпи високотемпературної зварювальної деформації.

Сплави в процесі кристалізації мають інтервал температур, названий **ТІК** (температурний інтервал крихкості), при якому значення міцності і пластичності сильно знижені, а руйнування має крихкий характер і відбувається по зонам схрещення кристалітів або по границях зерен.

В початковий період кристалізації поява твердої фази не знижує деформаційну властивість сплаву, так як метал деформується за рахунок відносного переміщення ділянок твердої фази і циркуляції рідкої фази між ними. З подальшим охолодженням, постійно зменшується об'єм рідкої фази і метал переходить в твердо-рідкий стан, це призводить до зіткнення кристалітів при деформації. Це обмежує циркуляцію рідкої фази і різко знижує деформаційну властивість сплаву до мінімуму. D_{min} . Температура, що відповідає цьому стану, називається верхньою границею ТІК (Тв.г.). При деформації такого металу кристаліти сприймають в місцях контакту напруження, що сприяє появі визначеного рівня спротиву деформації. Нижня границя ТІК (Тн.г.) відповідає невірноваженому солідусу $T_{с.н}$. Нижче $T_{н.г.}$ деформаційна властивість різко зростає і досягає максимуму, так як в деформації приймає участь весь об'єм затвердівшого металу.

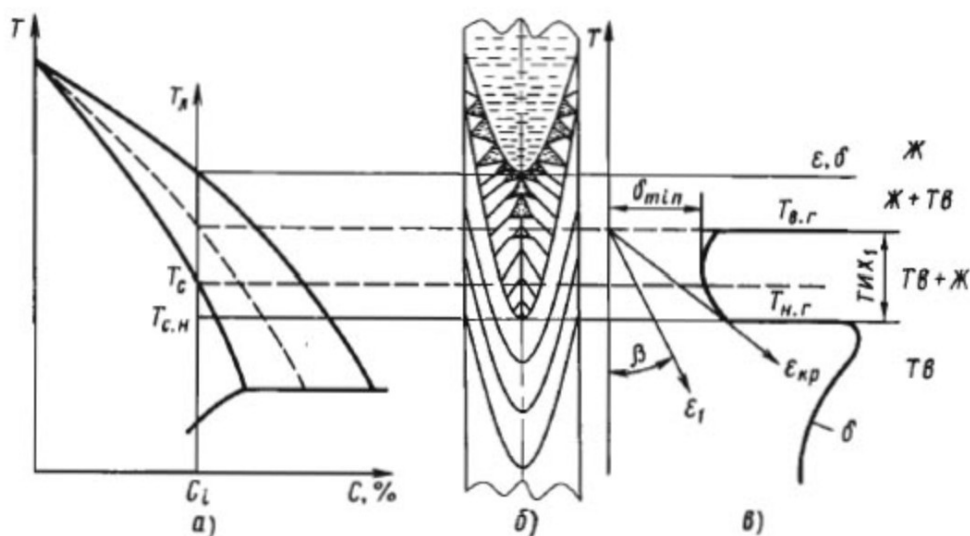


Рисунок 2.5 Схема процесу утворення гарячих тріщин

Початок росту високотемпературної зварювальної деформації Е відповідає появі опору двухфазового твердорідкого металу деформації. Інтенсивність цих деформацій кількісно визначається величиною темпу деформації:

$$\alpha = \Delta \varepsilon / \Delta T = \operatorname{tg} \beta, \quad (2.9)$$

Вірогідність руйнування визначається відношенням між темпом деформації металу шва і його деформаційною властивістю. Кількісно останню можна оцінити критичним темпом деформації:

$$\alpha_{\text{кр}} = \frac{\delta_{\min}}{\text{ТИХ}} = \operatorname{tg} \beta_{\text{кр}} \quad (2.10)$$

Перевищення α дійсного α вичерпує пружно-пластичні властивості металу в ТІК і призводить до утворення гарячих тріщин. Відповідно величина $\alpha_{\text{кр}}$ – оцінка властивості опору гарячим тріщинам. Гарячі тріщини в ТІК1 утворюються по рідким проміжкам в період завершення кристалізації шва, а також в біля шовній зоні по оплавленим границям в період нагріву. Такі тріщини називають кристалізаційними, та є характерними для всіх типів сплавів. Існують також гарячі тріщини при ТІК2 та ТІК3.

Гарячі тріщини ТІК2 утворюються в закристалізованому шві і біля шовній зоні в період інтенсивного розвитку процесів самодифузії атомів основи сплаву і міграції зерен. В результаті цих процесів відбувається міжкристалітне просковзування, що призводить до зародження гарячих мікро-тріщин. Такі тріщини називаються підсолідусними, вони характерні для однофазних аустенітних і нікелевих сплавів.

Гарячі тріщини в ТІК3 утворюються внаслідок обкрихчення, зумовленого розпадом з твердого розчину з випадом мілкодисперсних інтерметалідних і карбонатних фаз. Дисперсне зміцнення об'єму зерен

призводить до локалізації пластичних деформацій по граничним ділянкам, відносному ковзанню зерен і зародженню гарячих мікротріщин. Такі гарячі тріщини називаються тріщини дисперсного твердіння. Гарячі тріщини такого типу характерні для високолегованих гетерогенних жароміцних аустенітних і нікелевих сплавів.

Для того аби уникнути характерних для аустенітних високолегованих сталей гарячих тріщин, особливо характерних при ТІК2 та ТІК3, можна вживати наступних заходів:

1. Введення другої фази при умові виділення її в процесі кристалізації
2. Додаткове легування деякими легуючими елементами
3. Подрібнення первинної структури завдяки елементам модифікаторам
4. Підвищення чистоти металу, від шкідливих елементів
5. Технологічні міри.

На основі багаторічних досліджень встановлено: що, для того, аби надати сплаву стійкості для запобігання утворенню кристалізаційних тріщин, треба мати в аустенітному шві 2 – 5 % первинного фериту, якщо перевищити відсоток фериту – впаде міцність при роботі під час високих температур. Оцінити кількість первинного фериту можна по діаграмі Шефлера.

Оцінка структури зварного з'єднання

По еквіваленту нікелю

$$ek = \%Ni + 30 \%C + 0.5 \%Mn \quad (2.11)$$

$$ek = (7...9) + 30 * 0.08 + 0.5 * 2 = 12.4 ... 14.4$$

По еквіваленту Хрому

$$Cr ek = \%Cr + \%Mo + 1.5 \%Si + 0.5 \%Nb \quad (2.12)$$

$$Cr ek = (17 ... 19) + 0 + 1.5 * 0.8 + 0.5 * 0 = 18.2 ... 20.2$$

Користуючись діаграмами Шефлера та Делонга оцінимо структуру зварного з'єднання

Діаграма Шефлера

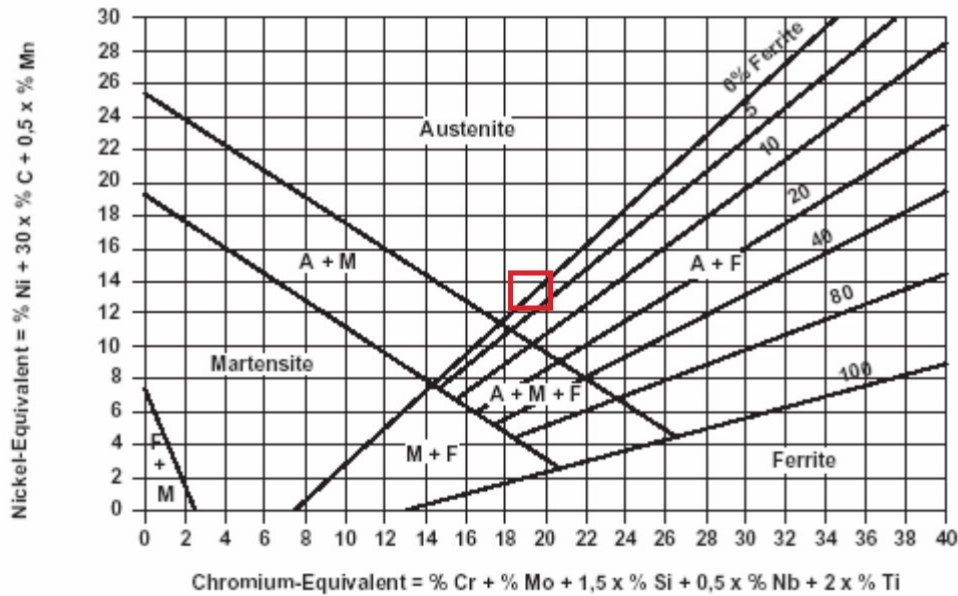


Рисунок 2.6 діаграма Шефлера

Діаграма Делонга

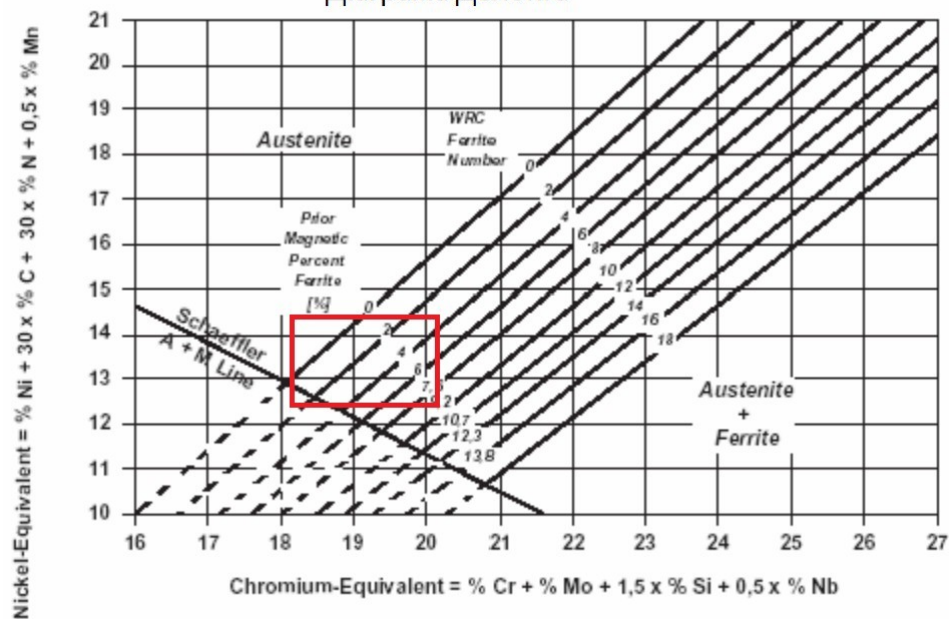


Рисунок 2.7 діаграма Делонга

Відповідно до діаграм Шефлера та Делонга, видно, що 08X18H10T потрапляє в Аустеніт + 5% Ферит область. Відповідно до цієї структури, мають бути підібрані зварювальні матеріали.

Для захисту від міжкристалітних тріщин, в сплав додають 1 % титану.

Методи і критерії оцінки спротиву гарячим тріщинам.

Для оцінки хромонікелевих аустенітних сплавів використовують параметр, що оцінює степінь їх аустенітності:

$$\frac{Cr_2}{Ni_2} = \frac{Cr + 1,37 Mo + 1,5 Si + 2 Nb + 3 Ti}{Ni + 22 C + 0,31 Mn + 14,2 N_2 + Cu} \quad (2.13)$$

Якщо $Cr_e/Ni_e < 1.5$, то зварні шви потенційно схильні до кристалізаційних гарячих тріщин.

Для Сталі 08X18H10T :

$$(17 + 1.5 \cdot 0.8 + 3 \cdot 1) / (11 + 22 \cdot 0.08 + 0.31 \cdot 2 + 0.3) = 1.549$$

$$1.549 > 1.5, \text{ отже}$$

Сталь 08X18H10T не схильна до утворення гарячих тріщин.

Холодні тріщини – виникають через гартування сталей під час швидкого охолодження, після зварювання, через високу насиченість металу шва та ЗТВ вуглецем. Утворюються як правило через деякий час, після зварювання.

Оцінюючи зварюваність хромонікелевих аустенітних сталей, варто перш за все, мати на увазі, що вони *не мають фазових перетворень*, а отже відповідають труднощі пов'язані з появою в зоні термічного впливу структурних напружень, а отже *поява холодних тріщин різко знижена*.

Сталь 08X18H10T не схильна до утворення холодних тріщин.

Аустенітна хромонікелева сталь 08X18H10T відноситься до сталей з доброю зварюваністю, що робить її хорошою для зварювання навіть відповідальних конструкцій.

2.5 Розрахунок з'єднань на напруження та деформації від зварювання.

В випадку даної конструкції, є 2 різних з'єднання: Стик труб, та стик трійника.

Розглянемо стик труб. Стик труби (діаметра 108 та 89 мм) має 2 проходи: кореневий та заповнюючий. Слід відмітити, що заповнюючий шов має більшу погонну енергію, та площу поперечного перерізу шва. Відповідно до схеми:

					КР.131.6121м.05.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

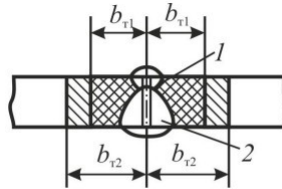


Рисунок 2.8 Типова схема багаторохідного шва, де проходи мають різну қп.

Як площа термічного впливу, так і погонна енергія заповнюючого проходу більша, ніж кореневого, а отже *розраховувати напруження та деформації буду тільки для нього, оскільки усадкові сили та об'єми укорочення визначаються одним другим швом* [14]. Стик труби розрахую:

1. Розрахунок труби на «корсетність»

Спочатку визначимо деякі фізичні сталі:

$\alpha = 17.4 \cdot 10^{-6} (1/^\circ)$ – коефіцієнт теплового розширення

$c_p = 3.6 (\text{Дж}/\text{см}^3 \cdot ^\circ)$ - об'ємна теплоємність матеріалу

$Q_p = 86.4 (\text{Дж}/\text{см})$ – погонна енергія заповнюючого проходу

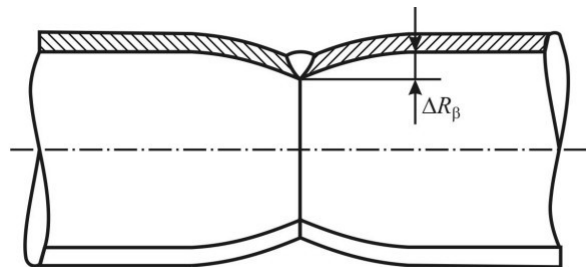


Рисунок 2.9 Типова схема деформації типу «корсетність»

Розрахувати корсетність можна по формулі:

$$\Delta R = \Delta R_p + \Delta R_{\beta}. \quad (2.14)$$

Яка в свою чергу розписується на 2 складові:

$$\Delta R_p = -0.64 \frac{v}{s} \sqrt{\frac{R}{s}}. \quad (2.15)$$

$$\Delta R_{\beta} = -0.2\beta \sqrt{Rs} \quad (2.16)$$

Так само корсетність розраховувати треба для обох діаметрів

$$v = -0,335 \frac{\alpha}{c_p} q_n \quad (2.17)$$

$$v = -0,335 \frac{17,4 \cdot 10^{-6}}{3,6} \cdot 86,4 = -0,00014 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$\Delta R_{p108} = -0,64 \frac{-0,00014}{0,5} \sqrt{\frac{5,4}{0,5}} = 0,00058 \text{ (см)}$$

$$\Delta R_{p89} = 0,00055 \text{ (см)}$$

Для другої складової, нам треба визначити β , яка залежить від ширини шва b , товщини стінки труби s , глибини проплавки h .

Для заповнюючого проходу $b = 12 \text{ (мм)}$ $s = 5 \text{ (мм)}$ $h = 3 \text{ (мм)}$

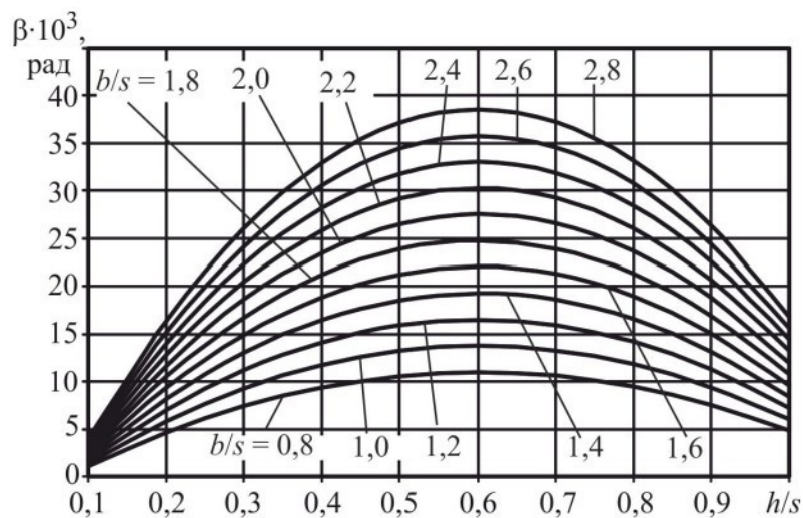


Рисунок 2.10 Діаграма визначення параметру β [14]

Отже $\beta = 0,033 \text{ рад}$.

$$\Delta R_{\beta 108} = -0,2 \cdot 0,033 \cdot \sqrt{5,4 \cdot 0,5} = -0,01085 \text{ (см)}$$

$$\Delta R_{\beta 89} = -0,00995 \text{ (см)}$$

Отже сумарна корсетність буде:

$$\Delta R_{108} = 0,00058 - 0,01085 = -0,01027 \text{ (см)}$$

$$\Delta R_{89} = -0,0094 \text{ (см)}$$

Розглянемо стик трійника. Стик труб діаметру 108 мм для трійника має 3-4 проходи, 1 кореневий та 2-3 заповнюючі. Як площа термічного впливу, так і погонна енергія заповнюючих проходів більша, ніж кореневого, а отже

розраховувати напруження та деформації буду тільки для останнього заповнюючого шва, оскільки усадкові сили та об'єми укорочення визначаються одним останнім швом. Готових схем розрахунку на деформації для зварних трійників немає, тому доводиться використовувати програмне забезпечення яке допомагає зробити подібний розрахунок використовуючи ПК.

Програмне забезпечення яке було використане для розрахунку : Ansys Student version 2023 R2. Воно маж досить багато обмежень у порівнянні з повною версією даного ПЗ, однак, дозволяє досить точно розрахувати деформації та напруження від температури чи інших зусиль.

Зварювання трійника часто виконують в 3 основних типах кондукторів:

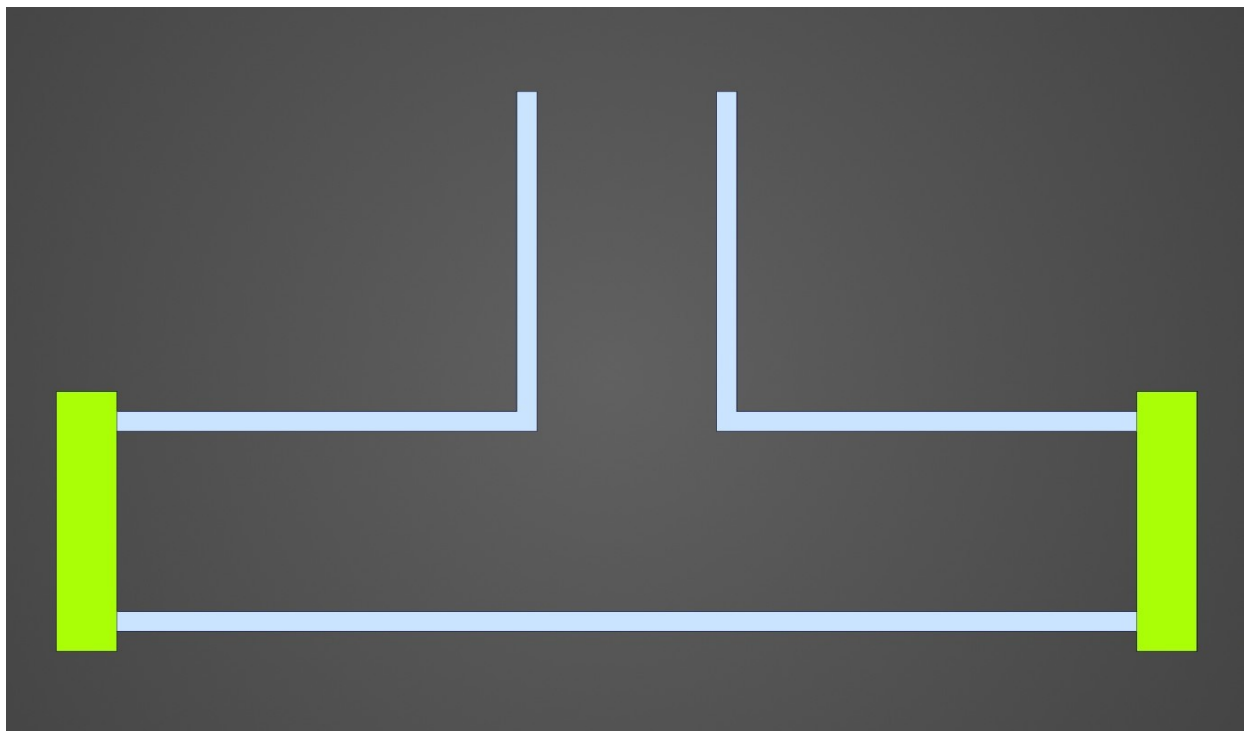


Рисунок 2.11 Кондуктор з 2 основні площини закріплення (закріплення у тисках)

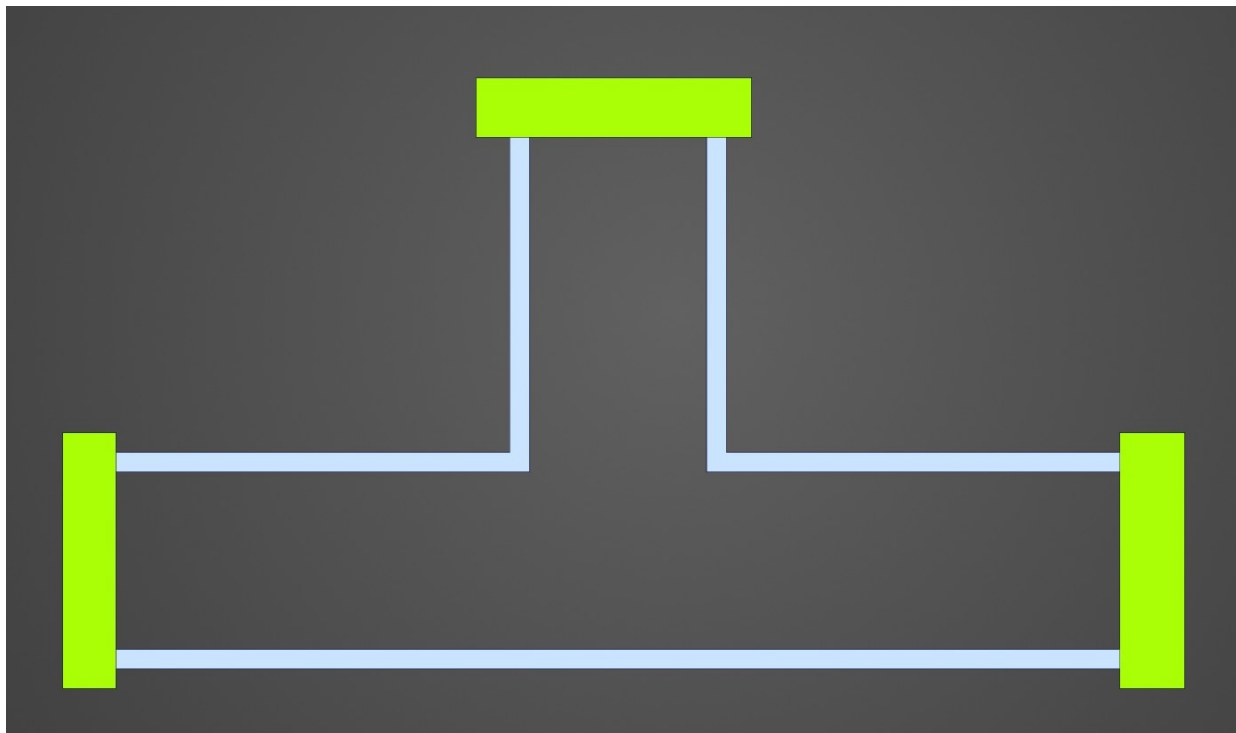


Рисунок 2.12 Кондуктор з 3 основними площинами закріплення (спеціальний зварний кондуктор)

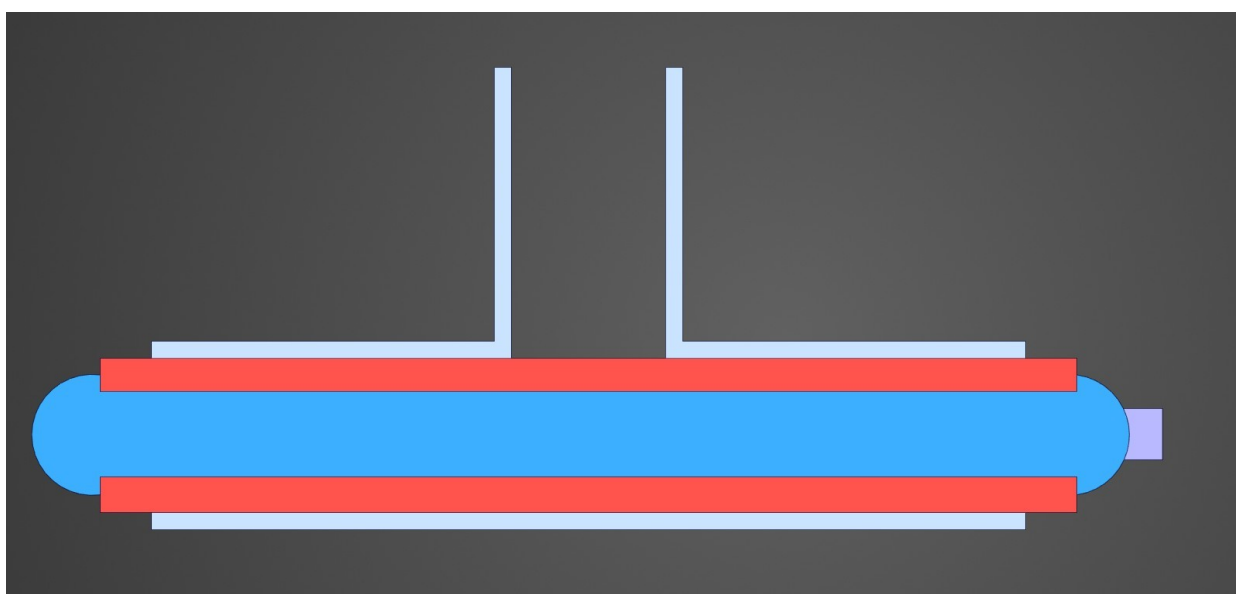


Рисунок 2.13 Кондуктор з внутрішнім закріпленням (2 мідних напів круглих пластини, роздуваються повітрям)

Навантаження від зварювання в таких ПЗ рекомендують розписувати через 4 основні компоненти:

1. Температура $T(C)$ (температуру шва ставлять рівною температурі плавлення сталі\металу)
2. Внутрішня енергія $Q(W/mm^3)$ (приблизно розраховують з погонної енергії\показників режиму зварювання)
3. Теплове випромінювання (напрямку зв'язано з 1 компонентом, при активації даного компонента, розрахований автоматично від Температури)
4. Конвекція $C(W/mm^2)$ (охолодження на повітрі через поверхню труб трійника)

Інші особливості: повна версія ПЗ Ansys має можливість прямо задати зварні шви на моделі і розрахувати напруження та деформацію від них, однак студентська версія немає цього функціоналу.

Студентська версія немає повної бібліотеки матеріалів, там не має необхідної сталі AISI 321, в розрахунках було використано найближчий аналог AISI 316.

Розраховувати основні компоненти було розраховано для 2 випадків «найгіршого» та «найкращого».

Основні компоненти навантаження від зварювання:

1. Температура — прийmemo 1570 градусів Цельсія.
2. Внутрішня енергія — для найкращого випадку внутрішню енергію було розраховано через погонну енергію заповнюючого шва 1152 Дж\мм, тоді отримаю :
$$1152 * 411 = 473000 \text{ (Дж)}, \quad (2.18)$$
де 411 — довжина шва трійника, 473000 Дж — повна енергія зварного шва.
$$Q = 473000 / 12330 = 38 \text{ (W/mm}^3\text{)}, \quad (2.19)$$
де 12330 — повний об'єм зварного шва в мм³.

Для найгіршого випадку внутрішню енергію розраховано через Силу струму (A) та Напругу (B) = $12 \cdot 120 = 1440$ (W), тоді $Q = 48$ (W/mm³).

3. Теплове випромінювання для обох випадків активне.

4. Конвекція C для Нержавіючої сталі для найгіршого випадку прийнято 3 (W/mm²) для найкращого 4 (W/mm²)

Розглянемо напруження на трубі від «найгіршого» варіанту навантаження при «закріпленні у тисках»

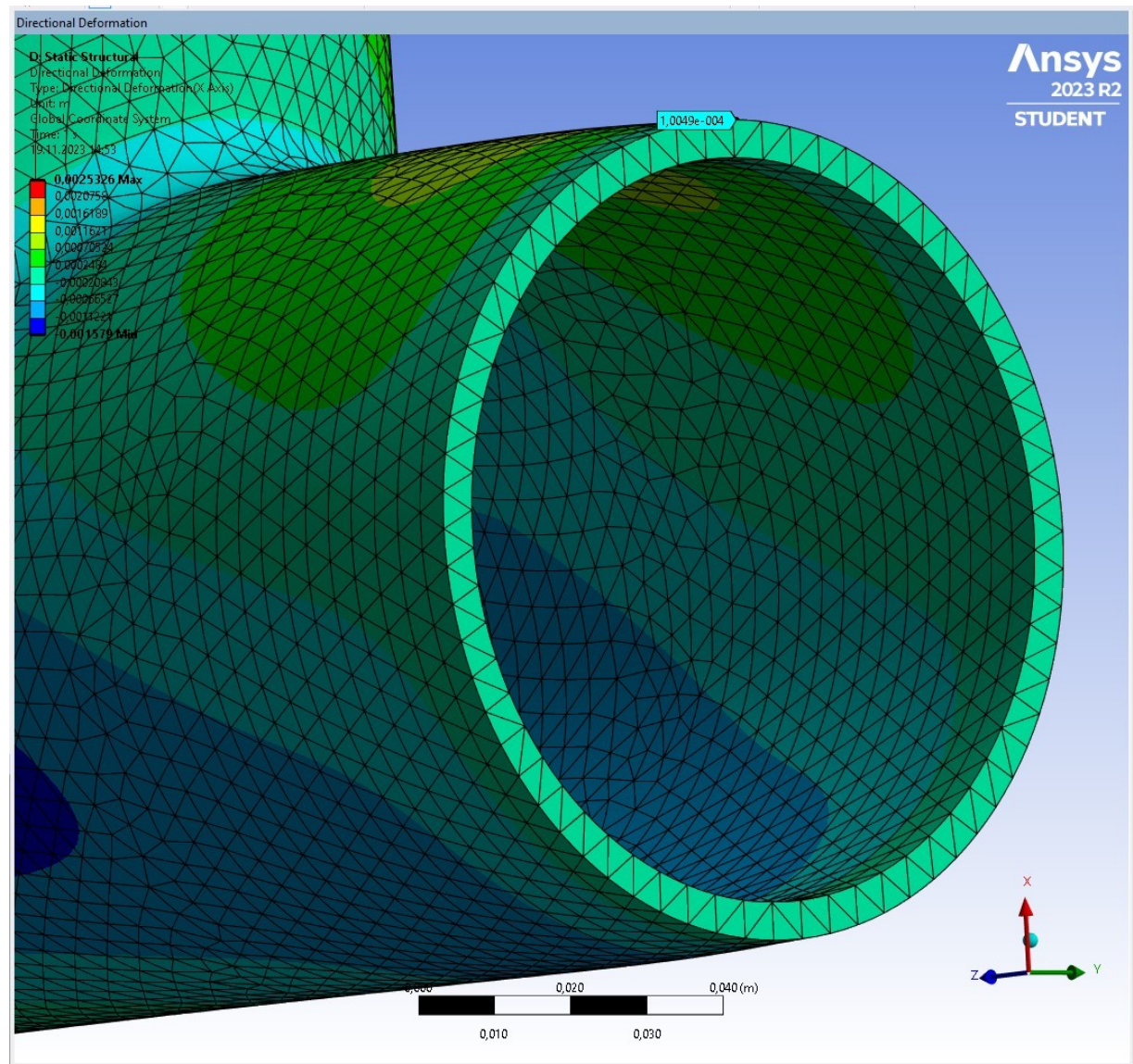


Рисунок 2.14 Найбільша деформації на діаметрі для кондуктора «закріплення у тисках»

Деформація на боковому діаметрі склала близько 1 мм

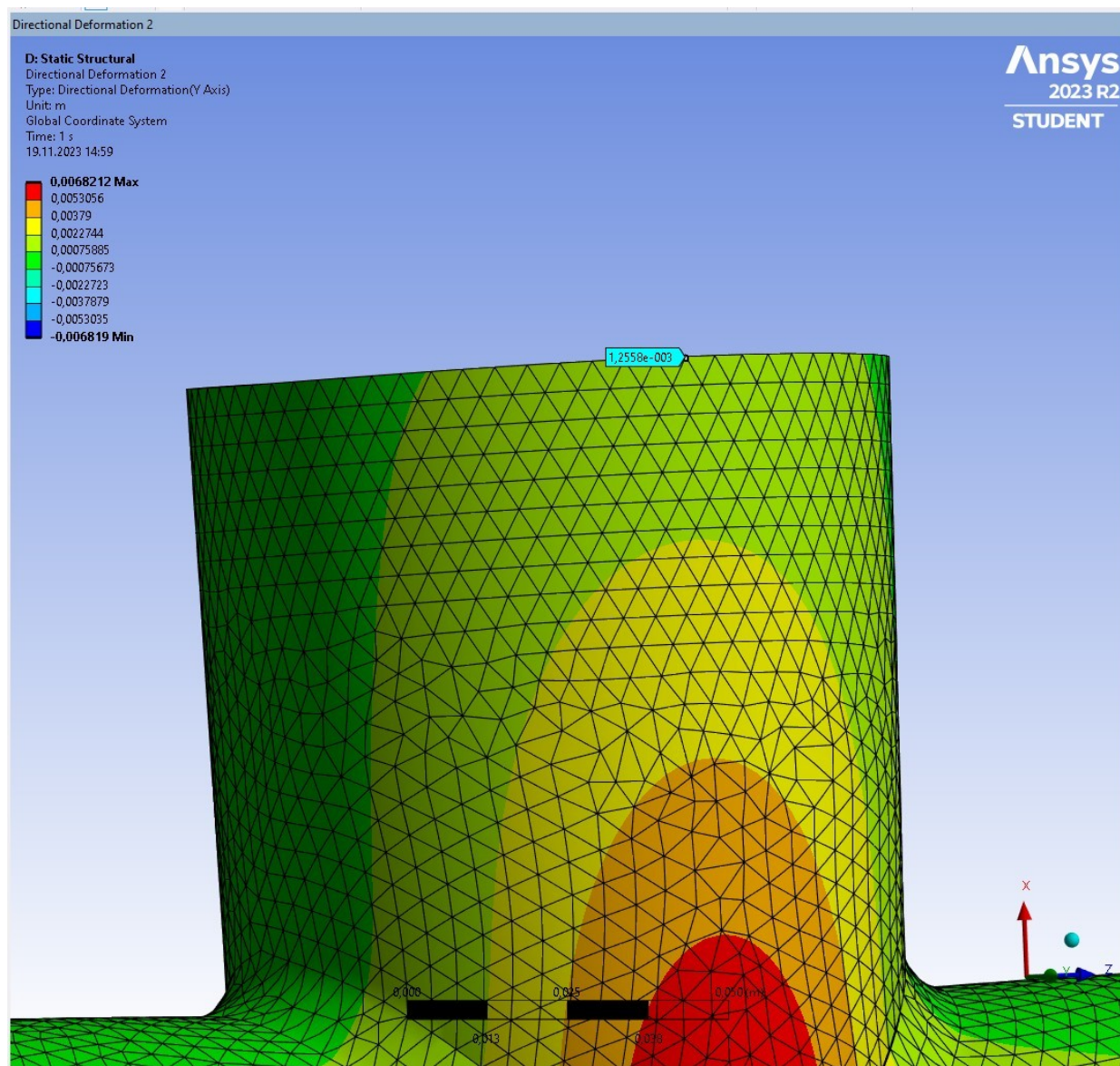


Рисунок 2.15 Найбільша деформації на верхньому діаметрі для кондуктора «закріплення у тисках»

Деформація сягнула близько 1.3 мм

В найбільш деформованому місці, відхилення від діаметру склало близько 1.3 мм

Розглянемо найбільшу деформацію від найгіршого варіанта напруження в спеціальному кондукторі для зварювання (3 закріплення)

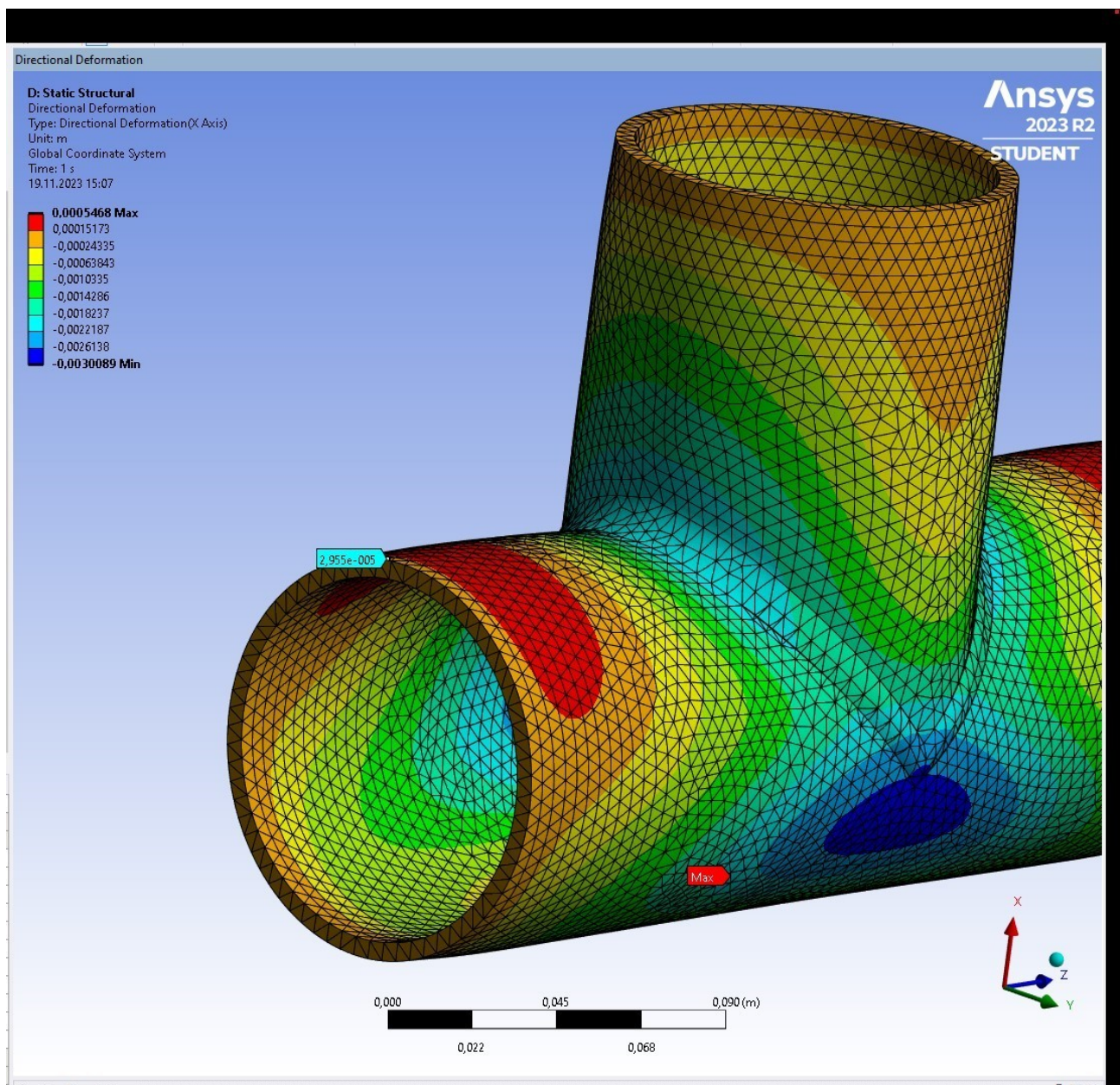


Рисунок 2.16 Найбільша деформації на верхньому діаметрі для кондуктора «закріплення у спеціальному зварному кондукторі»

Найбільша точка деформації на діаметрі труби трійника склала близько 0.3 мм

Розглянемо найбільшу деформацію від найгіршого варіанта напруження в кондукторі з внутрішнім закріпленням.

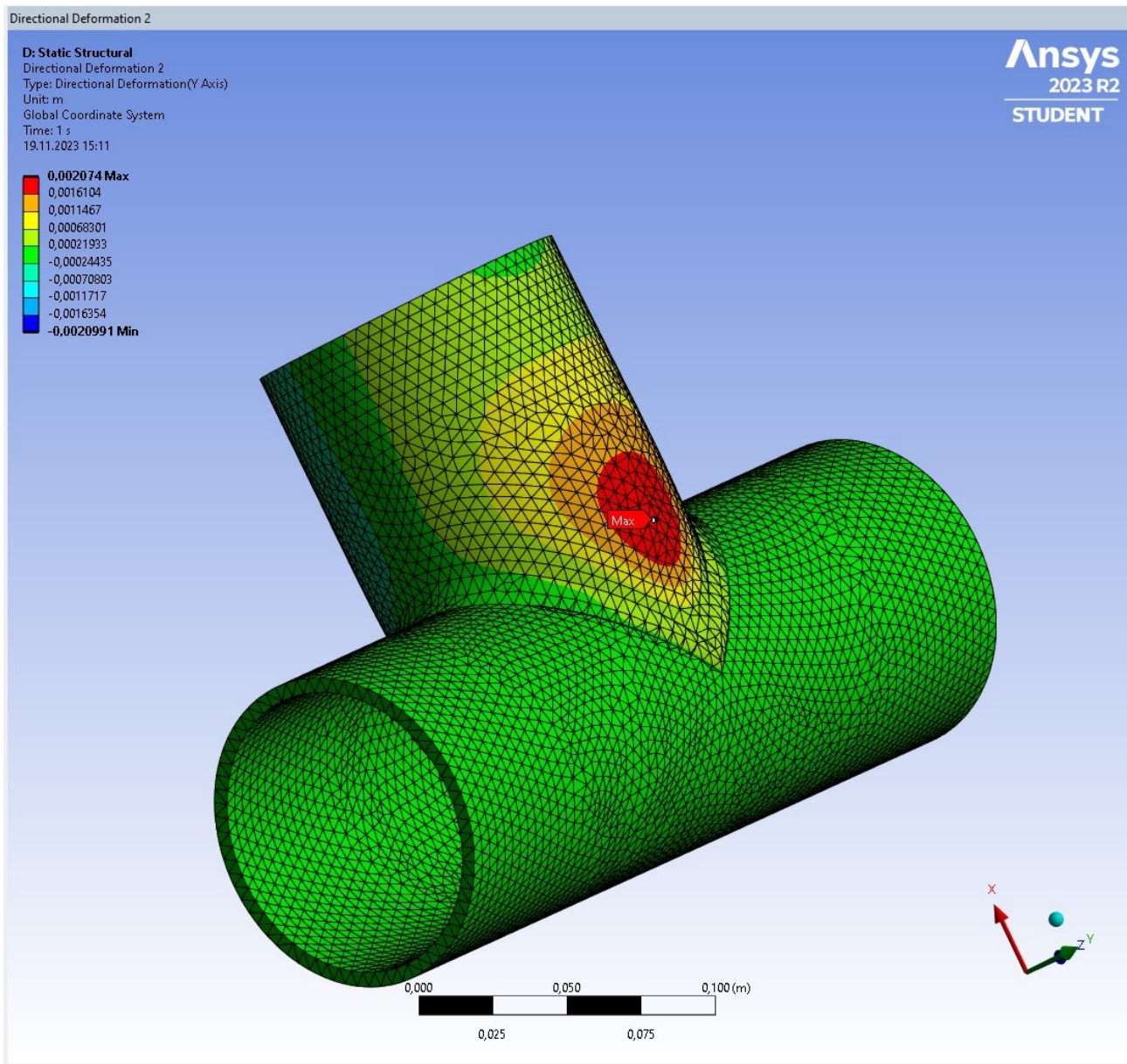


Рисунок 2.17 Найбільша деформації на діаметрі для «кондуктора з внутрішнім закріпленням. »

Деформації по всім діаметрам не перевищили 0.24 мм.

Характерною особливістю зварювання трійника, є «вздуття» в центрі трійника, яке склало від 0.2 до 6 мм деформації, однак воно не регламентована.

Останній тип кондуктора «Кондуктор з внутрішнім закріпленням» при однакових напруженнях показав найменші деформації, найбільша деформації досягла 2 мм і знаходились близько центра верхньої труби трійника, однак це місце не регламентується.

Деформації будь-яких виготовлених труб та елементів типу поворот чи трійник, стандартизовані відповідно до ДСТУ 8934 (найближчий аналог EN 10217) [15]

для труб та елементів діаметром до 125мм, максимально допустимі деформації на діаметрі складають відповідно:

1.25% від зовнішнього діаметру для нормальної точності.

1% від зовнішнього діаметру для вищої точності.

Враховуючи відповідальність об'єкту, максимально допустимі деформації було обрано по вищій точності. 1% від 108мм = 1.08 мм.

Максимальна деформація для схеми закріплення «у тисках» склала близько 1.3 мм, що є недопустимою.

Максимальна деформація для схеми закріплення «у спеціальному зварному кондукторі» склала близько 1.0 мм, що є допустимою деформацією

Максимальна деформація для схеми закріплення «кондуктор з внутрішнім закріпленням» не перевищила на діаметрах 0.24 мм, що є допустимою, та найкращою у порівнянні з іншими схемами закріплення. Ця схема обрана для виконання зварювання.

2.6 Перевірка зварного з'єднання на дефекти за допомогою макрошліфу.

Макрошліф — частина деталі, інструменту після шліфування та глибокого травлення досить високої концентрації, вивчають візуально неозброєним оком[10]. На поверхні макрошліфа можна спостерігати: волокнисту будову — наслідок попередньої обробки тиском; дефекти будови — газові та шлакові раковини, тріщини різного походження (механічні, термічні, технологічні).

Зразок для шліфу був вирізаний з прямого з'єднання типу 1.8 за EN ISO 9692-1 (стик труб діаметру 108 мм) та протравлений розчином суміш 95\5 % з 96% медичний спирт та 57% азотна кислота відповідно.

					КР.131.6121м.05.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Враховуючи фактичну однофазність вибраної сталі (до 2% фериту та 98% аустеніт) протравити шліф для отримання чіткої картини швів — не вдалось, проте це було достатньо для дослідження шва зварювання на дефекти типу включення, пори.

Враховуючи спосіб зварювання, дефекти які могли виникнути:

1. включення вольфраму (неакуратне поводження з вольфрамовими електродами)
2. пори (порушення чистоти захисного газу, недостатня його кількість)



Рисунок 2.18 Макрошліф з'єднання 1.8. стикове з'єднання труби діаметру 108 мм.

Дефектів виявлено не було.

Висновок

1. Було проаналізовані зварні з'єднання по EN ISO 96920-1 та обрані типи та розміри, які забезпечують якісні зварні шви та дозволяють отримати

					КР.131.6121м.05.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

продуктивність зварювання на достатньо високому рівні, для даного трубопроводу було обрано з'єднання типу 1.8 для стиків труб діаметрів 108мм та 89мм, для зварювання трійника було обрано з'єднання типу 1.9.1.

2. Проведений розрахунок зварювання дозволяє виконати оптимальне зварювання та одержати бездефектне з'єднання, для з'єднання типу 1.8, струм зварювання склав: 100 А для кореня та 120 А для облицювального шва, для з'єднання типу 1.9.1 струм зварювання: 90 А для кореня та 120 А для облицювального шва, з'єднання 1.9.1 виконується за 4 проходи, а з'єднання 1.8 за 2 проходи.

3. Були проведенні численні дослідження з визначення оптимального розміру підсилення шва, залежно від швидкості подачі зварювального дроту $V_{\text{под}}$, при інших сталих показниках зварювання. Яка складає 0.6 – 0.7 мм при $V_{\text{под}}$ 550 мм/хв.

4. Був проведений розрахунок схильності вибраної сталі та зварних швів, до утворення гарячих та холодних тріщин. Структура обраного металу по діаграмам Шефлера та Делонга, відноситься до 2-5% Фериту, дана структура не страждає від гарячих тріщин. Холодні тріщини не є характерними для Аустенітної сталі.

5. Було проведено розрахунок на деформації та напруження від зварювання. Деформації повздовжнього укорочення для труби діаметру 108 мм склали $\Delta l_{108} = 0.0009$ см, для труби діаметру 89 мм вони рівні $\Delta l_{89} = 0.0008$ см. Деформації корсетності для труби діаметру 108 мм склали $\Delta R_{108} = 0.01027$ см, а для труби діаметру 89 мм вони рівні $\Delta R_{89} = 0.0094$ см, що є прийнятним. Деформації на трійнику для схеми «кондуктор з внутрішнім закріпленням» не перевищили 0.24 мм до всіх діаметрам, що менше 1.08 мм.

6. Було зроблено Макрошліф з'єднання 1.8 стик труби діаметру 108 мм, на виявлення дефектів типу пори від недостатнього захисту газу та включення вольфраму, розчин медичний спирт (концентрація 96%) та азотна кислота (концентрація 57%) в суміші 95\5% відповідно. дефектів виявлено не було.

					КР.131.6121м.05.02.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КР.131.6121м.05.03.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Козловський			Розробка технологічного процесу складання та зварювання трубопроводів			Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Костін О.М.									
Реценз.								НУК ім. адм. Макарова			
Н. Контр.											
Затверд.											

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ І ЗВАРЮВАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ.

3.1. Принципова послідовність складання та зварювання.

Послідовність складання та виготовлення трубопроводу, розглянута в цьому дипломному проєкті, передбачає опис усіх технологічних кроків, від транспортування труб, до транспортування готової продукції.

Далі наведена загальна схема всього процесу.

Послідовність технологічного процесу виготовлення трубопроводу наведена на рис. 3.1.

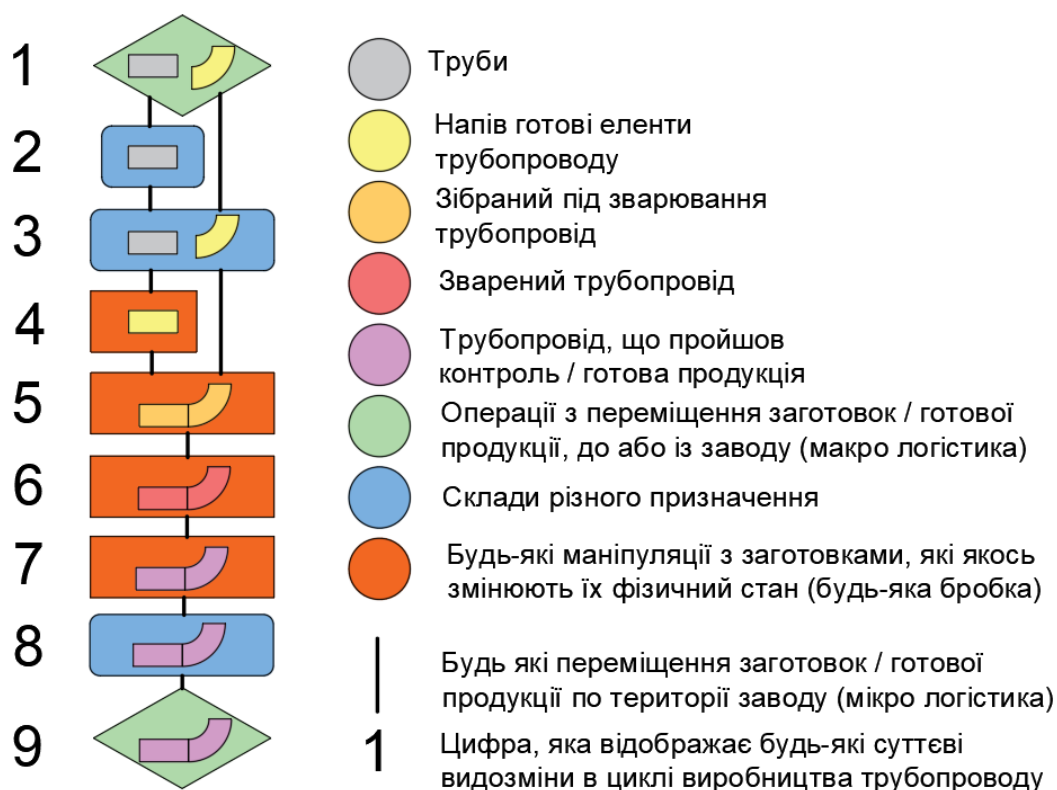


Рисунок 3.1 Схема технологічного процесу.

Опис схеми:

1. Транспортування труб, та напів готових елементів трубопроводу (повороти, конусні перехідники, заготовки під трійники) в контейнері, за допомогою автопоїзда на територію заводу виробника. Розвантаження відбувається за допомогою вантажних вил та кранів [16].

2. Частину труб, які не поміщаються в склад 1 черги, за допомогою вантажних засобів, доставляється на склад 2 черги, де вони зберігаються деякий час, допоки їх не буде можливим використати. Склад 2 черги, це велика площа, по якій їздить козловий кран, та завантажує чи розвантажує труби, та інші заготовки. Коли на складі 1 черги закінчуються труби, їх зі складу 2 черги вантажать на вагончик, та транспортують на склад 1 черги. (склади 1 та 2 черг, сполучені колією).
3. На склад 1 черги, прямо з контейнеру, або складу 2 черги, доставляють необхідну кількість труб, та напів готових елементів трубопроводу. Склад 1 черги це виділена частина площі цеху виробництва, те зберігають труби та інші деталі, необхідні для виробництва трубопроводу негайно. Склад 1 черги обладнаний кранами балками[16].
4. Труби зі складу 1 черги, за допомогою кранів балок (вони можуть переміщуватися по всьому заводу), доставляються на ділянку нарізання та обточування труб. Спеціаліст контролю за допомогою інструментів (рулетка, маркер), вимірює та позначає місця розрізання труби, маркує майбутні частини трубопроводу. Оператор нарізання труб, за допомогою крана консолі, яким обладнана ділянка з нарізання труб, вантажить труби по 1 на рольганг, в кінці якого установлена стрічкова пила. Оператор нарізає труби в позначених місцях, нарізані частини вантажить інші працівники заводу, знімаючи одразу з рольгангу, та несуть на ділянку обточування. На ділянці обточування оператор-токарь за допомогою точильного верстата робить крайки на трубах, відповідні до завдання. Після обробки крайок, працівники беруть нарізані та обточені труби та несуть їх на ділянку стикування.
5. Працівники приносять нарізані труби з ділянки нарізання труб та напів готові елементи зі складу 1 черги на ділянку стикування. На цій ділянці, працівники звіряються з завданням, беруть промарковані труби, елементи типу поворот, перехідник, трійник, складають їх в потрібної форми

					КР.131.6121м.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

трубопровід, в бригаді на цій ділянці є зварник, який за допомогою зварювального апарата типу АМІТІ TIG315P (1 розділ) ставить прихватки. Прихватки ставлять без додаткової присадки, прихватка утворюється за рахунок розплавлення крайок між елементами трубопроводу. Таке стикування можливе, завдяки тому, що стики трубопроводу, зварюються без зазору. Паралельно цьому процесу, на цій самій ділянці, може відбуватися прихвачування та зварювання трійників (якщо, цього не було зроблено заздалегідь), прихвачування трійників роблять за допомогою зварювального апарата типу АМІТІ TIG315P, використовуючи зварювальний дріт діаметру 1 мм як матеріал для прихваток. Після прихвачування трійник зварюють, відповідно до режиму описаного в 2 розділі.

6. Після складання трубопроводу, його доставляють на ділянку зварювання. Якщо трубопровід не важкий, його несе 1 або 2 працівники заводу, якщо він масивний, то використовують кран балку, яка має можливість переміщуватися по всьому заводу. Трубопроводи закріплюють в зварювальні обертачі типу ТБ-10 (1 розділ). Зварювання відбувається за допомогою зварювальних «кліщів» типу MWG – 170 (1 розділ)[17], джерело живлення використовується MWA-400 (1 розділ), зварювальний дріт подається за допомогою блоку подачі дроту MWS – 170 (1 розділ). Перед зварюванням оператор-зварник має закрити «виходи» трубопроводу спеціальними заглушками та наповнити його захисним газом. Захисний газ, як для процесу зварювання, так і для наповнення трубопроводу є аргон вищого сорту (99.99%). Формула часу наповнення трубопроводу аргонем[12]:

$$T = \frac{V \times A}{G}$$

(3.1)

де Т – необхідний час продувки (хв)

V – внутрішній об'єм виробу (л)

					КР.131.6121м.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

A – необхідна кратність об'єму газу

G – встановлений розхід газу (л/хв)

Внутрішній об'єм трубопроводу розраховують по формулі:

$$V = \frac{\pi d^2 \times L}{4 \times 10^3} \quad (3.2)$$

,де V – внутрішній об'єм виробу (л)

D – внутрішній діаметр труби (мм)

L – довжина труби (м).

Процес зварювання відповідає заданому режиму (2 розділ), послідовно виконують декілька кореневих з'єднань в декількох місцях трубопроводу, після охолодження роблять заповнювальний прохід. Після завершення процесу зварювання, на цій самій ділянці, спеціаліст проводить первинний контроль трубопроводу, а саме первинний огляд, використовуючи такі інструменти як шаблон Красовського, або йому подібні інструменти. Якщо первинний контроль пройдено успішно, трубопровід готовий до наступного етапу.

- Після зварювання та успішного проходу первинного огляду, трубопровід доставляється на ділянку контролю (працівники або несуть руками, або використовують кран-балку). На ділянці контролю, спеціалісти використовуючи радіаційний або ультразвуковий контроль (контроль може бути різний, в залежності від вимог замовника або умов в яких буде експлуатуватися трубопровід, або матеріалу з якого виготовлений трубопровід). Якщо трубопровід успішно проходить контроль, його відповідно маркують, вантажать на вагончик (вручну, або за допомогою крана-балки) та транспортують його на склад готової продукції (склад готової продукції та виробничий цех, мають своє колійне сполучення). Якщо трубопровід не пройшов контроль, його повертають на попередню ділянку для ремонту.

8. На складі готової продукції, готові трубопроводи зберігають, складають з них партії, підготовлюють до транспортування в контейнері до замовника.
9. Готові трубопроводи вантажать в контейнери, можуть використовуватися крани та вантажні вили, автопоїзд забирає контейнери з готовою продукцією до замовника.

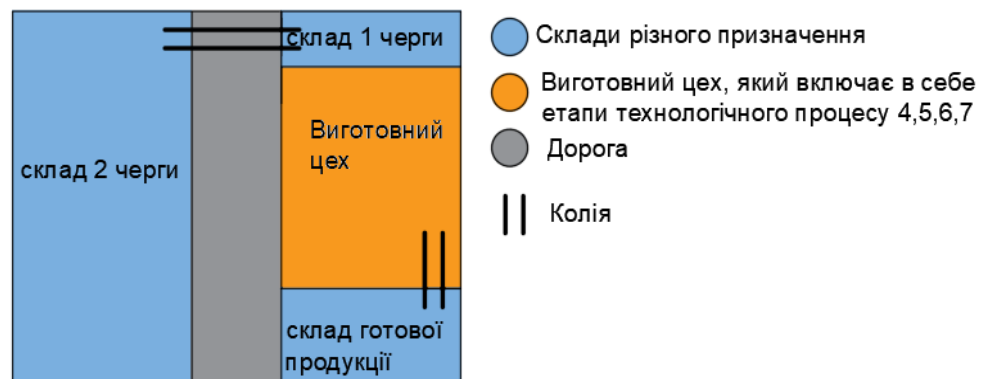


Рисунок 3.2 Спрощена схема заводу виробника

3.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

На механічні і фізико-хімічні властивості металу шва неабиякий вплив має його хімічний склад. Тому, для отримання властивостей, які задовільняють вимогам надійності і якості конструкції дуже важливим є правильний вибір зварювальних матеріалів.

Сталь яка була вибрана для виконання трубопроводу: 08X18H10T, є хромонікелевою, аустенітною, нержавіючою, жароміцною. В розділі 2 мною було детально розглянуто схильність цієї сталі до гарячих і холодних тріщин, було встановлено, що сталь 08X18H10T не є схильною до гарячих тріщин, оскільки має структуру, що містить 2 – 5 % первинного фериту. Відповідно, зварювальний дріт та прутки, мають бути підібрані так, щоб зберегти цю структуру, та не порушити стійкість вибраної сталі до гарячих тріщин. Група аустенітних хромонікелевих сталей, до утворення холодних тріщин не схильна взагалі. Границя міцності для 08X18H10T рівна 490-590 МПа, границя плинності сягає 200-300 МПа, відповідно, зварювальний дріт та присадкові прутки, мають не сильно відхилятися від цих показників.

Враховуючи всі особливості, мною була вибрана як основна зварювальна пара дрiт + газ : **OK Autrod 308LSi + Ar 99,995%.**

Зварювальний дрiт OK Autrod 308LSi часто використовують для зварювання виробiв, якi експлуатуються при температурах вiд – 196 до 350 ° Цельсья, та зваренi зi сталей типу 03X18H10, 08X18H10T, 321, 347, AISI 304L або iм подiбних. Використовується коли до шва виставляють високi вимоги з стiйкостi до мiжкристалiчної корозii (МКК). Має пiдвищену кiлькiсть кермнiю, що покращує процеси зварювання. Склад феритної фази наплавленого металу становить вiд 4.5 до 8 % фериту, що зберiгає необхідну структуру для стiйкостi вiд гарячих трiщин. Випускається в дiаметрах вiд 0.6 до 1.6 мм.

Типовi механiчнi властивостi шва, при використаннi OK Autrod 308LSi [7]

σ_T 370 МПа

σ_B 620 МПа

δ 36%

KCV: 138 Дж/см² при +20°C

113 Дж/см² при -60°C

75 Дж/см² при -196°C

Типовi аналоги OK Autrod 308LSi та iх хiмiчний склад:

Таблиця 3.1 Хiмiчний склад зварювальних дротiв

Назва / %	C	Si	Mg	Ni	S	P	Cr	Fe	Cu	Ti
OK Autrod 308LSi	0.03	1	1.4-2.1	9-11	0.02	0.03	19.5-21	Близько 65	N/A	N/A
OK Autrod 316LSi	0.03	0.65-1	1.5-2.3	11-13	0.02	0.03	18-20	Близько 65	N/A	N/A
OK Autrod 318Si	0.08	0.65-1	1-2.5	11-14	0.02	0.03	18-20	Близько 65	N/A	N/A
Св – 08X18H10T	0.08	0.8	До 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	Близько 65	до 0.3	1
Св – 08X18H10	0.08	0.8	До 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	Близько 65	до 0.3	N/A

Можна зрозуміти, що аналоги, які розповсюдженні на пост-радянському просторі, за своєю хімічною структурою повністю повторюють хімічний склад сплавів, з яких їх виготовлено.

В проєкті присутнє зварювання трійника, ручним дуговим зварюванням, для нього треба відповідні для нього присадні матеріали, а саме прутки. Прутки присадного матеріалу виготовляють з зварювального дроту, і вони мають аналогічні характеристики до зварювального дроту, з якого їх нарізають. Від зварювального дроту, прутки і отримали діапазон доступних діаметрів. Відповідно:

Таблиця 3.2 Відповідність зварювальних дротів та прутків [7]

Зварювальний дріт	Зварювальний пруток
OK Autrod 308LSi	OK Tigrod 308LSi
OK Autrod 316LSi	OK Tigrod 316LSi
OK Autrod 318Si	OK Tigrod 318Si
Св – 08X18H10T	Св – 08X18H10T
Св – 08X18H10	Св – 08X18H10

Зварювальні дроти та прутки серії ОК, виробник рекомендує використовувати з сумішами М12 (Ar 98% + CO₂ 2 %) та М13 (Ar 98% + O₂ 2%), проте зварювання буде виконуватися виключно в атмосфері аргону вищого сорту Ar 99.995% тобто суміш ІІ.

3.3. Обґрунтування вибору зварювального обладнання

При виготовленні трубопроводу, необхідно буде використовувати 2 типи різних зварювальних апаратів: ручний-дуговий (TIG) та автоматизоване зварювання TIG типу «кліщі» з автоматизованою подачею холодного зварювального дроту.

Для зварювання трійника, та для стикування елементів один до одного буде використовуватися зварювальний інвертор AMITI TIG315P. Він має такі корисні функції як: гарячий старт (Hot Start), для простішого запалювання дуги, ця функція також допомагає уникнути потрапляння вольфраму в

зварювальну ванну при старті зварювання, шляхом подання короткого підвищеного імпульсу для пробиття повітряного прошарку, що спростить проходження контролю якості; форсування дуги (Arc Force); захист від залипання (Anti-Stick), корисний, якщо нам доведеться користуватися апаратом в режимі MMA; імпульсне зварювання, необхідна вимога для зварювального обладнання, оскільки в режимі зварювання прописано саме зварювання імпульсним режимом; 2/4-тактний режим, дозволяє зварнику вручну вибрати режим, яким йому краще виконувати роботу, режим впливає виключно на органи керування апарату, не міняючи нічого в процесі зварювання; цифровий дисплей.

Для зварювання стиків труб, буде використовуватися апарат типу «кліщі», мною було вибрано зварювальні кліщі MWG – 170. Вони підходять для труб діаметру від 70 до 170 мм, при цьому мала вага кліщів (до 10 кг), не створює значних труднощів для зварника при установці, та не створює значних напружень на трубопровід. Кліщі використовують стандартний TIG пальник, що уніфікує використання вольфрамових електродів на виробництві. Кліщі можуть бути виставлені на різній висоті, мають електроприводи, що дозволяє виконувати коливальні рухи при зварюванні. Ще однією перевагою цих кліщів, є те, що вони мають зворотній зв'язок, з джерелами сертифікованими від цього самого виробника, тобто вони дадуть сигнал, якщо, наприклад, зварювальний газ не подається. Втім це їх найбільший недолік, оскільки ми змушені вибирати підходяще джерело живлення.

Джерело живлення MWA-400, є сумісним зі зварювальними кліщами MWG – 170, живиться від мережі 380 В, має вагу 120 кг, зручне для транспортування, має екран для того, щоб задавати програму зварювання, а також контролювати процес зварювання під час самого процесу. Багато систем захисту, збережуть як саме джерело живлення, так і допоможуть уникнути помилок при зварюванні (наприклад, апарат сповістить про відсутність

					КР.131.6121м.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

контакту, або захисного газу). Зварювальний струм від 5 до 400 ампер. Для струму до 160 А, параметр ПВ = 100%, тобто машина на струмі до 160 А, може працювати без пауз, що корисно, коли треба організувати роботу в 3 зміни. Забезпечує зварювання імпульсним режимом.

Блок подачі холодного дроту можна не вибирати від того самого виробника, мною було вибрано FEEDER CW 06, може подавати зварювальний дріт діаметрами від 0.6 до 2 мм, та вмістити катушку до 20 кг.

3.4 Контроль якості зварних з'єднань

Контроль якості зварних з'єднань проводиться відповідно до стандарту EN ISO 5817, level B (рівень B вказує на найвищі вимоги до якості зварних швів, рівень контролю виставляє сам замовник, він залежить від майбутніх умов експлуатації трубопроводу).

Перший етап контролю вимагає повного зовнішнього огляду всіх зварних швів, спеціаліст проводить контроль за допомогою таких інструментів як: лупа (збільшення 3...5), рулетка (5 м), штангенциркуль (ШЦ-5), універсальний шаблон зварювальника (УШС-3).

Другий етап контролю продиктований, в першу чергу, властивостями металу, в даному випадку мова йде про сталь 08X10H18T. Дана сталь є хромонікелевою, аустенітною. Структура: Аустеніт + 2-5 % Ферит. Зважаючи на властивості її структури, треба виключити вихреструмові та ультразвукові способи дослідження (в залежності від вимог замовника та типу основного металу, ці дослідження можуть бути повернуті). Тому головним методом пошуку дефектів у шві є радіографічне дослідження.[10] Радіографічний контроль проводиться відповідно до стандарту EN ISO 17636, class B (клас B вказує на підвищений рівень контролю, може змінюватися від вимог замовника).

					КР.131.6121м.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Висновки

1.Розроблено технологію складання та зварювання трубопроводу із застосуванням розробленого складального і вибраного зварювального обладнання та матеріалів, активно використовуються позиціонери типу ТБ-10.

2.Обрано зварювальне обладнання яке забезпечує стійке горіння дуги при різних видах зварювання, які застосовуються для виготовлення даної конструкції. Для автоматизованого зварювання в середовищі захисних газів пропонується використовувати зварювальний пальник MWG – 170 разом з джерелом живлення MWA-400 та блоком подачі зварювального дроту FEEDER CW 06. Ручне дугове зварювання трійника буде виконуватися за допомогою зварювального інвертора AMITI TIG315P.

3.Зварювання виконується переважно автоматизованим способом у чистому аргоні вищого сорту ІІ (99.995%), у якості зварювальних матеріалів для автоматизованого зварювання використано порошковий дріт ESAB, OKAutrod 318LSi. Прутки для ручного дугового зварювання повністю повторюють хімічний склад обраного зварювального дроту, прутки марки ESAB, OKTigrod 318LSi.

					КР.131.6121м.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Козловський			Охорона праці під час проведення зварювальних та підготовчих робіт			Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		.Костін О.М.									
Реценз.								НУК ім. адм. Макарова			
Н. Контр.											
Затверд.											

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТА ПІДГОТОВЧИХ РОБІТ

4.1 Основи охорони праці у виробництві

Розвиток глобальної економіки передбачає постійне прискорення темпів розвитку промисловості, що вимагає широкої механізації і автоматизації виробничих процесів, впровадження нової техніки і технологій. При цьому питанням охорони праці приділяється значна увага, оскільки від цього залежить економічна ефективність промислового виробництва і стабільність виробничих процесів, через фахівців, які не покидають робочі місця після травмування.

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці, що є частиною трудового законодавства.

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує.

Завдання охорони праці – звести до мінімальної ймовірності ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До небезпечних відносять виробничі фактори, вплив яких на працюючого в певних умовах приведе до травми або раптового різкого погіршення здоров'я; до шкідливих – виробничі фактори, вплив яких на працюючого в певних умовах приведе до захворювання або зниження працездатності.

До небезпечних факторів відносять відкриті струмоведучі частини устаткування, деталі машин і механізмів, що рухаються, розпечені тіла, можливість падіння з висоти самого працюючого або деталей і предметів, наявністю балонів, цистерн зі стислими або шкідливими речовинами і т.п. До шкідливих факторів відносять шкідливі домішки в повітрі [18], несприятливі метеорологічні умови, промениста теплота, недостатнє освітлення, вібрація, шум, ультразвук і інфразвук, іонізуюче і лазерне випромінювання,

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

електромагнітні поля, напруженість і тяжка праця, наявність шкідливих мікроорганізмів і т.п.

Між небезпечними і шкідливими факторами часто не можна провести чіткої границі. Один або другий фактор може привести до нещасного випадку.

Нещасний випадок на виробництві – вплив на працюючого небезпечного виробничого фактора при виконанні їм трудових обов'язків або завдань керівника робіт.

Вплив на людину шкідливого виробничого фактора може привести до професійного захворювання, наприклад, пневмокониозу у шахтарів, що практично не зустрічається в побуті, а гостре респіраторне захворювання може виникнути через несприятливі метеорологічні умови як на виробництві, так і в побуті. Результатом нещасного випадку є травма – ушкодження тканин організму і порушення його функцій зовнішнім впливом [18].

Виробнича санітарія – це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів. До виробничої санітарії відносять гігієну праці (область профілактичної медицини, що вивчає умови збереження здоров'я на виробництві, і заходу, що сприяють цьому), а також технічні засоби: пристрою вентиляції, опалення, кондиціонування повітря, тепло-, газо- і водопостачання, каналізації, очищення і нейтралізації викидів шкідливих речовин в атмосферу і водойми, освітлення, захисти людини від вібрацій, шуму, дії шкідливих випромінювань і полів, санітарні і побутові спорудження і пристрої і т.п.

Техніка безпеки – це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають вплив на працюючих небезпечних виробничих факторів [18].

Пожежна і вибухобезпека – це система організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на профілактику і ліквідацію пожеж і вибухів, обмеження їхніх наслідків [19,20].

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Застосування засобів колективного і індивідуального захисту є однією з найпоширеніших заходів попередження несприятливого впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів [18].

Засоби колективного захисту призначені для одночасного захисту двох і більше працюючих, засобу індивідуального захисту – для захисту одного працюючого. Вони можуть ставитися як до техніки безпеки (наприклад, каска, що захищає від травм), так і виробничої санітарії (респіратори або навушники, що захищають від шкідливих виробничих факторів).

14 жовтня 1992 року Верховною Радою України був прийнятий закон «Про охорону праці», де зазначений основний принцип державної політики в області охорони праці: „... комплексного рішення задач охорони праці на основі національних програм, з цих питань і з урахування інших напрямків економічної і соціальної політики, досягнень в області науки, техніки і охорони навколишнього середовища..., соціального захисту працівників, повного відшкодування збитку особам, що постраждали від нещасних випадків на виробництві..., встановлення середніх нормативів по охороні праці для підприємств.”

Дійсний закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян по охороні їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює при участі відповідних державних органів відносини між підприємствами і працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, і встановлює єдиний порядок організаціям по охороні праці на Україні.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при проведенні складально-зварювальних робіт і заходи щодо їхнього усунення

Виготовлення трубопроводів супроводжується комплексом небезпечних і шкідливих виробничих факторів [18].

Найбільш характерним шкідливим фактором практично для всіх способів дугового зварювання, є утворення і надходження в повітря робочої зони зварювальних аерозолів, що містять токсичні речовини. Хімічний склад, валові і

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

питомі виділення зварювального аерозолі залежать від виду покриття електрода, хімічного складу дроту, діаметра дроту, виду захисного газу або флюсу і від режиму зварювання. Тривалий вплив на організм зварників зварювальними аерозолями може привести до виникнення таких професійних захворювань, як пневмоконіоз, пиловий бронхіт і інтоксикації металами і газами.

Для істотного зниження надходження зварювального аерозолі в повітря робочої зони необхідно комплексне сполучення технологічних і санітарно-технічних заходів. Тому, відповідно до вимог ДСТУ 2496-94, при розробці технологічних процесів дугового зварювання варто передбачати максимально можливу механізацію і автоматизацію процесу, при виборі зварювальних матеріалів – віддавати перевагу електродам, зварювальним дротам, флюсам і захисним газам, застосування яких супроводжується мінімальним виділенням шкідливих речовин, а також передбачати застосування засобів колективного захисту (системи загальнообмінної і місцевої вентиляції; відсоси, вбудовані у зварювальне встаткування).

З технологічних заходів найбільш прості – правильний вибір режимів зварювання і зварювальних матеріалів, що забезпечують мінімальне виділення аерозолі. Так в якості захисного газу рекомендуються гази зі зниженою окисною здатністю – газові суміші на основі аргону замість вуглекислого газу. Застосовувати малі діаметри зварювального дроту інтенсивність утворення аерозолі від них знижується.

Для найбільш повного видалення зварювального аерозолі з робочої зони необхідно застосовувати ефективні місцеві відсоси (пальники з вбудованим відсосом, гнучкі настінні відсоси, вентилятори із гнучкими воздуховодами і фільтровентиляційні агрегати) у комбінації із загальнообмінною приточно-витяжною вентиляцією [19]. Повітря, що виходить з виробничих приміщень в атмосферу, повинно бути очищено від всіх шкідливих речовин, що утворюються при використанні способів зварювання.

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Дугове зварювання, за винятком зварювання під флюсом, супроводжується оптичним випромінюванням в ультрафіолетових, видимих і інфрачервоних діапазонах, що багаторазово перевищує фізіологічно стерпну оком людини величину. Інтенсивність оптичного випромінювання зварювальної дуги і його спектральні характеристики залежать від потужності дуги, способу зварювання, виду зварювальних матеріалів і захисних газів. При відсутності засобів індивідуального захисту можливе враження органів зору (електроофтальмія, катаракта) і шкірних покривів (опіки та інше).

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися захисними щитками з вбудованими світлофільтрами. Вибір світлофільтрів залежить від сили зварювального струму.

Інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання від виробів, що зварюють, і зварювальної ванни визначається температурою виробів, їхніми габаритами і конструкцією, а також температурою і розмірами зварювальної ванни. При відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання в інтенсивностях, що перевищують припустимі рівні, може привести до порушень терморегуляції, тепловому удару. Контакт із нагрітим металом може викликати опіки.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом.

Напруженість електромагнітних полів залежить від конструкції і потужності зварювального устаткування, конфігурації виробу, що зварюється. Характер їхнього впливу на організм визначається рівнем і тривалістю впливу. Як правило, для дугового зварювання напруженість магнітного поля незначна, тому не перевищує гранично припустимих рівнів.

Шум на робочих місцях при дуговому зварюванні є чинником помірної інтенсивності. Джерела шуму – зварювальна дуга, джерела живлення і пневмоприводи. Рівень шуму від зварювальної дуги визначається стабільністю її горіння. Тому при зварюванні покритими електродами і іншими

зварювальними матеріалами, у складі яких присутні елементи – стабілізатори дуги, рівень шуму не перевищує припустимі рівні звукового тиску. При зварюванні у вуглекислому газі, особливо дротом суцільного перетину, що не відрізняється високою стабільністю горіння дуги, рівні звукового тиску залежно від режиму зварювання можуть бути на 4-25 дБ(А) більше припустимих значень.

Користуватися засобами індивідуального захисту (навушники) і т.д.

Розбризування металу при зварюванні також наслідок нестабільного горіння дуги: при зварюванні у вуглекислому газі дротом суцільного перетину воно досягає 15%, істотно менше при використанні покритих електродів і порошкових дротів і відсутній зовсім при зварюванні під флюсом. Бризки, іскри і викиди розплавленого металу і шлаків при відсутності засобів захисту можуть бути причиною опіків шкірних покривів, травмування органів зору, а також підвищують небезпеку виникнення пожеж.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт необхідно користуватися спецодягом і дотримуватися правил пожежобезпеки.

Небезпечним для життя людини вважається напруга більше 42 В змінного й 110 В постійного струму для приміщень зварювальних цехів і 12 В для особливо небезпечних умов (сирі приміщення, замкнуті металеві обсяги)[21].

Однак ці значення напруги є досить умовними, оскільки небезпека враження електричним струмом істотно залежить від індивідуальних особливостей організму і навколишніх умов. Наявність навіть малих кількостей алкоголю в крові різко знижує електричний опір тіла людини. Мокра або пітна шкіра має в багато разів більшу електропровідність, підвищуючи тим самим небезпеку враження струмом.

Тому при проведенні складально-зварювальних робіт забороняється вживати спиртні напої; користуватися тільки сухим і чистим спецодягом і дотримувати правил електробезпечності.

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статичні і динамічні фізичні навантаження у зварників при ручному і напівавтоматичному зварюванні викликають перенапруга нервової і кістково-м'язової систем організму. Статичні навантаження залежать від маси зварювального інструмента (електродотримача, шлангового тримача напівавтомата), гнучкості шлангів і проводів, тривалості безперервної роботи і підтримки робочої пози (стоячи, сидячи, напівсидячи, стоячи на колінах, лежачи на спині). Найбільші фізичні навантаження відчуються при виконанні зварювальних робіт напівсидячи і стоячи при зварюванні в стельовому положенні або лежачи на спині у важкодоступних місцях.

Динамічна перенапруга пов'язане з виконанням важких допоміжних робіт: доставка на робоче місце заготівель, зварювальних матеріалів, підйом і перенесення пристосувань, поворот вузлів, що зварюють. Такі навантаження приводять до стомлюваності зварників і погіршенню якості зварювальних швів.

Для зниження навантажень варто застосовувати засоби механізації зварювання (зварювальні маніпулятори, роликові стенди та ін.)

Слід зазначити, що крім зазначених у таблиці небезпечних і шкідливих факторів, при електродугових процесах відзначається іонізація повітря робочої зони з утворенням іонів обох полярностей. Причиною цього є електрична і термічна іонізація в результаті електродугового процесу, а також вплив ультрафіолетового випромінювання дуги на повітря. Підвищена або знижена концентрація негативно або позитивно заряджених іонів у повітрі робочої зони також може робити несприятливу дію на самопочуття і здоров'я працюючих.

При дуговому зварюванні в захисних газах додатково з'являються небезпечні фактори (балони під тиском), які можуть бути причиною вибухів і пожеж.

4.3. Розрахунок захисного заземлення

Заземлюючий пристрій – це сукупність заземлювача і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлюючі частини електроустановки із заземлювачем[21].

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

– Визначимо припустимий опір заземлюючого пристрою.

Найбільший припустимий опір заземлюючих пристроїв і електроустановок напругою до 1000 В – $R_{\text{доп.}} = 4 \text{ Ом}$, за умови, що заземлюючі пристрої електроустановок мережі з ізольованої нейтраллю при потужності трансформатора більше 1000 кВ·А.

– Визначимо питомий опір ґрунту.

Питомий опір ґрунту є опір куба ґрунту з ребром 1 м.

Ґрунт-супісок. Питомий електричний опір ґрунту – 300 Ом·м.

– Вибір матеріалу, розмірів заземлювача і розрахунок опору розтікання.

Заземлювач круглий (суцільного перетину), сталевий.

Зовнішній діаметр стрижня – 12 мм.

– Визначимо опір розтіканню для одного заземлювача (рис. 6.1):

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right),$$

де ρ – питомий опір, Ом ·м; l – довжина стрижня, $l = 10 \text{ м}$; d – зовнішній діаметр стрижня, м; t – глибина закладення стрижня, від поверхні землі до середини стрижня, $t = 5,5 \text{ м}$; t_0 – глибина закладення стрижня, від поверхні землі до верхнього торця стрижня, $t_0 = 0,5 \text{ м}$.

$$R_1 = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 5,5 + 10}{4 \cdot 5,5 - 10} \right) = 37 \text{ Ом.}$$

Умова $R_1 > R_{\text{доп.}}$ не виконується, то необхідно застосувати кілька штучних заміників з'єднаних паралельно.

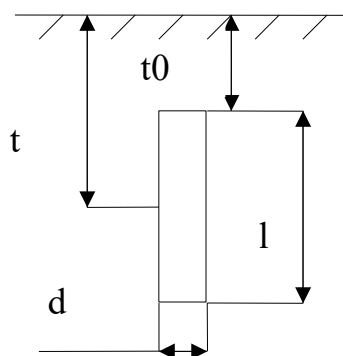


Рис. 6.1. Розміщення одного заземлювача

– Визначимо необхідне число паралельно з'єднаних заземлювачей:

$$n' = \frac{R_1}{\eta_B \cdot R_{\text{доп.}}} = \frac{37}{1 \cdot 4} = 9,3,$$

де η_B – коефіцієнт використання заземлювача враховуюче їхнє взаємне екранування, $\eta_B = 1$.

Приймаємо $n' = 10$.

– Визначимо фактичний опір штучних заземлювачей:

$$R_{\phi} = \frac{R_1}{(n \cdot \eta_{\phi})} \frac{37}{(10 \cdot 0,62)} = 5,97 \text{ Ом},$$

де η_{ϕ} – фактичний коефіцієнт використання заземлювача по таблиці 2.4 [], $\eta_{\phi} = 0,62$.

Для зв'язку вертикальних заземлювачей застосуємо сполучну смугу (рис. 2).

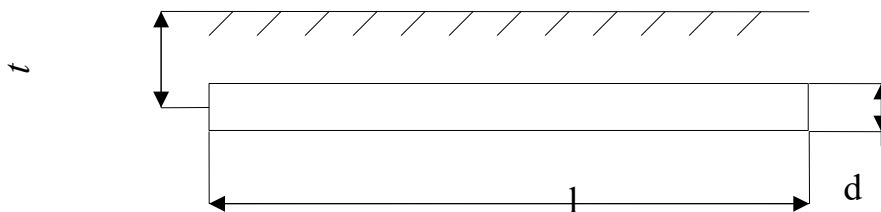


Рис. 6.2. Розміщення сполучної смуги

Опір розтікання сполучної смуги визначимо, як опір протяжного смугового заземлювача розташованого уздовж.

– Визначимо опір розтіканню сполучної смуги:

$$R_{1n} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t},$$

де a – відстань між електродами, $a = 10$ м; t – глибина закладення смуги, від поверхні землі до середини смуги, $t = 0,5$ м; l – довжина смуги, $l = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 10 \cdot 10 = 105$ м; $d = 0,012$ м.

$$R_{1n} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 105} \cdot \ln \frac{105^2}{0,012 \cdot 0,5} = 6,56 \text{ Ом}.$$

– Визначимо опір смуги:

$$R_n = \frac{R_{1n}}{\eta_n} \frac{6,56}{0,62} = 10,6 \text{ Ом},$$

де η_n – коефіцієнт використання смуги по таблиці 2.5 [], $\eta_n = 0,62$.

– Визначимо фактичний опір розтікання заземлюючого пристрою з вертикальних заземлювачей і сполучної смуги:

$$R_3 = \frac{R_{\text{вп}} \cdot R_n}{R_{\text{вп}} + R_n} = \frac{5,97 \cdot 10,6}{5,97 + 10,6} = 3,8 \text{ Ом.}$$

$R_3 < R_{\text{доп}}$. Умова виконується.

4.4. Розробка правил техніки безпеки при виконанні складально-зварювальних робіт

Основні вимоги по безпечному проведенню складальнозварювальних робіт повинні задовольняти систему стандартів безпеки праці, а також ДСТУ 2456-94 "Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки", ГОСТ 12.2.003 "Правила устройства электроустановок", ГОСТ 12.2.049 "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", ГОСТ 12.2.007.8 "Правила технической эксплуатации установок потребителей".

Відповідальність за дотримання цих вимог покладається на керівника підрозділу, дільниці або цеху, якому підкоряються робітники і у веденні якого перебуває все устаткування.

До складально-зварювальних робіт допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли спеціальне навчання, і мають посвідчення на право провадження робіт і кваліфікаційну групу по техніці безпеки.

Кожний електрозварник при надходженні на роботу або при допуску до цієї роботи повинен пройти вступний (загальний) інструктаж з техніки безпеки і виробничої санітарії, а також інструктаж безпосередньо на робочому місці, яку потрібно проводити при кожному переході на іншу роботу або при зміні умов роботи. Крім того, повторний інструктаж необхідно проводити для всіх робітників не рідше одного разу в 3 місяці. Проведення інструктажу реєструється в спеціальному журналі.

Зварник повинен щорічно здавати повторні іспити на знання техніки безпеки. Крім того, зварник повинен знати правила надання першої допомоги

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

при ураженні електричним струмом, при опіку, отруєнні, тепловому ударі або механічному впливі, а також правила пожежної безпеки.

Не рідше одного разу в рік зварник повинен проходити медичний огляд.

При проведенні складально-зварювальних робіт електрозварник зобов'язаний і повністю дотримуватися правил техніки безпеки, які запропоновані місцевими нормативними документами, а адміністрація підприємства повинна створювати умови для правильного і безпечного виконання цих робіт.

Складально-зварювальні роботи необхідно виконувати:

- в спецодязі, який складається з костюму виготовленого з брезенту з термостійким, іскростійким і вогнестійким просоченням (всесезонного (ТУ 17 України 14-15-94) або літнього (ТУ 17 України 14-16-94) варіанту) головного убору без козирка, робочих черевик або чобіт на діелектричній підосшві, без металічних цвяхів та рукавиць за ДСТ 12.4.010;

- в сухому не загромадженому робочому місці з достатнім освітленням та з ефективною місцевою та загальною вентиляцією.

Забороняється:

- працювати на несправній апаратурі яка не відповідає вимогам техніки безпеки; застосовувати замість електропроводу рейки, труби, прутковий метал; працювати без спецодязі і інших захисних засобів; працювати при недостатнім висвітленні робочого місця; торкатися нагрітих місць голими руками

- не сідати на зварювальні випрямлячі або апаратні шафи – це не безпечно для життя;

- підключати до мережі і відключати від неї електрозварювальне встаткування, а також спостерігати за його станом у процесі експлуатації. Цим повинні займатися електромонтери, що мають кваліфікацію не нижче третього розряду і групу безпеки не нижче третього;

- не допускати зберігання горючих матеріалів поблизу проведення наплавочних робіт;
- залишати ввімкненим апаратуру при короткочасній відлучки;
- розмовляти з іншими людьми при ввімкненому устаткуванні.

4.5. Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища і раціональне використання його ресурсів в умовах інтенсивного росту промислового виробництва стала однією з актуальних проблем сучасності.

XX ст. закінчилося формуванням і зростанням глобальної кризи цивілізації в усіх напрямках – соціальному, духовному демографічному, економічному, екологічному. Про це свідчать жорсткі сутички людини з навколишнім середовищем в усіх регіонах земної кулі. Науково-технічний прогрес, швидкість якого на декілька порядків перевищує швидкість створення біосферою нових видів організмів, які були б адаптовані до змінених людиною умов існування, породжує дедалі нові джерела збурення, тиску на біосферу, її пере забруднення, знищення природних ресурсів, катастрофічне зменшення біорозмаїтості. А економіка, що керується силами і законами ринку, активно втілює в життя все потужніші технології, які дедалі більше руйнують довкілля. Результатом активного розвитку економіки стали непередбачувані швидкі загрозливі зміни клімату, а повітря, ґрунти і поверхневі води перестали бути відновними ресурсами.

Цивілізація виникла в середині біосфери, є її частиною, і без біосфери існувати не зможе. Незважаючи на це, люди продовжують вести спосіб життя, що суперечить екологічним законам, сподіваючись на свою технічну могутність та наукові досягнення, які допоможуть вижити.

Тому, в суспільстві різко зростає роль технічної екології, призначеної оцінювати ступень шкоди, яка завдається природі та навколишньому середовищу та розробити інженерно-технічні засоби захисту, розвивати основи здійснення замкнутих та безвідходних технологічних циклів.

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Необхідність охорони навколишнього середовища, відображена в законах нашої країни. Верховна Рада України прийняла закон України «Про охорону атмосферного повітря», що спрямований на збереження стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини, а також запобігання шкідливого впливу на навколишнє середовище. Він визначає правові, організаційні основи в області охорони і використання атмосферного повітря.

4.6. Забруднення навколишнього середовища при проведенні складально-зварювальних робіт

Всі промислові відходи по агрегатному стані діляться на газоподібні, рідкі і тверді. Залежно від фізико-хімічних властивостей відходів і від їхньої кількості, застосовують різні методи знешкодження і переробки: механічні, хімічні, біологічні.

При проведенні складально-зварювальних робіт у навколишнє середовище виділяються шкідливі газоподібні речовини, які забруднюють повітряне середовище і негативно впливають на рослинний і тваринний мир. По агрегатному стану їх можна розділити на дві групи:

- а) зважені частки (аерозолі) твердих речовин - пил, дим; рідин - тумани;
- б) газоподібні і пароподібні речовини.

До аерозолів відносяться зважені тверді частки неорганічного і органічного походження, а також зважені частки рідини (тумани). Пил – це дисперсна малостійка система, що містить більше великих часток, чим дими і тумани. Рахункова концентрація (число часток в 1 см³) мала в порівнянні з димами і туманами. Розрізняють пил у промислових газових викидах неорганічний і органічний. До димів відносяться аеродисперсні системи з малою швидкістю осадження під дією сили ваги. Дими утворюються при окислюванні пар металів в електричній дузі і т.д. Розміри часток у димах на багато менше, ніж у пилу і туманах, і становлять від 5 мкм до субмікронних розмірів, тобто менш 0,1 мкм. Тумани складаються із крапельок рідини, що

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

утворюються при конденсації пар або розпиленні рідини. У промислових вихлопах при проведенні складально-зварювальних робіт тумани не виділяються, тому що відсутні роботи пов'язані із застосуванням кислот. Друга група - газоподібні і пароподібні речовини, що міститься в промислових газових вихлопах, набагато більша. До неї ставляться вуглеводні, аміни, нітросполуки, пари металів, піридини, хромати, меркаптани і багато інших компонентів газоподібних промислових відходів.

У цей час, коли безвідхідна технологія перебуває в періоді становлення і повністю безвідхідних підприємств ще не існує, основним завданням газоочистки служить доведення змісту токсичних домішок у газових домішках до гранично припустимих концентрацій (ГПК), установлених санітарними нормами по (ГОСТ 12.1.007-85) у повітряному середовищі.

При неможливості досягти ГПК очищенням іноді застосовують багаторазове розведення токсичних речовин або викид газів через високі димарі для розсіювання домішок у верхніх шарах атмосфери. Теоретичне визначення концентрації домішок у нижніх шарах атмосфери залежно від висоти труби і інших факторів пов'язане із законами турбулентної дифузії в атмосфері і поки розроблено не повністю. Висоту труби, необхідну, щоб забезпечити ГПК токсичних речовин у нижніх шарах атмосфери, на рівні подиху, визначають по наближених формулах.

Метод досягнення ГПК за допомогою "високих труб" служить лише паліативом, тому що не охороняє атмосферу, а лише переносить забруднення з одного району в інші[18,19,20].

Використання установок, зварювальних перетворювачів і деяких інших пристроїв випромінюють шум різної інтенсивності, що приводить до забруднення акустичного середовища. Тому припустимий рівень шуму на робочому місці повинен відповідати нормам за ГОСТ 12.1. 003-83 і ГОСТ 12.01. 35-81 (СТ СЭВ 2415-80). Так, для зварювального встаткування (крім

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

зварювальних перетворювачів) частотою 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц припустимий рівень шуму відповідно 99, 92, 86, 83, 80, 78, 76 і 74 дБ.

Також при проведенні складально-зварювальних робіт можуть утворюватися такі відходи, як шматки зварювального дроту, огарки електродів і флюсовий шлак.

4.6. Заходи для запобігання забруднення навколишнього середовища

Відповідно до характеру шкідливих домішок розрізняють методи очищення газів від аерозолів і від газоподібних і пароподібних домішок. Всі способи очищення газів визначаються в першу чергу фізико-хімічними властивостями домішок, їхнім агрегатним станом, дисперсністю, хімічним складом і ін. Розмаїтість шкідливих домішок у промислових газових викидах приводить до великої розмаїтості методів очищення, застосовуваних реакторів і хімічних реагентів.

Очищення газів від аерозолів. Методи очищення по їхньому основному принципі можна розділити на механічне очищення, електростатичне очищення і очищення за допомогою звукової і ультразвукової коагуляції.

Механічне очищення газів включає сухі і мокрі методи. До сухих методів ставляться:

- гравітаційне осадження;
- інерційне й відцентрове пиловловлення;
- фільтрація.

У більшості промислових газоочисних установок комбінується кілька прийомів очищення від аерозолів, причому конструкції очисних апаратів досить численні.

Гравітаційне осадження засноване на осадженні зважених часток під дією сили ваги при русі запиленого газу з малою швидкістю без зміни напрямку потоку. Процес проводять у відстійних газоходах і пилеосаджувальних камерах. Для зменшення висоти осадження часток в осаджувальних камерах встановлено на відстані 40-100 мм безліч горизонтальних полиць, що

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розбивають газовий потік на плоскі струмені. Гравітаційне осадження дієво лише для великих часток діаметром більше 50-100 мкм, причому ступінь очищення становить не вище 40-50 %. Метод придатний лише для попереднього, грубого очищення газів.

Інерційне осадження засноване на прагненні зважених часток зберігати первісний напрямок руху при зміні напрямку газового потоку. Серед інерційних апаратів найбільше часто застосовують жалюзійні пиловловлювачі з більшим числом щілин (жалюзі). Гази обезпилюються, виходячи через щілини і міняючи при цьому напрямок руху, швидкість газу на вході в апарат становить 10-15 м/с. Гідравлічний опір апарата 100-400 Па (10-40 мм вод. ст.). Частки пилу з $d < 20$ мкм у жалюзійних апаратах не вловлюються. Ступінь очищення залежно від дисперсності часток становить 20-70 %. Інерційний метод можна застосовувати лише для грубого очищення газу. Крім малої ефективності недолік цього методу – швидке стирання або забивання щілин.

Відцентровані методи очищення газів засновані на дії відцентрової сили, що виникає при обертанні газового потоку, що очищає, в очисному апараті або при обертанні частин самого апарата. Як відцентрові апарати пилеочистники застосовують циклони різних типів: батарейні циклони, що обертаються пиловловлювачі (ротоклони) і ін.

Фільтрація заснована на проходженні газу, що очищає, через різні фільтруючі тканини (бавовна, вовна, хімічні волокна, скловолокно і ін.) або через інші фільтруючі матеріали (кераміка, металокераміка, пористі перегородки із пластмаси і ін.). Найбільше часто для фільтрації застосовують спеціально виготовлені волокнисті матеріали – скловолокно, вовна або бавовна з азбестом, асбоцелюлозу. Залежно від фільтруючого матеріалу розрізняють тканинні фільтри (у тому числі рукавні), волокнисті, із зернистих матеріалів (кераміка, металокераміка, пористі пластмаси). Тканинні фільтри, найчастіше рукавні, застосовуються при температурі газу, що очищає, не вище 60-65 °С. Для безперервного очищення тканини продувають повітряними струменями,

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

які створюються різними пристроями – соплами, розташованими проти кожного рукава, що рухаються зовнішніми продувними кільцями і ін. Зараз застосовують автоматичне керування рукавними фільтрами із продувкою їхніми імпульсами стисненого повітря.

Волокнисті фільтри, що мають пори, рівномірно розподілені між тонкими волокнами, працюють із високою ефективністю; ступінь очищення $\eta = 99,5 \div 99,9 \%$ при швидкості фільтруємого газу 0,15-1,0 м/с і $\Delta P = 500-1000$ Па.

На фільтрах зі скловолокнистих матеріалів можливе очищення агресивних газів при температурі до 275 °С. Для тонкого очищення газів при підвищених температурах застосовують фільтри з кераміки, тонковолокнистої вати з нержавіючої сталі, що володіють високою міцністю і стійкістю до змінних навантажень; однак їхній гідравлічний опір великий – 1000 Па.

Фільтрація - досить розповсюджений прийом тонкого очищення газів. Її переваги - порівняльна низька вартість устаткування (за винятком металокерамічних фільтрів) і висока ефективність тонкого очищення. Недоліки фільтрації високий гідравлічний опір і швидке забивання фільтруючого матеріалу пилом.

Мокре очищення газів від аерозолів засновані на промиванні газу рідиною (звичайною водою) при можливо більше розвитої поверхні контакту рідини із частками аерозолію і можливо більше інтенсивному перемішуванні газу, що очищає, з рідиною. Цей універсальний метод очищення газів від часток пилу, диму і тумана будь-яких розмірів є найпоширенішим прийомом заключної стадії механічного очищення, особливо для газів, що підлягають охолодженню. В апаратах мокрого очищення застосовують різні прийоми розвитку поверхні зіткнення рідини і газу.

Башні з насадкою (насадочні скрубери) відрізняються простотою конструкції і експлуатації, стійкістю в роботі, малим гідравлічним опором ($\Delta P = 300-800$ Па) і порівняно малою витратою енергії. У насадочному скрубері можливе очищення газів з початкової запиленістю до 5-6 г/м³. Ефективність

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

одного щабля очищення для пилов з $d > 5$ мкм не перевищує 70-80 %. Насадка швидко забивається пилом, особливо при високої початкової запиленості.

Зрошувані циклони (відцентрові скрубери) застосовують для очищення більших обсягів газу. Вони мають порівняно невеликий гідравлічний опір – 400-850 Па. Для часток розміром 2-5 мкм ступінь очищення становить ~ 50 %. Відцентрові скрубери високопродуктивні завдяки великій швидкості газу; у вхідному патрубку $\omega_r = 18-20$ м/с, а в перетині скрубера $\omega_r = 4-5$ м/с.

Пінні апарати застосовують для очищення газу від аерозолів полідисперсного состава. Інтенсивний пінний режим створюється на полках апарата при лінійній швидкості газу в його повному перетині 1-4 м/с. Пінні газоочисники мають високу продуктивність по газі і порівняно невеликим гідравлічним опором (ΔP однієї полки близько 600 Па). Для часток з діаметром $d > 5$ мкм ефективність їхнього вловлювання на одному полку апарата 90-99 %; при $d < 5$ мкм $\eta = 75-90$ %. Для підвищення (установлюють двох- і трьохполичні апарати).

Основний недолік всіх методів мокрого очищення газів від аерозолів - це утворення більших обсягів рідких відходів (шламу). Таким чином, якщо не передбачені замкнута система водообороту і утилізація всіх компонентів шламу, то мокрі способи газоочистки власне кажучи тільки переносять забруднювачі з газових викидів у стічні води, тобто з атмосфери у водойми.

Електростатичне очищення газів служить універсальним засобом, придатним для будь-яких аерозолів, включаючи тумани кислот, і при будь-яких розмірах часток. Метод заснований на іонізації і зарядці часток аерозолі при проходженні газу через електричне поле високої напруги, створюване коронуючими електродами. Осадження часток відбувається на заземлених осаджувальних електродах. Промислові електрофільтри складаються з ряду заземлених пластин або труб, через які пропускається очищає газ. Між осаджувальними електродами підвішені дротові коронуючі електроди, до яких

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

підводить напруга 25-100 кВ. Теоретичне вираження для ступеня вловлювання аерозолів у трубчастих електрофільтрах має вигляд

При очищенні від пилу сухих газів електрофільтри можуть працювати в широкому діапазоні температур (від 20 до 500 °С) і тисків. Їхній гідравлічний опір невеликий – 100-150 Па. Ступінь очищення від аерозолів – вище 90, досягаючи 99,9 % на багатопильних електрофільтрах при $d > 1$ мкм. Недолік цього методу – більші витрати засобів на спорудження і зміст очисних установок і значна витрата енергії на створення електричного поля. Витрата електроенергії на електростатичне очищення – 0,1-0,5 кВт на 1000 м³ газу, що очищає.

Звукова і ультразвукова коагуляція, а також попередня електризація поки мало застосовуються в промисловості і перебувають в основному в стадії розробки.

Очищення газів від пароподібних і газоподібних домішок. Гази в промисловості звичайно забруднені шкідливими домішками, тому очищення широко застосовується на заводах і підприємствах для технологічних і санітарних (екологічних) цілей. Промислові способи очищення газових викидів від газоподібних і пароподібних токсичних домішок можна розділити на три основні групи:

- абсорбція рідинами;
- адсорбція твердими поглиначами;
- каталітичне очищення.

У менших масштабах застосовуються термічні методи спалювання горючих забруднень, спосіб хімічної взаємодії домішок із сухими поглиначами і окислювання домішок озоном.

Для очищення викидів від газоподібних і пароподібних домішок застосовують і інтенсивну масообмінну апаратуру – пінні апарати, безнасадочні форсуночні абсорбер, скрубери Вентурі, що працюють при більш високим швидкостях газу. Пінні абсорбери працюють при $\omega_{\Gamma} = 1-4$ м/с і забезпечують

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

порівняно високу швидкість абсорбційно-десорбційних процесів; їхні габарити в кілька разів менше, ніж насадочних скрубєрів. При достатнім числі щаблів очищення досягаються високі показники глибини очищення: для деяких процесів до 99,9 %. Особливо перспективні для очищення газів від аерозолів і шкідливих газоподібних домішок пінні апарати зі стабілізатором пінного шару. Вони порівняно прості по конструкції і працюють у режимі високої турбулентності при лінійній швидкості газу до 4-5 м/с.

Абсорбційні методи характеризуються безперервністю і універсальністю процесу, економічністю і можливістю добування більших кількостей домішок з газів. Недолік цього методу в тім, що насадочні скрубєри, барботажні і навіть пінні апарати забезпечують досить високий ступінь добування шкідливих домішок (до ГПК) і повну регенерацію поглиначів тільки при великій кількості щаблів очищення. Тому технологічні схеми мокрого очищення, як правило, складні, багатоступінчаті і очисні реактори (особливо скрубєри) мають більші обсяги.

Любий процес мокрого абсорбційного очищення вихлопних газів від газоподібних і пароподібних домішок доцільний тільки у випадку його циклічності і безвідходності. Але й циклічні системи мокрого очищення конкурентноздатні тільки тоді, коли вони сполучені з пилеочисткою і охолодженням газу.

Основні міри захисту при рівні шуму, що перевищує припустимий норми, наступні [1]: вибір по можливості мал шумних способів наплавлення, та відповідного устаткування; застосування звукоізолюючих кожухів на джерелах шуму і звукоізолюючих екранів (пересувних) [8].

Відходи дроту і електродні огарки йдуть на переробку. Різні тверді відходи вивозяться на смітєзбірники.

Найбільш надійним і най економічним способом охорони біосфери від шкідливих викидів є перехід до безвідхідного виробництва, або до безвідхідних технологій. Термін «безвідхідна технологія» уперше запропонована академіком

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Н. Н. Семеновим. Під цим мається на увазі створення оптимальних технологічних систем із замкнутими матеріальними і енергетичними потоками. Таке виробництво не повинне мати стічних вод, шкідливих викидів в атмосферу і твердих відходів і не повинне споживати воду із природних водойм.

Звичайно ж, поняття «безвідхідне виробництво» має трохи умовний характер; це ідеальна модель виробництва, тому що в реальних умовах не можна повністю ліквідувати відходи і позбутися від впливу виробництва на навколишнє середовище. Точніше варто називати такі системи маловідхідними, що дають мінімальні викиди, при яких збиток природним екосистемам буде мінімальний.

У цей час визначилося кілька основних напрямків охорони біосфери, які в остаточному підсумку ведуть до створення безвідхідних технологій:

- розробка і впровадження принципове нових технологічних процесів і систем, що працюють по замкнутому циклі, що дозволяють виключити утворення основної кількості відходів;
- створення безстічних технологічних систем і водооборотних циклів на базі найбільш ефективних методів очищення стічних вод;
- переробка відходів виробництва і споживання як вторинна сировина;
- створення територіально-промислових комплексів із замкнутою структурою матеріальних потоків сировини і відходів усередині комплексу.

Розробка і впровадження принципове нових технологічних процесів і систем, що працюють по замкнутому циклі, що дозволяють виключити утворення основної кількості відходів, є основним напрямком технічного прогресу.

Висновки:

1. Було проаналізовано шкідливі фактори, які можуть виникнути на зварювальному виробництві, знайдено най ефективніші стандартизовані засоби запобігання їх шкідливої дії.
2. Перераховано основні заходи та засоби індивідуального захисту зварника.
Для захисту очей рекомендовано використовувати зварювальні маски, для захисту вух – навушники або біруші, для захисту дихальних шляхів рекомендовано захисну маску стандарту не нижче, ніж FFP-2.
3. Проведено типовий розрахунок заземлення приміщення зварювального цеху.
Опір смуги склав 10.6 Ом, фактичний опір розтікання між заземлюючим пристроєм та заземлюючою смугою рівний 3.8 Ом. Опір штучних заземлювачів = 5.97 Ом.

					КР.131.6121м.05.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Козловський			Економічна оцінка розробленої технології				Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		.Костін О.М.										
Реценз.									НУК ім. адм. Макарова			
Н. Контр.												
Затверд.												

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Економічний розрахунок базується на тому, аби розрахувати вартість всіх виконаних робіт, затрачених матеріалів, заробітну плату. Замовлення завод отримує тендером, тому заробіток підприємства, залежить від умов тендеру. В цьому економічному розрахунку, буде вираховано економічні затрати на виробництво партії з 50 штук, типових трубопроводів показаних в 1 розділі на рисунку 1.1.

Вихідні дані розрахунку:

1. Об'єм продукції: 50 штук
2. Ціна джерела живлення MWA - 400 грн. 347000
3. Ціна орбітального зварного пальника MWG - 170 грн. 53800
4. Ціна блоку подачі дроту FEEDER CW 06 грн. 5800
5. Ціна зварювального інвертора AMITI TIG315P грн 29000
6. Ціна засобів індивідуального захисту на 1 працівника Грн. 800
7. Витрата дроту на 1 з'єднання типу 1 = 84 г.

Розрахунок: $L1 = 3.14 \cdot 108 = 339 \text{ мм}$, $t = 339/1 = 339 \text{ с}$, $L_{др} = 9.16 \cdot 339 = 3105 \text{ мм}$, $F_{др} = 3.14 \cdot 1^2 = 3.14 \text{ мм}^2$, $V_{др} = F_{др} \cdot L_{др} = 9750 \text{ мм}^3$, $M_{др} = V_{др} \cdot \gamma_{др} = 9.75 \cdot 7.8 = 76 \text{ (г)}$, додаємо 10% на технічні розтрати, отримаємо 84 (г).

8. Витрата дроту на 1 з'єднання типу 2 = 70 г.

Розрахунок аналогічний, різний діаметр.

9. Витрата дроту на 1 з'єднання типу 3 = 113 г.

Розрахунок: $L3 = 3.14 \cdot 108 \cdot 1.3 = 440 \text{ мм}$, $V_{шв} = L3 \cdot F_{шв} = 440 \cdot 30 = 13200$

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		96

мм³ , $M_{др} = V_{шв} * \gamma_{др} = 103 \text{ (г)}$, добавимо 10% на технічні розтррати, отримаємо 113 (г).

10.Ціна дроту, грн./кг. 470

11.Витрати газової суміші ІІ на 1 з'єднання типу 1 = 199.4 (л)

Розрахунок: $V_{оснГ} = t * V_{Г} = 339 * 0.2 = 67.8 \text{ (л)}$ Добавимо 5 % на розтррати, отримаємо 71.2 (л) Добавимо ще 40 % на піддув, отримаємо 99.7 (л), у з'єднанні 2 проходи, в сумі 199.4 (л).

12.Витрати газової суміші ІІ на 1 з'єднання типу 2 = 164.4 (л)

Розрахунок аналогічний різний діаметр

13.Витрати газової суміші ІІ на 1 з'єднання типу 3 = 573.6 (л)

Розрахунок: на з'єднання 1 типу за 1 прохід витрачається 99.7 л, враховуючи ручну працю та всі її складові, а також те, що шов трохи довший за звичайну трубу діаметру 108мм, можна сміливо вважати, що за кореневий прохід буде витрачено $99.7 * 1.3 * 1.5 = 194.4 \text{ (л)}$. на інші 3 проходи піддув робити не треба, тому можна зменшити сумову витрату 1 проходу на 35%, отже $194.4 * 0.65 = 126.4 \text{ (л)}$. в сумі 4 проходи, 1 кореневий та 2 заповнюючий та 1 облицювальний, отже сумарна витрата газу на 1 з'єднання = $194.4 + 3 * 126.4 = 573.6 \text{ (л)}$

14.Ціна 1 літри газу, грн. 0.1

Розрахунок: в 40 л балон під аргон накачують 6300 л аргону (під тиском), вартість послуги на ринку в середньому 650 грн, тобто $650 / 6300 = 0.1 \text{ грн.}$

15.Витрати електроенергії на зварювання на 1 з'єднання типу 1 = 0.248 кВт*год

Розрахунок: час зварювання обох проходів $t = 339 \text{ с.}$ Потужність кореневого проходу = $100 * 12 = 1200 \text{ Вт.}$ Потужність облицювального проходу = $120 * 12 = 1440 \text{ Вт.}$ Отже за 1 зварювання обох проходів буде витрачено $0.094 * (1200 + 1440) = 248 \text{ Вт*год}$

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		97

16.Витрати електроенергії на зварювання на 1 з'єднання типу 2 = 0.204
кВт*год

Розрахунок аналогічний, різний діаметр.

17.Витрати електроенергії на зварювання на 1 з'єднання типу 3 = 0.823
кВт*год

Розрахунок: орієнтовно, трохи більша протяжність шву, а також той фактор, що він виконується вручну збільшує час 1 проходу в $1.3 * 1.5 = 1.95$ разу. Отже 1 прохід займає 661 с. Потужність кореневого проходу = $90 * 12 = 1080$ Вт., потужність заповнюючого та облицювального проходів = $120 * 12 = 1440$ Вт. В 1 з'єднанні 4 проходи, тоді витрачена енергія буде $0.183 * (1080 + 3 * 1440) = 823$ Вт*год.

18.Ціна 1 кВт*г, грн. 0,45

19.Кількість виготовлених на робочу зміну з'єднань 1 та 2 типу штук 8

20.Кількість виготовлених на робочу зміну з'єднань 3 типу штук 2

21.Кількість стикованих за робочу зміну з'єднань всіх типів штук 10

22.Часова тарифна ставка ручного дугового зварника грн./час 60

23.Часова тарифна ставка оператора-зварника грн./час 50

24.Часова тарифна ставка токаря грн./час 40

25.Часова тарифна ставка слюсаря грн./час 30

26.Рівень додаткових витрат, % 12

27.Норма амортизації, % 6,5

28.Норма витрат на поточний ремонт обладнання, % 5

Розрахунок суми додаткових капіталовкладень наведені у таблиці 5.1.

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		98

Таблиця 5.1 Розрахунок суми капіталовкладень

Найменування обладнання	Кількість	Вартість одиниці обладнання
MWA-400	1	347000
MWG-170	1	53800
FEEDER CW06	1	5800
AMITI TIG315P	1	29000
Індивідуальні засоби захисту*	8	800

*Витрати враховують кількість виробників на 1 зміну + 3 запасні комплекти.

Витрати $\Delta K = 442000$ грн

Розрахунок зміни витрат на електроенергію

За 1 повну партію буде зварено 50 штук типових трубопроводів, 1 такий включає в себе 4 з'єднання 1 типу, 1 з'єднання 2 типу, 1 з'єднання 3 типу, маючи визначені витрати електроенергії на кожне з'єднання, їхню загальну кількість та ціну 1кВт*год, розрахую вартість всієї витраченої електроенергії.

Додатково потрібно врахувати електроенергію затрачену на освітлення, вентиляцію та інше.

$$0.45 \cdot 50 \cdot (4 \cdot 0.248 + 0.205 + 0.823) + 2000 = 2045.45 \text{ грн}$$

$$\Delta E = 2045.45 \text{ грн}$$

Розрахунок зміни витрат на основну заробітну плату

Одна робоча зміна вимагає 5 працівників: 2 слюсаря, 1 токаря, 1 оператор-зварювальник, 1 зварювальник ручного дугового зварювання. Кожен з них відпрацює по 8 годин, враховуючи зарплату за 1 годину, а також час, необхідний для виконання партії в 50 штук, розрахуємо заробітну плату за партію.

$50 \cdot 5 = 250$ з'єднань 1 та 2 типу, $50 \cdot 1 = 50$ з'єднань 3 типу, тоді $250/8 = 32$ робочі зміни, $50/2 = 25$ робочих змін. Зарплата працівникам за партію, рахується по

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		99

найдовшому процесу, в цьому випадку це зварювання з'єднань типу 1 та 2. Отже зарплата : Слюсар* = $30 \cdot 8 = 240$ грн зміна або $240 \cdot 32 = 7680$ партія.

Токар = $40 \cdot 8 = 320$ грн зміна або $320 \cdot 32 = 10240$ партія.

Оп. Зв. = $50 \cdot 8 = 400$ грн зміна або $400 \cdot 32 = 12800$ партія.

Зв. Руч. = $60 \cdot 8 = 480$ грн зміна або $480 \cdot 32 = 15360$ партія.

**слюсаря має бути 2 в зміні.*

Витрати на ΔОЗП за партію = 53760 грн.

Розрахунок зміни витрат на зварювальні матеріали

В одному трубопроводі 4 з'єднання 1 типу, 1 з'єднання 2 типу та 1 з'єднання 3 типу, враховуючи 50 штук виробу, та знаючи кількість необхідного зварювального дроту, розрахую суму витрачену на нього, Мдр = $470 \cdot 50 \cdot (4 \cdot 0.084 + 0.07 + 0.113) = 12200$ грн. Знаючи скільки газу треба для кожного з'єднання, розрахую кошти затрачені на нього Мгаз = $0.1 \cdot 50 \cdot (4 \cdot 199.4 + 164.4 + 573.6) = 7678$ грн, або $76780 / 6300 = 13$ балонів по 40 літрів, з ціною за один в 650, отримаємо 8450 грн. В сумі будемо мати: 20650

ΔМ = 20650 грн

Розрахунок зміни витрат на додаткову заробітну плату

Додаткову заробітну плату отримують лише зварники (будь-якої кваліфікації)

Дод.зп. для Оп. Зв. = $12800 \cdot 0.12 = 1536$ грн

Зв. Руч. = $15360 \cdot 0.12 = 1843.2$ грн

ΔДЗП = 3379.2 грн

Розрахунок зміни витрат на амортизацію

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		100

Знаючи ціну обладнання, а також відсоток амортизації, розрахую величину амортизації $A=0.065*(347000+53800+5800+29000)=28314$ грн

$\Delta A=28314$ грн

Розрахунок зміни витрат на поточний ремонт обладнання

Знаючи ціну обладнання, а також відсоток на ремонт, розрахую величину на ремонт $T=0.05*(347000+53800+5800+29000)=21780$ грн

Витрати на поточний ремонт $\Delta T=21780$ грн

Розрахунок зміни цехових накладних витрат

Знаючи суму на зарплатню, розрахую суму цехових накладних витрат $\Delta CB=53760*0.1=5376$ грн

Витрати на цехові накладні витрати: $\Delta CB=5376$ грн

Розрахунок зміни витрат на загальнозаводські накладні

Знаючи суму заробітної плати, а також відсоток на загальнозаводські витрати, розрахую її $ZB=53760*0.18=9676$ грн

Зміна витрат на загальнозаводські витрати: $\Delta ZB=9676$ грн

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		101

Розрахункові показники собівартості виготовлення 1 партії трубопроводів

	Показники	Одиниці вимірювання	Загальна сума витрат, грн
1	Витрати на обладнання	грн	442000*
2	Витрати на матеріали	грн	20650
3	Витрати на електроенергію	грн	2045.45
4	Витрати на ОЗП	грн	53760
5	Витрати на ДЗП	грн	3379.2
6	Витрати на поточний ремонт	грн	21780
7	Амортизаційні відрахування	грн	28314
8	Цехові накладні витрати	грн	5376
9	Загальнозаводські накладні витрати	грн	9676
10	Сума	грн	586980.65

**сума включає в себе одноразову покупку зварювального обладнання, при виробництві наступних партій, ця сума не враховується, тільки витрати на амортизацію, ремонт.*

Висновки:

1. Було проведено економічний розрахунок собівартості виготовлення однієї партії трубопроводу, сума на витрати склала = 586980.65, враховуючи одно разову закупівлю обладнання.

					КР.131.6121м.05.05.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		102

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Було визначено загальну концепцію конструкції, наведено її типовий вигляд та габарити, описано варіативність елементів, відповідно від вимог призначення, було обрано типовий трубопровід габаритами 1160мм * 496мм.
2. Встановлено групу сталі, яка найкраще підходить для виконання завдання такого типу, обґрунтовано переваги аустенітної хромонікелевої нержавіючої сталі (2-5% Фериту), а саме: термостійкість, корозійна стійкість, стійкість до хімічних подразників. Сталь цієї групи має чудову стійкість до холодних тріщин, а при правильному підборі сталі за хімічним складом, можна уникнути, в тому числі, і кристалізаційних тріщин від зварювання, проведений розрахунок схильності до гарячих і холодних тріщин, підтвердив очікувані властивості сталі та зварних швів. Структура Аустеніт + 2-5% Ферит не страждає від гарячих чи холодних тріщин.
3. Було проаналізовані зварні з'єднання по EN ISO 9692-1 та обрані типи та розміри, які забезпечують якісні зварні шви та дозволяють отримати продуктивність зварювання на достатньо високому рівні, для даного трубопроводу було обрано з'єднання типу 1.8 для стиків труб діаметрів 108мм та 89мм, для зварювання трійника було обрано з'єднання типу 1.9.1. Проведений розрахунок зварювання дозволяє виконати оптимальне зварювання та одержати бездефектне з'єднання, для з'єднання типу 1.8, струм зварювання склав: 100 А для кореня та 120 А для облицювального шва, для з'єднання типу 1.9.1 струм зварювання: 90 А для кореню та 120 А для облицювального шва, з'єднання 1.9.1 виконується за 4 проходи, а з'єднання 1.8 за 2 проходи.
4. Було проведено розрахунок на деформації та напруження від зварювання. Деформації корсетності для труби діаметру 108 мм склали $\Delta R_{108} = 0.01027$ см, а для труби діаметру 89 мм вони рівні $\Delta R_{89} = 0.0094$ см, що є прийнятним. Деформації на трійнику для схеми «кондуктор з внутрішнім закріпленням» не перевищили 0.24 мм до всіх діаметрам, що менше 1.08 мм. Макрошліф з'єднання 1.8 стик труби діаметру 108 мм, на виявлення дефектів типу пори від недостатнього захисту газу та включення вольфраму дефектів не виявив.
5. Обрано зварювальне обладнання яке забезпечує стійке горіння дуги при різних видах зварювання, які застосовуються для виготовлення даної конструкції. Для автоматизованого зварювання в середовищі захисних газів

					КР.131.6121м.05.00.ПЗ	Лист
Зміни	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		103

пропонується використовувати зварювальний пальник MWG – 170 разом з джерелом живлення MWA-400 та блоком подачі зварювального дроту FEEDER CW 06. Ручне дугове зварювання трійника буде виконуватися за допомогою зварювального інвертора AMITI TIG315P.

6. Зварювання виконується переважно автоматизованим способом у чистому аргоні вищого сорту І1 (99.995%), у якості зварювальних матеріалів для автоматизованого зварювання використано порошковий дріт ESAB, OKAutrod 318LSi. Прутки для ручного дугового зварювання повністю повторюють хімічний склад обраного зварювального дроту, прутки марки ESAB, OKTigrod 318LSi.

7. Перераховано основні заходи та засоби індивідуального захисту зварника. Для захисту очей рекомендовано використовувати зварювальні маски, для захисту вух – навушники або біруші, для захисту дихальних шляхів рекомендовано захисну маску стандарту не нижче, ніж FFP-2. Проведено типовий розрахунок заземлення приміщення зварювального цеху. Опір смуги склав 10.6 Ом, фактичний опір розтікання між заземлюючим пристроєм та заземлюючою смугою рівний 3.8 Ом. Опір штучних заземлювачів = 5.97 Ом.

9. Було проведено економічний розрахунок собівартості виготовлення однієї партії трубопроводу, сума на витрати склала = 586980.65, враховуючи одно разову закупівлю обладнання.

					КР.131.6121м.05.00.ПЗ	Лист
						104
Зміни	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Квасницький В.В / Теорія зварювальних процесів: навчальний посібник / Квасницький В.В., Миколаїв 2002 – 184с.
2. Багрянський К.В. / Теория сварочных процессов: підручник / Багрянський К.В., Київ 1976 – 426с.
3. Івченко П.С., / Теорія зварювальних процесів: конспект лекцій / Івченко П.С., Кам'янське 2016 – 91с.
4. Новожилов Н.М О классификации защитных газов по их химической активности в процессе сварки /Новожилов Н.М., Борисенко М.М., Аносов Н.П.// Сварочное производство. 1978. - С.
5. А.Г, Потапьевский / Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г, Потапьевский 1974 — 244с.
6. Зварювання TIG: інструкція / Україна 14с. Інтернет посилання: <http://svarka.rv.ua/image/literature/6.pdf>
7. Каталог продукции: каталог / ESAB 2018 – 270с.
8. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / А.С. Карпенко 2-ге видання, переробл. та доповн.: Навч. посібник. – К.: Арістей, 2006. – 272 с.
9. Рыжков Н.Н. / Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении / Н.Н. Рыжков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
10. Г. І. Камель / КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАННЯ Том 1. Неруйнівні методи контролю , навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк ,Кам'янське «ДДТУ» 2018 — 240 с.
11. ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 Зварювання та спорідненні процеси. рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне Дугове Зварювання, Зварювання в захисному газі, газове Зварювання.
12. TIG-сварка, обучение и подготовка: навчальний посібник / ESAB 36с.
13. Николаев Г.А / Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. / Николаев Г.А. и др., Учебное пособие для машиностроительных вузов М.: Высшая школа, 1971 - 760с.

					КР.131.6121м.05.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

- 14.Лобанов Л.М. / Напруження та деформації при зварюванні і паянні: підручник / Лобанов Л.М., Миколаїв 2016 – 244с.
- 15.Андрєєв І. / Розрахунок технологічних трубопроводів / Андрєєв І., Київ 2023 — 104 с.
- 16.О. Л. Гайдамак. / Автоматичне Керування та автоматизація процесів зварювання і відновлення / О. Л. Гайдамак., Вінниця ВНТУ 2017 — 51с.
- 17.Лебедєв В. К. / Автоматичне керування зварюванням / В. К. Лебедєв, В. П. Черниш. – К. : Вища шк., 1986. – 296 с.
18. Левченко О.Г. / Охорона праці у зварювальному виробництві: навчальний посібник / Левченко О.Г., Київ 2018 – 181с.
- 19.ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки.
- 20.НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів
- 21.ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

					КР.131.6121м.05.00.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Козловський			Додаток	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Костін О.М.						
Реценз.						НУК ім. адм. Макарова		
Н. Контр.								
Затверд.								

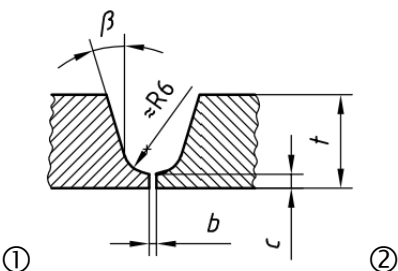


СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION
(ISO 15609-1:2019)

WPS № 141-1-23

Підприємство (виробник) / Manufacturer:	ТОВ «АМІТІ»		
Проект (замовлення) / Project:	Виробництво і ремонт металоконструкцій / Manufacture and repair of steel structures		
Спосіб зварювання / Welding Type(s):	141 TIG welding with solid filler material (wire/rod)		
Використовувані правила / Reference Standard(s):	ISO 15614-1: 2017, level 2		
Основою на Специфікації випробування зварного з'єднання № / Based on WPQR #: 141-1-22	WPQR № 141-1-22		Редакція / Revisions: 0.1

З'єднання / **Joint type:** стикове з'єднання / **BW (butt weld)**

Конструктивні елементи підготовки крайок/ Dimensioning of clearing (Joint preparation): 1.8 to ISO 9692-1: 2013				Конструктивні елементи зварного шва і технологія зварювання/ Elements of weld and welding sequences: 1.8 to ISO 9692-1: 2013					
Indicate grades ① ②									
t, mm	b, mm	c, mm	β, deg.	t, mm	e, mm	e ₁ , mm	g, mm	g ₁ , mm	
5	0	2.5	8	5	11 ±3	5 ±1	0.5-2.5	0-2	

Спосіб підготовки крайок:	Механічна обробка	Method of groove preparing:	machining
Вимоги по зачистці крайок:	механічна зачистка	Requirements to groove cleaning:	mechanical cleaning
Наявність підкладок:-	Немає	Backing:	N/A
Матеріал підкладок:	Немає	Backing material:	N/A
Основний метал ①:	EN 1.4541	Base material ①:	EN 1.4541
До основного металу ②:	EN 1.4541	To base material ②:	EN 1.4541
Затверджена категорія і марка:	група 8.1 ISO/TR 15608: 2017	Approved grade and trade mark:	group 8.1 ISO/TR 15608: 2017
Діапазон товщин:	від 3 мм до 10 мм	Thickness range:	from 3 mm to 10 mm
Діапазон зовнішніх діаметрів труб:	≥44.5 мм	Pipe's outside diameter range:	≥44.5 mm

ДЕТАЛІ ПРО ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ / **DETAILS OF WELDING CONSUMABLES:**

Присадкові матеріали: Filler products:	Марка Trade mark	Тип електрода / Категорія Electrode type / Grade	Класифікація Classification	Діаметр електрода, мм Diameter electrode, mm
	OK Autrod 308LSi	G 19 9 LSi	EN ISO 14343-A	1

Просушування або проколювання:	Немає	Special baking or drying:	N/A
Обмеження по часу зберігання:	5 років максимум	Requirement to storage time:	5 years max

Допоміжні матеріали / **Auxiliary materials:**

Захисний газ або флюс Shielding gas or flux	Тип або марка Type or Trade mark	Розхід газу, л/хв / Gas flow rate, l/min	
		Захисного Shield	Піддув з протилежної сторони Backing purge
≥99.995%Ar	I 1 (ISO 14175)	10-12	3 - 5

Просушування або проколювання флюсу / **Flux backing or drying:** Немає / N/A

Тип вольфрамового електрода/розмір / **Tungsten electrode type/size:** E3-2.4 / 2.4

Інша інформація / **Other information:** Зварювальне обладнання / **welding equipment** - MWG – 170/ MWA-400 / FEEDER CW 06

Відомство про технологію зварювання / DETAILS OF WELDING SEQUENCE

Зварювальне положення / welding position:		РА (нижнє положення / flat position)	
Підтверджені положення зварювання / approved welding position:		РА, РВ by ISO 6947:2019	
Рід струму та полярність:	Постійний струм/пряма полярність	Type current and polarity:	DC (-) direct current electrode negative
Тип переносу металу:	капельный перенос (холодний дріт)	Transfer mode:	globular transfer
Техніка переміщення електроду поперечними коливаннями або облицювання з коливаннями	(корінь шва, заповнення і облицювання з коливаннями)	String/weaving bead:	root, filling and lining with fluctuations
Амплітуда поперечних коливань	3.2 мм	Weaving amplitude:	1.5 Ø electrodes
Ширина валиків, макс.:	< 14 мм	Maximum width runs:	< 14 мм
Одно/багатоелектродне:	одноелектродна	Multiple/single electrodes:	single electrodes
Одно/багатопохідна:	багатопохідна	Single/multiple pass:	Multiple
Сторожка кореню шва:	Немає	Root gouging:	N/A
Розмір сопла пальника:	< 16 мм	Orifice/gas cup size:	< 16 мм
Попередній підігрів:	Немає	Preheating:	N/A
Супутній підігрів:	Немає	Accompanying heating:	N/A
Міжваликова температура:	<150°C	Interpass temperature:	<150 °C
Термообробка після зварювання:	не використовується	PWHT temperature:	N/A
Додаткові параметри (141 FM) / Additional parameters (141 FM)			
Кут нахилу електрода	90°	Electrode inclination	90°
Виліт дроту:	10-15 мм :	Contact tube to work distance:	10-15 мм
Швидкість переміщення	1 мм/с	Speed of movement	1 mm/s
Затримка	< 0,7с на краю	Retardment	< 0,7s on edge
Ширина коливань	< 6.4 мм	Oscillation width	< 6.4 мм
Швидкість коливань	18 мм/с	Oscillation speed	18 mm/s
Час базового струму	0.1с	Base amperage time	0.1
Час пікового струму	0.1с	Pike amperage time	0.1
Зварювання проводити під кутом назад	ні	Welding lead angle back	N/A

РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ / ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Прохід № Run No	Спосіб зварювання / Welding Type(s):	Ø електрода, мм Size of electrode mm	Струм базовий/ Base amperage A	Середній струм/ Avg. amp. A	Струм піку / Pike amp. A	Напруга, Voltage, V	Шв. Звар.*, мм/с Travel speed*, mm/s	Швидкість подачі дроту*, м/хв Wire feed*, m/min	Погона енергія, kJ/мм Heat input, kJ/mm
кореневий прохід / root run	141 FM	2.4	60	100	140	12±0.5	1	N/A	0.69-0.75
заповнення / filling run(s)	141 FM	2.4	60	120	180	12±0.5	1	0.55	0.82-0.9
облицювання / capping run(s)	141 FM	2.4	60	120	180	12±0.5	1	0.55	0.82-0.9

*Якщо необхідно / If required

Note: Thermal efficiency: welding process 141 - $\eta=0.6$ by EN 1011-1: 2009

Додаткова інформація і вимоги	Additional information and requirements
1.Прихопи при складанні стика: довжина 15-20 мм, крок 80 мм. 2.Зварювання наступного валика проводити тільки після очистки від бризок металу і видалення дефектів попереднього валика 3.Електрод запалювати в розробці стика. 4.Кінець одного відрізка і початок наступного відрізка перекриваються на 5-10 мм. 5.Між лускатні западання - не більше, ніж 1,0 мм. 6.Западання між валиками зварного шва - не більше, ніж 1,0 мм. 7.Кут переходу шва до основного металу $\alpha \geq 150^\circ$. 8.Оцінка якості зварного з'єднання по Правилам ISO 5817: level B, ISO 11666: level 2, (VT – 100%, RT – 100%).	1. Tacks for joint assembly: length – 15-20 mm at the distance of 80 mm. 2. Each following bead to be welded only upon cleaning of metal spots and removal of the previous bead defects. 3. Electrode to be ignited within the grooving. 4. The end of the previous length and the beginning of the following one should overlap for 5-10 mm. 5. Low spot between bead ripple – no more than 1.0 mm. 6. Low spot between beads – no more than 1.0 mm. 7. Weld toe angle $\alpha \geq 150^\circ$. 8. Evaluation of the weld quality should be to Rules ISO 5817: level B, ISO 11666: Level 2, (VT – 100%, RT – 100%).

Розроблено/ **Designed by**
" 20 " травня / May 2022

D. Kozlovskiy.
посада, П.І.Б.
(position, name)

підпис
(signature) _____

Перевірено / **Controlled by**
" 20 " травня / May 2022

A.Kostin, expert УАКС (МК 0018)
посада, П.І.Б.
(position, name)

підпис
(signature) _____

Одобрено / **Approved**
" ____ " травня / May 2022

surveyor BV
(position, name)

підпис
(signature) _____

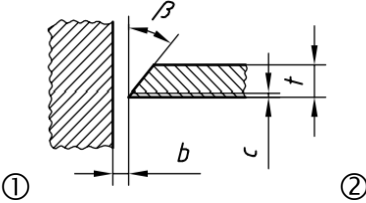
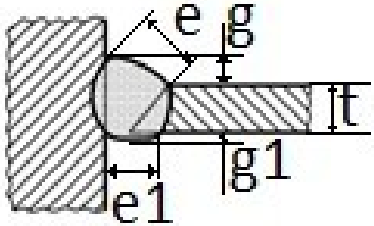


СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (ISO 15609-1:2019)

WPS № 141-2-23

Підприємство (виробник) / Manufacturer:	ТОВ «AMIT»		
Проект (замовлення) / Project:	Виробництво і ремонт металоконструкцій / Manufacture and repair of steel structures		
Спосіб зварювання / Welding Type(s):	141 TIG welding with solid filler material (wire/rod)		
Використовувані правила / Reference Standard(s):	ISO 15614-1: 2017, level 2		
Основою на Специфікації випробування зварного з'єднання № / Based on WPQR #: 141-2-22		WPQR № 141-2-22 Редакція / Revisions: 0.1	

З'єднання / **Joint type:** стикове з'єднання / **BW (butt weld)**

Конструктивні елементи підготовки крайок / Dimensioning of clearing (Joint preparation): 1.9.1 to ISO 9692-1: 2013				Конструктивні елементи зварного шва і технологія зварювання / Elements of weld and welding sequences: 1.9.1 to ISO 9692-1: 2013				
Indicate grades ① ② 								
t, mm	b, mm	c, mm	β, deg.	t, mm	e, mm	e₁, mm	g, mm	g₁, mm
5	1	1	40-50	5	8 ±1	3 ±1	3-4	0-2

Спосіб підготовки крайок:	Механічна обробка	Method of groove preparing:	machining
Вимоги по зачистці крайок:	механічна зачистка	Requirements to groove cleaning:	mechanical cleaning
Наявність підкладок:	Немає	Backing:	N/A
Матеріал підкладок:	Немає	Backing material:	N/A
Основний метал ①:	EN 1.4541	Base material ①:	EN 1.4541
До основного металу ②:	EN 1.4541	To base material ②:	EN 1.4541
Затверджена категорія і марка:	група 8.1 ISO/TR 15608: 2017	Approved grade and trade mark:	group 8.1 ISO/TR 15608: 2017
Діапазон товщин:	від 3 мм до 10 мм	Thickness range:	from 3 mm to 10 mm
Діапазон зовнішніх діаметрів труб:	≥54 мм	Pipe's outside diameter range:	≥54 mm

ДЕТАЛІ ПРО ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ / **DETAILS OF WELDING CONSUMABLES:**

Присадкові матеріали: Filler products:	Марка Trade mark	Тип електрода / Категорія Electrode type / Grade	Класифікація Classification	Діаметр електрода, мм Diameter electrode, mm
	OK Tigrod 308LSi	G 19 9 LSi	EN ISO 14343-A	1

Просушування або проколювання:	Немає	Special baking or drying:	N/A
Обмеження по часу зберігання:	5 років максимум	Requirement to storage time:	5 years max

Допоміжні матеріали / **Auxiliary materials:**

Захисний газ або флюс Shielding gas or flux	Тип або марка Type or Trade mark	Розхід газу, л/хв / Gas flow rate, l/min	
		Захисного Shield	Піддув з протилежної сторони Backing purge
≥99.995%Ar	I 1 (ISO 14175)	10-12	3 - 5

Просушування або проколювання флюсу / **Flux backing or drying:**

Немає / **N/A**

Тип вольфрамового електрода/розмір / **Tungsten electrode type/size:**

E3-2.4 / 2.4

Інша інформація / **Other information:** Зварювальне обладнання / **welding equipment** - Paton ADI 200 PRO

Відомство про технологію зварювання / DETAILS OF WELDING SEQUENCE

Зварювальне положення / welding position:		РА (нижнє положення / flat position)	
Підтверджені положення зварювання / approved welding position:		РА, РВ by ISO 6947:2019	
Рід струму та полярність:	Постійний струм/пряма полярність	Type current and polarity:	DC (-) direct current electrode negative
Тип переносу металу:	капельний перенос (холодний дріт)	Transfer mode:	globular transfer
Техніка переміщення електроду поперечними коливаннями або облицювання з коливаннями	Вручну	String/weaving bead:	root, filling and lining with fluctuations
Амплітуда поперечних коливань	< 14 мм	Weaving amplitude:	By hand
Ширина валиків, макс.:	< 14 мм	Maximum width runs:	< 14 mm
Одно/багатоелектродне:	одноелектродна	Multiple/single electrodes:	single electrodes
Одно/багатопохідна:	багатопохідна	Single/multiple pass:	Multiple
Стrojка кореню шва:	Немає	Root gouging:	N/A
Розмір сопла пальника:	< 16 мм	Orifice/gas cup size:	< 16 mm
Попередній підігрів:	Немає	Preheating:	N/A
Супутній підігрів:	Немає	Accompanying heating:	N/A
Міжваликова температура:	<150°C	Interpass temperature:	<150 °C
Термообробка після зварювання:	не використовується	PWHT temperature:	N/A
Додаткові параметри (141) / Additional parameters (141)			
Кут нахилу електрода	90°	Electrode inclination	90°
Виліт дроту:	Вручну	Contact tube to work distance:	By hand
Швидкість переміщення	0.65 мм/с	Speed of movement	0.65 mm/s
Затримка	Вручну	Retardment	By hand
Ширина коливань	Вручну	Oscillation width	By hand
Швидкість коливань	Вручну	Oscillation speed	By hand
Зварювання проводити під кутом назад	ні	Welding lead angle back	N/A

РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ / ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Прохід № Run No	Спосіб зварювання / Welding Type(s):	Ø електрода, мм Size of electrode	Струм/ Amperage A	Напруга, Voltage, V	Швидкість зварювання*, мм/с Travel speed*, mm/s	Швидкість подачі дроту*, м/хв Wire feed*, m/min	Погона енергія, kJ/мм Heat input, kJ/mm
кореневий прохід / root run	141 MW	2.4	90	12±0.5	0.5 – 0.8	N/A	0.96-1.04
заповнення / filling run(s)	141 MW	2.4	120	12±0.5	0.5 - 1	N/A	1.1-1.2
облицювання / capping run(s)	141 MW	2.4	120	12±0.5	0.5 - 1	N/A	1.1-1.2

*Якщо необхідно / If required

Note: Thermal efficiency: welding process 141 - $\eta=0.6$ by EN 1011-1: 2009

Додаткова інформація і вимоги	Additional information and requirements
- Прихопи при складанні стика: довжина 15-20 мм, крок 80 мм. - Зварювання наступного валика проводити тільки після очистки від бризок металу і видалення дефектів попереднього валика - Електрод запалювати в розробці стика. - Кінець одного відрізка і початок наступного відрізка перекриваються на 5-10 мм. - Між лускатні западання - не більше, ніж 1,0 мм. - Западання між валиками зварного шва - не більше, ніж 1,0 мм. - Кут переходу шва до основного металу $\alpha \geq 150^\circ$. - Оцінка якості зварного з'єднання по Правилам ISO 5817: level B, ISO 11666: level 2, (VT – 100%, RT – 100%).	- Tacks for joint assembly: length – 3-6 mm at the distance of 60 mm. - Each following bead to be welded only upon cleaning of metal spots and removal of the previous bead defects. - Electrode to be ignited within the grooving. - The end of the previous length and the beginning of the following one should overlap for 5-10 mm. - Low spot between bead ripple – no more than 1.0 mm. - Low spot between beads – no more than 1.0 mm. - Weld toe angle $\alpha \geq 150^\circ$. - Evaluation of the weld quality should be to Rules ISO 5817: level B, ISO 11666: Level 2, (VT – 100%, RT – 100%).

Розроблено/ **Designed by**
" 20 " травня / May 2022

D. Kozlovskyi
посада, П.І.Б.
(position, name)

підпис
(signature) _____

Перевірено / **Controlled by**
" 20 " травня / May 2022

A.Kostin, expert УАКС (МК 0018)
посада, П.І.Б.
(position, name)

підпис
(signature) _____

Одобрено / **Approved**
" ____ " травня / May 2022

surveyor BV
(position, name)

підпис
(signature) _____