Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(освітній рівень)

на тему: Вдосконалення технології зварювання корпусу буферної ємності D250 для теплових насосів та дослідження структурно-фазових перетворень та властивостей зварних швів

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МПм
Спеціальності *"Прикладна механіка"* *131*
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
(підпис) Вознюк В. С. (прізвище та ініціали)
Керівник (підпис) Лазарюк В.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль (підпис) Ткаченко І. Г. (прізвище та ініціали)
Рецензент (підпис) Шанайда В.В. (прізвище та ініціали)
Зав. кафедрою (підпис) Окіпний І.Б. (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТ
доц., кт.н. Окіпний І.Б.
«____»_____ 2024__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю *131 "Прикладна механіка"*
(шифр і назва спеціальності)

студенту Вознюка Віктора Саватійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Вдосконалення технології зварювання корпусу буферної ємності D250 для теплових насосів та дослідження структурно-фазових перетворень та властивостей зварних швів

Керівник проекту (роботи) Лазарюк В.В., к.т.н, доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «14» листопада 2024 року № 4/7-1096

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 26 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *креслення виробу; технічні умови на виготовлення; базовий технологічний процес виготовлення виробу*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Аналітична частина. Технологічна частина. Науково-дослідна частина. Конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Установка для підготовки кромок. Установка для зварювання кільцевих швів. Роликовий стенд. План дільниці. Розрахунок Г-подібного візка. Режими зварювання. Аналіз очікуваних структур.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	*Ткаченко І. Г., доц. каф. МТ*		
Безпека в надзвичайних			
ситуаціях	*Клепчик В.М., проректор з адміністра-*		
	тивно-господарської роботи та бу-		
	дівництва		

7. Дата видачі завдання *«_3_» _жовтня__ 2024__ р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	При мітка
1	Вступ	10.10.2024	
2	Аналітична частина	17.10.2024	
3	Технологічна частина	24.10.2024	
4	Науково-дослідна частина	31.10.2024	
5	Конструкторська частина	21.11.2024	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	28.11.2024	
7	Висновки	5.12.2024	
8	Графічна частина	19.12.2024	

Студент _____ Вознюк В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Лазарюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра, на тему: «Вдосконалення технології зварювання корпусу буферної ємності D250 для теплових насосів та дослідження структурно-фазових перетворень та властивостей зварних швів» складається із 5 частин розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 70 - аркушів формату А4 та графічної частини об'ємом 7 аркушів формату Al. Записка складається із таких частин: аналітичний, технологічний, науково-дослідний, конструкторський, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Мета кваліфікаційної роботи – підвищення якості складально-зварювальних операцій виготовлення циліндричних ємностей; впровадження автоматизованого зварювання в захисній суміші газів Ar+ CO_2 +O_2; прогнозування механічних та експлутаційних властивостей буферної ємності; покращення якості зварної операцій зварювання; підвищення безпеки у механічному цеху.

Для висвітлення питань, які розглядаються в даному дипломному проекті, розрахунково-пояснювальна записка містить 17 рисунків, 14 таблиць та додатки. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 29 літературних джерел.

У даній кваліфікаційній роботі розроблено складально-зварювальні операції виготовлення буферної ємності. Запропоновано складання та зварювання корпусу ємності проводити на одній установці; зварювання проводити автоматизовано у іноваційній захисній суміші газів Ar+ CO_2 +O_2; розраховано режим зварювання стикового та таврового з'єднань; запропоновано раціональне обладнання і пристосування; проведено прогнозування структурно-фазових перетворень в ЗТВ,; розроблено заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ Ar+ CO_2 +O_2, СТРУКТУРНО-ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ, БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 Аналітична частина 8
1.1 Опис конструкції буферної ємності 8
1.2 Характеристика матеріалу буферної ємності 11
1.3 Технічні умови на виготовлення буферної ємності 14
1.4 Аналіз базового техпроцесу виготовлення буферної ємності 17
2 Технологічна частина 18
2.1 Обґрунтування вибору способу зварювання 18
2.2 Обґрунтування вибору матеріалів для зварювальних операцій 20
2.3 Розрахунок режимів зварювання 21
2.4 Вибір устаткування для складально-зварювальних операцій 28
2.5 Технологія складання корпусу буферної ємності 37
2.6 Контроль якості зварювання буферної ємності 41
3. Науково-дослідна частина 44
3.1 Вплив термічного циклу на структуру та механічні властивості зони термічного впливу зварного з’єднання 44
3.2 Аналіз очікуваної структури зони термічного впливу 48
4. Конструкторська частина 49
4.1 Вибір зварювальних пристосувань 49
4.2 Розрахунок жорсткості Г-подібного зварювального візк 57
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях 61
5.1 Шляхи збереження працездатності і підвищення продуктивності праці в зварювальному виробництві 61
5.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху 62
5.3 Організація цивільної оборони на об’єктах господарської діяльності 64

Загальні висновки 67
Перелік посилань 68
Додатки 71

ВСТУП

Покращення якості металовиробів, а саме зварних конструкцій циліндричних корпусів ємностей теплообмінного обладнання є важливими вкладом у поширеня технологій генерування теплової енергії для автономного обігріву приміщень в Україні. Задача полягає у стороенні таких корпусних частин, які зможуть експлуатуватися понад 30 років без ремонту, оскільки є частиною статичних систем генерації енергії з одного боку. З іншої сторони такі зварні вироби не можуть бути дороговартісними та виготовленими з іноземної сировини.

Найслабшим місцем у даних конструкціях є зварне з'єднання. Оскільки для таких виробів раціонально використовувати якісну, конструкційну, маловуглецеву сталь, то в результаті дії термодеформаційного зварювального циклу, можуть виникати розміцнені та напружені ділянки ініціації руйнування. Іншої проблемою є те, що виробництво таких виробів ведеться малими партіями з використанням ручної сили без достатньої механізації. В результаті, людські помилки та нетехнологічне устаткування не дозволяє створювати повторювану та гарнтовану якість металовиробів. Лише проведення головної операції зварювання на застарілих, захисних вуглекисних газах зменшує міцністні властивості швів та приносить значну кількість дефектів у зварні з'єднання. Іншою проблемою виробництва металоконструкцій є відсутність як приладів для контролю структури та властивостей зварених металів, так і погана організація самого пооперацiйного та кінцевого контролю 100 % усіх металевих виробів.

Отже, пропозиція та впровадження інноваційних технологій складання та зварювання для створення енергозберігаючих виробів дозволить не лише поширити практику автономного тепло- та енергозабезпечення окремого господарства, але і дозволить створити нові, безпечні робочі місця для технологічного, промислового виробництва необхідного обладнання в Україні.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу

Тепловий насос – це пристрій чи частина системи теплопостачання, який виробляє теплову енергію через перетворення тепла навколишнього середовища (грунту, водойм, каналізаційних колекторів чи геотермальних джерел), [1]. Теплові насоси можуть працювати окремо, а також у складі з котельним газовим чи електричним обладнанням. Такі установки можуть генерувати теплову енергію до 90 ^{0}С. Проте температура теплоносія геотермальних джерел може досягати високих температур до 200 ^{0}С. Часто такі системи використовують для умов, коли приміщення складно підключити до систем централізованого теплопостачання.

Досить широко, як частина опалювальних систем приватного сектору, використовуються теплові насоси з компресійним принципом роботи. Тоді до складу установки теплового насосу входять пристрої випарника з компресором, конденсатором та дроселем. Тепловий насос (ТН) служить з’єднуючим пристроєм між двома контурами передачі теплової енергії з різними типами теплоносія (антифриз, розсіл, вода), наприклад, побутової (ВН) та теплофікаційної води (НБ), рис. 1.

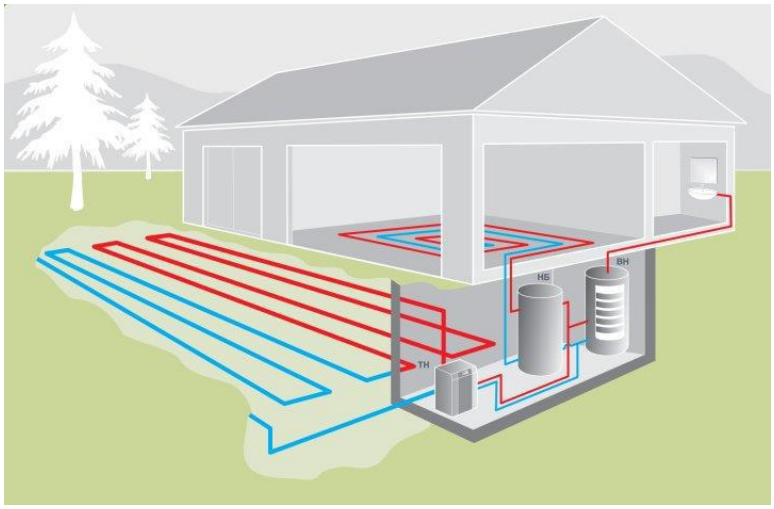


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд контурів систем теплового насосу (ТН)

Буферні ємності виконують функцію накопичувача обсягу теплоносія, зниження кількості тактів теплового насосу, а також гідравлічного розділювача. Тобто експлуатаційних функцій у буферної ємності більше, ніж функцій у теплоакумулятора. До буферних ємностей ставляться вимоги дуже тривалої експлуатації при температурах від 30 до 115 ^{0}С та тимчасових підвищеннях тиску до 3 бар, час експлуатації понад 20-30 років, утримування теплової енергії та низьких втрат тепла при простої, зручності монтажу та експлуатації [1, 2]. Недоліком теплових насосів є необхідність електроенергії, більший час окупності до 5-6 років, що також слід враховувати при виборі технологій виготовлення його компонентів.

На ринку України на відміну від теплоакумуляторів фіксується небагато виробників та продавців буферних ємностей для теплових насосів, наприклад, за даними сайту prom.ua на листопад 2024 року, торгових марок Micoe, Aquaviva, Cordivari. Ними пропонуються ємності на 60, 100, 120, 200, 250, 300, 500 літрів, проте у відгуках користувачі зазначають необхідність встановлення більших об’ємів через необхідність з часом модернізації системи опалення, об’єднання з системами сонячної енергетики, споживання більшої кількості теплої води. Для виготовлення буферних ємностей використовують, як правило котельні та нержавіючі сталі за європейськими стандартами.

Розроблення технології виготовлення даної продукції є можливість впровадження в Україні енергоефективних та енергозберігаючих систем опалення від природніх джерел з метою відмови від іноземних енергоносіїв. Запропонована буферна ємність може бути використана як у невеликих садибах, так і для великих релігійних споруд, спортивних залів чи промислових цехів. Ємність D250 має габаритні розміри H = 1600 мм, D = 670 мм, M=760 мм з товщиною теплоізоляції G=85 мм та об’єм 300 л теплоносія представлено на рисунку 2, яка складається з обичайки до якої приварені денця з сполучними фланцями 3-5, запірним клапаном 6, патрубками та кріпленнями 1 із котельної сталі товщиною 8 мм. Допустима максимальна підтримувана температура теплоносія 115 ^{0}С. Ємність проходить гідравлічне випробування під тиском 5 бар.

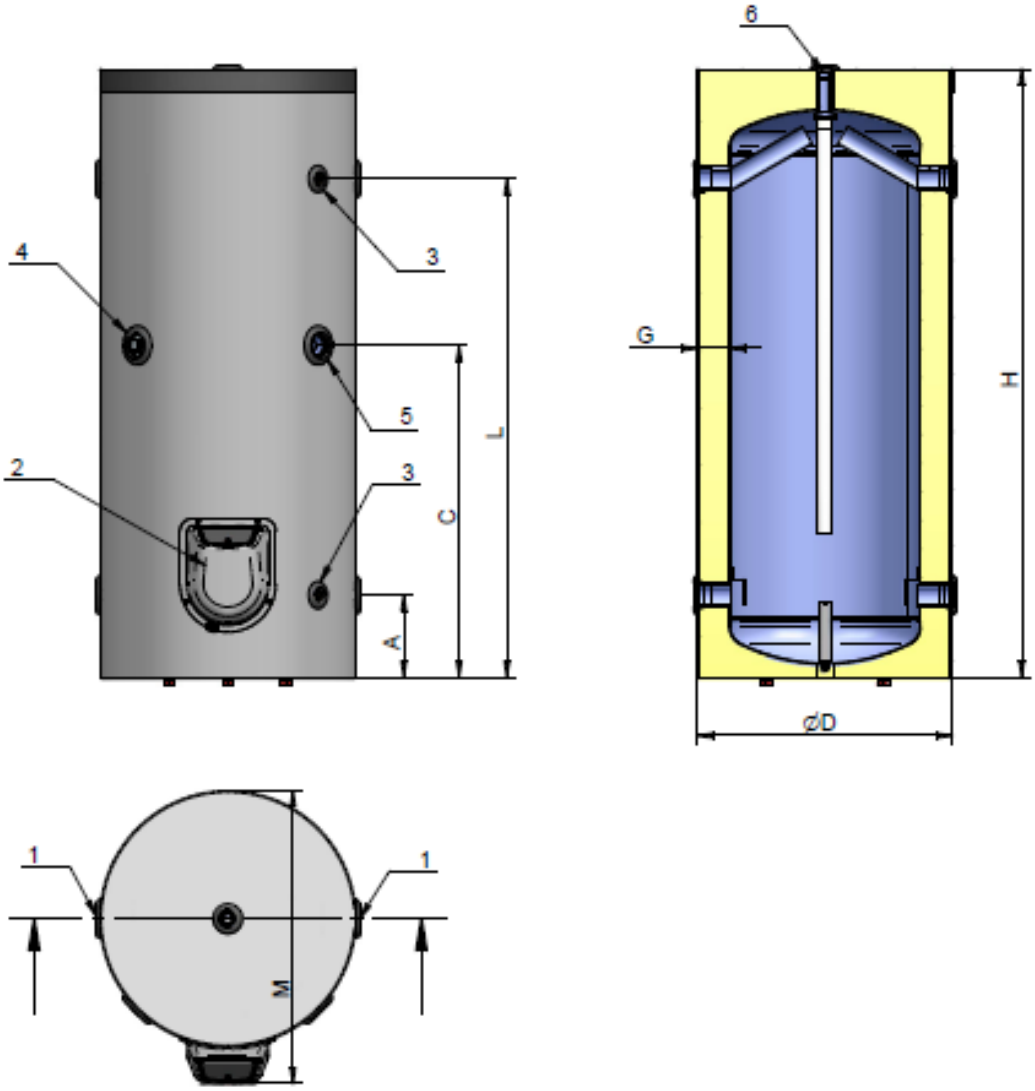


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд буферної ємності для теплового насосу

1.2 Характеристика матеріалу буферної ємності

Матеріал буферної ємності має спеціальні умови експлуатації, такі як необхідні механічні властивості міцності та пластичності для роботи посудини під тиском до 10 атмосфер, добра зварюваність, стійкість до корозії у середовищах теплоносіїв теплових насосів при постійних робочих температурах 30-90 ^{0}С, можливість холодної та гарячої механічної обробки, доступність та порівняльна дешевизна. Таким вимогам відповідають маловуглевеці сталі призначені для виготовлення котельного обладнання та посудин, які працюють при підвищених температурах під тиском. Серед відомих марок це 16К, 18К, 20К, 22К, P265GH, ASTM A516 Grade 60, SG295.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості котельних сталей

Марка сталі (за стандартом)	Тимчасовий опір $\sigma_в$, Н/мм^2	Мінімальна межа плинності $\sigma_{0.2}$, Н/мм^2	Мінімальне відносне видовження, δ_5,%	Ударна в'язкість KCU при темературі 20 ^{0}С, Дж/см^2, не менше (після старіння)
16К (ДСТУ 8804), [3]	400-490	255	22	34
20К (ДСТУ 8804), [4]	400-510	225	25	59
P265GH (EN 10028-2), [5]	410…530	265	22	40
A516 Grade 60 (ASTM), [6]	415-550	220	21	-
SG295 [7]	440	295	26	-

Відповідно до рекомендацій національного виробника сталі компанії Metinvest, у порівнянні з іншими сталями, табл. 1, обираємо марку сталі P265GH. Дана сталь є конструкційною вуглецевою та якісною. Використовується для виготовлення деталей теплообмінної апаратури, таких як днища, фланці, патрубки, фітинги. Дана сталь є термічностійкою та добртистоїть утвореню тріщин. Її властивості майже не змінюються аж до температур 450 ^{0}С. У порівнянні зі сталлю 20К у даної сталі менший вміст сірки та фосфору, рис.1.3, що є доброю технологічною перевагою якості.

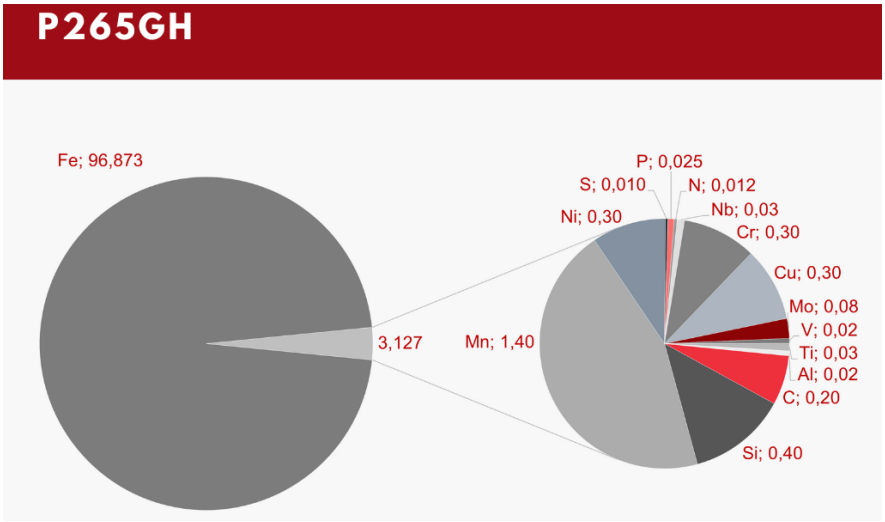


Рисунок 1.3 - Хімічний склад сталі P265GH відповідно до EN 10028-2, (максималльні значення) %, [5]

При порівнянні зварюваності сталі P265GH з аналогічними котельними сталями слід розуміти, що це є здатністю основного металу та металу електроду створювати нероз'ємне з'єднання досттньої якості при певній технології зварювання. При цьому властисості основного металу та шва мають мати рівновелику достатню міцність з допустимою дефектністю. Проте хоч котельні сталі мають приблизно одинаковий вміст вуглецю, проте відрізняються як легуючими компонентами, так і домішками. Зокрема сталь P265GH має більший, порівняно з сталлю 20К вміст марганцю до 1,4%, (рис. 1.3), а також містить невелику кількіть молібдену, ванадію, титану та алюмінію. З таблиці порівняння механічних властивостей сталь P265GH має кращі від інших властивості міцності та ударної в'язкості.

Зварюваність даної групи сталі є доброю через невисокий вміст вуглецю, не має схильності до відпускної крихкості. Такі сталі зварюються усіма способами електродугового зварювання.

Режими зварювання залежать від товщини зварюваного металу, типу ЗЗ. Стики під час складання фіксують короткими ділянками крі місць перетину зварних швів. Для фіксації взаємного розташування деталей, які підлягають зварюванню. Прихватки розміщують в місцях розташування зварних швів, за винятком місць їх перетину. При цьому корінь шва має бути якісним, оскільки після основного зварювання це місце уже не розплавляється.

Як правило дані сталі не піддаються термічній обробці при поставці, проте сталь P265GH постачається після нормаізації, на відміну від сталі 20К, яка постачається або без ТО, або після різного режиму нагрівання піл час прокату.

Мікроструктура досліджуваної сталі P265GH є як правило ферито-перлітної структура смугастої форми з переважно близькими до рівноважних феритними зернами та дисперсними зернами перліту. У перліті міститься цементит пластинчатої та неправильної будови.

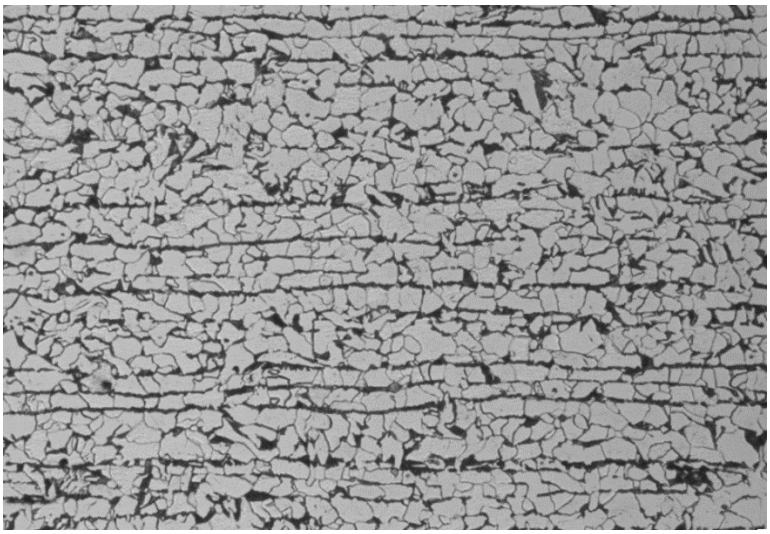


Рисунок 1.4 – Вихідна мікроструктура сталі P265GH, [8]

З метою перевірки імовірності утворення холодних тріщин у сталі P265GH, при максимальному вмісті основних легуючих елементів, розрахуємо еквівалентний вміст вуглецю C_e за рекомендаціями Міжнародного інституту зварювання [10].

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (1.1)$$

$$C_e = 0{,}2 + \frac{1{,}4}{6} + \frac{0{,}3 + 0{,}08 + 0{,}02}{15} = 0{,}46\%$$

З розрахунку бачимо, що максимальне значення C_e більше допустимого 0,425 [10], проте еквівалент вуглецю фактично буде знаходитись в діапазоні 0,36-0,46. Реальні дослідження наплавленоого металу та основного металу ЗЗ показує знпчення 0,34. Імовірність для виникнення тріщин існує, проте у випадку високого додаткового водневого впливу на зону зварювання. Виробники стверджують, що дана сталь добре зварюється [5]. Даний фактор потребує уваги при розробленні заходів мінімізації впливу водню, вхідного контролю партій зварюваних матеріалів, ретельної підготовки зварюваних кромок та застосування якісного зварювального дроту.

1.3 Технічні умови на виготовлення буферної ємності

Виготовлення буферної ємності повинно проводитись у відповідності до державних нормативів, оскільки даний пристрій експлуатується при підвищеній температурі та тиску тривалий час. Такими нормативними матеріалами для посудин, що експлуатуються в умовах систем теплового насосу є ДНАОП 000 – 1.08 – 94: “Правила, пристрої та умови безпечної експлуатації парових та водонагрівних котлів” та “Правила пристроїв та безпечної експлуатації посудин, які працюють під тиском”.

Матеріал буферної ємності повинен володіти достатніми запасом міцності та пластичності, високою корозійною стійкістю, доброю зварюваністю, бути придатним до холодного та гарячого деформування, мати необхідні техніко-економічні показники, бути доступним на ринку за вартістю та сортаментом.

Аналіз силових навантажень на пристрій дозволяє також внести корективи у вибір матеріалу, оскільки враховує їх знакоперемінний характер, тривалість пр певних температурних умовах, наявність корозійного середовища, виникнення при виготовленні та експлуатації залишкових напружень, ремонтоприданість, жорсткість виробу. Слід врахувати, що даний виріб працювати під робочим тиском 3 бар, тому дотримуються певних вимог при виготовленні. Звертають увагу на місця концентрації залишкових напружень, усі зварні з'єднання повинні мати повне проплавлення, включаючи місця прихоплень, зварювання повинно проводитись виключно у опалюваному приміщенні, не допускаючи зварювання на холоді.

Зварні з'єнання виконуються таким чином, щоб зберігати міцністні характеристики проятгом тривалого періоду експлуатації, враховуючи моливість старіння, дифузійного розміцнення та корозії. ЗЗ при проектуванні та виготовленні повинні забезпечувати принцип рівноміцності основного матеріалу та металу шва. Виконання прихваток проводять тим самим матеріалом, що і матріал зварного шва. Технологічний процес зварювання проводиться таким чином, щоб дефекти зварювання, такі як пористість, непровари, були мінімальними, а тріщини та дефекти пришовної зони були мінімальними.

Технологія виготовлення буферної ємності містить також важливі складальні операції. В першу чергу проводять розроблення кроммок та ретельно контролюють паралельність, а також зазори між ними, якість та чистоту поверхні як візуально, так і з допомогою пристроїв. З метою підвищення якості складальні роботи проводь у пристосуваннях не знімаючи їх до кінця усіх технологічних операцій при потребі. Кромки формують кінцево механічною обробкою. Не допускаються сліди окалин, мастила, фарб та забруднення, риски та подряпини на поверхні кромок глибше, ніж 0,5 мм.

Розташування зварних з'єднань повинно дозволяти доступ зварника чи контролера при виготовленні, термообробленні, монтажі та експлутації, контролі якості усієї конструкці чи подальшому ремонті. Зачасту дані вимоги мають матеріали з числа вуглецевих нелегованих та малолегованих якісних сталей з підвищеним вмістом марганцю. При вхідному контролі партій металу необхідно звертати увагу

на максимальний вміст елементів, що сприяють утворенню гартівних структур, таких як вуглець, марганець, мідь, нікель.

Під час виготовлення також проводять заходи для мінімізації проникненню водню до зони зварювання, а саме: не допускають поверхні зварювання мастил, фарби, вологи, іржі, електродні покриття піддають просушуванню перед операціями зварювання, гази до зони зварювання подають через осушувачі та слідкують за якістю газових сумішей.

Розмірний контроль в процесі виготовлення конструкції повинен бути запроваджений на усіх операція вигоовлення, а не лише на кінцевій стадії. Це дозволить забезпечити дотримання граничних відхилень обичайок від форми та розмірів згідно ДСТУ 24.03039-80. Так, наприклад відхилення розмірів обичайок до 1000 мм становить ± 5 мм, таблиця 1.3.

Оскільки у даній посудині використовуються еліптичні днища, їх відхилення становлять 1,25% від номінального внутрішнього діаметра. Відхилення від овальності корпусу циліндричної обичайки мають становити не більше 1% від її діаметра.

Після закінчення зварювання усі зварні шви зачищаються до рівня поверхні з допустимим відхиленням 0.05 мм. Нанесення покрить на поврехню виробу проводиться згідно робочої документації та креслен.

Таблиця 0.2 – Граничні відхилення обичайок від форми і розмірів (ДСТУ 24.03039 – 80)

Зовнішній діаметр обичайок, мм	Відхилення, мм		
	На діаметр	На незграбність	На перпендикулярність
≤1000	± 5	3	2
1000 - 1500	± 7	4	2
1500 -2300	± 9	4	3
2300 - 2800	±11	5	3
≥2800	±12	6	3

Для забезпечення якості складально-зварювальних робіт, слід працювати лише з встановленими документацією матеріалами та речовинами, забезпечувати точність складання під зварювання, дотримуватись техпроцесу виготовлення, не допускати появи дефектів зварювання, а виявлені дефекти необхідно вчасно виправляти, використовувати не лише візуальні методи контролю, а й спеціальні прилади, наприклад ультразвуковий контроль. Виготовлені буферні ємності перевіряються на міцність гідравлічним випробуванням.

1.4 Аналіз базового техпроцесу виготовлення буферної ємності

Через малий об'єм виробництва базвоий техпроцес виготовлення буферної ємності проводився з використанням ручного дугового зварювання на обладнанні значної потужності, складальні операції проводилися без застосування спеціального складального приспосіблення, для захисту зони зварювання використовувалос електродне покриття та вуглекисний газ.

Для підвищення якості складально-зварювальних операцій та продуктивності виготовлення буферної ємності запропоновано використати інноваційне напівавтоматичне зварювання у захисному середовищі суміші газів на спеціальному складальному оснащенні. У даній роботі для зварювання кільцевих швів запропоновано використати напівавтоматичне зварювання у середовищі захисних газів. Дослідження впливу термічного циклу зварювання на імовірність утвоерня гартувальних структур дозволить виробити рекомендації щодо оптимізації режимів зварювання та удосконалення технологічних операцій. Підвищення продуктивності робіт, точності складання, якості зварних з'єднань та зменшення часу на додаткові операції дозволить підвищити рентабельність виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування вибору способу зварювання

Якісні маловуглецеві сталі є добре зварюваними усіма способами зварювання плавленням. Їх механічні властивості визначаються вмістом вуглецю, видами та режимами термічного оброблення. Так термічне зміцнення- гартування з відпуском дозволяє підвищити механічні властивості маловуглецевої сталі, зокрема границю текучості на 35-40%. Ударна в'язкість підвищується після нормалізації та наступного термічного зміцнення. Проте при виборі способу зварювання головним критерієм, щодо якості ЗЗ, є забезпеченя рівноміцності мтелау шва та основного металу, а також відсутність дефектів в металі шва та зоні термічного впливу (ЗТВ).

При зварюванні котельних сталей зварні шви володіють достаньою стійкістю до утворення кристалізаційних тріщин, проте можуть утворитися при несприятливій формі проплавлення у таврових швах, односторонніх швах з повним проплавленням, першому шарі багатозахідного з'єднання. Посудини з маловуглецевих сталей піддають термобобробці у випадку товщини стінки обечайки більше 36 мм, та якщо середовище посудини викликає значне корозійне розтріскування.

Для зварювання пропонованої буферної ємності з сталі P265GH з точки зору якості, ефективності та продуктивності можуть бути використані як ручне дугове зварювання електродами для прихоплювань, зварювання під флюсом та напівавтоматичне зварювання у захисних (активних) газах чи сумішах зварювальним дротом.

Хоча зварювання покритими електродами має найнижчу продуктивність, проте його первагою є універсальність, гнучкість, можливість ведення процесу зварювання в усіх просторових положеннях, створення міцних бездефектних коротких швів, здійснення контролю за деформаціями в процесі зварювання. З іншого боку зварювання під флюсом можливе лише в нижньому просторовому положенні, проте забезпечує добрий захист зварювальної ванни від навколишнього середовища, мале вигоряння легуючих елементів, можливість отримання швів з глибоким

проплавленням за один прохід без розроблення кромок. При цьому збільшується доля участі основного металу в металі зварного шва. Напівавтоматичне зварювання в захисних газах зварювальним дротом має головну перевагу продуктивність процесу за умови достатньої якості металу шва при відсутності шлаку.

Висока ефективність використання напіватвоматичного дугового зварювання забезпечується механізованою можливістю подачі дроту в зону зварювання та газовим захистом зварювальної ванни. Найбільш доцільне використання даного способу при зварюванні малих товщин та великою кількістю коротких швів, з необхідністю проведення робіт у різних просторових положеннях. Даний спосіб добре піддається механізації та втоматизації. До недоліків даного способу зварювання відносять відносно високе розбризкування електродного металу, використання легованого зварювального дроту, малу мобільність устаткування, високу кваліфікацію робітників – зварників.

З метою покращення обраних спосособів зварювання використовують можливість керування металургійним процесом зварювання та краплеутворення у дузі через зміну газового складу захисної атмосфери. Пропонується провести заміну традиційного вуглекисного газу на суміш вуглекисного газу, аргону та кисню. Це дозволить не лише забезпечити високу якість захисту зварювальної ванни, та добре проплавлення ЗЗ.

Отже, попередньо обираємо для зварювання кільцевих та поздовжніх швів автоматичне електродугове зварювання в $Ar+CO_2+O_2$ та для порівняння зварювання поздовжніх швів обичайки зварюванням під флюсом. Для інших операцій зварювання коротких зварних швів будемо використовувати напівавтоматичне електродугове зварювання в CO_2. Прихоплювання будемо проводити ручним електродуговим зварюванням.

2.2 Обґрунтування вибору матеріалів для зварювальних операцій

Застосування якісних зварювальних матеріалів дозволяє суттєво підвищити якість виробу, стабілізувати електричну дугу, проводити керування металургійними процесами при зварюванні, покращувати формування шва, зменшувати витрати самих матеріалів для зварювання.

Захист зварювальної ванни – головна задача технолога при підборі матеріалів для зварювання. Оскільки марки зварювального дроту регламентуються довідниковими експериментальними даними, а режими зварювання призначаються на основі розрахунків та випробувань, то регулювання захисної атмосфери зварювальної ванни є можливістю додаткового покращення якості ЗЗ.

Відомо [11], що розбризкування металу при зварюванні в CO_2 є наслідком вибухів розплавів крапель та їх розлітання за межі зварного шва через значні реактивні сили процесу. З метою утримання краплі у безперервному струменовому потоці достатньо зменшити оверхневий натяг на їх поверхні. Однією із таких речовин є кисень, який добавляють до вуглекисного газу чи сумішей з ним у невеликих кількостях (до 15 %). При ц ьому кисень не лише сприяє зменшенню розбризкування та струменевому перенесенню металу, а й дозволяє зменшити вміст водню у зварювальній ванні, інтенсифікуючи реакції його горіння. В результаті Висзменшується пористість та покращується формування безшлакового шва.

Застосування захисних сумішей на основі аргону та вуглекисного газу, крім зменшення кількості бризок на поверхнях виробу, дозволяє покращити механічні властивості пластичності, вязкості та втомної міцності, зменьшує вигорання легуючих елементів, дозволяє збільшити швидкість вварювання, зменшує кількість дефектів у шві. На ринку України присутні європейські виробники газових сумішей, які прононують трикомпонентну суміш CORGON12S2 (86% Ar, 12%CO_2, 2% O_2). Дана суміш дозволяє отримати максимальну продуктивність при зниженні напруги на 2-3 В, ніж для CO_2, та підвищенні швидкості зварювання на 7-15 м/хв. [12]. Це дозволяє використовувати дану суміш для автоматичного зварювання буферної ємності.

Для зварювання в CO_2 приймаємо вуглекисний першого сорту згідно ГОСТ 8050 – 76. Активний газ CO_2 в зварювальній атмосфері розкладається з утворення кисню, який активно взаємодіє з залізом, тому для розкислення оксиду заліза у дріт вводять розкислювачі марганець та кремній. У даній технології можемо використовувати або вітчизняний дріт Св – 08Г2С (стандарт ГОСТ 2246 – 70) або європейський аналог марки SG2 (стандарт ER70S-6) різних виробників з наступним орієнтовним складом 0,08 %C, 0,85%Si, 1,45%Mn [13]. Дріт марки SG2 розроблений для застосування для сумішей вуглекисного газу з аргоном. Зварювальний дріт випускають з тонким шаром технологічного мастила з покриттям міддю або без покриття. Механічне очищення та травлення дроту дає добрі результати для зменьшення водню та азоту у шві, проте найкраще, якщо дріт буде прокалений при температурі 250 ^{0}С протягом 2 годин.

Для ручного електродугового зварювання беремо електроди типу Е42А УОНІ 13/45 А з міцністю до 600 МПа. Основне покриття даних електродів дозволяє мати високу стійкість до кристалізаційних дефектів та забезпечує хороші міцністні показники. Проте перед використанням електроди необхідно прокалювати при 350 ^{0}С протягом 2 годин.

Отже, для підвищення якості зварних з’єднань, пролуктивності та економії матеріалів обрано наступні зварювальні матеріали: захисна газова суміш CORGON12S2 (Ar+12%CO_2+2%O_2), захисний газ CO_2 першого сорту, зварювальний дріт Св-08Г2С або SG2, електроди Е42А УОНІ 13/45 А.

2.3 Розрахунок режимів зварювання

Режими зварювальних операцій підбирають та розраховують за геометричними параметрами та показниками міцності зварного з'єднання за фізичними та технічко-економічними наявними обмежененнями. Задана величина проплавлення напряму пов'язана з силою струму (тиском стовпа дуги на зварювальну ванну), діаметром електроду та швидкістю зварювання. Крім цього слід врахувати, що дані фактори взаємопов'язані між собою, змінюючи погонну енергію зварювання.

У розрахунках, відповідно до методик [14-16] та табличних даних, використовуються наступні показники: сила зварювального струму $I_{зв}$, напруга на дузі $U_д$, діаметр зварювального електродного дроту d_e, щільність струму в електроді приймаємо j, швидкість зварювання $V_{зв}$, глибина провару H, ширина шва e, погонну енергію дуги $q_п$, коефіцієнт форми провару ψ, висота валика g, площа наплавленого металу $F_н$, площа поперечного переріза металу, що повинна бути наплавлена другим і наступним проходами $F'_н$, загальна висота валика c, глибина проплавлення притуплення H', висота валика g' з зворотної сторони, ширина зворотної сторони валика e', ширина шва після остаточної заварки оброблення $e_{тр}$, площа наплавленого металу з лицьової сторони $F_{Нлиц}$, площа наплавленого металу з зворотньої сторони $F_{Нзвор}$. коефіцієнт враховуючий збільшення $Fн$ за рахунок опуклості шва $k_у$, $k_р$ – катет шва, $s_в$ – глибина проплавлення вертикального елемента. Геометричні параметри стикового з'єднання з V-подібним розробленням коромок приведено на рис. 2.1.

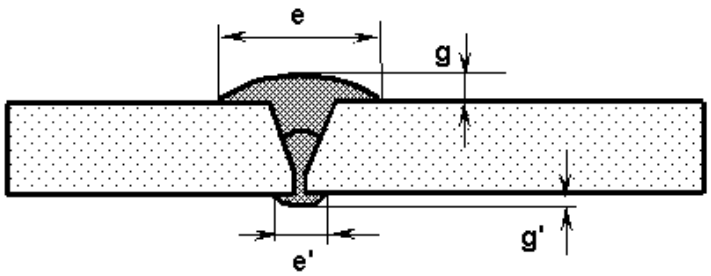


Рисунок 0.1 Геометричні параметри стикового з'єднання

Стикові з'єднання товщиною 10 мм виконують у нижньому положенні на підкладках автоматичним електродуговим зврюванням у середовищі $Ar+CO_2+O_2$. Розрахуємо режими зварювання кореня шва дротом $d_э$ = 1,2 мм та i=210 А/мм^2.

$$Iз = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot i \qquad (0.1)$$

$$Iз = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}2^2}{4} \cdot 210 = 237 \text{ А}$$

$$Uд = 20 + \frac{0{,}05 \cdot Iсв}{d_э^{0,5}} - 1 \qquad (0.2)$$

$$U_д = 20 + \frac{0{,}05 \cdot 240}{1{,}2^{0,5}} - 1 = 30{,}0 \text{ В}$$

$$Vз = \frac{A}{Iз} \qquad (0.3)$$

$A \cdot 10^3 = 4$ м/год

$$q_п = \frac{0{,}24 \cdot I_з \cdot Uд \cdot \eta_и}{V_з} \qquad (0.4)$$

$\eta_i = 0{,}65 \ldots 0{,}7$

$$q_п = \frac{0{,}24 \cdot 237 \cdot 30 \cdot 0{,}7}{0{,}47} = 2541 \text{ кал/см}$$

$$H = A\sqrt{\frac{q_п}{\psi}} \qquad (0.5)$$

$A = 0{,}0165$

$$\psi = k_2(19 - 0{,}01 \cdot Iз) \cdot \frac{d_э \cdot Uд}{Iсс} \qquad (0.6)$$

$k_2 = 0{,}96$

$$\psi = 0{,}96(19 - 0{,}01 \cdot 237) \cdot \frac{1.2 \cdot 30}{237} = 2{,}2$$

$$H = 0{,}0165\sqrt{\frac{2541}{2{,}2}} = 0{,}56 \text{ см}$$

$$e = H \cdot (1{,}8 \ldots 2{,}1) = 1{,}12 \text{ см}$$

$$Fн_1 = \frac{\alpha_н \cdot Iз}{3600 \cdot \gamma \cdot Vз} \qquad (0.7)$$

$\alpha_н = 13$ г/(А·год), [15].

$$Fн_1 \frac{13 \cdot 237}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.47} = 0{,}23 \text{ см}^2$$

$$g = \frac{Fн_1}{0{,}73 \cdot e} \qquad (0.8)$$

$$g = \frac{0{,}23}{0{,}73 \cdot 1{,}34} = 0{,}22 \text{ см}$$

$$c = H + g \qquad (0.9)$$

c=0,56+0,22=0,78 см

$Fн.лиц./Fн.обр. \approx 1{,}3$ (0.10)

$Fн.лиц.=1{,}3 \cdot (Fн_1 - H \cdot b)/(1+1{,}3) = 1{,}3*(23-5{,}6 \cdot 0)/2{,}3=14{,}2$ мм^2

$Fн.звор.=Fн.лиц./1{,}3 = 14{,}2/1{,}3=10{,}9$ мм^2

$$e' = \frac{e}{\psi} \qquad (0.11)$$

$$e' = \frac{1{,}34}{2{,}2} = 0{,}61 \text{ см}$$

$$g' = \frac{Fн.обр}{0{,}73 \cdot e'} = \frac{10{,}9}{0{,}73 \cdot 5{,}6} = 2{,}67 \text{ мм}$$

$$g'' = \sqrt{\frac{Fн_1 - c \cdot b}{tg\frac{\alpha}{2}}} \qquad (0.12)$$

$$g'' = \sqrt{\frac{0{,}23 - 0{,}84 \cdot 0}{tg\frac{30}{2}}} = 0{,}92 \text{ см}$$

$$Fp = h^2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} \qquad (0.13)$$

$$Fp = 8^2 \cdot tg\frac{30}{2} = 36{,}2 \text{ мм2}$$

$$e_{тр} = 2 \cdot h \cdot tg\frac{\alpha}{2} + 2 \cdot (2...3) \qquad (0.14)$$

$$e_{тр} = 2 \cdot 8 \cdot tg\frac{30}{2} + 2 \cdot 2{,}5) = 14{,}1 \text{ мм}$$

$$Fв.тр = 0{,}73\frac{e_{тр}^{2}}{\psi_{у}} \qquad (0.15)$$

$$Fв.тр = 0{,}73\frac{14{,}2^{2}}{10} = 14{,}2 \text{ мм}^2$$

$Fн$=36,2+14,2=50,4 мм^2

$F'н=Fн - Fн_1$=50,4-26=24,4 мм^2

Для наступного проходу приймаємо $d_э$ = 1,2 мм і i = 220 А/мм^2.

$$I_з = \frac{\pi \cdot d_э^{2}}{4} \cdot i \qquad (0.16)$$

$$I_з = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}2^{2}}{4} \cdot 220 = 250 \text{ А}$$

$$V_з = \frac{\alpha_н \cdot I_з}{3600 \cdot \gamma \cdot F'н} \qquad (0.17)$$

$\alpha_н$ = 14 г/(А год),

$$Vз = \frac{14 \cdot 250}{3600 \cdot 7{,}8 \cdot 0{,}259}$$

Vз = 0,48 см/с=17,3 м/год

$$Uд = 20 + \frac{0{,}05 \cdot Iсв}{d_э^{0,5}} \pm 1 \qquad (0.18)$$

$$Uд = 20 + \frac{0{,}05 \cdot 250}{1{,}2^{0,5}} \pm 1 = 32{,}0 \text{ В}$$

$$q = 0{,}24 \cdot Iсв \cdot Uд \cdot \eta_и \qquad (0.19)$$

Q = 0.24 250 32 0.8=1545 кал/с

$$H = 0{,}0156\sqrt{\frac{q}{\psi \cdot Vсв}} \qquad (0.20)$$

$$H = 0{,}0156\sqrt{\frac{1546}{2{,}6 \cdot 0{,}48}} = 0.55 \text{ см}$$

$$\psi = k_2(19 - 0{,}01 \cdot Iсв) \cdot \frac{d_э \cdot Uд}{Iсв} = 2{,}6$$

$$e = H \cdot \psi = 0.55\ 2.6 = 1.43 \text{ см}$$

Розраховані величини та параметри зварного шва винесені на рис. 2.1 і в таб. 2.1.

Таблиця 0.1 - Режими зварювання стикового з’єднання

Вид шва	Режими зварювання				Геометричні розміри шва						
						лиц. Стор.			зворот. Стор.		
	$I_{зв}$, А	d_e, мм	$U_д$, В	$V_{зв}$, м/го	$F_н$, мм^2	e, мм	g, мм	$\Psi_л$	e', мм	g', мм	$\Psi_{об}$
Корінь (автоматична $Ar+CO_2+O_2$)	237	1,2	30	16,9	25,8	--	--	--	6,1	2,6	2,6
Шов (автоматична $Ar+CO_2+O_2$)	250	1,2	32	17,3	25,9	14,3	2,2	2,6	--	--	--

Режими зварювання таврових швів розраховуємо за аналогічної методикою для діаметру електроду $d_э$ = 1,0 мм та i = 200 А/мм^2 для заданого на кресленні катета 3 мм. Геометричні параметри таврового з'єднання приведено на рис. 2.2.

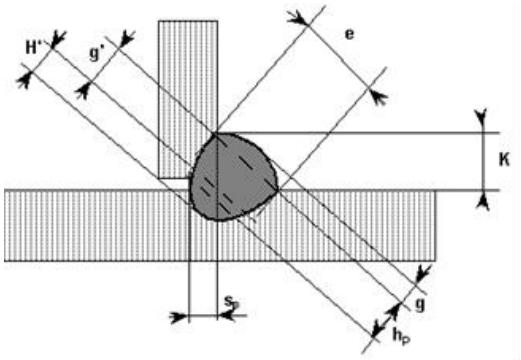


Рисунок 2.2 Геометричні параметри таврового з'єднання

$$Iзз = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot i = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}0^2}{4} \cdot 200 = 157 \text{ А}$$

$$Uд = 20 + \frac{0{,}05 \cdot Iзз}{d_э^{0,5}} \pm 1 = 20 + \frac{0{,}05 \cdot 250}{1{,}2^{0,5}} \pm 1 = 27 \text{ В}$$

$$Fн.тр = k_у \frac{k^2}{2} = 1{,}5 \frac{3^2}{2} = 6.75 \text{ мм}^2$$

$k_у$ = 1.5

$\alpha_н$=14 г/(А од),

Приймаємо з технологічних міркувань Vзв=24 м/год.

$$q_п = \frac{0{,}24 \cdot Iзз \cdot Uд \cdot \eta_и}{Vсс} = \frac{0{,}24 \cdot 157 \cdot 30 \cdot 0{,}7}{1{,}8} = 440 \text{ кал/см}$$

$$H = 0{,}0165 \sqrt{\frac{q_п}{\psi}} = 0{,}0165 \sqrt{\frac{440}{2{,}4}} = 2.2 \text{ мм}$$

$$\psi = k_2 (19 - 0{,}01 \cdot Iсв) \cdot \frac{d_э \cdot Uд}{Iсв} = 1(19 - 0{,}01 \cdot 157) \cdot \frac{1{,}0 \cdot 27}{157} = 3{,}0$$

$$e = \psi \cdot H = 2{,}2 \cdot 3 = 6{,}6 \text{ мм}$$

$$g = \frac{Fн.тр}{0{,}73 \cdot e} = \frac{6{,}75}{0{,}73 \cdot 6{,}6} = 1{,}4 \text{ мм}$$

$$c = H + g = 2{,}2 + 1{,}4 = 3{,}3 \text{ мм}$$

$$g' = \sqrt{Fн} = \sqrt{6{,}75} = 2{,}5 \text{ мм}$$

$$H' = c - g' = 3.3 - 1.4 = 1{,}9 \text{ мм}$$

$$e = 2 \cdot g' = 2 \cdot 2{,}5 = 5{,}0 \text{ мм}$$

$$\psi = \frac{e}{c} = \frac{5{,}0}{3.3} = 1{,}5$$

$$h_р = (k_р + s_в) \sin 45^\circ = (3 + 1{,}4) \sin 45^\circ = 3{,}2 \text{ мм}$$

$s_в$=(0,8...1,0)H'=1,4 мм

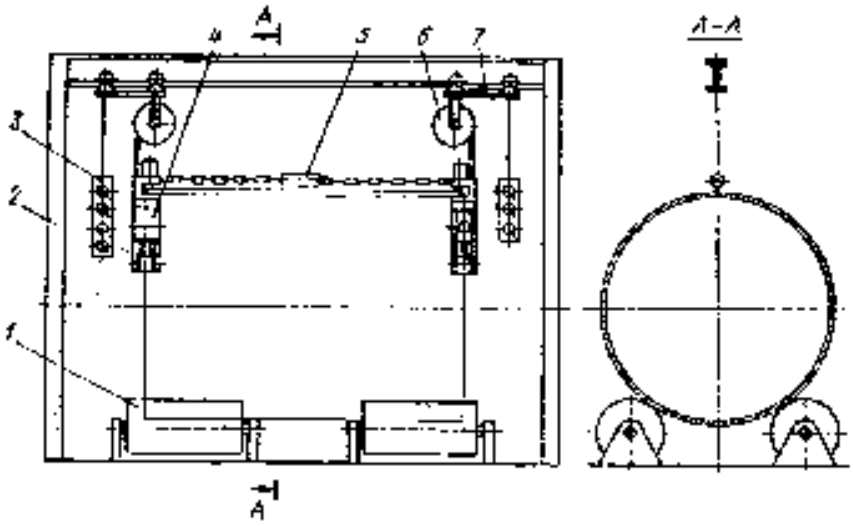
Результати розрахунку подано у таблиці 2.2.

Таблиця 0.2 Режими зварювання таврових з’єднань.

Вид зварного шва	Режими зварювання				Геометр. р-ри шва						
	Iсв, А	$d_э$, мм	$U_д$, В	$V_{св}$, м/год	$F_н$, мм^2	H', мм	e, мм	g', мм	$s_в$, мм	$h_р$, мм	γ
Тавровий	157	1,0	27	41,7	6,75	1,9	6,6	2,5	1,4	3,2	1,2

2.4 Вибір устаткування для складально-зварювальних операцій

Заміна ручної праці на складальних операціях важливий фактор підвищення продуктивності та якості операцій. Впровадження складального стенду циліндричного корпусу буферної ємності дозволить створити якісний одинаковий зазор для зварювальних кромок та при необхідності вирівняти икраї листів-заготовок. На рамі 2 (рис.2.3) змонтовані гідравлічні стягувачі 4, які з допомогою гачків приєднуються до заготовок. Спочатку вирівнюються торці листа стягувачем 5, а потім за заданим зазором вирівнюють увесь поздовжній шов.



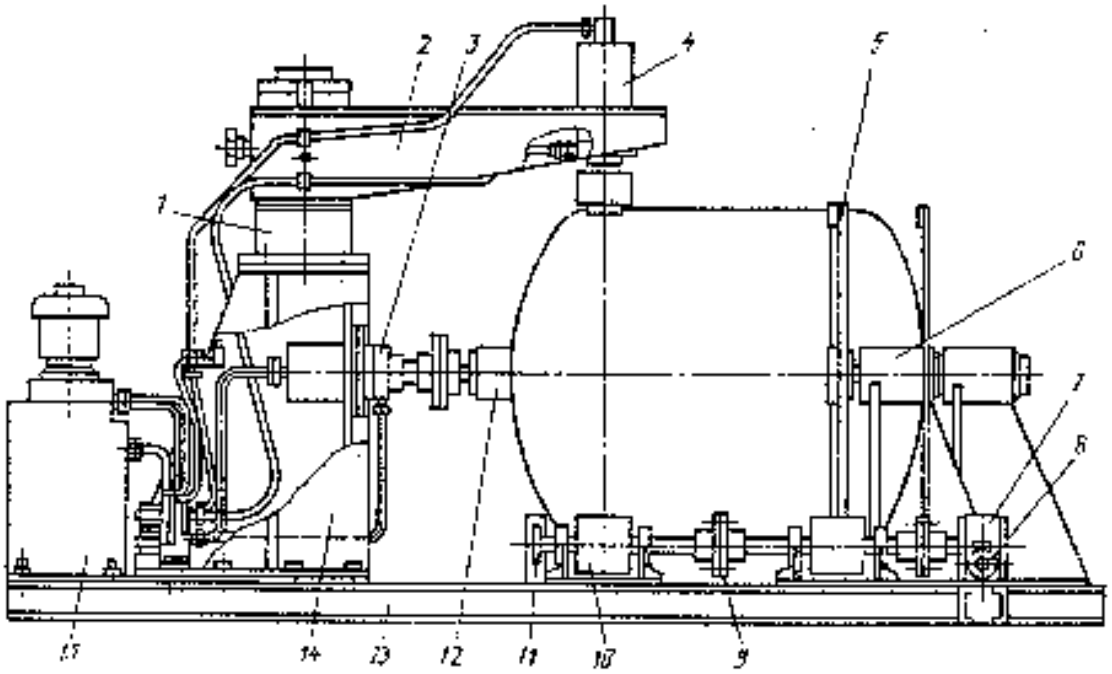
1 – роликова опора; 2 – портальна рама; 3 – пульт керування;
4 – гідравлічна стяжка; 5 – гідроциліндр; 6 – підвіска; 7 – візок.
Рисунок 2.3 - Складальний стенд корпусів буферної ємності

Для складання корпусів буферних ємностей використовується стенд у якому обичайка збирається з днищами (рис. 2.4). Обичайка обертається на родикоопорах

9 з допомогою черв'ячного редуктора 6, муфти 8 та передачі 10. До обичайки упорами 3-4 підтискаються днища. У даному стенді є також своя насосна станція 14 для роботи гідроциліндрів. Привід опор 9 здійснюється від електродвигуна 7 через черв'ячний редуктор 6 типу 4М80-63-51, муфту 8 і ланцюгову передачу 10.

Таблиця 2.3 – Характеристики установки для складання подовжніх стиків обичайок

Розміри обичайок, мм:	
Діаметр	500 – 1500
Довжина	500 – 2100
Товщина стінки	до 16
Величина зусилля стяжки, кН	12
Габарити установки, мм:	
Довжина	2500
Ширина	1800
Висота	2800
Маса, кг	300

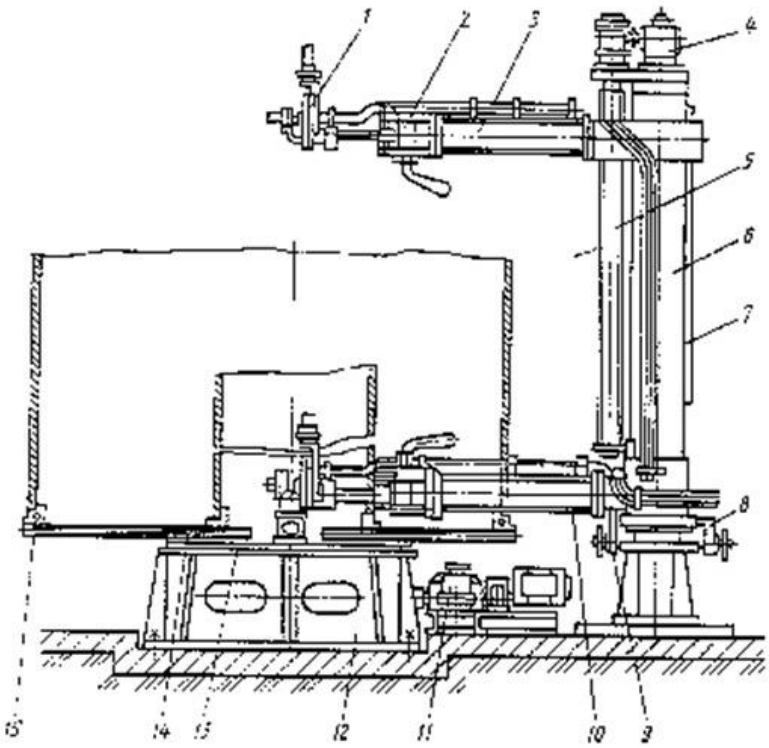


1 – колона; 2 – поворотний хобот; 3,4 – гідроциліндри;
5 – підтискний упор; 6 – черв'ячний редуктор; 7 – електродвигун;
8 – муфта; 9 – роликова опора; 10 – ланцюгова передача;
11 – опорний диск; 12 – рама; 13 – консоль; 14 – насосна установка.

Рисунок 2.4 – Складальний стенд корпусу буферної ємності

Таблиця 2.4 – Характеристики складального стенду

корпусу буферної ємності
Розміри корпусів, що збираються, мм:
Довжина ..... до 1500
Діаметр 1000
Товщина стінки 8
Тиск у гідросистемі, МПа 4
Тип редуктора ....4М80 – 63 – 51
Параметри електродвигуна
тип 4А80В6У3
потужність кВт 1,1
частота обертання, хв – 1 1000
Габаритні розміри, мм
Довжина 3600
Ширина 1300
Висота 2000
Маса, кг 2000



1- поворотний пристрій; 2- планшайба; 3- башмак;
4- привод обертання планшайби; 5- нижня консоль;
6- пружинний фіксатор; 7- поворотна колона;
8- направляюча шпонка; 9- верхня консоль;
10- привод верхньої консолі; 11- кронштейн;
12- головка; 13- ходовий гвинт; 14- станина

Рисунок 2.5 - Установка для термічного зрізання торців обичайок

При складально-зварювальних операціях корпусу буферної ємності розмір зазорів може бути різний через первинні нерівності заготовок. Тому для створення

якісного з'єднання так торцеві кромки необхідно вирівняти або термічним або токарним різанням. Звичайно ручна обробка не дозволить отримати якісні кромки та одинаковий зазор. Запропоновано використати стенд з газо-полуменевим чи плазмовим термічним різанням. Проста конструкція стенду з колони 7 та консолями 5 та 9 дозволяє закріпити одразу два різаки та здійснити одночасно механізовану обробку обох торців обичайки. Така конструкція у порівнянні з токарними верстатами займає невелику площу, має просте обслуговування та низьку вартість та головне замінює неякісну ручну працю. Розташований на головці 12 ролик-копір дозволяє виставляти необхідний зазор для сопла різака. Поворотний пристрій 1 у приводі має також коробку передач, що дозволяє проводити обробку різних діаметрів обичайок з необхідною швидкістю різання.

Таблиця 2.5 – Характеристика стенду для термічного зрізання торців обичайок

Розміри обичайок, мм:	
Діаметр	1000 – 3600
Довжина	до 2500
Товщина стінки	6 – 30
Швидкість різання, мм/хв.	330 – 4000
Габаритні розміри, мм:	
Довжина	5725
Ширина	3800
Висота	5020
Маса, кг	9250

Головною перевагою напівавтоматичного зварювання є механізація процесів запалювання дуги та операцій заварювання кратера, иеханізована, подача дроту, саморегулювання горіння дуги. Автомати додатково ще напрямляють та переміщують дугу вздовж кромок та шва, дозволяють автоматизувати операції початку та закінчення зварювання. Проте багато зварювальних автоматів, такі як ТС чи АДСП не мають функції коливання пальника з певною амплітудою та частотою.

Установка АЗТА (автомат для зварювання теплообмінних апаратів) [17] дозволяє проводити зварювання у середовищі аргону та вуглекисного газу, має мож-

ливість керувати процесом коливань пальника та його автоматичними регулюваннях вверх та вниз при змінах еліптичності обичайки. Конструкція установки АЗТА змонтована на трьох колонах з окремим приводами зварювальних головок. Обичайки розміщуються на перекидних роликопорах.

У режимі автоматичного зварювання установка АЗТА дозволяє керувати подачею захисного газу та припиняти його подачу при випадковому припиненні роботи, керувати швидкістю як зварювальної головки так і дроту, управляти коливаннями пальника.

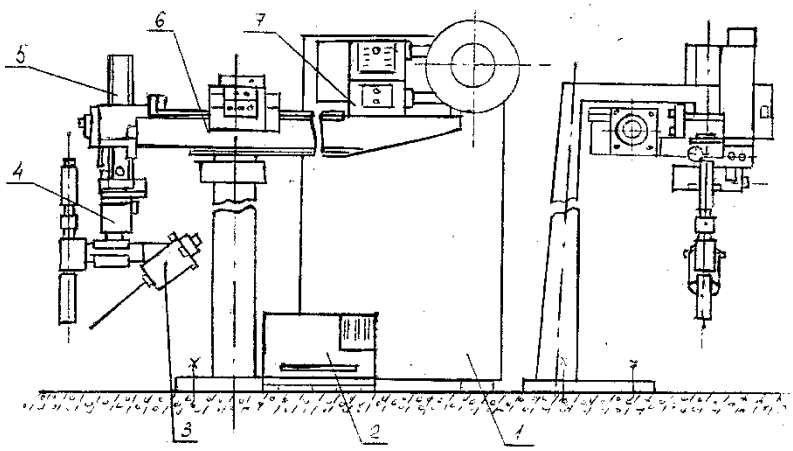
Таблиця 2.6 – Характеристика автоматичної зварювальної установки АЗТА

Розміри корпусів, що зварюються, мм:	
Діаметр	400 – 1200
Довжина	700 – 3200
Положення корпуса	горизонтальне
Зварювальний струм, А	400 – 500
Напруга живильної мережі, В	220/380
Швидкість зварювання, м/годин	4,5 – 90,0
Діаметр електродного дроту, мм	1,20 – 2,0
Частота коливань пальника, кол/сек.	1 – 3
Витрата захисного газу, л/хв	до 20
Тип джерела живлення	ВДУ – 506
Габаритні розміри, мм:	
Установки при відведених штангах	2500 x 9000 x 330
Шафі керування	1500 x525 x1560
Маса, кг:	
Установки	3440
Шафі керування	320

З метою покращення якості зварного великогабаритного виробу для забезпечення дотримання цілісності зазорів необхідно утримувати виріб у пристосуванні закріпленим, не допускаючи транспортування як це було у базовому варіанті технології. Для цього достатньо закріпити зварювальну головку на колоні поруч з установкою АЗТА та продовжити складально-зварювальну операцію. Для зварю-

вання може бути використана головка зварювальна (рис. 2.6) [17]. Важливою відмінністю даної установки є система контролю просторового положення шва 3 та пристрої лінійних переміщень 5, 6.

Зварювальна головка складається з механізму прямолінійного переміщення 6 із приводом. На кінці механізму кріпиться зварювальна головка 4 із системою пошуку і спостереження за швом 3.



1- шафа керування; 2- блок живлення; 3- система пошуку і система спостереження за швом; 4- зварювальна головка; 5- механізм вертикального переміщення; 6- механізм прямолінійного переміщення; 7- пристрій, що подає дріт.

Рисунок 2.6 - Автоматична зварювальна система АД-135

Таблиця 2.7 – Технічні дані зварювальної головки АД – 135

Діаметр електродного дроту, мм	0,8 – 1,6
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	90 – 800
Швидкість зварювання (регулювання плавна), м/год	12 – 120
Коректування електродів, мм не менш:	
горизонтально	46
вертикально	60
Хід зварювальної головки, мм не менш	1000
Зварювальний струм при ПВ = 60%, А не більш	700
Напруга живильної мережі , В	380
Габаритні розміри, мм:	
зварювальної головки в зборі з модулем	2170 x 500 x 600
Маса головки, кг	200.

Серед особливостей конструкції АД135 відмітимо водяне охолодження пальника, є механізм для регулювання зазору між пальником та деталлю, також є можливість проводити регулювання положення датчика пошуку шва відносно пальника при зникненні шва з поля зору на 10 мм у попереку та по вертикалі. - уздовж шва – 50-80 мм за рахунок висування внутрішнього стрижня корпуса підвіски з фіксуючим положення стопорним гвинтом.

Як джерело живлення автоматів установки АЗТА моде застосовуватись випрямляч ВДУ-506 УЗ. Технічні характеристики ВДУ-506 представлено у таблиці 2.7.

Для напівавтоматичного зварювання можемо використати напівавтомат Fronius TransSteel 5000 (рис. 2.7), які призначені для зварювання, в тому числі у газових сумішах на основі аргону та вуглекисного газу. Напівавтомат TransSteel 5000 дозволяє проводити процес у імпульсному режимі у спеціальному чотиритактному режимі, коли дуга запалюється на нижчій потужності для покращення їх стабільності. Також інноваційне обладнання має ряд програмних рішень steel, steel root, steel dynamic для покращення масопереносу в дузі, стабілізації дуги, зменшення розбризкування, заварювання кореневих швів, швидкому переналаштуванню при зміні ділянок зварювання. Дане обладнання добре підходить для прихоплювання у точковому режимі з контролем пауз.

Рис. 2.7 – Зварювальний випрямляч ВДУ – 506

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики випрямляча ВДУ – 506

Найменування параметру	Норма
Номінальна напруга мережі трифазного змінного струму В	220 або 380
Номінальна частота, Гц	50
Первинна потужність, кВА, не більше	40
Первинний струм, А, не більше: -при виконанні на 220 V -при виконанні на 380 V	105 62
Напруга холостого ходу, В, не більше	85
Номінальна робоча напруга, В -для жорстких зовнішніх характеристик -для падаючих зовнішніх характеристик	50 46
Номінальний зварювальний струм, А	500
Межі регулювання зварювального струму, А: -для жорстких зовнішніх характеристик -для падаючих зовнішніх характеристик	60÷500 50÷500
Тривалість циклу зварювання, хв.	10
Відношення тривалості включення навантаження до тривалості циклу зварювання, (ПВ),%	60
Коефіцієнт корисної дії,%, не менше	79
Рівень звуку на опорному радіусі 3 m, dBA, не більше	85
Крутизна нахилу жорстких зовнішніх характеристик, В / А, не більше	0,03
Габарити (довжина х ширина х висота), мм, не більше	830×620×1080
Маса, кг, не більше	300

Таблиця 2.9 – Характеристики напіватомату Fronius TransSteel 5000 [18]

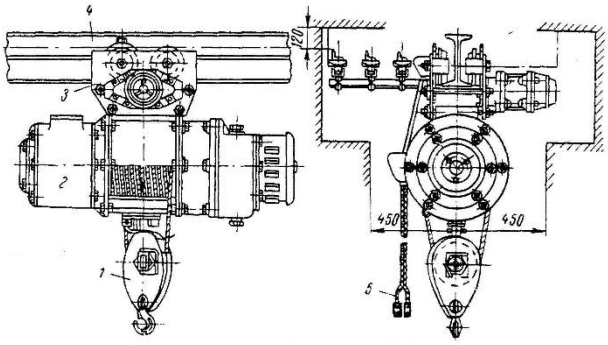
Напруга мережі, В	380/400/460
Частота мережі, Гц	50/60
Межі регулювання зварювального струму, А	10-500
Періодичність вмикання ПВ при струмі 500 А, %	40
Періодичність вмикання ПВ при струмі 360 А, %	100
Напруга на дузі, В	14,5-40,0
Напруга холостого ходу, В	65
Клас захисту	IP23
Габаритні розміри, мм	747x300x497
Маса, кг	30,15

а) б)

Рисунок 2.8 – Напівавтомат Fronius TransSteel 5000 (а) та пальник Fronius AW 5000, [18, 19]

Для даного напіавтомату використовуємо пальник Fronius AW 5000 (табл. 2.4). Даний мобільний пальник призначений для тривалих промислових робіт іх закритим газовим контуром та з посиленим захистом від високих температур та інших шкідливих впливів зварювання та характеризується зручністю, стійкістю до зношування та зменшеними втратами захисного газу. Пальник призначений для роботи з струмами до 500 А, діаметрами зварювального дроту до 1,6 мм з довжиною рукавів до 4,5.

Забезпечення ефективного процесу складання корпусу буферної ємності громіздких деталей обичайки та днищ неможливе без допоміжного підйомно-транспортного устаткування. Таке обладнання має бути надійним, безпечним, з можливістю механізації та відносно недорогим. Таким вимогам відповідає електротельфер – підйомний механізм для підйому та переміщення вантажу по однорейковому шляху. Конструктивно такі пристрої можуть мати вантажопідйомність до 3-5 т, табл. 2.8. Монорейку встановлюють на несучих поверхнях будівлі на висоті не менше 2,5 м.



1 – вантажний гак; 2 – електродвигун підйому; 3 – візок; 4 – підвісна рейка; 5 – пульт керування.

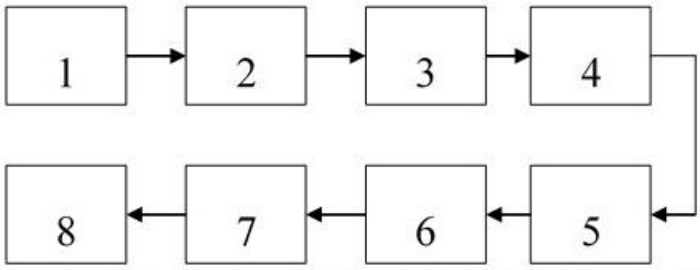
Рисунок 2.9 - Електротельфер

Таблиця 2.10 - Технічні характеристики електротельферів

Параметри	Тип тельфера				
	ТВ – 0,25	ТВ – 0,5	ТВ – 1	ТВ – 2	ТВ – 3
Вантажопідйомність, кг	250	500	1000	2000	3000
Будівельна висота тельфера, мм	610	670	1100	1210	1500
Тиск на одне колесо, кг	80	148	380	620	930
Номер профілю путі	14 – 22	14 – 22	20 – 30	20 – 30	24 – 45
Найменший радіус закруглення путі, мм	0,7	0,7	1,5	1,5	2,5

2.5 Технологія складання корпусу буферної ємності

Технологічний процес складання та зварювання буферної ємності проводиться згідно до креслень та документації в механічному цеху. Виконання усіх операцій технології має сприяти підвищенню якості виробу, зменшенню усіх затрат та покращенню безпечним умовам праці. В кінцевому етапі усі зварні частини повинні відповідати вимогам міцності та пластичності. Техпроцес скдадальних та зварювальних операцій корпусу буферної ємності зображено схематично на рис. 2.9.



1 – складання подовжнього стику обичайки; 2 – зварювання подовжнього шва обичайки; 3 – обрізки торців обичайок і днищ; 4 – складання корпусу; 5 – зварювання кільцевих швів корпусу; 6 – установка і зварювання додаткових зовнішніх деталей ; 7 – контроль якості та випробування; 8 – виправлення дефектів.

Рисунок 2.10 – Техно-схема виготовлення буферноїємності

Розроблення технологічного процесу на даному етапі є базовим, оскільки для певних операцій необхідні додаткові дослідження, щодо поведінки зварних швів в умовах корозії та подальшої експлуатації, врахування впливу залишкових напружень та ділянок з уможливим утворенням гартівних структур, надання рекомендацій, щодо зменшення впливу термодеформаційного процесу зварювання на зменшення міцності конструкції.

Підготовка та складання оболонок корпусу буферної ємності проводиться згідно креслень наступним чином:

1. Зварювання поздовжніх швів оболонок корпусу буферної ємності виконується на керамічних підкладках в середовищі $Ar+CO_2+O_2$.

Порядок складально-зварювальних операцій:

– зачистити кромки до металевого блиску,
– зібрати з'єднання корпусу з попереднім натягом,
– виконати прихватки ззовні не більше 4 разів на відстані 100 –120 мм від торців
– встановити вхідні та вихідні смуги розміром 100-100 мм на кінцях з'єднання і зварити їх ручним електродуговим зварюванням з обох сторін;

– встановити керамічні підкладки та зварити поздовжній шов за допомогою автоматичного зварювання в середовищі $Ar+CO_2+O_2$. способом формуванням зворотного шва.

2. Краї та зони зварювання кільцевих з'єднань оболонки корпусу, дні та підкладки очищаються до металевого блиску.

Складається обичайка з денцями з підкладками, стиснутими по периметру з'єднання та проводиться прихоплення довжиною 20 мм на відстані між ними 200 мм. Допустимий зазор у з'єднанні "підкладка - край денця" 0+1.0 мм.

Днища разом з підкладками встановлюються тельфером на передню панель та закріплюються в горизонтальному положенні. Підкладки зварюються до днищ відповідно до креслення в $Ar+CO_2+O_2$..

Завершені шви очищаються. Підкладкові кільця готуються з перевіркою радіальних зазорів між нижнім краєм і кільцем (допустимість 0+1 мм) та діаметрами посадкових поверхонь підкладкових кілець на шийці переднього дна (565+1,5 мм).

3. Корпусна обичайка встановлюється вертикально на кінці заднього фронту на монтажній плиті. Краї обичайки підрізаються. Краї очищені, корпус оболонки з передніми та задніми дном складені за осями. Зсув усувається (допустимий зсув становить до 0,7 мм). Забезпечується зазор для зварювання кільцевого шва 0+2 мм..

4. Оболонка корпусу зварюється прихватками до переднього та заднього днища за допомогою дугового зварювання з короткими швами довжиною 20,5 мм з відстанню 200 між ними 10 мм.

5. Оболонка з дном встановлюється на роликову опору для зварювання кільцевих швів. Внутрішній корінь шва зварюється, а потім зовнішній зварюється автоматично в $Ar+CO_2+O_2$..

Якість зварювання контролюється зовнішнім оглядом, геометричні розміри зварних швів вимірюються, та виконується рентгенографія та ультразвуковий контроль кільцевого зварювання.

6. Зварювальні зони допоміжних зовнішніх частин буферної ємності очищаються, і прихвачуються ручним дуговим зварюванням зі швами довжиною 20,5 мм, 150 кроком 10 мм з катетом шва 3 мм.

На роликовій підставці виконується зварювання допоміжних зовнішніх частин з оболонкою корпусу з використанням механізованого зварювання в CO_2.

Зварні шви очищаються, внутрішня поверхня корпусу очищається від бруду та іржі.

Контролюються розміри якості складання та зварювання.

7. Змонтований виріб підключається до стенду пневматичного випробування з тиском 0,05 МПа. Проводиться випробування на щільність зварних швів.

8. Проводиться гідравлічне випробування корпусу на міцність водою з тиском Ргр = 0,9 МПа.

9. Виявлені дефекти зварних швів усуваються.

Дефекти підлягають виправленню, якщо їх розмір і кількість перевищують допустимі стандарти, встановлені відповідними нормативними документами.

Межі дефектних ділянок зварних з'єднань, які потрібно виправити, є позначені фарбою або крейдою.

Зварні з'єднання корпусу з дефектами підлягають виправленню за допомогою наступних методів: механічне очищення з плавними переходами до основного металу; вибір і зварювання дефектної ділянки. Видалення дефектних ділянок здійснюється механізованим шліфуванням з абразивним інструментом за допомогою високообертових електричних шліфувальних машин типу ІР-2014 та механізованим рубанням за допомогою пневматичних рубанкових молотків з перехресними зубилами та рубильниками.

Зовнішні дефекти зварних швів, виявлені під час зовнішнього огляду, виправляються наступним чином: надмірна опуклість зварних швів виправляється механічно; недостатня опуклість виправляється зварюванням з попереднім очищенням шва; задирки видаляються механічно і, якщо потрібно, зварюються; підрізи та заглиблення між роликами зварюються з попереднім очищенням зони

зварювання до основного металу; незварені кратери, пористість, тріщини, що виходять на поверхню зварювання, видаляються в "здоровий" метал без залишення кутів і зварюються до отримання зварювання необхідного розміру; фістули видаляються шляхом видалення дефектного металу до "здорового" металу за допомогою механічного методу з подальшим зварюванням; окислення поверхні очищається абразивним інструментом на глибину 0.50.7 мм.

Шви з неповним проплавленням виправляються шляхом видалення дефектної ділянки з подальшим зварюванням. Дефектна ділянка зварюється назад, і зварювання виконується тим же способом і з тим же наповнювальним матеріалом, що й при зварюванні з'єднання. Рекомендується використовувати мінімальні режими зварювання, встановлені технологічним процесом. Усунення дефектів за допомогою закладок заборонено.

Виправлені з'єднання підлягають 100% зовнішньому контролю, ультразвуковому тестуванню.

2.6 Контроль якості зварювання буферної ємності

Організація системного контролю складального – зварювальних операцій є важливою частиною забезпечення високої якості виробу в цілому. Така система включає такі види контролю як попередній, пооопераційний та кінцевий. Попередній контроль включає як роботу з перевіркою сертифікатів на поставку матеріалів та металів, перевірку фахового рівня зварників, контроль та система планово-попереджувальних ремонтів устаткування, вхідний контроль матеріалів при їх постачанні. Так, виявлення сталей з надмірно високим еквівалентом вуглецю дозволить попередити дефекти зварних швів вже після початку експлуатації виробів. Пооопераційний контроль виконання технології довзолить виявити відхилення та неточності виконання операцій, особливо підготовки кромок та прихоплень робітниками на місцях, та попередити виправлення браку. Кінцевий контроль проводиться як для перевірки зварювальних швів так і для випробування ємності в цілому.

При контролі зварних швів проводять їх обмірювання для виявлення відповідності кресленням, зовнішній огляд та обмірювання дефектів з використанням

луп та потужних ламп, нанесення спеціальних пенетрантів для капілярного методу кольорової дефектоскопії для усіх швів [20], ультразвуковий контроль та рентгенографування в обсязі 50% для кільцевих двохсторонніх швів, а також гідравлічні спосіб контролю.

У зовнішньому огляді перевіряють форму геометрії шва, відсутність тріщин, бруду, розташування швів, шорсткість поверхні. Перевірка якості підготовки з'єднань під зварювання включає в себе зовнішній огляд та вимір. При пооперaційному контролі складання вимірюють геометрію кромок та величини зазорів між ними, наявність забруднень. Для контролю використовується як вимірювальний інструмент, так і шаблони.

Вимірювання зварних швів та з'єднань проводиться для перевірки: ширини шву; форми та висоти посилення шву; катета шву; довжини та кроку переривання шву; глибини та довжини підрізів; зсуву вершини стикового шву; величини неспівпадання поверхонь деталей в стикових з'єднаннях.

Не допускається в зварюваних швах наявність окремих пор, розміром більше 10% мінімальної товщини зварюваних деталей, які входять до зварного з'єднання; підрізів основного металу глибиною 0,5 – 1 мм, довжиною більше 15 мм та підрізів більше 1 мм даної довжини.

До контролю рентгенівським методом приймають усі стикові шви обичайки. При цьому дефекти у зварному шві затримують х-промені та виглядають як крапки та смужки. Радіографічний контроль замовляють як послугу у спеціалізованих лабораторіях або застосовують спеціальний апарат, наприклад МІРА – 3Д.

Ультразвуковий контроль також проводиться на стикових швах обичайки. Для цього можемо використовувати ехо-імпульсний метод контролю ультразвуковим дефектоскопом Prisma для виявлення дефектів в зварних з'єднаннях. Перевага ехо-імпульсного методу в тому, що контроль проводиться лише з однієї сторони шва.

При гідравлічних випробуваннях перевірки міцності зварних з'єднань буферна ємність наповнюється водою з надмірним тиском біля 6 бар та витримкою 5 хв.

та проводиться обстеження на виявлення крапель та протікань при постукуванні спеціальним закругленим молотком.

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив термічного циклу на структуру та механічні властивості зони термічного впливу зварного з'єднання

При зварюванні котельних сталей з підвищеним вмістом вуглецю за даними розрахунку еквіваленту вуглецю у зоні термічного впливу (ЗТВ) за умови негативноо вплву водню можуть уторюватися гартівні мартенситні та бейнітні структури. Такі структури є схильними до уповільненого руйнування зварного з'єднання та до утворення холодних тріщин, навіть у процесу експлуатації з'єднання. Звичайно для запобігання таких явищ використовують попереднє підігрівання, що є досить затратною операцією і потребує обгрунтування.

Для аналізу можливості утворення гартівних структур проводять розрахунок термічного циклу зварювання, час охолодження для металу в діапазоні від критичної точки AC_3 до температури Мн початку мартенситного перетворення. Аналіз утворюваних структур можна проводити за С-подібною діаграмою анізотермічного розпажду аустені ту досліджуваної сталі.

Найбільш ослабленим місцем ЗЗ є ділянки перегріву ЗТВ з крупнозернистою структурою. У випадку значного зменшення механічних властивостей для виправлнеь даних відхилень проводять термічне оброблення. Хоча сталі маловуглецевої групи добре зварюються, проте перлітні та гартівні продукти розпаду аустеніту можуть з'являтися на тих ділянках ЗТВ які проходять нагрівання вище т. A_{c3}.

Для дослідження телових процесів при зварюванні використовують розв'язки диференціального рівняння теплопровідності за умови означених напе умовах (початкових і крайових) за допомогою методу джерел для схематизованих джерел наргівання та зварюваних виробів:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) \qquad (3.1)$$

При зварюванні масивних виробів таке рішення буде представлене у наступній залежності:

$$T(x,y,z,t)=\frac{2\cdot q}{c\cdot\gamma(4\cdot\pi\cdot\alpha)^{3/2}}exp(-\frac{v_x}{2a})\int_0^t\frac{dt_2}{t_2^{3/2}}\cdot exp(-\frac{R^2}{4\cdot\alpha\cdot t^2}-\frac{v^2\cdot t_2}{4\cdot\alpha}), \quad (3.2)$$

де ефективна теплопотужність $q = I_{зв}\cdot U\partial_{\partial}\cdot\eta$ (η - еф. ККД джерела нагрівання); а також параметри v - швидкість джерела нагрівання, см/с; α – коеф. температуропровідності; $t_2=t-t_1$ – час поширення теплоти, t – час для досягнення температури T упочатковій точці руху джерела); $R=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ - відстань від джерела до точки.

Збільшення швидкості зварювання приврдить до зменшення градієнту температур тіла, що зварюється, та витягування ізотерм температурного поля. Якщо швидкості зварювання зростають як у випадку автоматичного зварювання розрахунки температури можна спростити, знехтувавши діялнкою підігріву металу перед джерелом нагрівання. Так для зварювання за один прохід пластини зміна температури можна виразити настпуною залежністю:

$$T(y_0,t)=\frac{q}{v\cdot\delta\cdot\sqrt{4\cdot\pi\cdot\lambda\cdot c\gamma\cdot t}}exp(-\frac{{y_0}^2}{4\cdot a\cdot t}-b\cdot t)+T_0 \quad (3.3)$$

δ – товщина зварних листів, см;

λ – коефіцієнт теплопровідности, Вт/см К;

$c\gamma$ – об′ємна теплоємність, Дж/см3 К;

y0 – відстань від джерела до розглянутої точки, см;

b – коефіцієнт температуровіддачі, $b=\frac{2\cdot\alpha}{c\gamma\cdot\delta}$;

α – коефіцієнт теплообміну поверхні пластини з навколишнім середовищем;

T0 – початкова температура виробу.

Як частина розв’язку можна розрахувати максимальні зміни таких температур для перпендикулярного перерізу зони формування зварного шва:

$$T_m(y_0)=\frac{0{,}484\cdot q}{c\gamma\cdot\delta\cdot v\cdot 2y_0}$$

Для ділянки перегрівання розрахунки проводимо з температою ліквідусу $Tm = Tл = 1350°C$.

$$y_0 = \frac{0.484 \cdot q}{2 \cdot \delta \cdot c\gamma \cdot v(T_m - T_0)} \quad (3.4)$$

Для аналізу визначаємо також тривалість охолодження τ для випадку зварювання з в исокою швидкістю для однопрохідного випадку:

$$\tau = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c\gamma \cdot v^2 \cdot \delta^2}\left[\frac{1}{(500 - T_0)^2} - \frac{1}{(850 - T_0)^2}\right]$$

Розрахунки термічного циклу стикового з'єднання з обробленням кромок проведемо для останнього проходу. Значення режиму зварювання беремо з технологічного розділу. Вхідні дані для розрахунку:

коефіцієнт тепловіддачі, Дж/см^2 с К	0,00188
коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К	0,4
об'ємна теплоємність, Дж/см^3 К	5,0
температура, ˚С	1350
початкова температура виробу, ˚С	20
коефіцієнт температуропровідності	0,08
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7
товщина листів, що зварюються, см	1,0,

Дані розрахунку стикового з’єднання при зварюванні без підігрівання:

величина струму дуги, А	250
напруга дуги, В	32
ефективна теплова потужність джерела	5600
швидкість зварювання, см/с	0,48
миттєва швидкість охолодження, град/с,	13,62
відстань від джерела до точки макс. темп., см	0,43

Дані розрахунку стикового з’єднання при зварюванні з підігріванням

величина струму дуги, А	250

напруга дуги, В	32
ефективна теплова потужність джерела	5600
швидкість зварювання, см/с	0,48
температура підігрівання, ^{0}С	200
миттєва швидкість охолодження, град/с,	3,96
відстань від джерела до точки макс. темп., см	0,49

Дані розрахунку таврового з’єднання при зварюванні з підігріванням

величина струму дуги, А	157
напруга дуги, В	27
ефективна теплова потужність джерела	2967
швидкість зварювання, см/с	0,24
температура підігрівання, ^{0}С	200
миттєва швидкість охолодження, град/с,	3,52
відстань від джерела до точки макс. темп., см	0,52

Результати розрахунків приводимо у таблиці. Результати розрахунку наведені в таблиці 3.1. За результатами розрахунку будується зварювальний термічний цикл для ряду точок ділянки перегріву ЗТВ, рисунок 3.1. Отримані значення переносимо на С- подібну термокінетичну діаграму анізотермічного розпаду аустеніту для досліджуваної сталі, рис. 3.2.

Розрахунки показують необхідність проведення додаткового підігрівання, оскільки без підігрівання розвивається значна миттєва швидкість охолодження для стикового та для таврового зварних з’єднань. Імовірність розвитку холодних тріщин підтверджена розрахунком еквіваленту вуглецю. Розрахунки термічного циклу з підігріванням вказують на зменшення миттєвої швидкості охолодження у три рази, що дозволить уникнути формування небажаних гартівних структур.

Таблиця 3.1 Температури нагрівання та охолодження зварних з’єднань

час, с	0,1	0,5	1,0	5,0	10,0	20,0	40,0	50,0	100,0	200,0
стиковий з підігорівом	204	929	1295	1092	878	694	550	512	414	341
стиковий без підіріву	45	1081	1344	950	713	520	374	335	236	162
тавровий з підігрівом	202	842	1258	1128	911	721	571	530	427	349

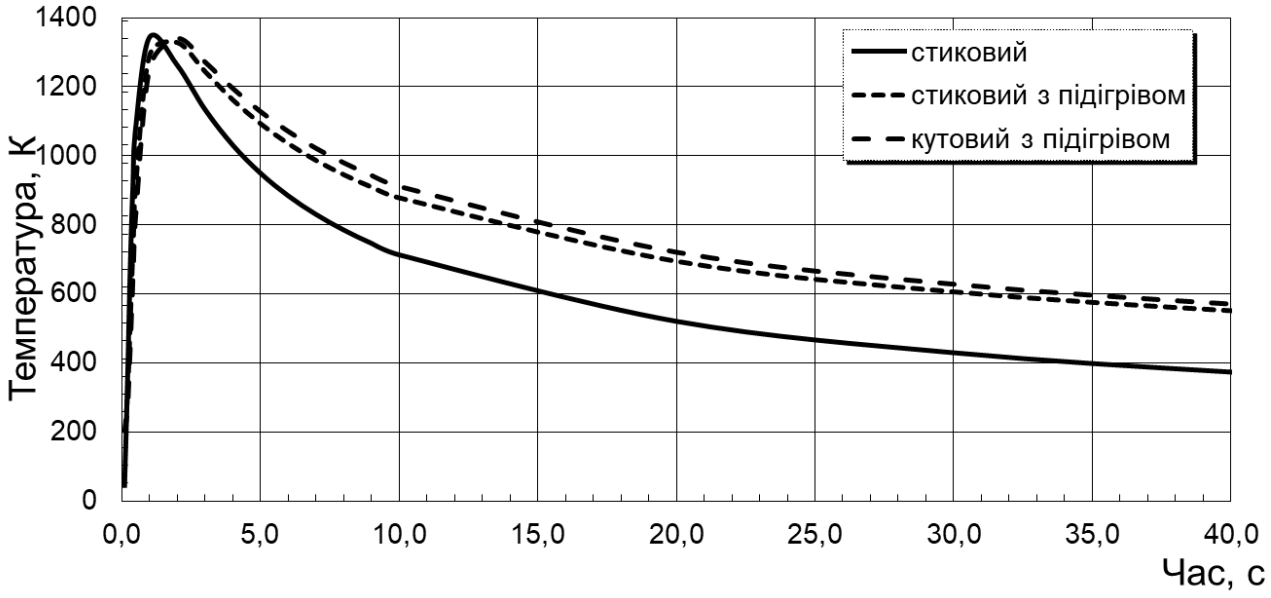


Рисунок 3.1 – Термічний цикл стикового та таврового зварного з’єднання

3.2 Аналіз очікуваної структури зони термічного впливу

Металургійні процеси при зварюванні відбуваються із більшими швидкостями, ніж ливарних процесах. Швидке переохолодження нижче температура Ас1 приводитть до розпаду аустеніту як правило за бездифузійним механізмом. Гратки аустеніту перетворюються в такі ж гратки заліза фериту, утворюються центри кристалізації цементиту та ріст самого цементиту. У структурі створюються зерна фериту та цементиту та далі їх перлітні колонії. Проте якщо швидкість переохолодження далі збільшується товщина пластинок цементиту зменшується та зменшується температура їх формування. Крім перлітної структури утворюються йоо похідні сорбіт або троостит. Нижніми температурами перліту,

сорбіту та трооститу є відповідно: 920 К, 870 К, 770 К. Слід зазначити, що пластинки трооститу настільку дрібні, що іноді недостатньо збільшення оптичного мікроскопа для їх виявлення. Проте серед перлітних струтур добре поєднання пластичності та ударної в'язкості має сорбітна структура [24].

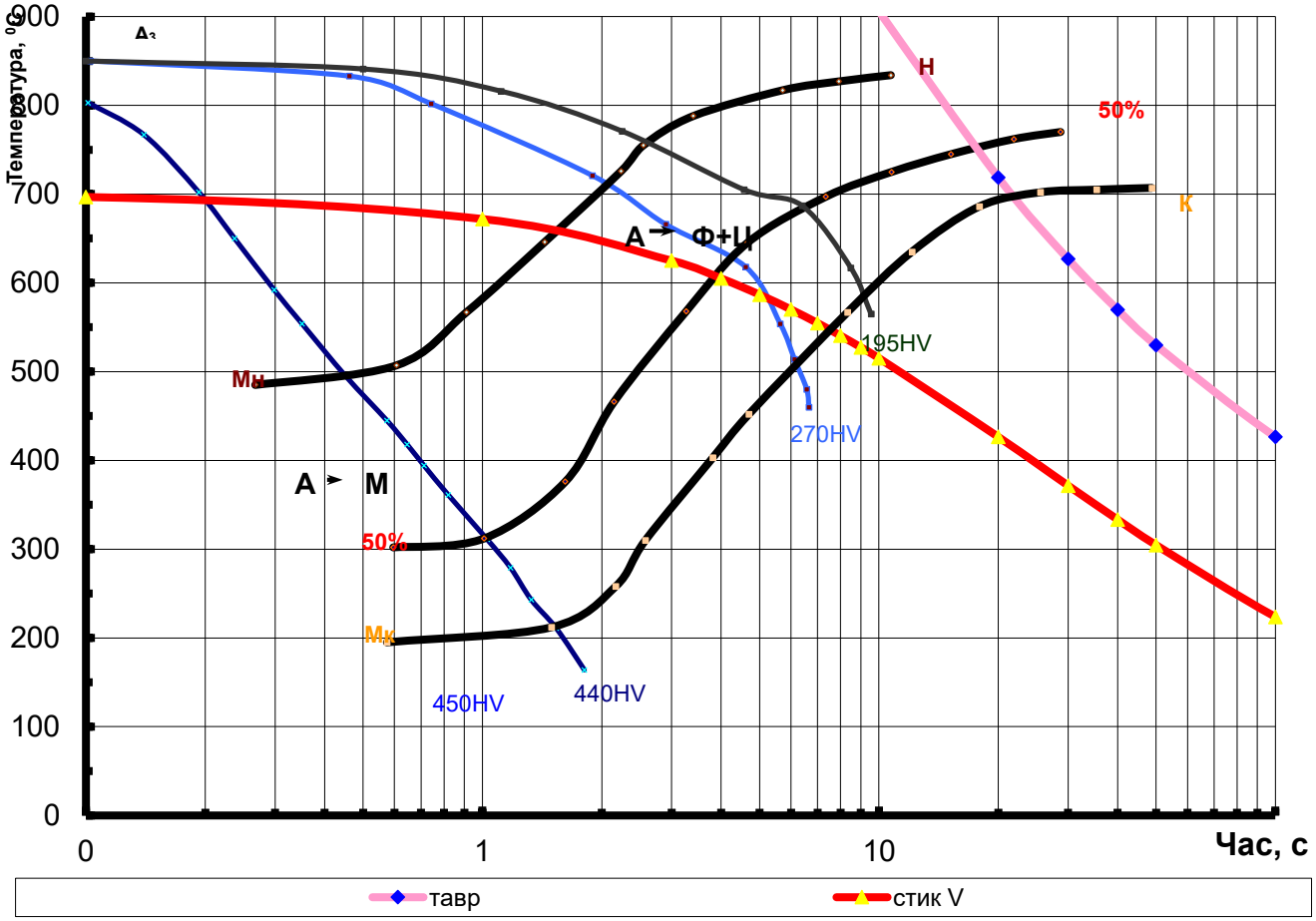


Рисунок 3.2 – С – подібна термокінетична діаграма розпаду переохолодженого аустеніту сталі марки P265GH

Дослідження твердості аустенітних структур дозволили побудувати С-подібні криві початку та закінчення перетвореня у координатах термічного циклу температура час. Щоправда для часу використано логарифмічні координати. Після отримання термічного циклу та суміщення початку перевторень нижче точки

Ac_3 можна отримати картину змін стурктури та перетворень під час охолодження. Таким чином можна прогнозувати як стурктури так і властивості металу за кривими твердості [24, 15, 16].

Термокінетична діаграма для типової маловуглевецевої сталі з вмістом вуглецю 0,2 % С-показана на рисунку 3.4. Отримані термічні криві охолодження зразків після зварювання з підігрівом показують точки перетину з границями перетворень. Для кривої стикового ЗЗ початок діапазон перетворень складу 950-820 К, а для таврового вище 920 К. Термічні цикли отримані без підігрівання ЗЗ знаходились на рівні температур мартенситного перетворення. Це показала в подальшому таблиця кількісних параметрів перетворень аустеніту. За даною діаграмою можна передбачити, що характер структур зварних зєднань на ділянці перегрівання буде перлітний, та дисперсного сорбіту твердістю 180-200 HV.

Для розкриття повної картини аусненітних перетворень спробуємо проаналізувати за хімчним складом кількісні зміни фазових складових $\tau_м$, $s_м$, $\tau_ф$, $\tau_{ф+П}$, $s_ф$, $s_{ф+П\ з}$ за методикою [27]:

$$ln\ \tau м = -2{,}1 + 15{,}5\,C + 0{,}96\,Mn + 0{,}84\,Si + 0{,}65\,Cr + 0{,}74\,Mo + 0{,}55\,Ni + 0{,}3\,V$$

$$+ 4{,}0\,Al + 0{,}5\,W + 0{,}8\,Cu - 0{,}25\,Nb - 13{,}5\,C2 - 0{,}8\,Si2; \qquad (3.5)$$

$$ln\ \tau м = 1{,}45$$

$$ln\ s м = 0{,}56 - 0{,}41\,C + 0{,}1\,Mn + 0{,}14\,Cr - 0{,}3\,Mo + 2{,}7\,Ti - 1{,}1\,Nb + 0{,}5\,Cu +$$

$$+ 1{,}7\,C\,Mo; \qquad (3.6)$$

$$ln\ s м = 0{,}57$$

$$ln\ \tau ф = 0{,}66 + 10\,C + 1{,}3\,Mn - 0{,}48\,Si + 1{,}3\,Cr + 1{,}5\,Mo + 0{,}8\,Ni - 1{,}4\,W +$$

$$+ 3{,}5\,C\,Mn - 50\,C\,V - 5{,}9\,C2 + 0{,}8\,Si2; \qquad (3.7)$$

$$ln\ \tau ф = 3{,}99$$

$$ln\ s ф = 1{,}23 + 0{,}17\,Mn - 0{,}34\,Si + 0{,}3\,Cr - 0{,}5\,Mo + 0{,}31\,Ni + 0{,}09\,Nb - 0{,}43\,W -$$

$- 0{,}3\ Cu;$ (3.8)

$$ln\ s_{ф} = 1{,}42$$

$$ln\ \tau ф + П\ =\ 0{,}34\ +\ 5{,}2\ C\ +\ 1{,}8\ Mn\ +\ 0{,}53\ Si\ +\ 0{,}33\ Cr\ +\ 2{,}9\ Mo\ +\ 0{,}86\ Ni\ +\ 1{,}5W\ +$$

$$+ 1Cu - 60\ C\ V\ -\ 5{,}1\ C2\ +\ 0{,}7\ Si2; \quad (3.9)$$

$$ln\ \tau ф + П\ =\ 2{,}58$$

$$ln\ s ф + П = \ 0{,}91 - 0{,}9\ C\ +\ 0{,}09\ Mn\ +\ 0{,}08\ Cr\ +\ 0{,}34\ Mo\ +\ 0{,}15\ Ni\ +\ 0{,}85\ V\ +$$

$$+ 2{,}2Ti\ +\ 0{,}43\ W; \quad (3.10)$$

$$ln\ s ф + П\ =\ 0{,}84$$

Тривалість охолодження τ визначимо з термічних циклів ЗТВ, [24]

$$\tau = \frac{q^2}{4\pi \cdot \lambda \cdot c\gamma \cdot v^2 \cdot \delta^2}\left[\frac{1}{(500 - T_0)^2} - \frac{1}{(850 - T_0)^2}\right] \quad (3.11)$$

Відсотковий вміст структурних складових у ЗТВ:

- к-сть мартенситу [27]:

$$M(\tau) = 100\left[1 - \Phi(\frac{ln\,\tau - ln\,\tau_м}{lg\,s_м})\right],\% \quad (3.12)$$

τ- тривалість охолодження, що відповідає утворенню структури металу з 50% – м змістом мартенситу;

$s_м$- константа, що характеризує крутість спаду кривої змісту мартенситу в міру збільшення тривалості τ.

- к-сть фериту [27]:

$$\Phi(\tau) = \Phi_{\max}\Phi(\frac{\ln\tau - \ln_{ф}}{\ln s_{ф}}),\% \quad (3.13)$$

Фмах - максимальна кількість фериту, що може виділитися з аустеніту при дуже повільному охолодженні.

$$\Phi_{\max} = 100[\frac{1-(C-0{,}02)}{0{,}81-0{,}11Mn-0{,}05Mo}],\ \%; \quad (3.14)$$

- сумарна кількість фериту і перліту [27]:

$$[\Phi+\Pi](\tau) = 100\Phi(\frac{\ln\tau - \ln\tau_{\phi+\Pi}}{\ln s_{\phi+\Pi}})\ \%; \quad (3.15)$$

- кількість бейніту:

$$Б(\tau) = 100 - М(\tau) - [Ф + П](\tau), \%; \quad (3.16)$$

- кількість перліту:

$$П(\tau) = [ф + П](\tau) - ф(\tau), \%; \quad (3.16)$$

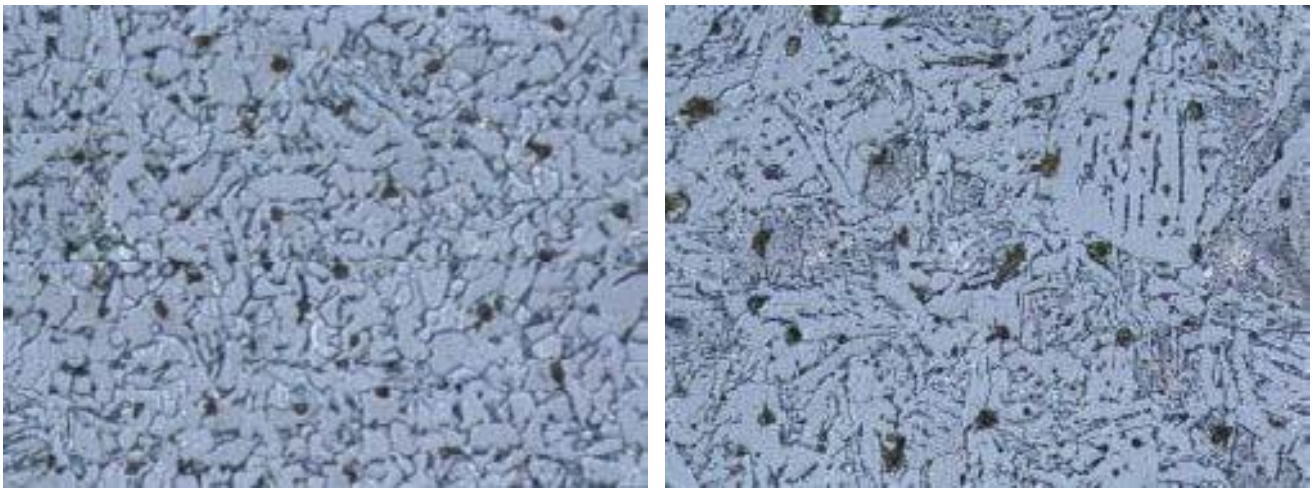
Результати розрахунку кількісних змін структури стиковому та тавровому зварному з’єднанні подано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Складові структури для різних зварноих з’єднань

Найменування	Стикове без підігріву	Стикове з підігрівом	Таврове з підігрівом
Тривалість охолодження, с	16	47	53
Кількість мартенситу, %	50	9	7
Макс. кількість фериту, %	72	72	72
Кількість фериту, %	2	6	7
Кількість фериту та перліту, %	3	20	23
Кількість бейніту, %	47	71	70
Кількість перліту, %	1	12	16

Кількісний аналіз фазових змін при застосуванні підігрівання підтвердив гіпотезу про перлітний характер структури критичних ділянок ЗТВ. Головною відмінністю фазового складу у ЗТВ стикового зварномго з’єднання є різка зміна кількості мартенситу за запропонованою технологією зварювання з підігріванням. Високоімовірне утворення дисперсного сорбіту у даних зварнних з’єднаннях дозволить прогнозувати і механічні властивості з твердістю на рівні 180-200 HV, міцністю на рівні 450 МПа та достатні значення ударної в’язкості.

Феритно-перлітна структура була виявлена також у роботі [9], де були досліджені мікроструктурні особливості сталі марки P265GH для ЗТВ стикового та таврового з'єднань при їх зварюванні у різних захисних атмостферах, в т.ч. в атмотсфері газової суміші $Ar+CO_2+O_2$ ($83\%Ar+13\%CO_2+4\%O_2$) зварювальним дротом SG2 , аналогом Св-О8Г2С. Дослідженнями для зразків зварених у даній суміші газів було виявлено ферито-перлітну мікроструктуру ЗТВ з твердістю 150-153 HV10. В цілому на інших зразках твердість змінювалась в ЗТВ від 144 до 190 HV10. Така розбіжність у твердості з даними термокінетичної діаграми допустима та пояснюється різними методиками вимірювання мікротвердості та твердості за Вікерсом та різними навантаженнями на індентор.



а) б)

Рисунок 3.3 - Мікроструктури зони термічного впливу стикових зварних з'єднань зі сталі P265GH, [9]

Виникнення ряду неоднорідних ділянок зони термічного впливу у досліджуваній сталі внаслідок поліморфного перетворення аустеніту у ферит при охолодженні визначається швидкостями охолодження та тривалістю перебування в небезпечній ділянці температур. З іншого боку в макроелектрохімічному відношенні зварне з'єднання є багатоелектродною системою, де електродами є шов та перехідні ділянки ЗТВ та основний метал. Різні співвідношення між електродними потенціалами різних зон будуть показувати різну їх корозійну стійкість. Конструкція

буферної ємності у своїх експлуатаційних показниках має також демонструвати високу стійкість до корозії у водних розчинах солей тривалий час. Особливо небезпечно якщо анодом стане зварний шов або ділянка зони термічного впливу з відмінним фазовим складом, наприклад високою концентрацією мартенситних включень, мікроелектрохімічною неоднорідністю всередині ділянки перегрівання та нормалізації. Стійкість до корозії нестабільних за структурою ділянок ЗТВ може бути підвищена в першу чергу забезпечнням оптимальної швидкості охолодження для забезпечння повного перебігу дифузійних процесів і рівномірного фазвого розподілу з метою зменшення неоднорідності зварного з’єднання.

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір зварювальних пристосувань

Переміщення зварювальних автоматів відносно виробу виконується з допомогою спеціального устаткування, такого як візки, колони, напрямні. Транспортуючі пристрої зварювального обладнання повинні точно встановлювати та переміщувати апарати відносно зварного шва, опускати зварювальне устаткування для переналагодження, працювати у діапазоні необхідних швидкостей зварювання, що впливає на технологічний час виготовлення виробу в цілому.

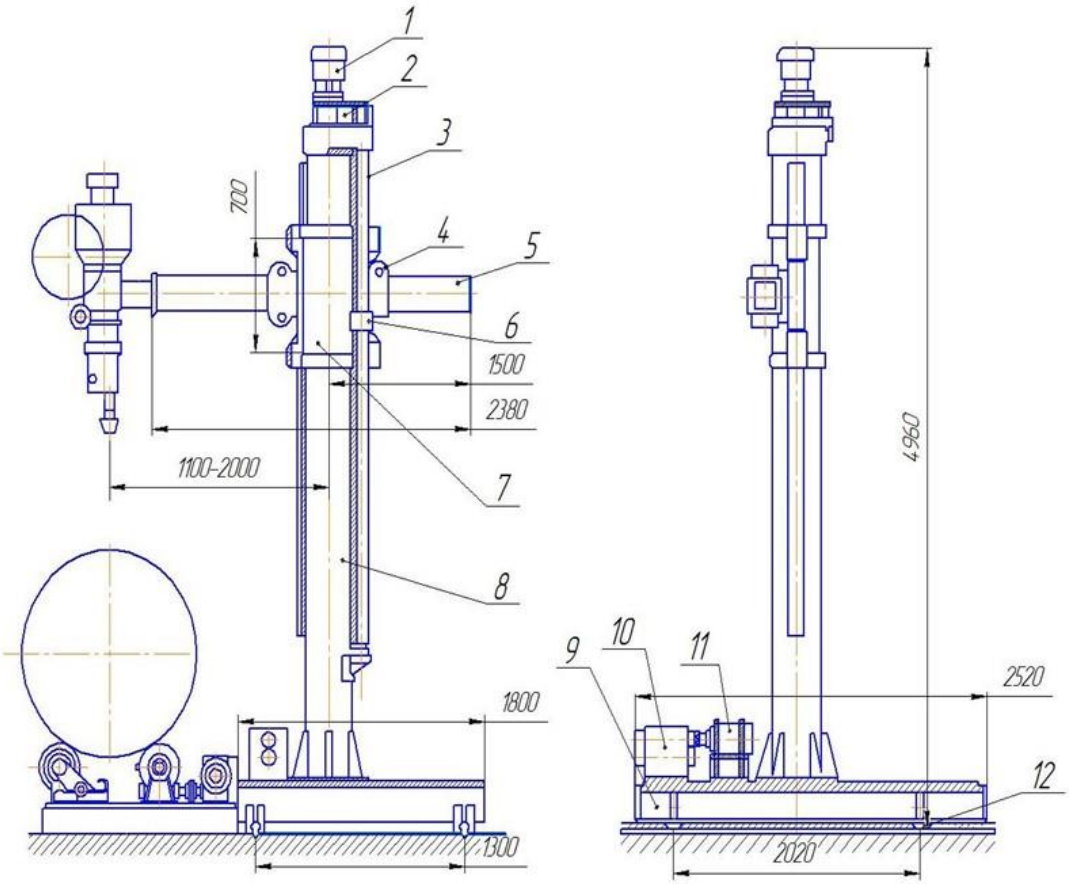
Зварювання в запропонованій технологій виконується зварювальною головкою АД-135 масою 200 кг з швидкістю зварювання 12-120 м/год. Головка оснащена поворотною колоною, яка може встановлена на зварювальний візок. З двох типів візків обираємо Г-подібний моделі ГТ-1 (рис.4.1, табл. 4.1), який оснащений стандартною поворотною колоною ПК-1, оскільки для велосипедного візка у цеху повинна бути передбачена верхня монорейка саме біля стіни цеху. Г-подібні візки дозволяють переміщувати по двох рейках зварювальні головки з зварювальною швидкістю на кільцевих та довгих поздовжніх швах. Проте через виліт консолі необхідна перевірка конструкції зварювального візка на відхилення від вертикалі для підтвердження точності позиціонування зварювальної головки відносно шва.

Візок горизонтально переміщується по дворейкововому шляху на катках 12 за допомогою двохступнічастого редуктора та електродвигуна. Вертикально каретка з консоллю переміщується через двоступінчасту зубчасту передачу та гайку ходового гвинта. Переміщення візка здійснюється за допомогою катків 12, електродвигуном 11, через редуктор. Швидкість переміщення регулюється зміною частоти обертання електродвигуна.

Таблиця 4.1 – Технічні дані Г-подібного зварювального візка ГТ-1 [25]

Назва параметру	Величина параметру
Висота рівня зварювання, мм	700-2700
Виліт консолі від осі колони до осі електроду, мм	900-2000
Швидкість переміщення візка Робоча, м/хв Маршева, м/хв Швидкість горизонтального переміщення консолі, м/хв	 19-77 13 1
Швидкість підіймання/опускання консолі, м/хв	2
Габаритні розміри (ДхЩхВ), мм	1800х3000х3960
Маса, кг	2230

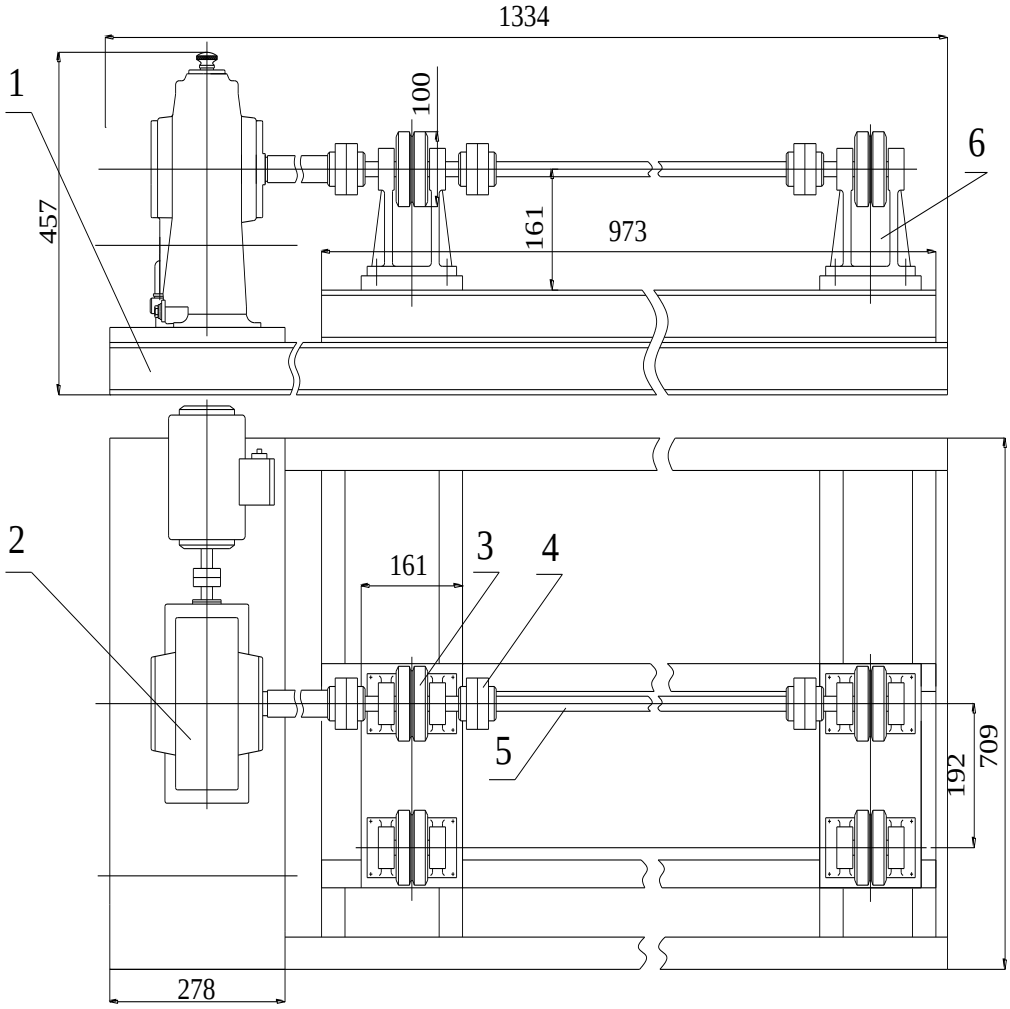
,



1-електродвигун, 2- двоступінчаста зубчата передача , 3- ходовий гвинт, 4- напрямна, 5- консоль , 6-гайка, 7- каретка, 8- стояк ,9-платформа, 10 - редуктор, 11- електродвигун, 12- катки

Рисунок 4.1 – Г-подібний зварювальний візок ГТ-1

Для обертання під час зварювання кільцевих швів корпусу буферної ємності використовують роликові обертачі у формі роликових стендів. Як правило такий обертач має два ряд роликів з ведучим з гумовим бандажем та холостим. Для зварювання корпусу буферної ємності можемо рекомендувати роликові обертачі типу HGK-2 для розмірів від 150 до 2000 мм (рис.4.2).



1– станина; 2 – редуктор привода; 3 – приводна ролико-опора; 4 – муфта; 5 – поздовжній вал; 6 – холоста ролико-опора

Рисунок 4.2 - Схема роликового стенду з обертачами

4.2 Розрахунок жорсткості Г-подібного зварювального візка

Переміщення максимально-висунутої консолі візка не повинно створювати відхилень пальника зварювальної головки. На розрахунковій схемі бачимо, що прогин консолі утворюється в результаті дії сили G_a, що рівна вазі головки, та сили $G_б$, що рівна вазі консолі. Найбільший момент згину вникне при максимальній висоті колони H. У розрахунку прийняті наступні сили, коефіцієнти та показники: G_a – сила на консолі (маса зварювальної головки 200 кг), $G_б$ – сила від ваги самої консолі, розміри штанги b=15 см; h=30 см; δ=0,6 см, L –довжина консолі, (рівна 200 см), γ –питома вага металу, 7,8 г/см^3, $W_{бк}$ – момент опору штанги; [σ] – допустимі напруження, [σ] = 16 кН/см^2, E – модуль пружності, (E=20000 кН/см^2), прогин стійки f_1, прогин консолі від прогину стійки f_3, прогин консолі від діючих сил f_4, l відстань від точки закріплення зварювальної головки на консолі до кінця пальника, (l=4 см);вертикальне Δ_1 і горизонтальне Δ_2 відхилення пальника через вигин колони, [$\Delta_{верт}$], [$\Delta_{гориз}$] допустиме вертикальне Δ_1 і горизонтальне Δ_2 відхилення пальника через вигин колони, 0,2 та 0,133 мм відповідно.

За розрахунками знайдено вагу консолі, розраховано міцність штанги та колони відповідно, визначено значення прогинів та кутів прогину у поірвнянні з допустимими.

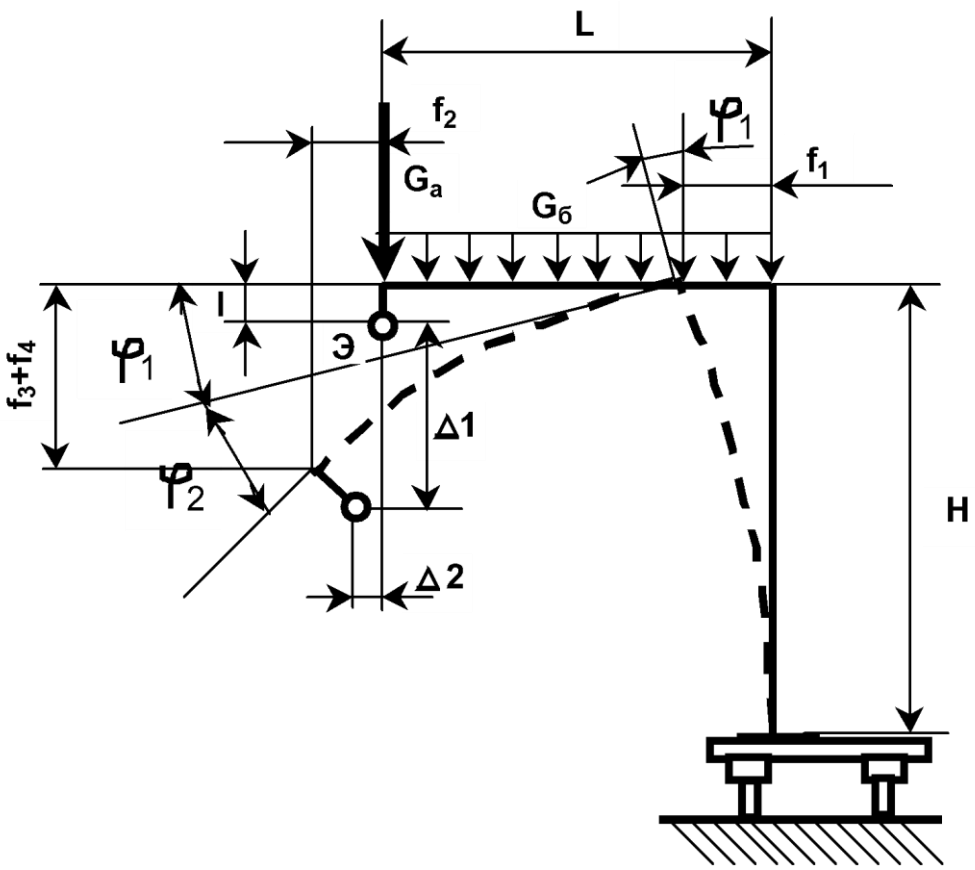


Рисунок 0.3 - Розрахункова схема Г-подібного зварювального візка

$$M_и = (G_a + 0{,}5 \cdot G_в)L \qquad (0.1)$$

$$G_б = 2 \cdot \delta(b+h) \cdot L \cdot \gamma \qquad (0.2)$$

$$G_б = 2 \cdot 0{,}6(15+30) \cdot 200 \cdot 7{,}8/100 = 842 \text{ Н}$$

$$\text{M}i = (2000 + 0{,}5 * 842)200/1000 = 484 \text{ кН см}$$

$$\sigma = \frac{M_и}{W_{б,к}} \le [\sigma] \qquad (0.3)$$

$$W_б = \delta \cdot \frac{h^2}{3}(3\frac{b}{h}+1) \qquad (0.4)$$

$$W_б = 0{,}6 \cdot \frac{30^2}{3}(3\frac{15}{30}+1) = 450 \text{ см3}$$

$\sigma = 484/450 = 1{,}08$ кН/см^2 менше допустимого, тобто умова міцності для штанги витримується.

$$\varphi_1 = \frac{M_u \cdot H}{E \cdot I_k} \qquad (0.5)$$

$$I_k = \frac{\delta \cdot h^3}{6}(3\frac{b}{h} + 1) \qquad (0.6)$$

$Ik = 6750$ см^4

$\varphi 1 = 484 * 200/(20000 * 6750) = 0{,}0007$ рад

$$\varphi_2 = \frac{G_a \cdot L^2}{2E \cdot I_б} + \frac{G_б \cdot L^2}{6E \cdot I_б} \qquad (0.7)$$

$$\varphi_2 = \frac{2 \cdot 200^2}{2 \cdot 20000 \cdot 6750} + \frac{0{,}842 \cdot 200^2}{6 \cdot 20000 \cdot 6750_б} = 0{,}0003 \text{ рад}$$

$$f_1 = \frac{\varphi_1 \cdot H}{2} \qquad (0.8)$$

$$f_1 = \frac{0.0007 \cdot 200}{2} = 0{,}0717 \text{ см}$$

$$f_3 = \varphi_1 \cdot L \qquad (0.9)$$

$$f_3 = 0{,}0007 \cdot 200 = 0{,}1435 \text{ см}$$

$$f_4 = \frac{G_a \cdot L^3}{3E \cdot I_б} + \frac{G_б \cdot L^3}{8E \cdot I_б} \qquad (0.10)$$

$$f_4 = \frac{2 \cdot 200^3}{3 \cdot 20000 \cdot 6750} + \frac{0{,}842 \cdot 200^3}{8 \cdot 20000 \cdot 6750} = 0{,}0457 \text{ см}$$

$\Delta 1 = f3 + f4$ (0.21)

$\Delta 1 = 0{,}1435 + 0{,}0457 = 0{,}189$ см

$$\Delta 2 = f2 - l(\varphi 1 + \varphi 2) \qquad (0.12)$$

$$f_2 = f_1 \qquad (0.22)$$

$$\Delta 2 = 0{,}0717 - 4(0{,}0007 + 0{,}0003) = 0{,}066 \text{ см}$$

$$[\Delta \text{верт}] = (L + H)/2000 \qquad (0.1423)$$

$$[\Delta \text{верт}] = (200 + 200)/2000 = 0{,}2 \text{ см}$$

$$[\Delta \text{гориз}] = (L + H)/3000 \qquad (015)$$

$$[\Delta \text{гориз}] = (200 + 200)/3000 = 0{,}133 \text{ см}$$

Порівняємо горизонтальне і вертикальне відхилення пальника зварювальної головки від прогину колони з допустимим відхиленнями.

$$\Delta 1 \leq [\Delta \text{верт}] 0{,}189 \leq 0{,}2$$

$$\Delta 2 \leq [\Delta \text{гориз}] 0{,}066 \leq 0{,}133$$

Умова жорсткості Г-подібного зварювального візка виконується.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Шляхи збереження працездатності і підвищення продуктивності праці в зварювальному виробництві

Істотну роль у збереженні працездатності і підвищенні продуктивності праці зварника відіграють такі пристрої для удержування та переміщення зварюваних виробів, як кондуктори, кантувачі, маніпулятори, струбцини, затискачі.

До заходів спрямованих на поліпшення умов праці зварників належать: автоматизація, механізація і раціоналізація виробничого процесу; захист очей від променистої енергії; видалення пилу і газів з робочих приміщень за допомогою вентиляції ;заходи безпеки від ураження електричним струмом.

Освітленість виробничих приміщень-важливий захід гігієни та охорони праці і підвищення її продуктивності [28]. У виробничих приміщеннях застосовують два види освітлення: природнє і штучне.

Застосування механізованого транспорту для перевезення важких деталей і надання їм зручного для зварювання положення не тільки полегшує працю зварника,а й зменшує виробничий травматизм,підвищує продуктивність праці.

Електрична дуга випромінює велику кількість невидимих ультрафіолетових і інфрачервоних променів, які шкідливо впливають на зір і шкіру людини. Опіки променями електричної дуги можуть відбуватися тільки при зварюванні відкритою дугою (наприклад ручне дугове зварювання, зварювання в CO2 і т.д.). Шкіра зварювальника захищається робочим одягом, а ір – захисними щитками або масками із спеціальним темно-синім скло-фільтром.

Щоб запобігти механічному пошкодженню очей при прибиранні флюсу і відбиванні шлаку зварювальник повинен користуватися захисними окулярами з простим склом. При опіках очей необхідно робити холодні примочки, промивати очі слабким содовим розчином або закапати очі очними цинковими каплями. При сильних опіках необхідно звернутися до лікаря [28].

В результаті високої температури зварювальної дуги відбувається випарову-

вання металів. Пари металів з'єднуються з киснем повітря, утворюючи дрібний порох в вигляді окислів. Особливо шкідливі пари окислів цинку, свинцю, кадмію, міді та інші, які утворюються при зварюванні міді, латуні і бронз. В результаті плавлення деяких флюсів утворюються пари окислів марганцю, а також хлористий і фтористий водень.

При зварюванні в вуглекислому газі виділяється шкідливий для організму оксидами вуглецю (чадний газ). Оскільки вуглекислий газ в 1,5 рази важчий за повітря, то він може накопичуватися в тісних приміщеннях і закритих посудинах, що приводить до браку кисню для дихання.

Для відведення шкідливих газів та пилу, а також для подачі свіжого повітря застосовують загальну або місцеву вентиляцію. Загальна вентиляція повинна бути приточно-витяжною з підігрівом повітря в зимову пору. Її застосовують для обміну повітря в закритих приміщеннях (цехах, майстернях). Місцеву вентиляцію застосовують для відсмоктування шкідливих газів безпосередньо з місць їх утворення. При роботі в закритих приміщеннях застосовують ізолюючі апарати (ШР-1, ША-40, ДПА-4) або маски із шлангами для подачі свіжого повітря.

При отруєннях, потерпілого необхідно винести на свіже повітря, звільнити від тісного одягу і дати спокій до приходу лікаря. При зупинці дихання слід застосувати штучне дихання, [28].

5.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху

Для роботи по виготовленню зварного з'єднання траверси з опорами при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення і горизонтальної поверхні основним є, так званий, метод коефіцієнту використання світлового потоку.

Розрахунок проводиться за формулою:

$$\Phi = \frac{E_{н} \cdot S \cdot Z \cdot K_{з}}{N \cdot \eta}, \qquad [28] \qquad (5.1)$$

де Φ – світловий потік, потрібний для забезпечення заданої освітленості, ЛМ;

$E_н$ – нормова освітленість, ЛК;

S – площа приміщення, м^2;

Z (1,15) – коефіцієнт, що враховує відношення середньої освітленості;

$K_з$ – коефіцієнт запасу, що приймається в залежності від забрудненості повітря в приміщенні, $K_з$=1,5;

N – кількість ламп;

η - коефіцієнт використання світлового потоку; Коефіцієнт використання світлового потоку η визначається за світлотехнічними таблицями. Для цього потрібно знайти індекс приміщення i та приблизно оцінити коефіцієнт відбивання поверхонь приміщення: I_c – стелі; $I_{ст}$ – стін; $I_р$ – робочої поверхні.

Індекс приміщення i знаходимо за формулою:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \tag{5.2}$$

де S – площа дільниці цеху, м^2;

h – розрахункова висота (відстань від світильника до робочої поверхні), м;

A і B – довжина і ширина приміщення, м;

$$i = \frac{80}{3{,}4 \cdot (8 + 10)} = 1{,}3$$

За таблицею знаходимо відповідні значення I: I_c=70 %; $I_{ст}$=50 %; $I_р$=30 %.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 80 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}5}{0{,}65} = 63692{,}3 \text{ ЛМ.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot E_л}, \qquad [28] \tag{5.3}$$

де $E_л$ – світловий потік лампи;

$$N = \frac{63692{,}3}{2 \cdot 2105} = 15 \text{ шт.}$$

Приймаємо 16 штук.

Для освітлення автомата використовуємо лампи ЛД-40-4, які мють наступні технічні характеристики:

– світловий потік – $E_л$=2105 ЛМ;

– довжина лампи – L=1,213 м;

– потужність – P=40 Вт;

– діаметр лампи – d=0,04.

Також використовуємо двохламповий світильник без перфорації з решіткою типу ЛДГ, що має такі характеристики: довжина – 1,3 м та ширина – 0,27 м.

Світильники розташовуємо в 2 ряди по вісім штук в кожному ряду. Відстань між рядами світильників розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{8 - 2 \cdot 1{,}3}{2} = 2{,}7 \text{ м};$$

$$L = \frac{10 - 8 \cdot 0{,}27}{8} = 0{,}98.$$

5.3 Організація цивільної оборони на об'єктах господарської діяльності

Цивільна оборона України є складовою частиною соціальних та захисних заходів, які проводяться в мирний і воєнний час з метою захисту населення і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і сучасних засобів ураження.

Цивільна оборона України організується за територіальним виборним принципом на всій її території і виявляє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться по всій території держави, як правило заздалегідь з врахуванням особливостей кожного регіону.

Згідно із Законом кожен громадянин має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха та має право на надання гарантій забезпечення реалізації цього права.

Основним завданням цивільної оборони є:

а) запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного характеру, проведення заходів щодо зменшення збитків і втрат під час аварій, катастроф, великих пожеж та стихійного лиха;

б) оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний та воєнний час, постійне інформування про наявну ситуацію та його захисту від наслідків;

в) організація життєзабезпечення населення під час аварій , катастроф, стихійного лиха та у воєнний час;

г) організація та проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лиха і осередках ураження;

д) створення систем аналізу і прогнозування управління. Оповіщення і зв'язку, спостереження і контролю за ради активними, хімічними, бактеріологічними зараженнями;

е) підготовка і перепідготовка керівного складу цивільної оборони, її органів управління та сил, навчання населення вмінню використовувати засоби індивідуального захисту і діяти в надзвичайних ситуаціях.

На всіх об'єктах народного господарства, цивільна оборона організовується з метою попередньої підготовки їх до захисту робітників, службовців в надзвичайних ситуаціях в мирний і воєнний час, створення умов, що підвищують стійкість роботи підприємства своєчасне створення умов для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

Робота об'єкта в цілому складається з роботи окремих галузей виробництва. Тому необхідно розглянути стійкість у надзвичайних умовах окремих галузей виробництва.

Оцінюючи стійкість електропостачання, необхідно знати за яких надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу об'єкт може залишатися без постачання електроенергії. Визначити мінімальні потреби в електроенергії для забезпечення основних невідкладних робіт, подача води в житлові будинки, квартири, для цехів і освітлення робочих місць.

Оцінюючи стійкість матеріально–технічного і енергетичного постачання, необхідно визначити запаси палива, можливість використання місцевої сировини і енергії, автономні джерела електрозабезпечення, запаси сировини, стан поставки готової продукції споживачам, умови зберігання готової продукції, спроможність транспорту і засобів механізації [29].

На основі вивчення факторів, які впливають на стійкість роботи об'єктів, і

оцінки стійкості елементів і галузей виробництва проти вражаючих факторів ядерної, хімічної і біологічної зброї, стихійних лих і виробничих аварій, необхідно своєчасно організовувати і впровадити організаційні, інженерно технічні рішення.

Інженерно–технічні заходи мають забезпечити підвищену стійкість виробничих споруд, технологічних ліній, устаткування, комунікацій об’єкта до виливу вражаючих факторів під час надзвичайних ситуацій. При проведенні цих заходів необхідно враховувати конкретні умови об’єкта народного господарства. Проте є загальні інженерно – технічні заходи, які мають проводитись на всіх об’єктах [29].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленої мети у даній магістерській роботі, згідно до розрахунків та наведених положень, приведемо наступні висновки.

Корпус буферної ємності пропонуємо виготовляти з матеріалу призначеного для виготовлення теплообмінного устаткування, котельної вуглецевої якісної сталі P265GH, яка добре зварюється та відповідає за своїми міцністними характеристиками призначенню виробу.

Технологію зварювання буферної ємності удосконалено застосуванням єдиної установки для складання та зварювання на одному робочому місці без додаткового транспотування з формуванням кромок на установці підготовки кромок.

Для зварювання корпусу буферної ємності пропонується використати автоматичну зварювальну головку. Зварювання корпусу реомендовано проводити у інноваційній захисній суміші газів 86% Ar+12%CO_2+2% O_2, що дозволить підвищити швидкість зварювання. Для зварювання рекоменловано використати європейську марку зварювального дроту SG2, який спеціально розроблений для зварювання в сумішах газів з аргоном. Зварювання стикових поздовжніх та кільцевих швів проводимо на керамічних підкладках. Для прихоплювання рекомендовано використати інноваційне обладнання зварювальний апарат Fronius TransSteel 5000, у якому передбачений спеціальний точковий режим, та пальник Fronius AW 5000 з посиленим захистом від високих температур та економною витратою газу.

Розрахунки еквіваленту вуглецю, миттєвої швидкості охолодження, кількісного фазового складу структур зони термічного впливу вказали на високу імовірність утворення холодних тріщин. Проведені порівняльні розрахунки структур при зварюванні з підігрівом показали суттєве зменшення мартенситу, щонайменше у три рази. Враховуючи особливість експлутації даної ємності з корозією рекомендовано дотримуватись оптимальної швидкості охолодження для забезпечння рівномірного фазвого та зменшення неоднорідності зварного з’єднання. Прогнозуванням вивявлено дисперсну сорбітну структуру з добрим поєднанням міцності та ударної в’язкості.

Також у роботі значну увагу приділено допоміжним пристроям технології, контролю якості виробу, організації безпечних умов для робітників.

Впровадження рішень наведених у роботі дозволить підвищити якість виробів, дозволить налагодити повторювану технологію крупносерійного виробництва даних

виробів, зменьшить собівартість виготовлення виробів за рахунок зменьшення витрат електродного дроту, захисного газу та електроенергії, зменьшить кількість ручної праці та кількість робітників з високою кваліфікацією.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Керівництво з розробки схем теплопостачання. Проєкт енергетичної безпеки (ПЕБ). Жовтень 2021 року. [Електронний ресурс] /USAID Проєкт енергетичної безпеки. – Режим доступу: https://energysecurityua.org/wp-content/uploads/2021/12/HSS_Manual_UKR-1.pdf

2. Арсеньєв В. М. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку: навчальний посібник / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 364 с.

3. Сталь16К. [Електронний ресурс] / Метінвест-СМЦ. -Режим доступу:https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-16k/

4. Сталь 20К. [Електронний ресурс] / Метінвест-СМЦ. -Режим доступу: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-20k/

5. Сталь P265GH. [Електронний ресурс] / Метінвест-СМЦ. -Режим доступу: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-p265gh/

6. ASME SA516 GRADE 60 - Boiler Quality Steel Plates and Pressure Vessels Steel Plate [Електронний ресурс] / Prosaicsteel. -Режим доступу: https://www.prosaicsteel.com/asme_sa516_grade_60_steel_plates_boiler _quality _plates.html#:~:text=Mechanical%20Properties,-ASME%20SA516%20 Grade&text=Yield%20Strength%3A%20%E2%89%A5%20220%20MPa,temperatures%20depending%20on%20specific%20applications.

7. SG295. Chemical composition, standards and properties. [Електронний ресурс] / Steeljis -Режим доступу: https://steeljis.com/jis_steel_datasheet.php?name_id=612

8. Kasińska M., Towarnicki K., Piwowarczyk T., Ambroziak A.: Badania złączy spawanych ze stali P265GH wykonanych z zastosowaniem różnych mieszanek gazowych oraz gatunków drutów spawalniczych. Przegląd Spawalnictwa, 2016, vol. 88. Режим доступу: http://dx.doi.org/10.26628/ps.v88i8.643.

9. Kasińska M., Piwowarczyk T., Derlukiewicz W., Fijołek P. Assessment of Macro and Microstructure of Welded Joints Made of Steel P265GH Using Various Combinations of-Welding Consumables. Bulletin of the Institute of Welding, 2018, No. 4, pp. 25-33. Режим доступу: doi: 10.17729/ebis.2018.4/3

10. Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. посібник. – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.

11. Романів В. Є. Особливості застосування сумішей захисних газів при напівавтоматичному зварюванні плавким електродом / В. Є. Романів, В. В. Лазарюк // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 18–19. — (Фізико-технічні основи розвитку нових технологій).
12. Бугінов А. Вплив складу захисного газу на процес MAG зварювання низьколегованих та вуглецевих сталей // Зварник, 2014, №1, С.32-35.
13. Зварювальний дріт GEKA SG2 (ER 70 S-6) діаметр 1.2 мм. [Електронний ресурс] / Osnastka. Режим доступу: http://osnastka.kiev.ua/index.php?productID=1263
14. Потапєвский А. Г. Зварювання в захисних газах плавким електродом. – К.:Екотехнологія, 2007. – 192 с.
15. Акулов А.І. Технологія та обладнання зварювання плавленням: Підр. Длі вишів [Текст] / А.І. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич; [Ред. вид. Т.Е. Череш-нева]. - М.: Машинобудування, 1977. - 432 с.
16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.
17. Ахметов А.Р. Автоматичне зварювання корпусів теплообмінних апаратів "Технологія суднобудування" №1, 1984 - 24-27с.
18. Системи Transsteel. [Електронний ресурс] / Fronius. Режим доступу: https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/zvaryuvalni-tekhnolohiyi/produkty/%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/migmag/transsteel/transsteel/transsteel-5000
19. Зварювальний пальник Fronius AW 5000. [Електронний ресурс] / pz.ua / Режим доступу: https://pz.ua/migmag/palniki/aw5000wf-l-45m-4035605000-fronius.html
20. Яцюк В. О.; Вознюк А. Ю.; Лазарюк В. В. Особливості застосування капілярного методу неруйнівного контролю зварних з’єднань тонкостінних конструкцій // Актуальні задачі сучасних технологій : Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – с. 7-8.

21. Ультразвуковий дефектоскоп Prisma. [Електронний ресурс] / devicesgroup. Режим доступу: http://www.devicesgroup.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=413&Itemid=36
22. Shanaida V., Skliarov R.,Lazaryuk V. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations // Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, 22–24 Nov. 2023. – CEUR Workshop Proceeding, 2023. V. 3628.
23. Романів В. Є. Особливості застосування сумішей захисних газів при напівавтоматичному зварюванні плавким електродом / В. Є. Романів, В. В. Лазарюк // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 18–19. — (Фізико-технічні ос-нови розвитку нових технологій).
24. Коперсак, В.М. Теорія процесів зварювання [Текст]: Текст лекцій (в двох частинах) / В.М. Коперсак – 4-е вид., випр. І доп. –К.: НТУУ «КПІ».-228 с.
25. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / 2-е видання, перобл. та доповн.: Навч. посібник / 26 А.С. Карпенко. – К.: Арістей, 2006. – 272 с.
26. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Igor Okipnyi, Tetiana Hushtan, Volodymyr Vovk, Valeriy Lazaryuk. Effect of inhibitor extract on resistance to corrosion – fatigue fracture of steel 20 // Procedia Structural Integrity, Volume 59, 2024, Pages 672-678.
27. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни для студентів напряму 050504 «Зварювання» // Укладачі: О.А. Сливінський, Н.М.Стреленко. - К.: НТУУ «КПІ», – 2012.
28. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.
29. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1 - СПЕЦИФІКАЦІЇ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
А1			КРМ 23-726.01.00	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	КРМ 23-726.01.11	Кріплення докове	1	
		2	КРМ 23-726.01.12	Лапа	2	
		3	КРМ 23-726.01.13	Кільце	1	
		4	КРМ 23-726.01.14	Обух-1.2 ОМ і	2	
				Деталі		
		6	КРМ 23-726.01.01	Денце 800х8-50	1	
		7	КРМ 23-726.01.02	Скоба	2	
		8	КРМ 23-726.01.03	Планка	1	
		9	КРМ 23-726.01.04	Прихват	2	
		10	КРМ 23-726.01.05	Прихват	5	
		11	КРМ 23-726.01.06	Прихват	1	
		12	КРМ 23-726.01.07	Обе чайка	1	
		13	КРМ 23-726.01.08	Денце верхнє	1	
		14	КРМ 23-726.01.09	Накладка	2	
		15	КРМ 23-726.01.09	Кутник	4	

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 23-726.01.00			
Розроб.		Вознюк			Буферна ємність	Літ.	Аркуш	Аркуш
Перев.		Лазарюк					1	2
Консульт.						ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. $МП_М$-61		
Н. контр.		Ткаченко						
Затв.		Окіпний						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
А1			КРМ 23-726.02.00	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	КРМ 23-726.02.01	Головка	1	
		2	КРМ 23-726.02.02	Направляюча головка	1	
		3	КРМ 23-726.02.03	Верхня консоль	1	
		4	КРМ 23-726.02.04	Привід верхньої консолі	1	
		5	КРМ 23-726.02.05	Ходовий гвинт	1	
		6	КРМ 23-726.02.06	Поворотна колона	1	
		7	КРМ 23-726.02.07	Направляюча шпонка	1	
		8	КРМ 23-726.02.08	Поворотний механізм	1	
		9	КРМ 23-726.02.09	Фіксатор повороту	1	
		10	КРМ 23-726.02.09	Нижня консоль	1	
		11	КРМ 23-726.02.09	Башмак	1	
		12	КРМ 23-726.02.09	Привід обертання планшайби	1	
		13	КРМ 23-726.02.09	Муфта	1	
		14	КРМ 23-726.02.09	Станина	1	

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 23-726.02.00		
Розроб.		Вознюк			Установка для підготовки кромок	Літ.	Аркуш 1 / Аркуш 2
Перев.		Лазарюк					
Консульт.						ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. $МП_М$-61	
Н. контр.		Ткаченко					
Затв.		Окіпний					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
А1			КРМ 23-726.03.00	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	КРМ 23-726.03.01	Зварювальний апарат	1	
		2	КРМ 23-726.03.02	Рама роликового стенду	1	
		3	КРМ 23-726.03.03	Рейка переміщення пристрою	1	
		4	КРМ 23-726.03.04	Рама пристрою	1	
		5	КРМ 23-726.03.05	Пост керування	1	
		6	КРМ 23-726.03.06	Видвижний хобот	1	
		7	КРМ 23-726.03.07	Колона	1	
		8	КРМ 23-726.03.08	Підтискний упор	1	
		9	КРМ 23-726.03.09	Електродвигун	1	
		10	КРМ 23-726.03.09	Ланцюгова передача	1	
		11	КРМ 23-726.03.10	Механізм горизонтального	1	
				переміщення		

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 23-726.03.00		
Розроб.		Вознюк			Установка для зварювання кільцевих швів	Літ.	Аркуш 1 / Аркуш 2
Перев.		Лазарюк					
Консульт.						ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. $МП_М$-61	
Н. контр.		Ткаченко					
Затв.		Окіпний					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
A1			*КРМ* 23-726.04.00 *СК*	*Складальне креслення*		
				Деталі		
		1	КРМ 23-726.04.01	Привідний електродвигун	1	
		2	КРМ 23-726.04.02	Редуктор	1	
		3	КРМ 23-726.04.03	Роликоопора привідна	4	
		4	КРМ 23-726.04.04	Муфта з'єднувальна	1	
		5	КРМ 23-726.04.05	Вал	1	
		6	КРМ 23-726.04.06	Відомий ролик	1	
		7	КРМ 23-726.04.07	Холоста роликоопора	4	
		8	КРМ 23-726.04.08	Рама роликового стенду	1	

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 23-726.04.00		
Розроб.		Вознюк			Роликовий стенд	Літ.	Аркуш	Арку
Перев.		Лазарюк						1
						ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП$_M$-61		
Н. контр.		Ткаченко						
Затв.		Окіпний						