

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Обґрунтування технології та параметрів**

**зварювання бака конденсату**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МП<sub>М</sub>-61  
спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Малишкевич І.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Паньків В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дячун А.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)





## РЕФЕРАТ

Малишкевич І.Ю. Обґрунтування технології та параметрів зварювання бака конденсату. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2023.

Об'єктом дослідження є конструкція бака конденсату.

Мета роботи – розробка технологій механізованих способів зварювання бака конденсату, визначення найбільш перспективного способу з технологічної та економічної точки зору.

У процесі дослідження проводилися розрахунки теплових характеристик зварюваності сталі, розрахунки режимів зварювання. Обґрунтовано вибір зварювальних матеріалів та необхідного зварювального обладнання. Розроблено технологію виготовлення зварної конструкції. Наведено заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

В результаті дослідження було здійснено аналіз зварювання бака конденсату механізованим способом у середовищі вуглекислого газу та самозахисного порошкового дроту.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, 5 розділів пояснювальної записки, 7 додатків і списку використаних джерел з 25 найменувань. Основний зміст пояснювальної записки виконано на 77 сторінках, має 16 рисунків і 14 таблиць.

**Ключові слова:** зварювання, бак конденсату, параметри зварювання, зварний шов технічний контроль.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Аналіз конструкції виробу .....	9
1.2. Матеріал бака та його зварюваність .....	24
1.3 Умови експлуатації бака конденсату .....	27
1.4 Висновки до розділу .....	27
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....	28
2.1 Аналіз і визначення вмісту феритної фази .....	28
2.2 Дослідження теплових характеристик процесу зварювання ....	29
3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	32
3.1 Розрахунок режимів зварювання .....	32
3.1.1 Розрахунок режимів зварювання шва № 1 .....	39
3.2 Розрахунок режимів зварювання шва № 2 .....	39
3.3 Розрахунок режимів зварювання шва № 3 .....	39
4. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	45
4.1 Базовий варіант технологічного процесу .....	47
4.2 Вибір способу зварювання .....	51
4.3 Проектований варіант технологічного процесу .....	51
4.4 Вибір зварювальних матеріалів .....	69
5. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА	70
ПРАЦІ .....	73
5.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	
5.1.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів .....	74
5.1.2 Техніка безпеки під час зварювальних робіт .....	74
5.1.3 Забезпечення електричної безпеки .....	74
5.2 Охорона праці .....	75
5.2.1 Забезпечення пожежної безпеки .....	75
5.2.2 Безпека під час роботи з підйомними пристроями .....	76
5.2.3 Планування обладнання та робочих місць ділянки .....	76

ВИСНОВКИ .....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	77
ДОДАТКИ .....	80

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В умовах сучасного ринку, коли економіка знаходиться під тиском, потрібно розширення власних виробництв, а також використання вітчизняних матеріалів.

Для забезпечення електроенергією великих міст і підприємств на них території активно вводяться в експлуатацію різні електростанції. Вони можуть виробляти електроенергію при спалюванні мазуту, а також при використанні атомної та ядерної енергії.

При будівництві електростанцій особлива увага приділяється відводу відпрацьованої пари в блоках. Якщо цього не робити, то блок буде працювати при підвищених температурах і вийде з ладу раніше за нормативний термін експлуатації.

Основним обладнанням для відведення відпрацьованих парів є бак конденсату, який затримує в собі вологу і по патрубках повторно пускає її для охолодження. Бак працює у важких умовах під впливом агресивного корозійного середовища, високої температури, навантажень від внутрішнього тиску, а також напруги розтягування та стиснення.

У випускній кваліфікаційній роботі пропонується розглянути існуючу технологію виготовлення бака конденсату об'ємом 1,5 м<sup>3</sup>.

**Завданнями роботи** є аналіз існуючого варіанта технології виготовлення, виявлення «слабких» місць та пропозиція шляхів по удосконаленню технології з відповідним підбором зварювальних матеріалів та розрахунком режимів зварювання.

**Метою дослідження** є вдосконалення технології зварювання бака конденсату шляхом підвищення продуктивності, а також покращення якості за рахунок автоматизації процесу зварювання.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес зварювання бака конденсату.

**Предмет дослідження** – параметри та режими електродугового зварювання.

**Отримані результати.** Запропоновано удосконалену технологію збирання та технологічний процес електродугового зварювання бака конденсату.

**Практичне значення.** Результати роботи можна застосовувати під час розрахунку параметрів і режимів електродугового зварювання.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра.** Окремі результати роботи доповідались та отримали позитивну оцінку на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 2023 р., м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя.

**Публікації.** Часткові результати досліджень за темою магістерської роботи опубліковано в 1 праці: збірник тез XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 2023 р., м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя.

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається з вступу, 5 розділів пояснювальної записки, 7 додатків і списку використаних джерел з 23 найменувань. Основний зміст пояснювальної записки виконано на 70 сторінках, має 20 рисунків і 18 таблиць.



## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз конструкції виробу

У випускній кваліфікаційній роботі розглядається вдосконалення технології збирання та зварювання бака конденсату об'ємом 1,5 м<sup>3</sup>.

Він застосовується в як пристрій для збору парового нагрівання, що надходить із системи конденсату для подальшого його перекачування конденсатним насосом у парові казани.

Бак є невід'ємною частиною обладнання, призначеного для безперервної роботи електростанції.

Бак є цільно-зварною конструкцією. У конструкції бака застосовуються як великогабаритні, так і дрібні деталі та вузли.

Бак конденсату працює в умовах проходження нагрітої пари та призначається для збору та відведення конденсату, що є середовищем для прояви корозії (корозійне середовище).

При проходженні пари в корпусі бака відбувається його розширення в обмеженому обсязі, що є фактором наявності внутрішнього тиску. Через це у з'єднаннях патрубків виникають напруги розтягування та стиснення, що впливають на конструкцію.

Також, на бак при роботі в умовах замкнутої системи діє згинальний момент у місцях з'єднання патрубків із днищами.

За наявності зазначених навантажень та при впливі корозійного середовища потрібна висока якість виконання підготовчих робіт та робіт з виготовлення.

Характеристика зварного виробу, або бака конденсату для збору та відведення утвореного конденсату така:

- Виконання бака конденсату [1] – УХЛ,
- тип атмосфери – І,
- категорія розміщення – 4.

Конструкція зварного виробу, або бака конденсату для збору та відведення утвореного конденсату показано на рис. 1.1.

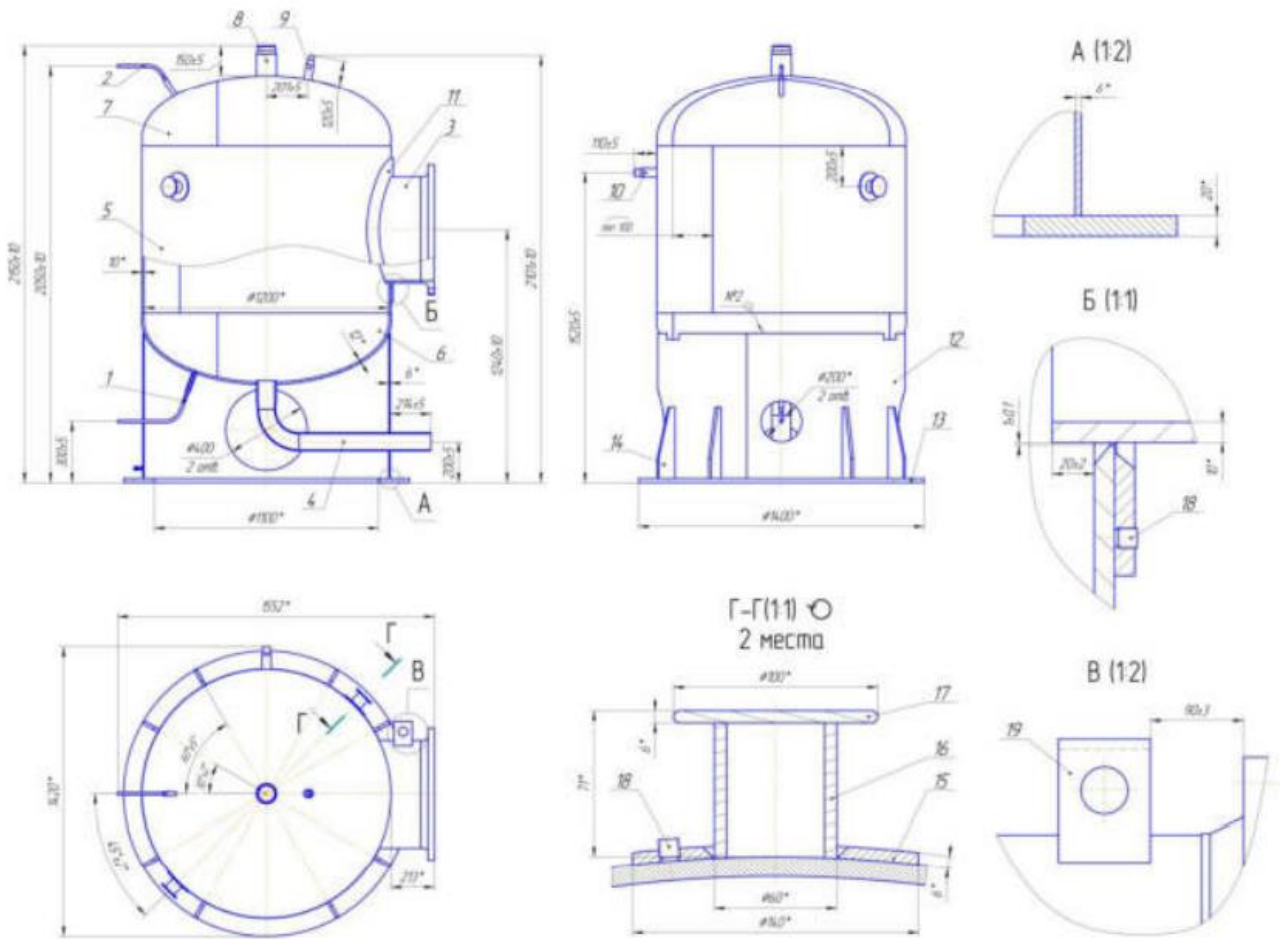


Рисунок 1.1 – Конструкція бака: 1 – Відведення нижнє; 2 – Відведення верхнє; 3 – Горловина; 4 – Відведення; 5 - Обичайка; 6 – Днище нижнє; 7 – Днище верхнє; 8 - Патрубок; 9 - Патрубок; 10 - Патрубок; 11 – Кільце, що зміцнює; 12 – Обичайка опорна; 13 - Кільце опорне; 14 - Ребро; 15 - Кільце; 16 - Втулка; 17 - Заглушка; 18 - Корек; 19 – Скоба

При виготовленні бака застосовуються як однокомпонентні деталі, так і складальні, тобто виготовлені із двох і більше складових елементів.

На рис. 1.2 показаний відвід нижній.

Відведення нижнє виготовляється з двох елементів: штуцер та відведення.

Виготовлення проводиться ручним аргано-дуговим зварюванням, що не плавиться. електродом (далі за текстом РАД).

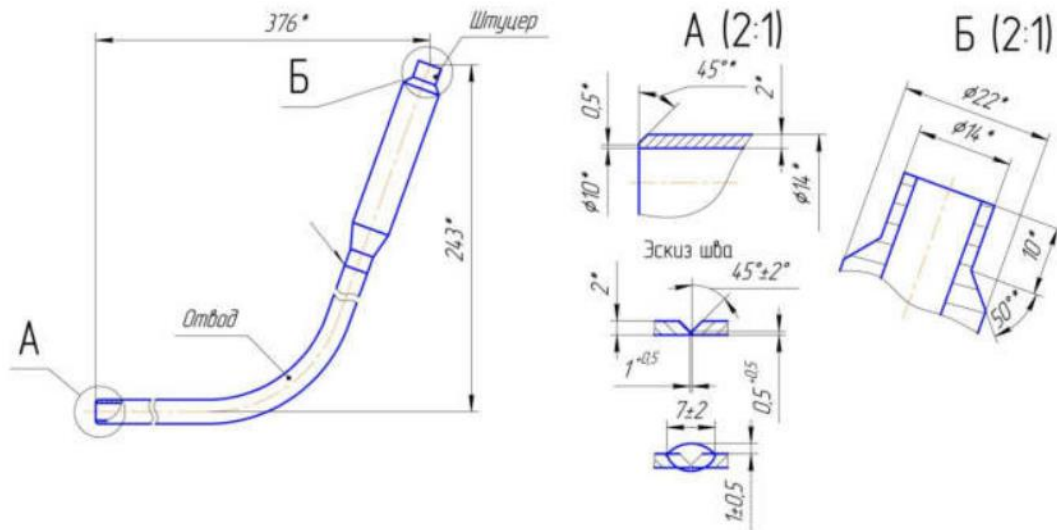


Рисунок 1.2 – Конструкція відведення нижнє

Штуцер показаний рис. 1.3.

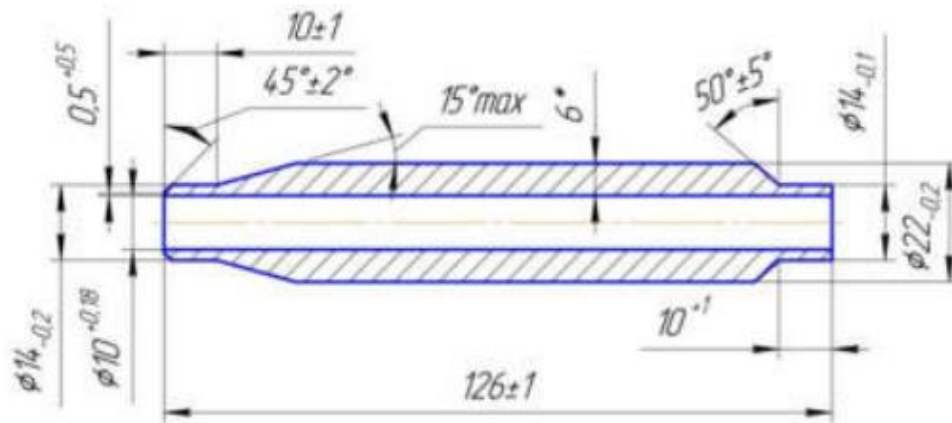


Рисунок 1.3 – Креслення штуцера

Штуцер виготовляється з круглого прокату, який виготовляється в відповідно до вимог [2].

Відведення показано рис. 1.4.

Відведення виготовляється з труби  $\text{Ø}14 \times 2$  мм, яка виробляється в відповідно до вимог [3].

Відведення верхнє показане на рис. 1.5.

Відведення нижнє виготовляється з двох елементів: штуцер (показано на рис. 1.3) та відведення.

Виготовлення виробляється ручним аргано-дуговим зварюванням, що не плавиться. Електродом.

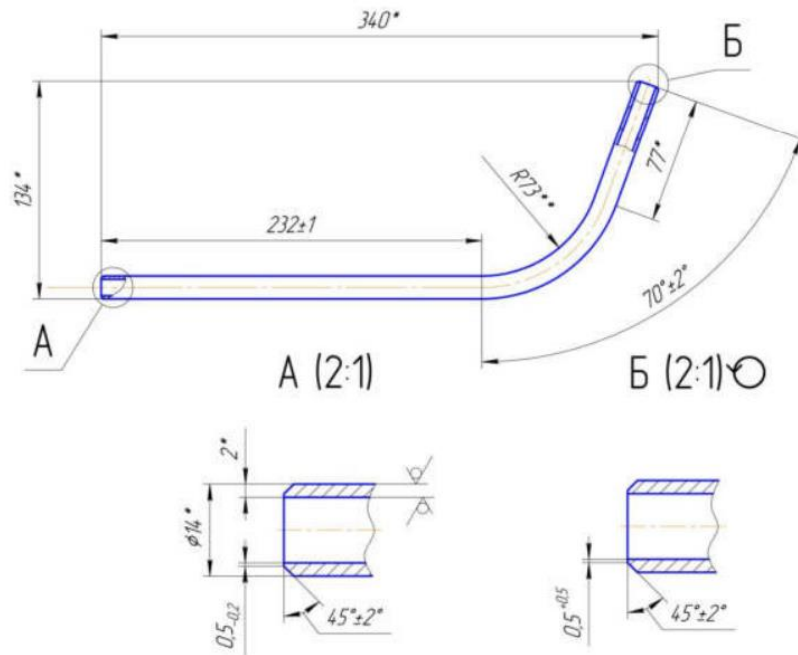


Рисунок 1.4 – Відведення

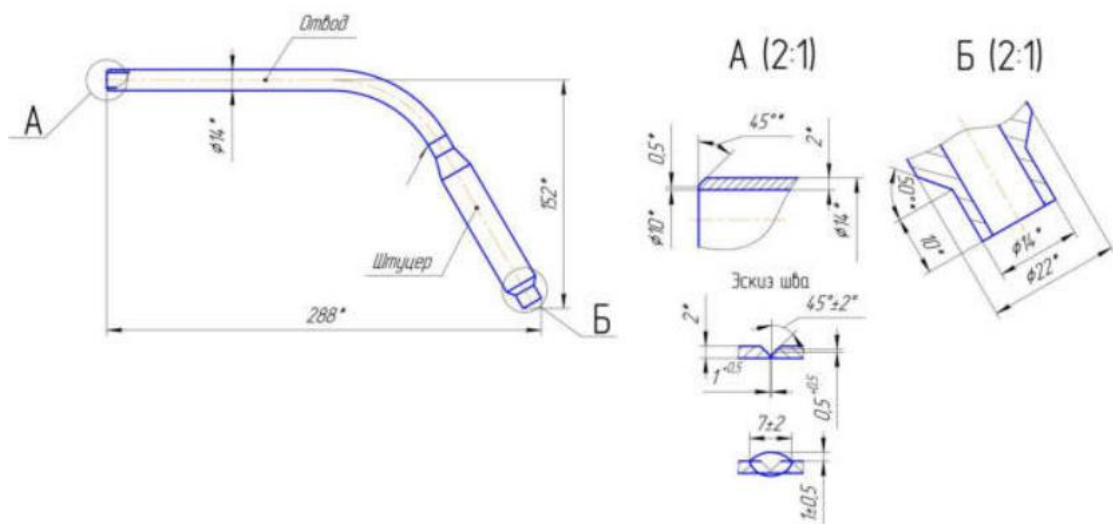


Рисунок 1.5 – Відведення верхнє

Відведення показано рис. 1.6.

Відведення виготовляється з труби  $\text{Ø}14 \times 2$  мм, яка виробляється в відповідно до вимог [3].

Горловина показана рис. 1.7.

Горловина виготовляється із двох елементів: обичайка та фланець.

Виготовлення виробляється ручним аргоно-дуговим зварюванням, що не плавиться. Електродом.

Обичайка показана рис. 1.8.

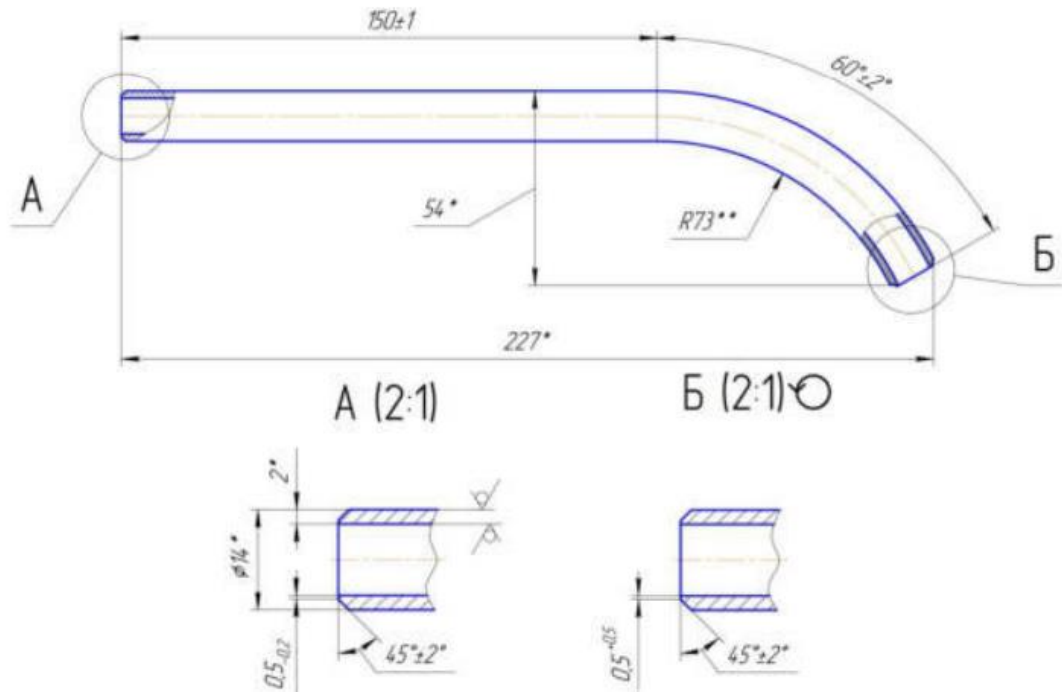


Рисунок 1.6 – Відведення

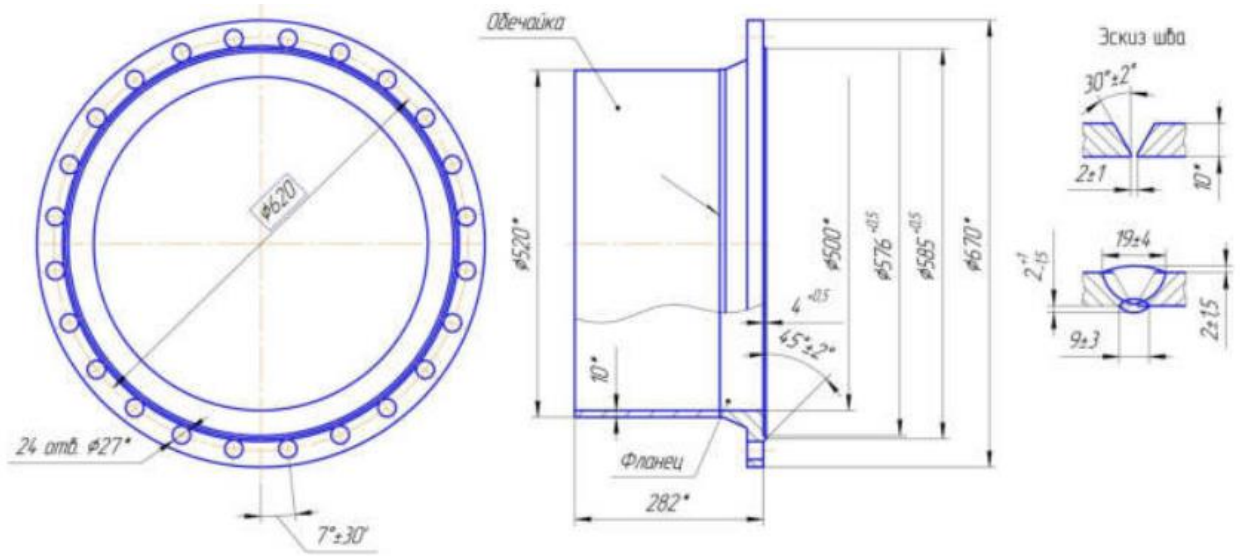


Рисунок 1.7 – Горловина

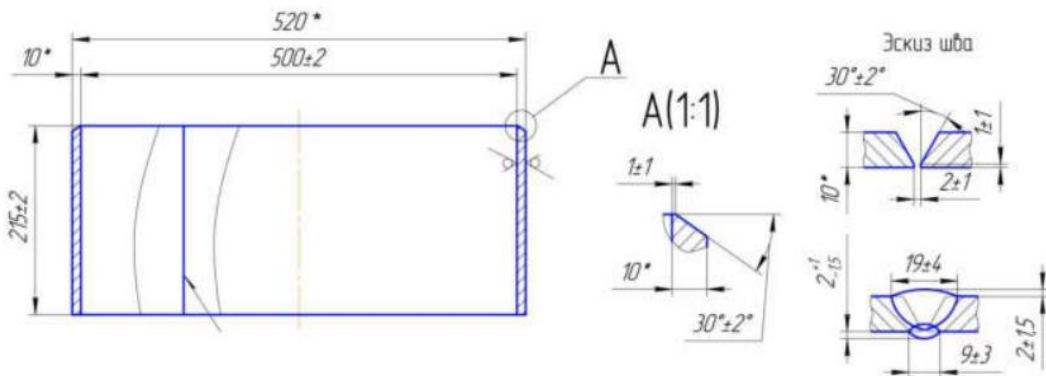


Рисунок 1.8 – Обечайка



Відведення виготовляється із трьох елементів: патрубок (2 шт) та коліно.

Виготовлення виробляється РАД.

Патрубок показано рис. 1.11.

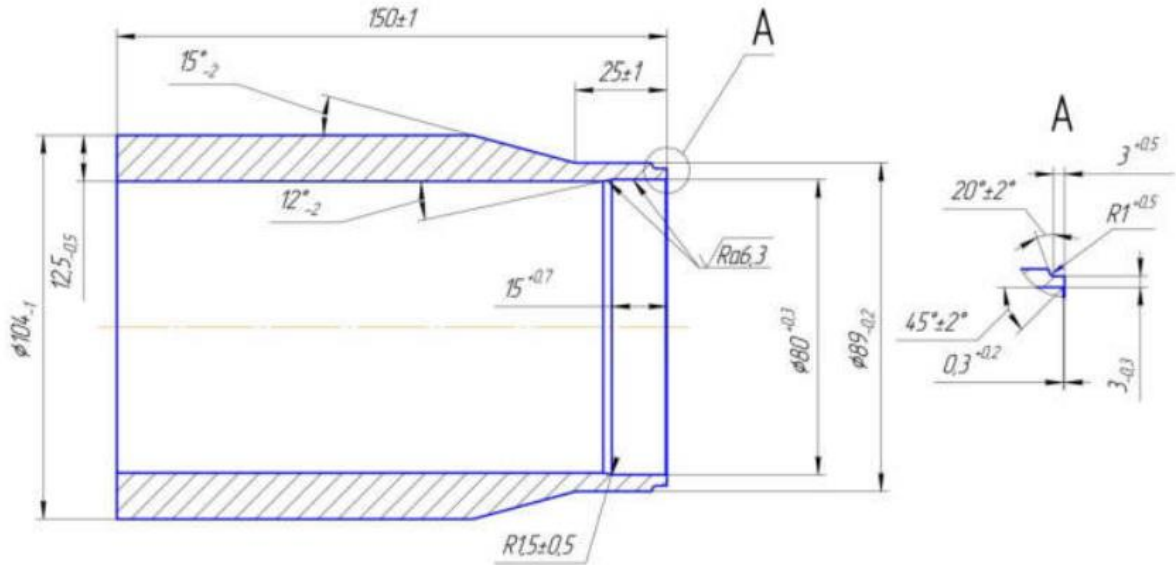


Рисунок 1.11 – Патрубок

Патрубок виготовляється круглого прокату, який виробляється в відповідно до вимог [2].

Патрубок показано рис. 1.12.

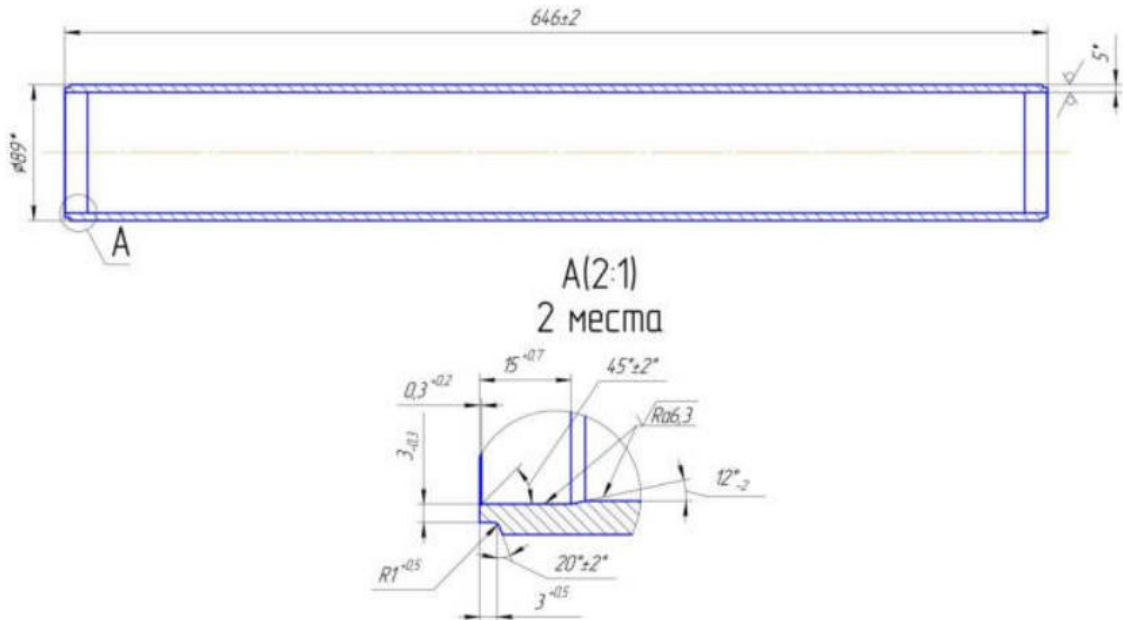
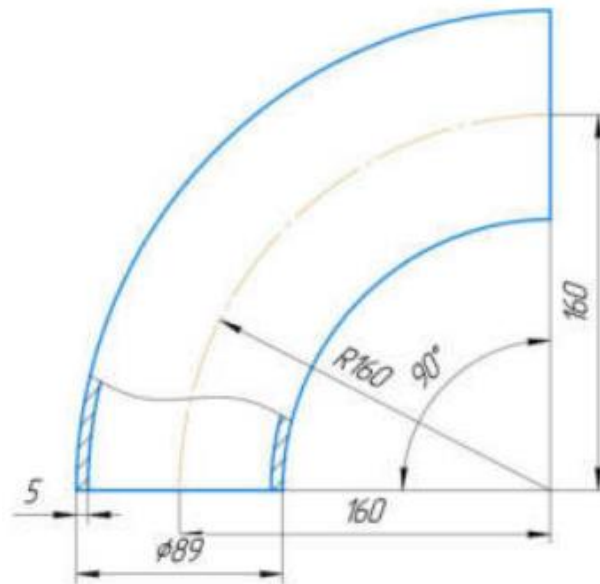


Рисунок 1.12 – Патрубок

Патрубок виготовляється з труби Ø89×5 мм, яка виробляється в відповідно до вимог [6].





Коліно показано рис. 1.13.

Рисунок 1.13 – Коліно

Коліно (позначення 90°-89×5-РН 25 03) виготовляється відповідно до вимогами [7].

Обичайка показана рис. 1.14.

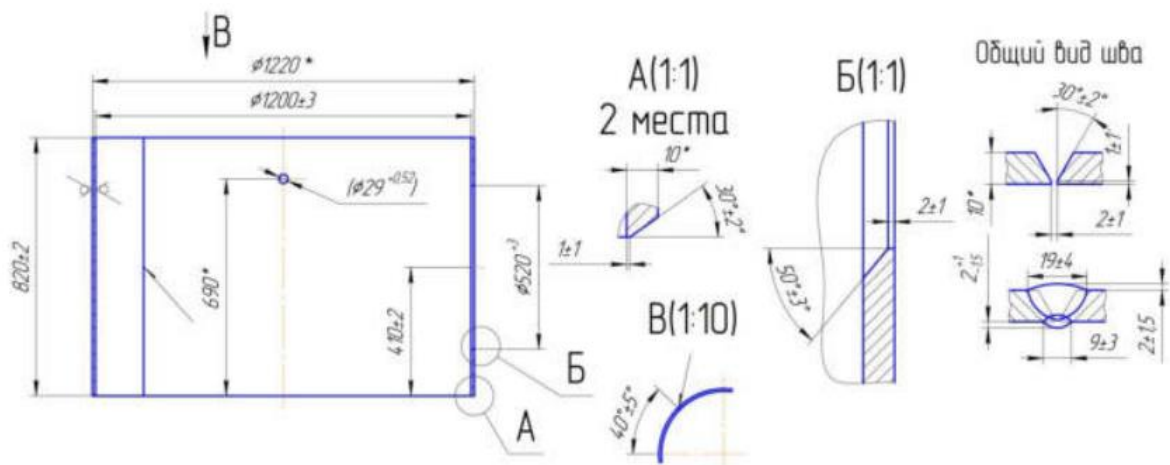


Рисунок 1.14 – Обичайка

Обичайка виготовляється з листа товщиною 10 мм, який виготовляється вимогам [4].

Обичайка виготовляється методом вальцювання та зварювання ручним аргано-дуговим зварюванням, що не плавиться. Електродом.

Днище нижнє показано рис. 1.15.



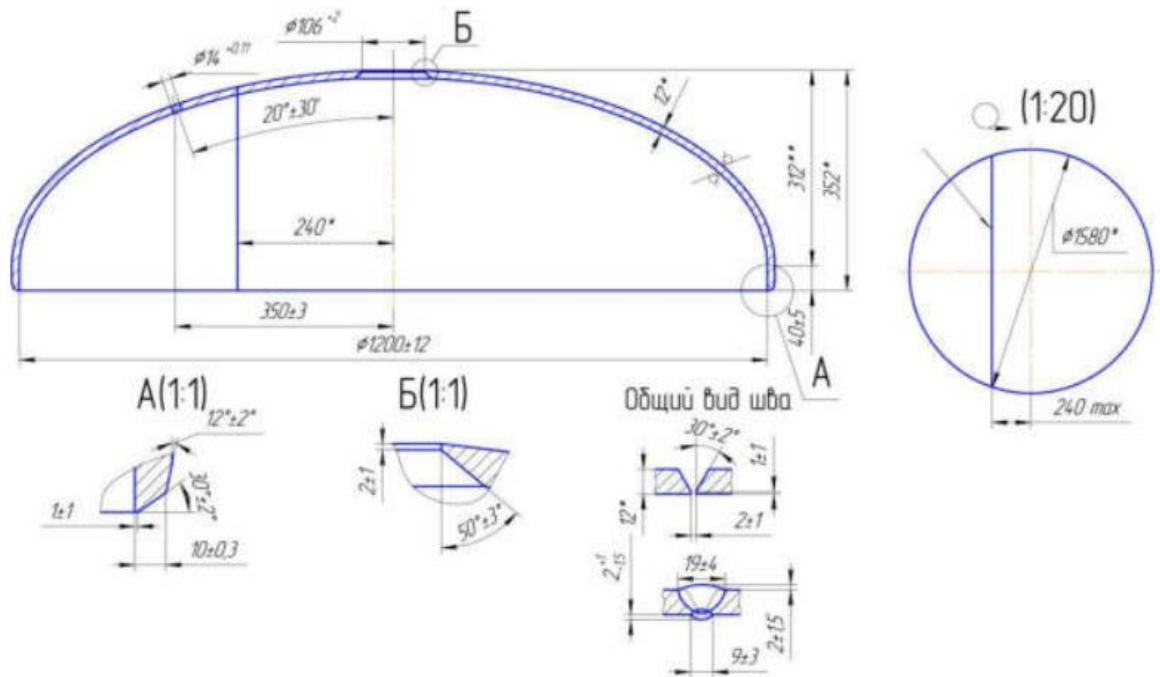


Рисунок 1.15 – Днище нижнє

Днище нижнє виготовляється з листа завтовшки 12 мм, який проводиться за вимогами [4] методом вальцювання та зварювання (РАД).

Днище верхнє показане рис. 1.16.

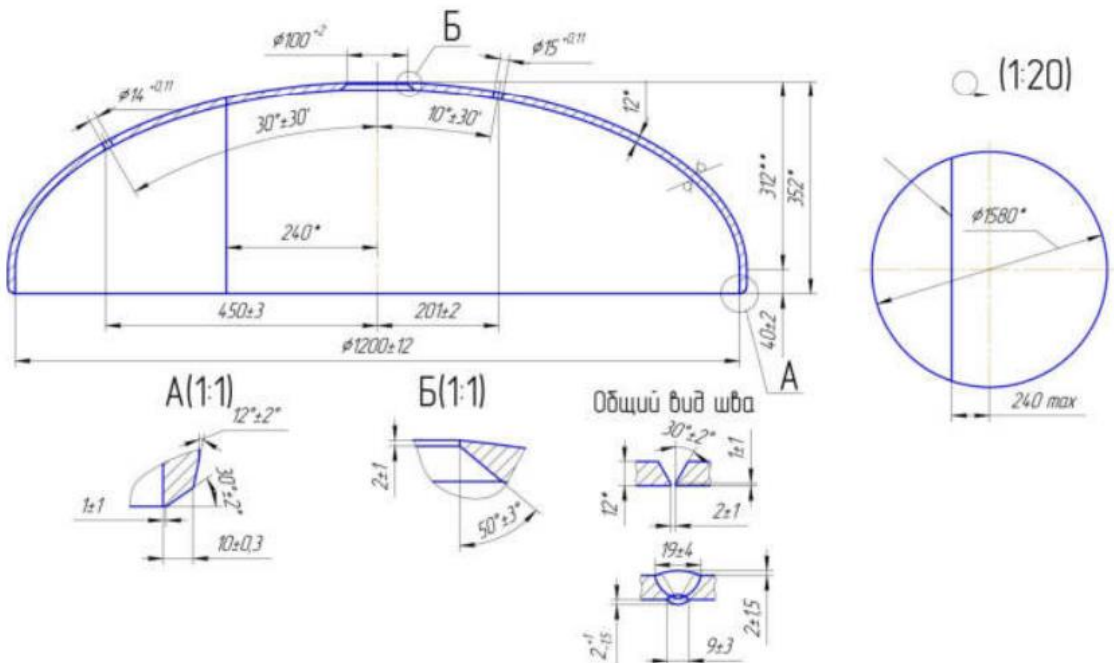


Рисунок 1.16 – Днище верхнє

Днище верхнє виготовляється з листа товщиною 10 мм. проводиться за вимогами [4], методом вальцювання та зварювання (РАД).



Кільце, що зміцнює, показано на рис. 1.20.

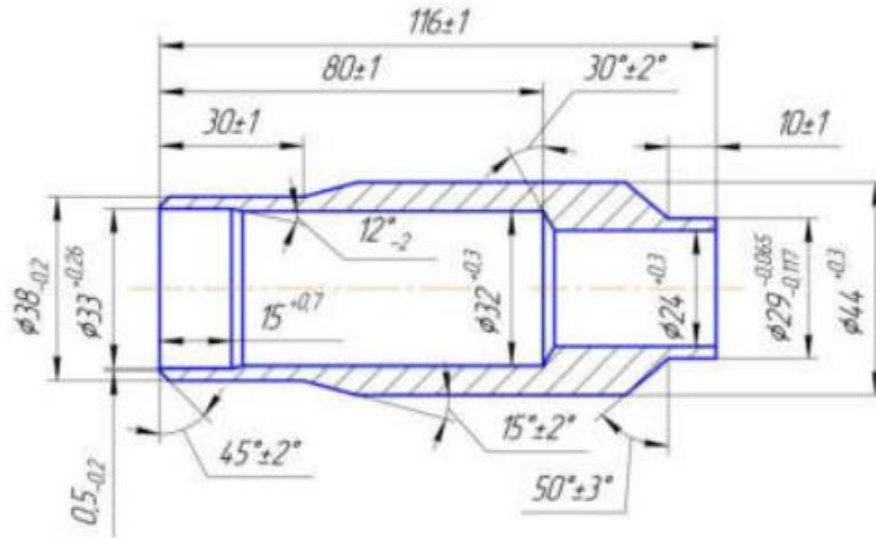


Рисунок 1.19 – Патрубок

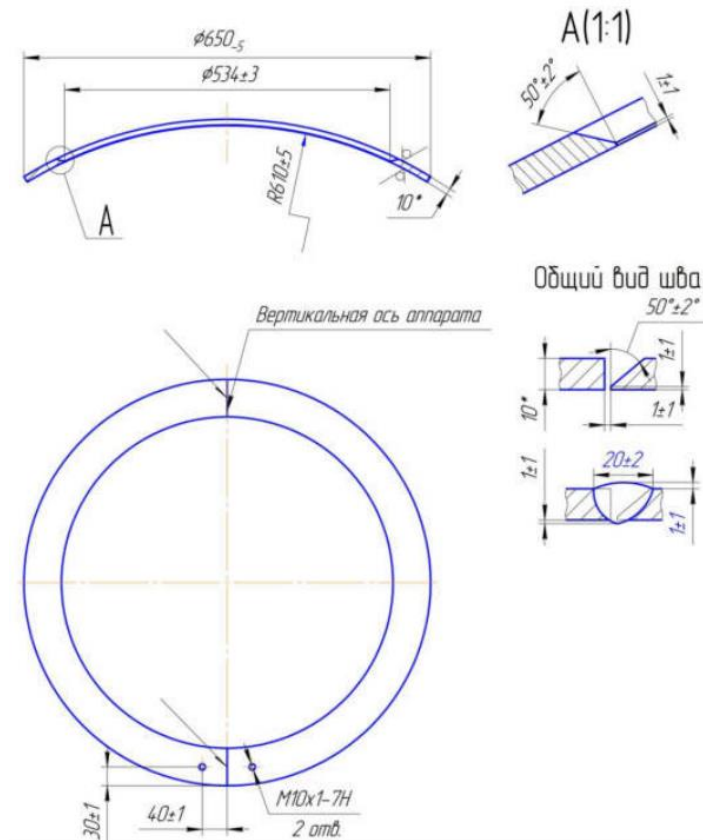


Рисунок 1.20 – Кільце зміцнювальне

Кільце, що зміцнює, виготовляється з листа товщиною 10 мм, який проводиться за вимогами [4].

Кільце виготовляється методом вальцювання та зварювання ручним аргоно-дуговим зварюванням неплавким електродом.

Обичайка опорна показана рис. 1.21.

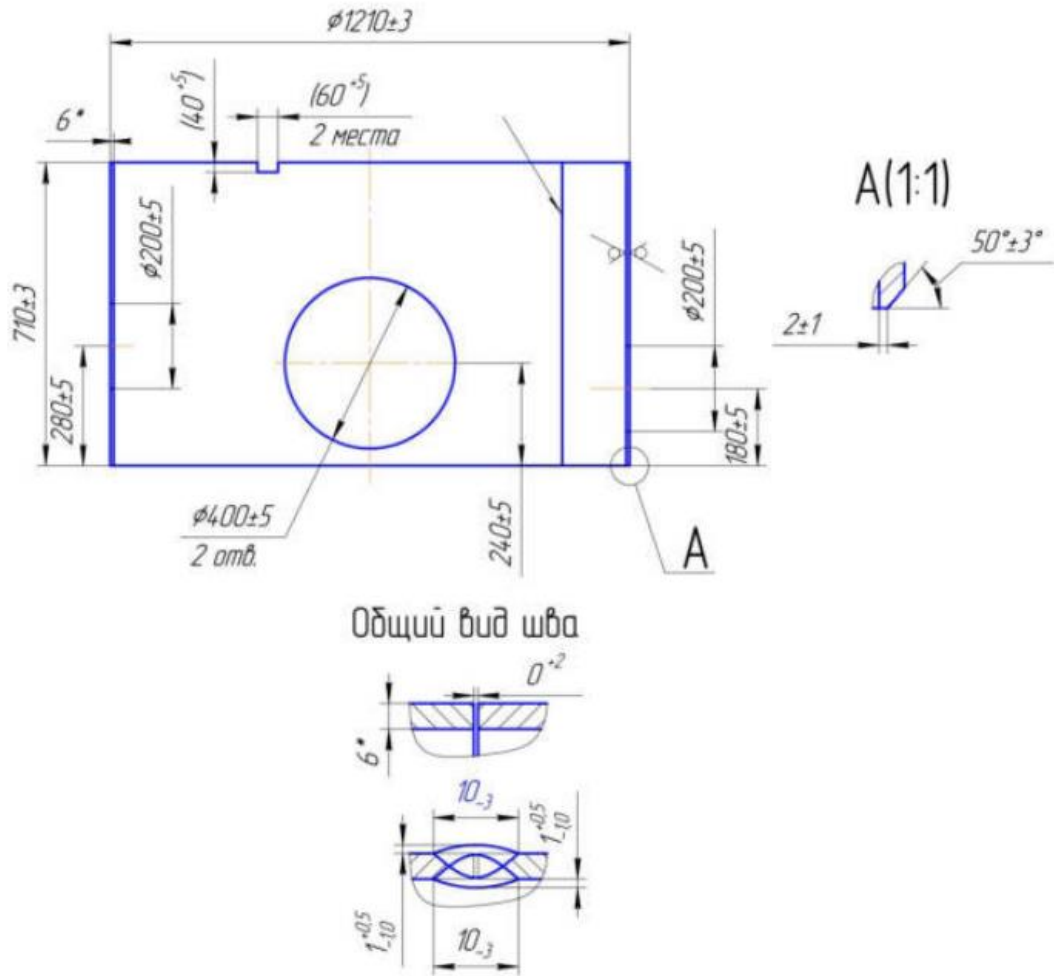


Рисунок 1.21 – Обичайка опорна

Обичайка опорна виготовляється з листа завтовшки 6 мм, який проводиться за вимогами [4], методом вальцювання та зварювання (РАД).

Кільце опорне показано рис. 1.22.

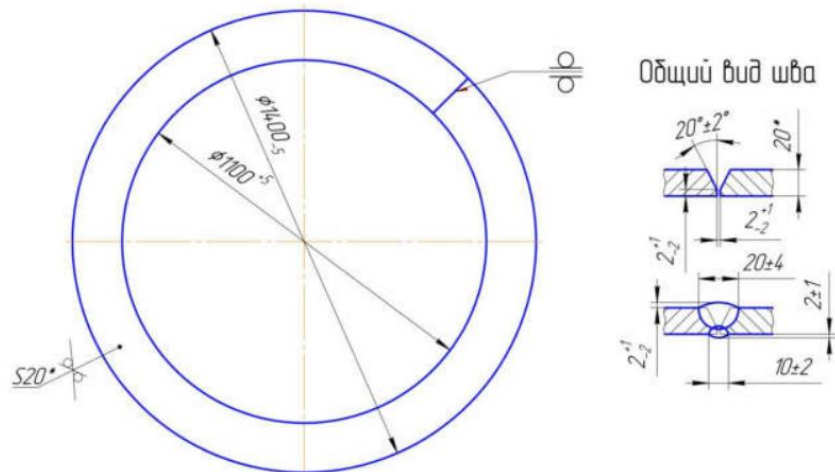


Рисунок 1.22 – Кільце опорне

Опорне кільце виготовляється з листа товщиною 20 мм, який проводиться за вимогами [4], методом вальцювання та зварювання (РАД).

Ребро показано рис. 1.23.

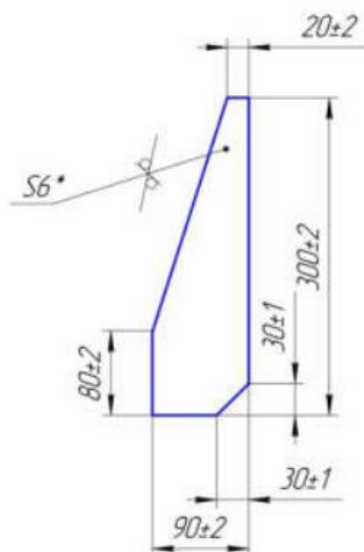


Рисунок 1.23 – Ребро

Ребро виготовляється з листа товщиною 6 мм, який виробляється по вимогам [4].

Кільце показано рис. 1.24.

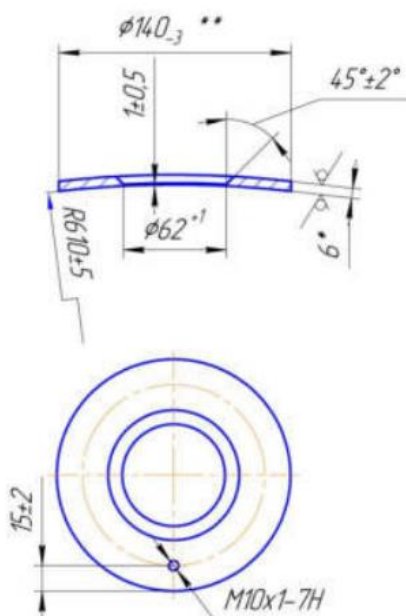
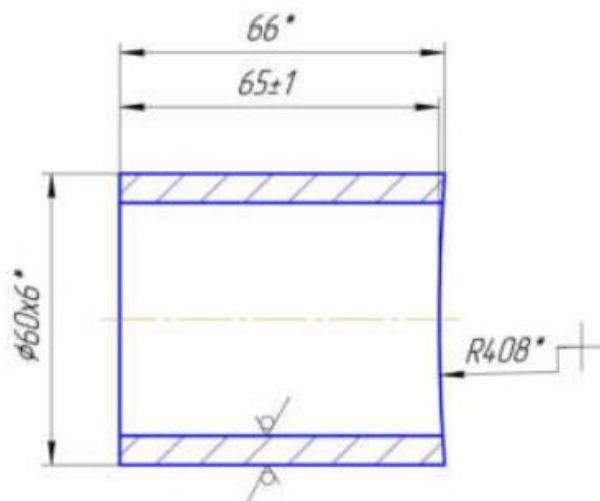


Рисунок 1.24 – Кільце

Кільце виготовляється з листа товщиною 6 мм, який виготовляється за вимогам [4].



Втулка показана рис. 1.25.

Рисунок 1.25 – Втулка

Втулка виготовляється з труби  $\text{Ø}60 \times 6$  мм, яка виробляється в відповідно до вимог [3].

Заглушка показана рис. 1.26.

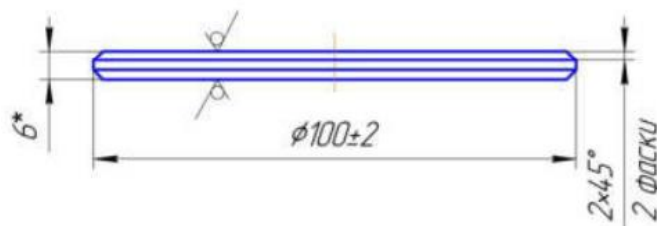


Рисунок 1.26 – Заглушка

Заглушка виготовляється з листа товщиною 6 мм, який виготовляється вимогам [4].

Пробка показана рис. 1.27.

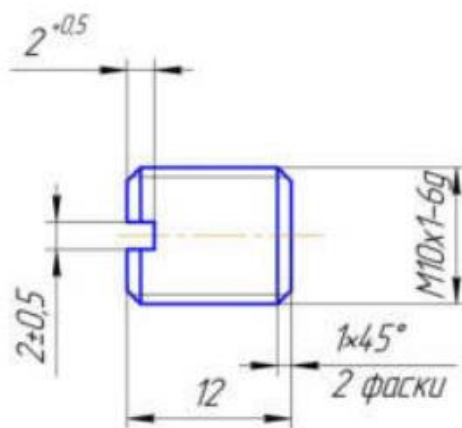


Рисунок 1.27 – Пробка

Пробка виготовляється з круглого прокату, який виготовляється в відповідно до вимог [2].

Скоба показано рис. 1.28.

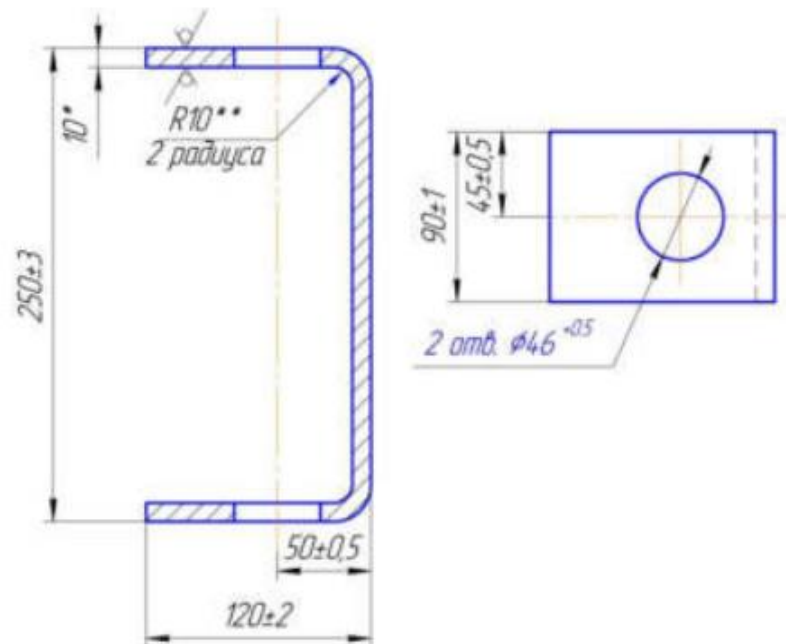


Рисунок 1.28 – Скоба

Скоба виготовляється з листа товщиною 10 мм, який виготовляється вимогам [4].

При виготовленні в конструкції бака застосовуються зварні шви різної конфігурації.

Основні корпусні шви показані рис. 1.29.

У звичайному процесі метал переходить із кінчика дроту шляхом періодичного занурення у зварювальну ванну. Процесом керують шляхом встановлення напруги дуги для контролю довжини дуги та індуктивності ланцюга для контролю швидкості наростання струму під час зварювання.

Процес зварювання характеризується розбризуванням і низьким підведенням тепла до матеріалу. Бризки утворюються внаслідок вибуху наконечника дроту, коли він розривається під дією високого струму короткого замикання подібно до розриву запобіжника. Переривчасті періоди дугового розряду та відключення дуги під час зварювання збільшують ризик холодних кіл.







В агресивних ж середовищі робоча температура має перевищувати значення +350 °С.

Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т регламентується вимогами, які наведено в [8].

Масова частка хімічних елементів у сталі 12Х18Н10Т показана в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Масова частка хімічних елементів у сталі 12Х18Н10Т В процентах

С	Si	Mn	Ti	S	P	Cr	Ni
Не более							
0,12	0,8	2,0	0,6	0,02	0,04	17,0...19,0	9,0...11,0

Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

Вид проката	Нормативный документ	$\sigma_r$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа
Труба	ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81	190	429
Лист	ГОСТ 7350-77	167	400
Круг	ГОСТ 5949-2014	183	424
Поковка	ГОСТ 25054-81	166	403

Нержавіючі сталі мають високий коефіцієнт теплового розширення, що ускладнює зварювання таких виробів. При нагріванні сталь швидко розширюється, а при охолодження міжатомні відстані призводять до колишнього значення.

Якщо нагрівання буде занадто різким або буде дуже швидке охолодження, то в зварному з'єднанні з'являться гарячі тріщини, а після остигання також і холодні.

Тому, при розробці технології зварювання конструкцій з аустенітних марок сталей повинні застосовуватися такі режими та техніка, які забезпечують мале тепло-вкладання та компенсацію залишкових деформацій.

В даний час при виготовленні конструкцій з нержавіючих сталей відсутня методика визначення еквівалента вуглецю, тому, схильність сталей аустенітного класу до утворення тріщин визначається за методикою, заснованою на визначенні еквівалентного вмісту хрому (CrEKB) та нікелю (NiEKB).

Визначення значень CrEKB і NiEKB проводиться за формулами, зазначеними нижче. При цьому схильність сталі до утворення тріщин визначається виходячи з відносини CrEKB/NiEKB. Якщо відношення CrEKB/NiEKB > 1,5, то сталь не схильна до утворення тріщин [12].

Визначимо CrEKB за формулою (1.1) з [9]:

$$Cr_{ЭKB} = Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti, \quad 1.1$$

де Cr, Mo, Si, Nb, Ti – масові частки хрому, молібдену, кремнію, ніобію та титану за результатами контролю хімічного складу методом проби, %.

Їхні значення вибираються за максимальними значеннями з таблиці 1.1.

Розрахуємо CrEKB за формулою (1.1):

$$Cr_{ЭKB} = 19 + 1,5 \cdot 0,8 + 3 \cdot 0,6 = 22 \%$$

Визначимо NiEKB за формулою (1.2) з [9]:

$$Ni_{ЭKB} = Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu, \quad 1.2$$

де Ni, Mn, C, N, Cu – масові частки нікелю, марганцю, вуглецю, азоту та міді по результатах контролю хімічного складу шляхом ковшової проби, %.

Їх значення вибираються за максимальними значеннями з таблиці 1.1.

Розрахуємо NiEKB за формулою (1.2):

$$Ni_{ЭKB} = 11 + 0,31 \cdot 2 + 22 \cdot 0,12 = 14,26 \%$$

Імовірність утворення гарячих тріщин визначається за умови (1.3) з [9]:

$$\frac{Cr_{ЭKB}}{Ni_{ЭKB}} = \frac{22}{14,26} = 1,54. \quad 1.3$$

Отримане значення відношення CrEKB/NiEKB > 1,5, отже, сталь марки 12X18H10T не схильна до утворення гарячих тріщин та застосовувати попередній підігрів перед зварюванням бака не потрібний.

### **1.3 Умови експлуатації бака конденсату**

Бак конденсату працює в умовах впливу агресивної корозійної середовища. При цьому конструкція приєднується в систему відведення конденсату. жорстко, що призводить до додаткових навантажень у місцях з'єднань. При проходженні гарячої пари через бак утворюється внутрішній тиск.

Сукупність навантажень, що діють на бак, потребує високої якості виготовлення. Матеріали, що застосовуються, повинні проходити суворий вхідний контроль.

### **1.4 Висновки до розділу**

1.4.1. У розділі 1 розглядається конструкція бака конденсату, що застосовується в як пристрій для збору парового нагрівання, що надходить із системи конденсату для подальшого його перекачування конденсатним насосом у парові казани.

1.4.2. Розглянуто вимоги до конструювання, вимоги щодо виготовлення відповідно до кліматичних умов, вимоги щодо сейсмостійкості.

1.4.3. Розглянуто деталі, що становлять конструкцію бака, описані вимоги щодо їх проектування.

1.4.4. Розглянуто марку основного матеріалу бака, визначено необхідність попереднього підігріву перед зварюванням.

1.4.5. Описано умови експлуатацію бака.

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз і визначення вмісту феритної фази

При виготовленні бака застосовується сталь аустенітного класу марки 12Х18Н10Т. При проектуванні виробів із цієї сталі особлива увага приділяється змісту феритної фази наплавленому металі. Для неї визначення використовується діаграма Шеффлера, показана рис. 2.1.

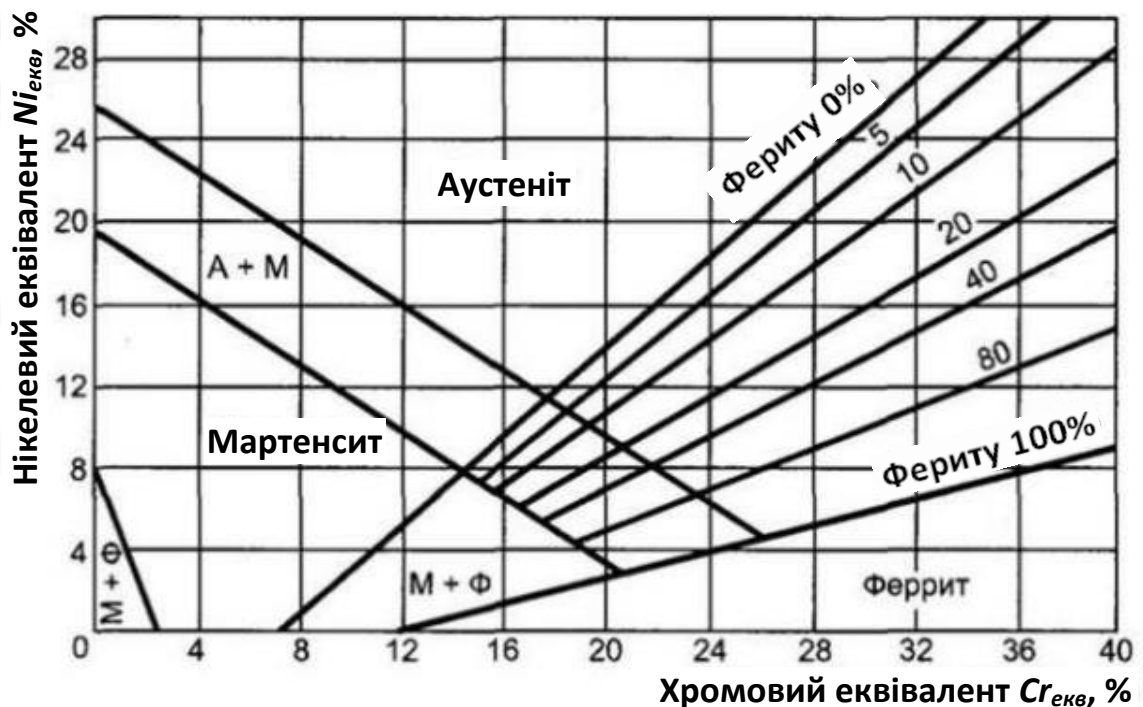


Рисунок 2.1 – Діаграма Шеффлера

За даною діаграмою, обчисливши значення  $Cr_{екв}$  і  $Ni_{екв}$  за формулами (1.1) і (1.2) можна визначити зміст феритної фази.

Для визначення значень  $Cr_{екв}$  і  $Ni_{екв}$  необхідно знати частки розплавленого основного металу та присадного дроту у зварному шві.

Частка участі наплавленого металу визначається за формулою:

$$\gamma_H = \frac{F_H}{F_{ПР}}, \quad 2.1$$

де  $F_H$  – площа перерізу наплавленого металу, см<sup>2</sup>;  $F_{ПР}$  – площа проплавлення, см<sup>2</sup>.

Площа проплавлення визначається за формулою

$$F_{\text{ПР}} = \frac{I_{\text{СВ}} U_{\text{д}} \eta_{\text{ПОЛ}}}{q_{\text{Э}} \gamma V_{\text{СВ}}}, \quad 2.2$$

де  $I_{\text{СВ}}$  – сила струму, А;  $U_{\text{д}}$  - напруга на дузі, В;  $\eta_{\text{ПОЛ}}$  – повний ККД процесу, д.;  $q_{\text{Э}} = 325$  - теплоємність металу, кал / г;  $\gamma = 7,9$  – щільність сталі, г/см<sup>3</sup>;  $V_{\text{СВ}}$  – швидкість зварювання, см/с.

Повний ККД процесу визначається за формулою

$$\eta_{\text{ПОЛ}} = \eta \eta_{\text{Т}}, \quad 2.3$$

де  $\eta$  - ефективний ККД дуги, од.;

$\eta_{\text{Т}} = 0,25 \dots 0,48$  – термічний ККД процесу, од.

Для зручності проведення розрахунків представимо розраховані режими зварювання табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Режимы зварювання

№ шва	Вид сварки	Номер прохода	$I_{\text{СВ}}$ , А	$U_{\text{д}}$ , В	$\eta$	$\eta_{\text{Т}}$	$\eta_{\text{ПОЛ}}$ , од	$q_{\text{Э}}$ , кал/г	$V_{\text{СВ}}$ , см/с
1	РД	1	65	21,3	0,7	0,28	0,2	325	0,15
	АФ	2	250	28,8	0,9	0,45	0,41		1,05
		Подварочный	190	26,7					0,65
2	АФ	1	190	26,7					0,75
		2	220	36,8	0,62				
3	РД	1	65	21,3	0,7	0,28	0,2		0,15
3	АФ	2	320	31,3	0,9	0,45	0,41	325	1
		3	320	31,3					0,63
4	АФ	1	250	28,8					0,62
5	РД	1	65	21,3	0,7	0,28	0,2		0,15
	АФ	2, 3	320	31,3	0,9	0,45	0,41		0,73
		4	320	31,3					0,62

Результати розрахунку площі проплавлення за формулою (2.2) та частки розплавленого металу за формулою (2.1) представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Результати розрахунку площі проплавлення та частки розплавленого металу

№ шва	Вид сварки	Номер прохода	$F_{\text{ПР}}, \text{см}^2$	$\gamma_{\text{Н}}, \text{ед}$
1	РД	1	0,72	0,22
	АФ	2	1,1	0,33
		Подварочный	1,25	0,1
2	АФ	1	1,08	0,23
		2	1,58	0,22
3	РД	1	0,72	0,22
	АФ	2	1,6	0,16
		3	2,54	0,12
4	АФ	1	1,85	0,11
5	РД	1	0,72	0,22
	АФ	2, 3	2,19	0,27
		4	2,58	0,14

Коефіцієнт розплавлення основного металу визначається за наступною формулою

$$\gamma_{\text{О}} = 1 - \gamma_{\text{Н}} \quad 2.4$$

Для розрахунку хімічного складу металу шва як кількісні показники матеріалів, що зварюються, відбираються середні значення змісту хімічних елементів у них.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі 12Х18Н10Т електродами ЦТ-26 та дротом Св-04Х19Н11М3 показаний у табл. 2.3.

При кожному проході:

- середнє значення  $\text{CrEKB} = 20,05\%$ ,
- $\text{NiEKB} = 11,6\%$ .

Тоді, вміст феритної фази в наплавленому металі за діаграмою Шеффлера визначимо за рис. 2.2.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад металу шва під час зварювання сталі 12X18H10T електродами ЦТ-26 та дротом Св-04Х19Н11М3

Химический элемент	Шов №1			Шов №2		Шов №3			Шов №4	Шов №5		
	РД	АФ		АФ		РД	АФ			АФ	РД	АФ
	1	2	3	1	2	1	2	3	1		2,3	4
С	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Mn	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1
Si	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
Cr	17,9	18,3	18,1	18,2	18,2	17,9	18,1	18,1	18,1	17,9	18,2	18,1
Ni	9,7	10,1	10,1	10,2	10,2	9,7	9,9	10,1	10,1	9,7	10	10,1
Mo	0,4	1,1	0,3	0,6	0,6	0,4	0,7	0,3	0,3	0,4	1	0,3
S	0,01											
P	0,02											
Ti	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Cr <sub>ЭКВ</sub>	19,8	20,7	19,8	20,2	20,2	19,8	20,2	19,9	19,8	19,8	20,5	19,9
Ni <sub>ЭКВ</sub>	11,3	11,6	11,8	11,7	11,7	11,3	11,6	11,8	11,8	11,3	11,5	11,8

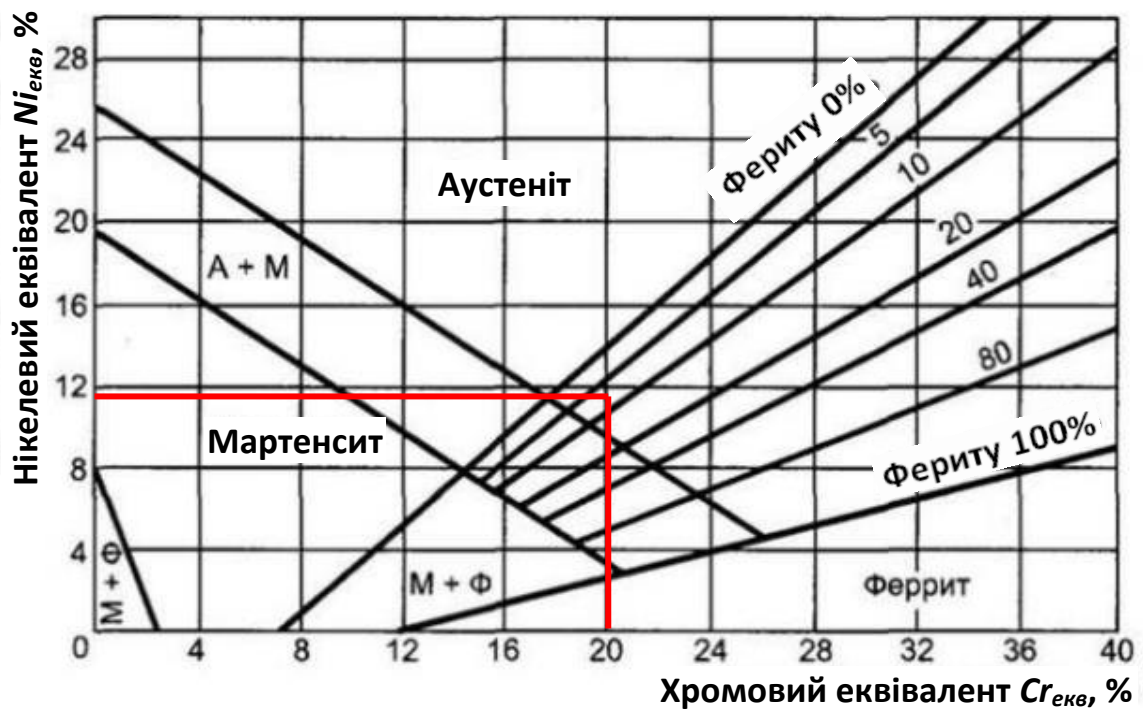


Рисунок 2.2 – Визначення феритної фази

Згідно з рис. 2.2, вміст феритної фази становить приблизно 8%.

## 2.2. Дослідження теплових характеристик процесу зварювання

На першому етапі проведемо розрахунок розподілу температури вздовж осі шва і на деякій відстані від неї

Рівняння граничного стану процесу поширення тепла, віднесене до рухливої системи координат, має вигляд

$$T(r, x) = \frac{q_{\text{еф}}}{2\pi\lambda\delta} e^{\left(-\frac{V_{\text{зв}}^2}{2a}\right)} K(U), \quad (2.5)$$

де  $q_{\text{еф}}$  – ефективна теплова потужність дуги, Дж / сек;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Дж / см З · ° С;

$\delta$  – товщина зварювальних листів, см;

$V_{\text{зв}}$  – швидкість зварювання, см / сек;

$r, x$  – координата досліджуваної точки, см;

$a$  – коефіцієнт температуропровідності, см<sup>2</sup> / сек;

$K(U)$  – функція Бесселя;

$$q_{\text{еф}} = IU\eta, \quad (2.6)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії.

$$q_{\text{еф}} = 220 \cdot 22 \cdot 0,7 = 3080 \text{ Дж/сек}$$

Введемо позначення:

$$U = r \sqrt{\frac{V_{\text{зв}}^2}{4a} + \frac{b}{a}}, \quad (2.7)$$

де  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  – відстань до даної точки, см;

$b = \frac{2\alpha}{c\rho\delta}$  – коефіцієнт тепловіддачі, 1 / сек.

$$U = \sqrt{(-16)^2 + 0^2} \cdot \sqrt{\frac{0,1^2}{4 \cdot 0,07^2} + \frac{0,004}{0,07}} = 12$$

Якщо  $U < 10$ , то значення функції Бесселя можна взяти з таблиці, якщо  $U > 10$ , то значення функції Бесселя можна приблизно обчислити за формулою:



$$K_0(u) = e^{-u} \sqrt{\frac{\pi}{2u}} \left(1 - \frac{1}{8u}\right) \quad (2.8)$$

$$K_0(u) = e^{-12} \sqrt{\frac{3,14}{2 \cdot 12}} \left(1 - \frac{1}{8 \cdot 12}\right) = 0,000002$$

Розраховані значення температур за заданих координатах точок наведено в табл. 2.4, 2.5, 2.6.

Таблиця 2.4 – Розрахункові значення температури заданих координат точок при  $y_1 = 0$  см

$x$	$r$	$\frac{v_{ce}x}{2a}$	$e^{\frac{-ix}{2a}}$	$u$	$K_0(u)$	$T^\circ C$	$T+T_0^\circ C$
-16	16	-11,4	89321,7	12	0,000002	442	462
-10	10	-7,1	1212	7,5	0,0002402	721	741
-6	6	-4,3	73,7	4,5	0,006400	1168	1188
-4	4	-2,9	18,2	3,0	0,03474	1566	1586
-3	3	-2,1	8,2	2,3	0,07914	1607	1627
-2	2	-1,4	4,1	1,5	0,2433	2476	2496
-1	1	-0,7	2,0	0,8	0,5653	2800	2820
0	0	0	1	0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
0,5	0,5	0,4	0,7	0,4	1,1145	1932	1952
1	1	0,7	0,5	0,8	0,5653	700	720
2	2	1,4	0,2	1,5	0,2438	121	141

Таблиця 2.5 – Розрахункові значення температур заданих координат точок при  $y_2 = 2$  см

$x$	$r$	$\frac{v_{ce}x}{2a}$	$e^{\frac{-ix}{2a}}$	$u$	$K_0(u)$	$T^\circ C$	$T+T_0^\circ C$
-16	16,1	-11,4	89321,7	12,1	0,000002	442	462
-10	10,2	-7,1	1212	7,7	0,0002014	605	625
-6	6,3	-4,3	73,7	4,7	0,005132	937	957
-4	4,5	-2,9	18,2	3,4	0,02196	990	1010
-3	3,6	-2,1	8,2	2,7	0,04926	1001	1021
-2	2,8	-1,4	4,1	2,1	0,1008	1024	1044
-1	2,2	-0,7	2,0	1,7	0,1655	820	840
0	2	0	1	1,5	0,2138	530	550
0,5	2,1	0,4	0,7	1,6	0,1880	326	346
1	2,2	0,7	0,5	1,7	0,1655	205	225
2	2,8	1,4	0,2	2,1	0,1008	50	70

Таблиця 2.6 – Розрахункові значення температур заданих координат точок при  $u_3 = 3$  см

x	r	$\frac{V_{св}x}{2a}$	$e^{\frac{-ix}{2a}}$	u	$K_0(u)$	T°C	T+T <sub>0</sub> °C
-16	16,3	-11,4	89321,7	12,3	0,000002	442	462
-10	10,4	-7,1	1212	7,8	0,0001811	544	564
-6	6,7	-4,3	73,7	5,0	0,003691	674	694
-4	5	-2,9	18,2	3,8	0,01397	630	650
-3	4,2	-2,1	8,2	3,2	0,02759	560	580
-2	3,6	-1,4	4,1	2,7	0,04926	500	520
-1	3,2	-0,7	2,0	2,4	0,07022	348	368
0	3,0	0	1	2,3	0,07914	196	216
0,5	3,0	0,4	0,7	2,3	0,07914	137	157
1	3,2	0,7	0,5	2,4	0,07022	87	108
2	3,6	1,4	0,2	2,7	0,04926	24	44

Розрахунок термічного циклу для точки з координатою X, Y.

Термічний цикл заданої точки можна розрахувати, приймаючи джерело тепла при  $Z = 0$ .

Розрахунок ведеться в табличній формі (див. табл.2.7).

Таблиця 2.7 – Розрахунковий термічний цикл точки з координатами 0, 2

t, c	5	10	20	30	60	90	120	180
$A = q_{\phi} / 2\pi\lambda V$					14862			
A/t	2972,4	1486,2	743,1	495,4	247,7	165,1	123,9	82,6
$B = y_0^2 + z_0^2 / 4a$					14,3			
B/t	2,86	1,43	0,72	0,58	0,24	0,16	0,12	0,08
$e^{-B/t}$	0,06	0,24	0,49	0,62	0,79	0,85	0,89	0,92
T=A/t * $e^{-B/t}$	178	357	364	307	196	140	110	76

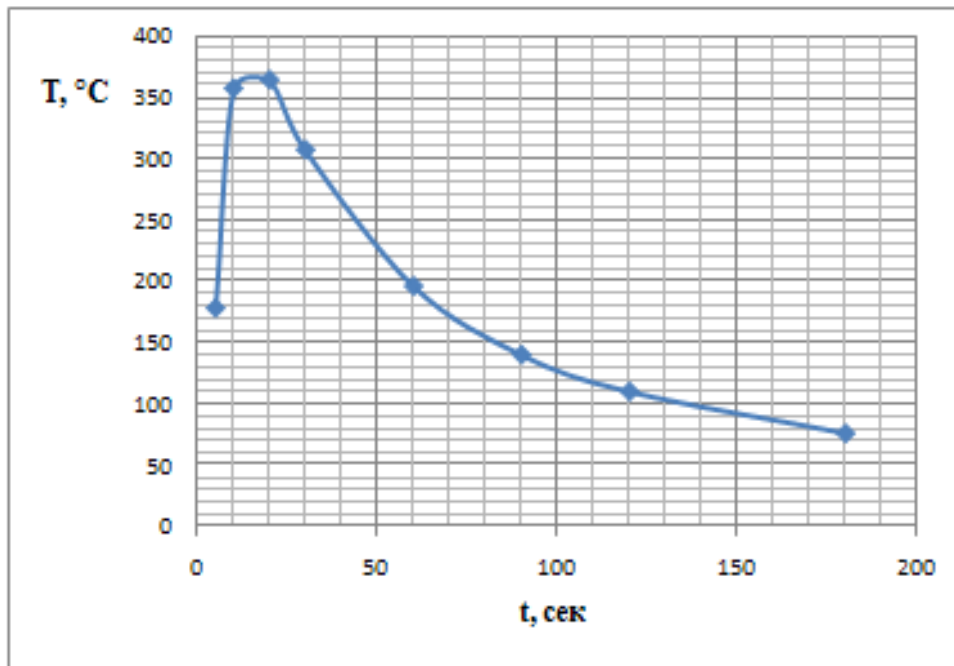


Рисунок 2.3 – Залежність зміни температури від часу зварювання (графік термічного циклу  $T = f(t)$ )

Розрахунок розподілу температур в період теплонасичення.

Розрахунок розподілу температур в періоді теплонасичення проводиться з урахуванням коефіцієнта теплонасичення і  $T_{np}$ , за формулою (2.5).

Розрахунок ведеться в табличній формі (див. табл. 2.8).

Визначення температури точки в період теплонасичення обчислюють за формулою:

$$T_n = \psi_2 \cdot T_{np}, \quad (2.9)$$

$$\rho_2 = V_T / 2a, \quad \tau_2 = V^2 t / 4a, \quad (2.10)$$

Коефіцієнт знаходиться по номограмі, де він представлений в залежності від безрозмірних критеріїв відстані і часу  $\tau_2$ .

У період тепло-насичення температура будь-якої точки тіла зростає від початкової температури до температури граничного стану.

Таблиця 2.8 – Розподіл температури в період тепло-насичення при  $Z = 0$ ,  
 $X$  від 1 до -2,  $Y = 2$ .

$x$ , см.	$x^2$	$r$	$T_{пр}$	$t=x/vc$ в, сек.	$\tau^2$	$\rho^2$	$\Psi^2$	$T_H$
1	1	2,2	225	10	0,36	1,57	0,15	33,75
0,5	0,25	2,1	346	5	0,18	1,5	0,07	24,22
0	0	2	550	0	0	1,43	0	0
-1	1	2,2	840	10	0,36	1,57	0,15	126
-2	4	2,8	1044	20	0,71	2	0,3	313,2

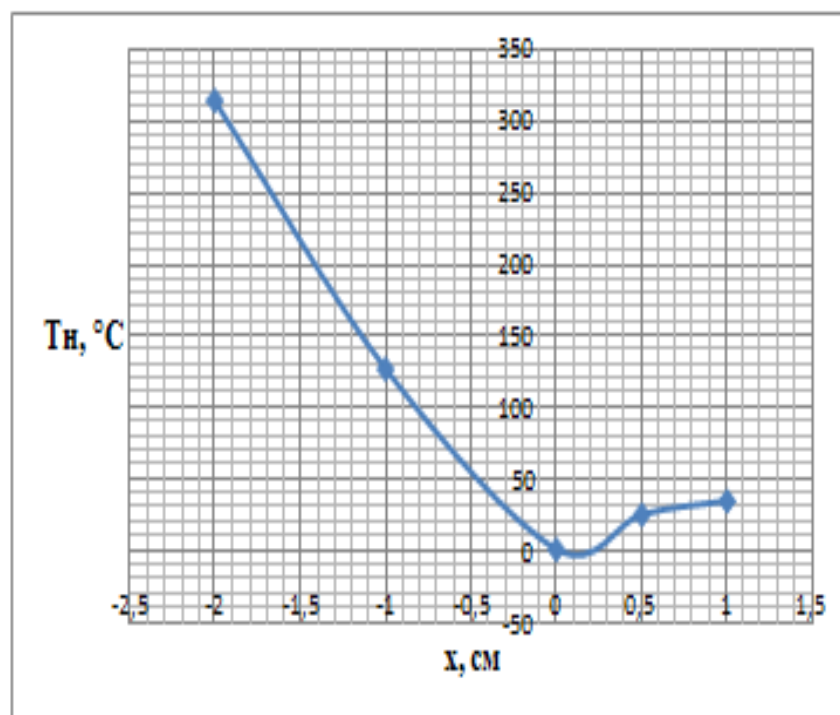


Рисунок 2.4 – Графік розподілу температур в період тепло-насичення  $T_H = F(x)$

Розрахунок розподілу максимальних температур в поперечному перерізі зварного з'єднання

Максимальні температури в точках, заданих координатою  $Y$  визначають за формулою:

$$T_{\max}(y) = \frac{0,242q_{эф}}{v_{св} c \rho \delta y}, \quad (2.11)$$

$$T_{\max}(2) = \frac{0,242 \cdot 3080}{0,1 \cdot 4,7 \cdot 0,6 \cdot 2} = 1322^{\circ} \text{C}$$

Розрахунок миттєвої швидкості охолодження металу шва при заданій температурі.

Відомо, що структура і властивості зварного з'єднання залежать від швидкості розпаду аустеніту, що визначається швидкістю охолодження металу. Миттєву швидкість охолодження (при певній температурі  $T = 600 \text{ч} 500 \text{C}0$ ) розраховують за методом Рикалін М.М. за формулою:

$$W(T) = -2\pi\lambda c\rho \frac{(T - T_o)^3}{(q_{\text{эф}} / \nu\delta)^2}, \quad (2.12)$$

де  $T_o$  – початкова температура навколишнього середовища,  $^{\circ} \text{C}$ .

$$W(530) = -2 \cdot 3,14 \cdot 0,33 \cdot 4,7 \frac{(530 - 20)^3}{(3080 / 0,1 \cdot 0,6)^2} = -0,49^{\circ} \text{C} / \text{сек}$$

Розрахунок розмірів зварювальної ванни.

Рухома зварювальний дуга на поверхні виробу утворює ванну розплавленого металу (зварювальну ванну) з параметрами  $L$  - довжина ванни;  $B$  - ширина;  $H$  - глибина ванни;  $F_{\text{пр}}$  - площа проплавлення;  $V$  - об'єм ванни. Розміри ванни залежать від технологічних параметрів і теплофізичних характеристик металу і можуть бути оцінені приблизно.

Довжина ванни, см:

$$L = \frac{q_{\text{эф}}}{2\pi\lambda T_{\text{пл}}}, \quad (2.13)$$

$$L = \frac{3080}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,33 \cdot 1500} = 0,99 \text{ см}$$

Ширина ванни, см:

$$B = \frac{q_{\text{эф}} \sqrt{2 / \pi e}}{\nu c \rho \delta T_{\text{пл}}}, \quad (2.14)$$

$$B = \frac{3080 \sqrt{2 / 3,14 \cdot 2,7}}{0,1 \cdot 4,7 \cdot 0,6 \cdot 1500} = 3,57 \text{ см}$$

Глибина ванни, см:

$$H = 2 \sqrt{\frac{q_{\text{эф}}}{\pi \epsilon \rho T_{\text{пл}} \nu_{\text{св}} \psi_{\text{пр}}}}, \quad (2.15)$$

Де  $\psi_{\text{пр}}$  – коефіцієнт форми провару

$$H = 2 \sqrt{\frac{3080}{3,14 \cdot 2,7 \cdot 4,7 \cdot 1500 \cdot 0,1 \cdot 5}} = 0,6 \text{ см}$$

Площа проплавлення,  $\text{см}^2$ :

$$F_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{эф}}}{\nu_{\text{св}} c \rho S_{\text{пл}}} \cdot \eta_t, \quad (2.16)$$

де  $S_{\text{пл}}$  – тепловіддача металу, Дж / кг (приймаємо = 1,1 Дж / кг),

$\eta_t$  – термічний КПД процесу (для пластини  $\eta_t = 0,32 \text{ ч } 0,4$ ).

$$F_{\text{пр}} = \frac{3080}{0,1 \cdot 4,7 \cdot 1,1 \cdot 1000} \cdot 0,35 = 2,09 \text{ см}^2$$

Обсяг зварювальної ванни,  $\text{см}^3$ :

$$V = \frac{q_{\text{эф}}^2}{8 \pi \lambda c \rho \nu_{\text{св}} T_{\text{пл}}^2}, \quad (2.17)$$

$$V = \frac{3080^2}{8 \cdot 3,14 \cdot 0,33 \cdot 4,7 \cdot 0,1 \cdot 1500^2} = 1,08 \text{ см}^3$$

Проблеми, зумовлені тепловими процесами при зварюванні, найважливіші в сучасному зварювальному виробництві, тому що якість зварних конструкцій пов'язано з тепловим нагріванням і охолодженням зварюваного матеріалу.

Зварювальна металургія відрізняється від інших металургійних процесів високими температурами термічного циклу і малим часом існування зварювальної ванни в рідкому стані, тобто в стані, доступному для металургійної обробки металу зварного шва. Крім того, специфічні процеси кристалізації зварювальної ванни, що починаються від границі сплаву, і утворення зміненого за своїми властивостями металу зони термічного впливу.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок режимів зварювання

##### 3.1.1 Розрахунок режимів зварювання шва № 1

Тип шва Т1. Зварний шов № 1 показано рис. 3.1.

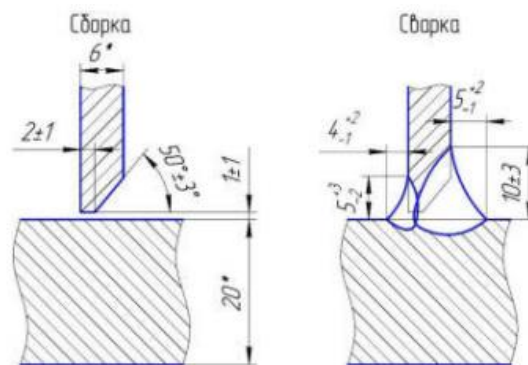


Рисунок 3.1 – Зварний шов №1

Зварювання будемо виробляти комбінованим способом:

- кореневий прохід ручним дуговим зварюванням покритими електродами ЦТ-26 діаметром 2 мм. Коефіцієнт наплавлення цих електродів  $\alpha_H = 10,5$  г/А год;
- інші проходи автоматичним зварюванням під флюсом дротом Св04Х19Н11М3 діаметром 2 мм.

Зробимо розрахунок режимів зварювання кореневого проходу ручний дуговий зварюванням покритими електродами.

Визначимо площу наплавленого металу з боку оброблення за формулою

$$F_H = Sb + \frac{(S-c)^2}{2} \operatorname{tg}\alpha + 0,73gB, \text{ мм}^2, \quad 3.1$$

де  $S = 6$  – товщина обичайки, мм;  $b = 1$  - величина зазору, мм;  $c = 2$  – величина притуплення, мм;  $\alpha = 50$  - кут скосу кромки, мм;  $g = 5$  – потрібна висота валика зварного шва, мм;  $B = 10$  – потрібна ширина зварного шва, мм.

$$F_H = 6 \cdot 1 + \frac{(6-2)^2}{2} \operatorname{tg}50 + 0,73 \cdot 5 \cdot 10 = 52,1 \text{ мм}^2,$$

Практично встановлено, що за механізованих способів зварювання найбільш оптимальною площею металу, наплавленого за один прохід є  $100 \text{ мм}^2$ . Отримане значення не перевищує  $100 \text{ мм}^2$ , тому зварювання зовнішньої частини шва № 1 теоретично повинно проводитись за один прохід.

Площа поперечного перерізу кореневого проходу визначається за умови

$$F_1 = (6 \dots 8)d_{\text{э}} = (6 \dots 8) \cdot 2 = 16 \text{ мм}^2. \quad 3.2$$

Розрахуємо режими зварювання під час кореневого проходу. Прийmemo, що для діаметра електрода  $d_{\text{э}} = 2 \text{ мм}$  щільність струму  $j = 20 \text{ А/мм}^2$ .

Визначимо силу зварювального струму за формулою

$$I_{\text{СВ}} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 20 = 65 \text{ А}. \quad 3.3$$

Визначимо напругу на дузі за формулою

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,02 I_{\text{СВ}} = 20 + 0,02 \cdot 65 = 21,3 \text{ В}.$$

Визначимо швидкість зварювання за формулою

$$V_{\text{СВ}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{СВ}}}{3600 \gamma F_{\text{н}}} = \frac{10,5 \cdot 65}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,16} = 0,15 \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad 3.4$$

Розрахуємо погонну енергію за формулою

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 U_{\text{д}} I_{\text{СВ}} \eta_{\text{п}}}{V_{\text{СВ}}}, \quad 3.5$$

де  $\eta_{\text{п}} = 0,7$  – ефективний ККД нагрівання виробу дугою.

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 \cdot 21,3 \cdot 65 \cdot 0,7}{0,15} = 1550,6 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Миттєва швидкість охолодження металу для першого проходу

$$\omega = \bar{\omega} 2 \pi \lambda \frac{(T_{\text{М}} - T_{\text{О}})^2}{k_1 q_{\text{п}}}, \quad 3.6$$

де  $\omega$  - безрозмірний критерій процесу, од.;  $\lambda = 0,129$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{кал/см} \cdot ^\circ\text{С}$ ;  $T_{\text{М}} = 500$  - температура найменшої стійкості аустеніту,  $^\circ\text{С}$ ;  $T_{\text{О}} = 20$  - початкова температура виробу,  $^\circ\text{С}$ ;  $k_1 = 2/3$  - коефіцієнт приведення для кутового шва, од.



Безрозмірний критерій процесу  $\bar{\omega}$  залежить від іншого безрозмірного критерію  $1/\theta$ , який визначається

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1q_{\text{пог}}}{\pi(\delta k_2)^2 c_{\gamma}(T_M - T_0)}, \quad 3.7$$

де  $k_1$  - коефіцієнт приведення, од.;  $q_{\text{П}} = 1550,6$  - погонна енергія при зварюванні, кал/см;  $\delta = 6$  - товщина пластин, см;  $k_2 = 1$  - коефіцієнт приведення, од.;  $c_{\gamma} = 0,96$  - об'ємна теплоємність, кал/см<sup>3</sup>°С;  $T_M = 500$  - температура найменшої стійкості аустеніту, °С;  $T_0 = 20$  - початкова температура виробу, °С.

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2k_1q_{\text{пог}}}{\pi(\delta k_2)^2 c_{\gamma}(T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1550,6}{3 \cdot 3,14 \cdot (0,6 \cdot 1)^2 \cdot 0,96 \cdot (500 - 20)} = 4.$$

При значенні безрозмірного критерію  $1/\theta = 3,3$  величина  $\bar{\omega}$  дорівнює

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 4} = 0,16.$$

Розрахуємо миттєву швидкість охолодження металу при першому проході

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{П}}} = 0,16 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,129 \cdot \frac{3 \cdot (500 - 20)^2}{2 \cdot 1550,6} = 28,9 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Інтервал миттєвих швидкостей охолодження для сталі 12Х18Н10Т становить 6 ... 50 °С / с. Отримане значення входить у вказаний інтервал.

Розрахуємо режими зварювання шва № 1 за другого проходу. Зварювання автоматична під флюсом.

Так як зварювання автоматичне, то сила зварювального струму визначається залежно від діаметра дроту і щільності зварювального струму.

Струм постійний зворотної полярності.

Для отримання шва необхідних розмірів, необхідно виконати зварювання проходу площею 36 мм<sup>2</sup>.

Розрахуємо режими зварювання під флюсом. Приймемо, що сила зварювального струму складає 250 А.

Щільність прийнятого зварювального струму при діаметрі електродного дроту 2 мм розраховується за формулою

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_E^2} = \frac{4 \cdot 250}{3,14 \cdot 2^2} = 79,6 \frac{A}{mm^2}. \quad 3.8$$

де  $I_{CB} = 250$  - сила струму, А;  $d_E = 2$  – діаметр електродного дроту, мм.

При діаметрі електрода 2 мм та для кутового типу шва щільність зварювального струму знаходиться в інтервалі 60...150 А/мм<sup>2</sup>.

Розрахуємо напругу на дузі за формулою

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_E}} I_{CB} \pm 1, \text{ В}, \quad 3.9$$

де  $d_E = 2$  – діаметр електродного дроту, мм;  $I_{CB} = 250$  - сила струму, А.

$$U_D = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 250 \pm 1 \approx 28,8 \pm 1 \text{ В}. \quad 3.10$$

$$V_{CB} = \frac{V_{\text{ПОД}}}{F_H} \cdot F_{\text{ЭЛ}}, \frac{\text{см}}{\text{с}},$$

Розрахуємо швидкість зварювання

де  $V_{\text{ПОД}}$  - швидкість подачі електродного дроту, см/с;  $F_H = 0,36$  – необхідна площа поперечного перерізу наплавленого металу, см<sup>2</sup>;  $F_E = 0,0314$  – площа перерізу електродного дроту, см<sup>2</sup>;  $\psi_{\text{П}}$  - коефіцієнт втрат металу на розбризкування та чад, од.

Розрахуємо швидкість подачі електродного дроту

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{\alpha_P I_{CB}}{3600 F_{\text{ЭЛ}} \gamma}, \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad 3.11$$

де  $\alpha_P$  - коефіцієнт розплавлення, г/Ач;  $F_{\text{ЭЛ}} = 0,0314$  – площа перерізу електродного дроту, см<sup>2</sup>;  $\gamma = 7,9$  – щільність сталі 12Х18Н10Т, г/см<sup>3</sup>.

Розрахуємо коефіцієнт розплавлення

$$\alpha_P = \alpha'_P + \Delta \alpha_P, \quad 3.12$$

де  $\alpha'_P$  – складова, обумовлена тепло-укладанням дуги, г/Ач;  $\Delta \alpha_P$  – складова, яка залежить від тепло-вкладення внаслідок попереднього нагрівання вильоту електрода струмом, що протікає, г/А год.

Складова, обумовлена тепло-укладанням дуги  $\alpha'_P$  при постійному струмі зворотної полярності  $\alpha_P = 11,6 \pm 0,4$  г/А год.

Розрахуємо складову, яка залежить від тепло-вкладення внаслідок попереднього нагрівання вильоту електрода струмом, що протікає

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{III}}{q_E I_{CB}}, \quad 3.13$$

де  $Q_{III}$  - кількість теплоти, що витрачається на попередній підігрів вильоту електродного дроту струмом, що протікає по ньому, кал;  $q_E = 325$  - кількість теплоти, необхідне для розплавлення 1 г електродної дроту, кал.

Розрахуємо значення кількості теплоти

$$Q_{III} = 0,1884j^2 \rho_0 d_E^2 \left( \frac{V_E}{a\alpha\beta} (e^{-p_2 l} - 1) - \frac{\alpha(T_{III} - T_0)}{p_1} \right), \quad 3.14$$

де  $j = 7960$  - щільність струму в електроді, А/см<sup>2</sup>;  $\rho_0 = 0,0000075$  - питомий електричний опір електродної дроту Св-04Х19Н11М3 при нулі градусів, Ом см;  $d_E = 0,2$  - діаметр електродного дроту, см;  $V_E$  - умовна швидкість подачі електрода, см/с;  $a = 0,0376$  - коефіцієнт температуропровідності для зварювального дроту Св-04Х19Н11М3, см<sup>2</sup>/с;  $\alpha = 0,0083$  - коефіцієнт зміни електричного опору з зміною температури, °С-1;  $\beta$  - коефіцієнт, од.;  $l = 2$  - виліт електродного дроту, см;  $T_{III} = 1500$  - температура плавлення дроту, °З;  $T_0 = 20$  - початкова температура дроту, °С;  $p_1$  та  $p_2$  - коефіцієнти, од.

Розрахуємо коефіцієнт  $\beta$

$$\beta = \frac{0,24j^2 \rho_0}{a\gamma} = \frac{0,24 \cdot 7960^2 \cdot 0,0000075}{0,0376 \cdot 0,96} = 3159,7 \text{ ед.} \quad 3.15$$

де  $\gamma = 0,96$  - об'ємна теплоємність для зварювального дроту Св-04Х19Н11М3, кал/см<sup>3</sup>°С.

Розрахуємо умовну швидкість подачі дроту

$$V_E = \frac{4\alpha_p I_{CB}}{3600\pi\gamma d_E^2} = \frac{4 \cdot 11,6 \cdot 250}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,9 \cdot 0,2^2} = 3,3 \text{ см/с.} \quad 3.16$$

Розрахуємо коефіцієнти  $p_1$  та  $p_2$

$$\begin{cases} p_1 = -\frac{V_E}{2a} - \sqrt{\frac{V_E^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{3,3}{2 \cdot 0,0376} - \sqrt{\frac{3,3^2}{4 \cdot 0,0376^2} - 0,0083 \cdot 3159,7} = -87,5 \text{ ед;} \\ p_2 = -\frac{V_E}{2a} + \sqrt{\frac{V_E^2}{4a^2} - \alpha\beta} = -\frac{3,3}{2 \cdot 0,0376} + \sqrt{\frac{3,3^2}{4 \cdot 0,0376^2} - 0,0083 \cdot 3159,7} = -0,3 \text{ ед.} \end{cases} \quad 3.17$$

Тоді, отримаємо:

$$Q_{\text{ПП}} = 0,1884 \cdot 7960^2 \cdot 0,0000075 \cdot 0,2^2 \cdot \left( \frac{3,3}{0,0376 \cdot 0,0083 \cdot 3159,7} (e^{-0,3 \cdot 2} - 1) - \frac{0,0083 \cdot (1500 - 20)}{-87,5} \right) = 10 \text{ кал.}$$

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 12}{325 \cdot 250} = 0,4 \frac{\text{Г}}{\text{Ач}}, \quad \alpha_p = 11,6 + 0,4 = 12 \frac{\text{Г}}{\text{Ач}}.$$

$$V_{\text{ПОД}} = \frac{12 \cdot 250}{3600 \cdot 0,0314 \cdot 7,9} = 3,4 \frac{\text{см}}{\text{с}}, \quad V_{\text{СВ}} = \frac{2}{0,36} \cdot 0,0314 = 0,3 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Розрахуємо погонну енергію при зварюванні

$$q_{\text{ПОГ}} = \frac{0,24 U_{\text{Д}} I_{\text{СВ}} \eta}{V_{\text{СВ}}} = \frac{0,24 \cdot 28,8 \cdot 250 \cdot 0,9}{0,3} = 5184 \frac{\text{кал}}{\text{см}},$$

де  $\eta = 0,9$  – ефективний ККД нагрівання виробу дугою.

Розрахуємо глибину провару

$$h = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{ПР}}}}, \quad 3.18$$

де  $q_{\text{П}}$  – величина погонної енергії, кал/см;  $\psi_{\text{ПР}}$  – коефіцієнт форми провару, од.

Розрахуємо коефіцієнт форми провару

$$\psi_{\text{ПР}} = \frac{k'(19 - 0,01 I_{\text{СВ}}) d_{\text{Э}} U_{\text{Д}}}{I_{\text{СВ}}}, \quad 3.19$$

де  $k'$  – коефіцієнт, що залежить від щільності та полярності струму при щільності струму  $j < 120 \text{ А/мм}^2$ , од.

Визначимо коефіцієнт  $k'$

$$k' = 0,367 j^{0,1925}, \quad 3.20$$

де  $j = 45,3$  – щільність струму,  $\text{А/мм}^2$ .

$$k' = 0,367 \cdot 45,3^{0,1925} = 0,85 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, \quad \psi_{\text{ПР}} = \frac{0,85 \cdot (19 - 0,01 \cdot 250) \cdot 3 \cdot 28,8}{250} = 3,2 \text{ ед.} \quad h = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{5184}{3,2}} = 0,63 \text{ см.}$$

Розрахуємо ширину шва

$$B = \psi_{\text{ПР}} h = 3,2 \cdot 0,63 = 2,02 \text{ см.}$$

Розрахуємо висоту валика

$$C = \frac{F_{\text{Н}}}{0,73 B} = \frac{0,3}{0,73 \cdot 2,02} = 0,24 \text{ см.}$$

Розрахуємо загальну висоту шва

$$D=h+C=0,63+0,24=0,87 \text{ см.}$$

Отримані значення ширини шва та висоти валика відповідають вимогам.

### 3.2 Розрахунок режимів зварювання шва № 2

Тип шва Т1. Зварний шов № 2 показаний рис. 3.2.

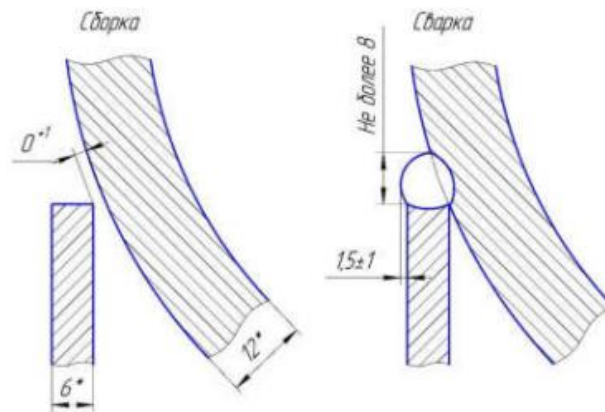


Рисунок 3.2 – Зварний шов № 2

Зварювання шва автоматичне під флюсом дротом діаметром 2 мм.

Площа поперечного перерізу наплавленого металу становить 0,6 см<sup>2</sup>.

Зварювання шва № 2 вироблятимемо за два проходи.

Перший прохід з площею перерізу 0,25 см<sup>2</sup>, площа перерізу другого проходу 0,35 см<sup>2</sup>.

Розрахуємо режими зварювання при першому проході. Приймемо, що сила зварювального струму становить 190 А.

Щільність прийнятого зварювального струму при діаметрі електродного дроту 2 мм розраховується за формулою

$$j = \frac{4I_{\text{СВ}}}{\pi d_{\text{э}}^2} = \frac{4 \cdot 190}{3,14 \cdot 2^2} = 60,5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

При діаметрі електрода 2 мм та кутовому типі шва щільність зварювального струму знаходиться в інтервалі 60...150 А/мм<sup>2</sup>. Отримане значення входить до зазначеного інтервал.

Зробимо розрахунок режимів зварювання за формулами аналогічними п. 3.1.1, при цьому отримаємо: напруга на дузі  $U_d = 26,7$  В; коефіцієнт  $\beta = 1825,3$  од.; умовна швидкість подачі дроту  $V_E = 2,5$  см/с; коефіцієнти  $p_1 = -66,3$ ,  $p_2 = -0,2$ ; кількість теплоти  $Q_{ПП} = 4,7$  кал; коефіцієнт  $\alpha'P = 11,6$  г/А год; коефіцієнт  $\Delta\alpha P = 0,3$  г/Агод; коефіцієнт розплавлення  $\alpha P = 11,9$  г/Агод; швидкість подачі дроту  $V_{под} = 2,6$  см/с; швидкість зварювання  $V_{СВ} = 0,31$  см/с; погонна енергія  $q_{поГ} = 3534,7$  кал/см.

Для зменшення величини погонної енергії прийmemo, що швидкість подачі дроту  $V_{под} = 6$  см/с. Тоді: швидкість зварювання  $V_{СВ} = 0,75$  см/с; погонна енергія  $q_{поГ} = 1461$  кал/см.

Коефіцієнти приведення при зазначеному типі шва розраховуються

$$k_1=k_2=\frac{180^\circ}{180^\circ-\alpha}=\frac{180}{180-68}=1,6 \text{ ед.} \quad 3.21$$

Тоді

$$\frac{1}{\theta}=\frac{2k_1q_{поГ}}{\pi(\delta k_2)^2c\gamma(T_M-T_0)}=\frac{2\cdot 1,6\cdot 1461}{3,14\cdot(0,6\cdot 1,6)^2\cdot 0,96\cdot(500-20)}=3,5.$$

При значенні безрозмірного критерію 3,5 величина  $\omega$  розраховується за формулою

$$\bar{\omega}=\frac{2}{\pi\cdot 1/\theta}=\frac{2}{3,14\cdot 3,5}=0,18. \quad \omega=0,18\cdot 2\cdot 3,14\cdot 0,129\cdot\frac{(500-20)^2}{1,6\cdot 1461}=14,4\frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Інтервал миттєвих швидкостей охолодження для сталі 12Х18Н10Т становить 6 ... 50 ° С / с. Отримане значення входить у вказаний інтервал.

Зробимо розрахунок параметрів режиму зварювання при другому проході. Приймемо, що площа поперечного перерізу наплавленого металу має бути 0,35 см<sup>2</sup>.

Задамо значення сили зварювального струму 220 А. Зварювання проводиться на постійному струмі зворотної полярності.

Тоді: сила зварювального струму  $I_{СВ} = 220$  А; напруга на дузі  $U_d = 27,8$  В; коефіцієнт  $\beta = 2450,5$  од.; умовна швидкість подачі дроту  $V_E = 1,6$  см/с; коефіцієнти  $p_1 = -19,8$ ,  $p_2 = -0,2$ ; кількість теплоти  $Q_{ПП} = 58,6$  кал; коефіцієнт

$\alpha_P = 11,6$  г/Агод; коефіцієнт  $\Delta\alpha_P = 0,9$  г/Агод; коефіцієнт розплавлення  $\alpha_P = 12,5$  г/Агод; швидкість подачі дроту  $V_{ПОД} = 7$  см/с; швидкість зварювання  $V_{СВ} = 0,62$  см/с; коефіцієнт  $k' = 0,83$ ; погонна енергія  $q_{ПОГ} = 2130,7$  кал/см.

Безрозмірний критерій процесу

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{ПОГ}}{\pi(\delta)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2130,7}{3,14 \cdot (0,6)^2 \cdot 0,96 \cdot (500 - 20)} = 8,18.$$

При значенні безрозмірного критерію 8,18 величина  $\omega$  розраховується

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 8,18} = 0,08.$$

Тоді отримаємо

$$\omega = 0,08 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{2130,7} = 7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Інтервал миттєвих швидкостей охолодження для сталі 12Х18Н10Т становить 6 ... 50 °С / с. Отримане значення входить у вказаний інтервал.

### 3.3 Розрахунок режимів зварювання шва № 3

Шов № 3 показаний рис. 3.3.

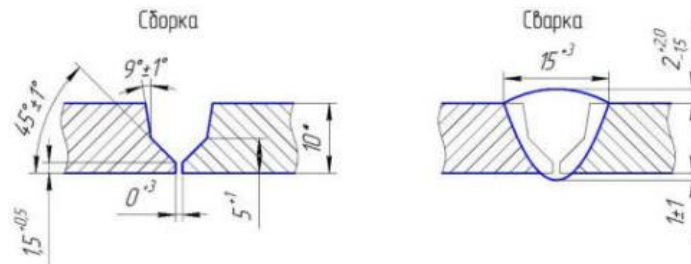


Рисунок 3.3 – Шов № 3

Шов № 3 С-27-2 по [15]. Площа перерізу наплавленого металу складає 0,96 см<sup>2</sup>.

Зварювання будемо виробляти комбінованим способом:

- кореневий прохід ручним дуговим зварюванням покритими електродами ЦТ-26 діаметром 2 мм. Коефіцієнт наплавлення цих електродів  $\alpha_H = 10,5$  г/Агод;

- інші проходи автоматичним зварюванням під флюсом дротом Св04Х19Н11М3 діаметром 2 мм.

Зробимо розрахунок режимів зварювання кореневого проходу ручний дуговий зварюванням покритими електродами.

Площа поперечного перерізу кореневого проходу визначається

$$F_1 = (6 \dots 8)d_3 = (6 \dots 8) \cdot 2 = 16 \text{ мм}^2.$$

Розрахуємо режими зварювання під час кореневого проходу. Прийmemo, що для діаметра електрода  $d_E = 2 \text{ мм}$  щільність струму  $j = 20 \text{ А/мм}^2$ .

Визначимо силу зварювального струму

$$I_{CB} = \frac{\pi d_E^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 20 = 65 \text{ А}.$$

Визначимо напругу на дузі

$$U_d = 20 + 0,02 I_{CB} = 20 + 0,02 \cdot 65 = 21,3 \text{ В}.$$

Визначимо швидкість зварювання

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H I_{CB}}{3600 \gamma F_H} = \frac{10,5 \cdot 65}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,16} = 0,15 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Розрахуємо погонну енергію

$$q_{II} = \frac{0,24 U_d I_{CB} \eta_{II}}{V_{CB}} = \frac{0,24 \cdot 21,3 \cdot 65 \cdot 0,7}{0,15} = 1550,6 \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Коефіцієнти приведення при зазначеному типі шва розраховуються за формулою (3.21)

$$k_1 = k_2 = \frac{180^\circ}{180^\circ - \alpha} = \frac{180}{180 - 90} = 2 \text{ ед}.$$

Миттєва швидкість охолодження металу для першого проходу визначається

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 k_1 q_{II}}{\pi (\delta k_2)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1550,6}{3,14 \cdot (2 \cdot 1)^2 \cdot 0,96 \cdot (500 - 20)} = 1,1.$$

Визначимо безрозмірний критерій процесу  $1/\theta$

$$\omega = \bar{\omega} 2 \pi \lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{II}} = 0,72 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,129 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{2 \cdot 1550,6} = 43,3 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

При значенні безрозмірного критерію  $1/\theta = 3,3$  величина  $\omega = 0,72$ .

Розрахуємо миттєву швидкість охолодження металу при першому проході



$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{k_1 q_{\text{П}}} = 0,72 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,129 \cdot \frac{(500-20)^2}{2 \cdot 1550,6} = 43,3 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}.$$

Інтервал миттєвих швидкостей охолодження для сталі 12Х18Н10Т становить 6 ... 50 °С / с. Отримане значення входить у вказаний інтервал.

Розрахуємо режими зварювання під флюсом під час заповнення. Площа перерізу заповнювальних проходів становить 0,25 см<sup>2</sup>.

Зварювальний струм постійний зворотної полярності. Діаметр електродний дроту дорівнює  $d_E = 2$  мм.

Розрахуємо параметри режиму зварювання: сила струму  $I_{\text{СВ}} = 320$  А; напруга на дузі  $U_D = 31,3$  В; коефіцієнт  $\beta = 5178$  од.; умовна швидкість подачі дроту  $V_E = 4,2$  см/с; коефіцієнти  $p_1 = -111,3$ ,  $p_2 = -0,4$ ; кількість теплоти  $Q_{\text{ПП}} = 35,5$  кал; коефіцієнт  $\alpha'P = 11,6$  г/А год; коефіцієнт  $\Delta\alpha P = 1,2$  г/А год; коефіцієнт розплавлення  $\alpha P = 12,8$  г/А год; швидкість подачі дроту  $V_{\text{ПОД}} = 8$  см/с; швидкість зварювання  $V_{\text{СВ}} = 1$  см/с; погонна енергія  $q_{\text{ПОГ}} = 2164,1$  кал/см.

Розрахуємо параметри режимів зварювання облицювального проходу. Зварювальний Постійний струм зворотної полярності. Діаметр електродного дроту дорівнює  $d_E = 2$  мм. Площа поперечного перерізу проходу 0,55 см<sup>2</sup>.

Зварювальний струм постійний зворотної полярності. Діаметр електродний дроту дорівнює  $d_E = 2$  мм.

Розрахуємо параметри режиму зварювання: сила струму  $I_{\text{СВ}} = 320$  А; напруга на дузі  $U_D = 31,3$  В; коефіцієнт  $\beta = 5178$  од.; умовна швидкість подачі дроту  $V_E = 4,2$  см/с; коефіцієнти  $p_1 = -111,3$ ,  $p_2 = -0,4$ ; кількість теплоти  $Q_{\text{ПП}} = 35,5$  кал; коефіцієнт  $\alpha'P = 11,6$  г/годч; коефіцієнт  $\Delta\alpha P = 1,2$  г/Агод; коефіцієнт розплавлення  $\alpha P = 12,8$  г/А год; швидкість подачі дроту  $V_{\text{ПОД}} = 6$  см/с; швидкість зварювання  $V_{\text{СВ}} = 0,63$  см/с; погонна енергія  $q_{\text{ПОГ}} = 3435,2$  кал/см; коефіцієнт  $k' = 0,9$  од.; коефіцієнт форми провару  $\psi_{\text{ПР}} = 2,8$  од.; глибина проплавлення  $h = 5,5$  мм; ширина шва  $B = 15,4$  мм; висота валика  $C = 0,27$  см.

Розрахуємо безрозмірний критерій процесу  $1/\theta$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_{\text{ПОГ}}}{\pi(\delta)^2 c \gamma (T_M - T_0)} = \frac{2 \cdot 3435,2}{3,14 \cdot (1)^2 \cdot 0,96 \cdot (500-20)} = 4,7.$$

При значенні безрозмірного критерію 4,7 величина  $\bar{\omega}$  розраховується

$$\bar{\omega} = \frac{2}{\pi \cdot 1/\theta} = \frac{2}{3,14 \cdot 4,7} = 0,14.$$

Тоді отримаємо

$$\omega = \bar{\omega} 2\pi\lambda \frac{(T_M - T_0)^2}{q_{\text{пог}}} = 0,14 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,129 \cdot \frac{(500 - 20)^2}{3435,2} = 7,6 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}.$$

Інтервал миттєвих швидкостей охолодження для сталі 12Х18Н10Т становить 6 ... 50 °С / с. Отримане значення входить у вказаний інтервал.

## 4 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 4.1 Базовий варіант технологічного процесу

Первинною операцією при виготовленні бака конденсату є вхідний контроль матеріалів.

Під час вхідного контролю проводиться перевірка наступних даних:

- перевірка металопрокату за сертифікатними даними;
- Перевірка геометричних розмірів прокату;
- відбір проб для контролю механічних властивостей та підтвердження хімічного складу;
- контроль сертифікатних даних та геометричних параметрів деталей, що поставляються на ділянку виготовлення бака конденсату готовими.

До таких деталей відносяться:

- штуцери для виготовлення відведення нижнього та верхнього;
- відводи для виготовлення відведення нижнього та верхнього;
- фланець для горловини;
- патрубки та коліно для відведення;
- Патрубки (деталі 8, 9, 10);
- Втулки (деталі 16);
- пробки (деталі 18);
- скоба (Деталь 19).

Вхідний контроль проводиться складі металопрокату. При виявленні будь-яких невідповідностей продукція відправляється в ізолятор шлюбу для ухвалення комісійного рішення по можливості її використання в виробництві.

Листовий прокат, визнаний відповідним вимогам нормативних документів, за допомогою крана відправляють на ділянку заготівельного виробництва для термічного різання та механічної заготівлі фасок.

Різання проводиться термічним способом. Даним способом отримують наступні заготівлі:

- Обичайку (у складі горловини);
- Обичайку (деталь 5);
- днище нижнє (деталь 6);
- Днище верхнє (деталь 7);
- кільце, що зміцнює (деталь 11);
- обичайку опорну (деталь 12);
- Кільце опорне (деталь 13);
- Ребро (деталь 14);
- Кільце (деталь 15);
- Заглушку (деталь 17).

Для термічного різання листів використовується машина плазмового різання марки АРМ (із застосуванням числового програмного управління), показаний рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Машина плазмового різання АРМ (з ЧПУ) [10]

Технічні характеристики машини плазмового різання АРМ (з ЧПУ) представлені у таблиці 4.1.

Для виготовлення обичайок використовується верстат Imcar S1HRV, показаний на рис. 4.2.

Після різання заготовки для обічанок, днища верхнього, нижнього днища, кільця опорного, кільця, що зміцнює, відправляються на ділянку заготівлі фасок.

Фаски виготовляються за допомогою кромкофрезерної машини АВМ-28.

Загальний вигляд фрезерної машини АВМ-28 показаної на рис. 4.3.

Характеристики машини АВМ-28 показані у таблиці 4.3.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики машини плазмового різання АРМ [10]

Характеристика	Значення
Ширина робочої зони, мм	2000
Довжина робочої зони, мм	3000
Максимальна товщина розрізаного металу, мм:	
- плазмою дугою	35
- газовим струменем	100
Точність позиціонування різачка, мм	± 35
Максимальна швидкість різання, мм/хв	6000
Габаритні розміри	3050x4000x1115



Рисунок 4.2 – Верстат Imcar S1HRV [11]

Технічні характеристики верстата Imcar S1HRV наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики верстата Imcar S1HRV

Характеристика	Значення
Робоча довжина, мм	3050
	3000
Максимальна товщина розрізаного металу, мм:	10
Найменший радіус згинання, мм	270
Потужність двигуна, кВт	7,5
Габаритні розміри	4300x1800x2050



Рисунок 4.3 – Машина АВМ-28 [12]

Таблиця 4.3 - Характеристики машини АВМ-28

Характеристика	Значення
Напруга мережі, В	230
Частота мережі, Гц	50...60
Потужність, кВт	1600
Кут фаски, град.	60...-60
Швидкість подачі, мм/хв	250...500
Максимальна товщини листа, мм	35
Маса, кг	78,5

Після отримання заготовок проводиться їх зачистка. На цій операції шліфувальними машинками видаляються шлак і грат, а також проводиться притуплення гострих кромки та задирок.

Після зачистки деталі контролюються візуально, а також проводиться вимірювання геометричних параметрів.

Деталі, визнані придатними за результатами контролю, поставляються на ділянку складання та зварювання. Складування деталей здійснюється на спеціальних ложементях.

Складання та зварювання бака конденсату проводиться на декількох зварювальних постах.

На першому зварювальному посту проводиться складання та зварювання наступних деталей:

- Відвід нижній (вузол 1);
- Відвід верхній (вузол 2);
- Відведення (вузол 3).

Складання відведення нижнього, відведення верхнього та відведення проводиться на столі зварювальника в призмах (для встановлення співвісності).

Стіл зварювальника показаний рис. 4.4.

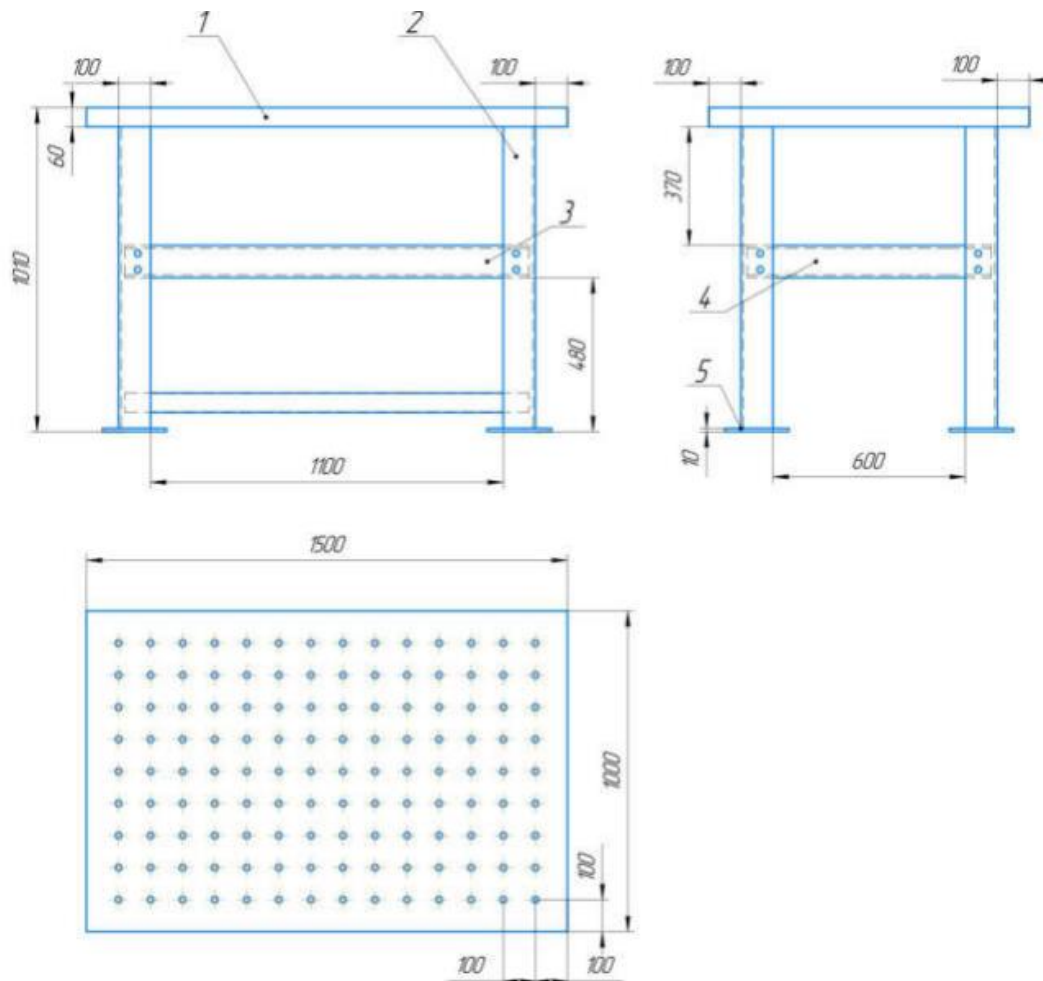


Рисунок 4.4 – Стіл зварювальника: 1 – Стільниця; 2 - Упор; 3 – Розпірка; 4 - Розпірка; 5 – Підставка

Монтаж призм на стіл зварювальника, показаний на рис. 4.4, проводиться за допомогою болтів М18-6g×100.58, що виготовляються по [13], гайок М18-6G.5, що виготовляються по [14].

На другому зварювальному посту проводиться складання та зварювання обічанок, горловини, а також збирання та зварювання листів, які далі будуть оброблені для виготовлення наступних деталей:

- днище нижнє (деталь 6);
- Днище верхнє (деталь 7);
- кільце, що зміцнює (деталь 11);
- Кільце опорне (деталь 13).

Складання та зварювання здійснюються на ложементі, показаному на рис.

4.5.

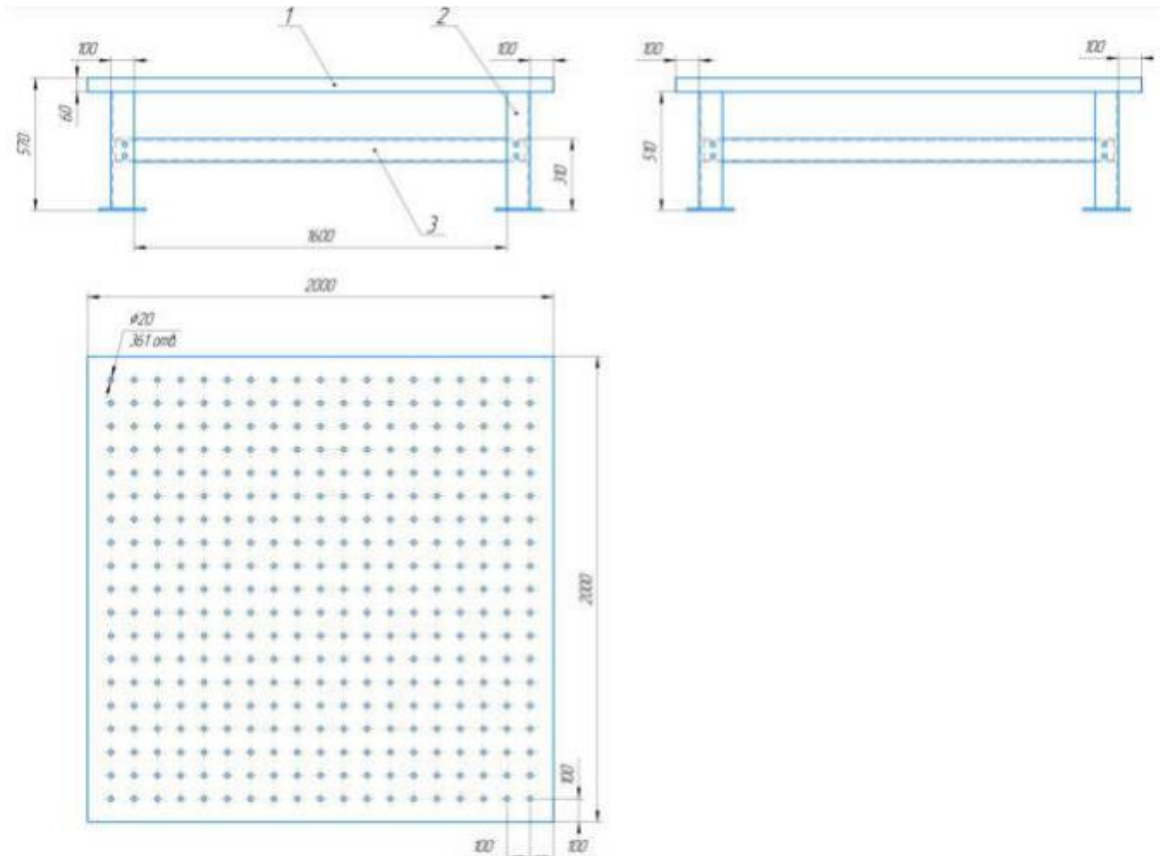


Рисунок 4.5 – Ложемент: 1 – Плита; 2 – Опора; 3 – Розпірка

Для фіксації листів при складанні та зварюванні розгортки днища верхнього та днища нижнього застосовуються механічні упори.

Схема складання розгортки днища верхнього і нижнього днища показана на рис. 4.6.

Для жорсткої фіксації кромки проводиться зварювання прихваток.

Після збирання проводиться зварювання поздовжнього шва днища (№ 6 Рисунок 1.29), показаного рис. 4.7.

Шов № 6 виконується відповідно до вимог [15] та має тип С-3.



Режими зварювання шва № 6 показані у таблиці 4.4.

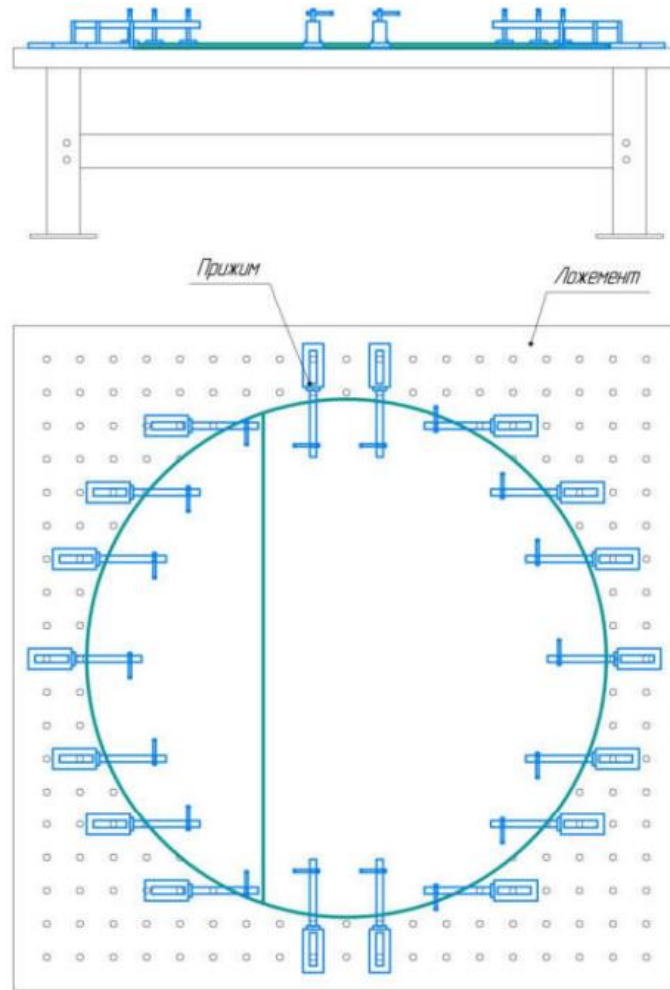


Рисунок 4.6 – Схема складання розгортки верхнього та нижнього днища

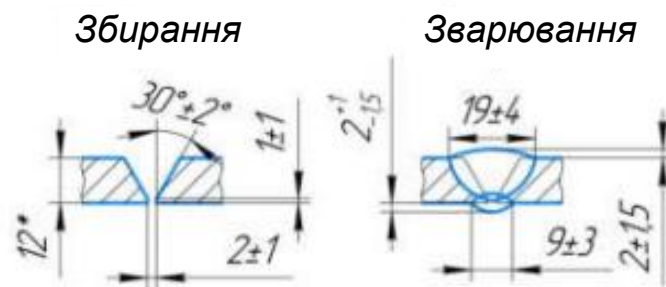


Рисунок 4.7 – Шов № 6

Зварні шви № 6 виповнюються зварювання ручним аргано-дуговим зварюванням, що не плавиться.

Електродом. не менше ніж за 5 проходів ділянками довжиною не більше 100 мм зворотно-ступінчастим способом від середини стику до кінцям довжини зварювання.

Таблиця 4.4 – Режими зварювання швів

$I_{зв}, A$	$U_{д}, B$	$V_{зв}, см/с$	Виліт електрода, мм
150...200	15...17	0,2...0,5	3...8

Зварний шов № 6 контролюється візуальним та вимірювальним контролем у обсязі 100%.

Також контроль відбувається радіографічним контролем в обсязі не менше 25% від всієї довжини шва.

Далі зварений вузол відправляється на ділянку механічної обробки фрезерування посилення з внутрішньої сторони врівень з основним, а також для виготовлення днища методом об'ємного штампування.

Фаска на днищі виготовляється після того, як отримано заготовку днища.

Складання поздовжніх стиків обичайок здійснюється за допомогою гвинтових струбцин.

Складання обечайок по поздовжньому стику здійснюється з метою забезпечення необхідного зміщення кромки та необхідного зазору в стику.

Струбцина для складання обичайок показано рис. 4.8.

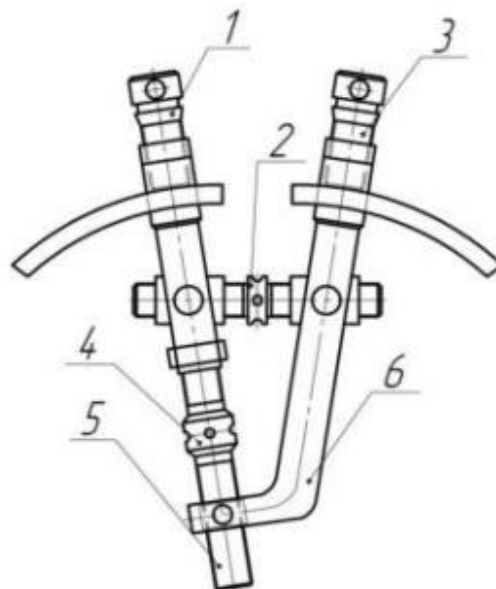


Рисунок 4.8 – Струбцина: 1 – Гвинтовий затискач лівого плеча; 2 – Механізм зближення плечей; 3 – Гвинтовий затискач правого плеча; 4 – Механізм зміни довжини лівого плеча; 5 – Ліве плече; 6 – Праве плече

Перед складання обічанок, до торцевих поверхонь заготовки в місці стику при розгортці приварюються технологічні пластини для видалення із зони основного шва несприятливих ділянок на початку та наприкінці зварювання. Довжина пластин 30 мм, ширина щонайменше 30 мм.

Порядок збирання із застосуванням струбцини:

– обичайку встановлюється на ложемент (показаний рис. 4.8). Закріплення обичайки на ложементі провадиться за допомогою упорів;

- Встановити необхідний зазор в стику за допомогою двох струбцин. Для цього механізмом зближення 2 лівого та правого плечей, призначеного для встановлення зазору в стику провадиться стяжка кромки. Величина зазору в стику контролюється за допомогою щупів або шаблонів;

– виставити мінімальне перевищення кромки у стику, що не перевищує допустиме, за допомогою гвинтових стяжок. Це робиться за допомогою механізму зміни довжини лівого плеча. Після збирання обичайки провадиться зварювання:

- Поздовжнього шва обичайки у складі горловини;

– шва № 4 (обичайка деталь 5);

– шва № 5 (обичайка опорна деталь 12).

Види швів при складанні та при зварюванні обічаків показані на рис. 4.9.

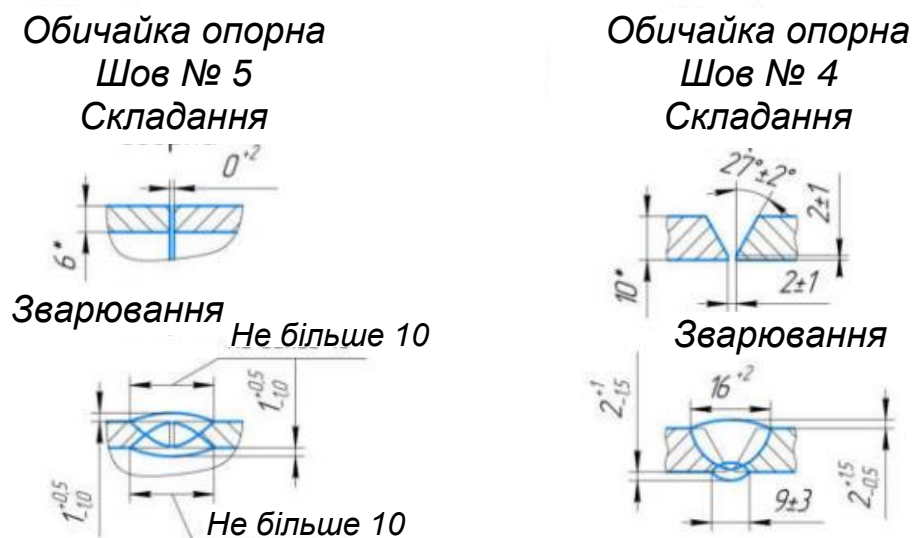


Рисунок 4.9 – Види швів при складанні та при зварюванні обічаків

Шов № 4 виконується відповідно до вимог [15] та має тип С-3.

Шов № 5 виконується відповідно до вимог [16] і має тип С7.

Режими зварювання швів показані у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Режими зварювання швів

№ шва	$I_{зв}, A$	$U_d, B$	$V_{зв}, cm/c$	Виліт електрода, мм
4	150...200	15...17	0,2...0,5	3...8
5	130...180			

Зварні шви № 5 обичайки опорної виконуються за 1 прохід ділянками довжиною не більше 100 мм зворотно-ступінчастим способом від середини стику до кінцям.

Зварні шви №4 обичайок виконуються не менше ніж за 4 проходи ділянками довжиною не більше 100 мм зворотно-ступінчастим способом від середини стику до кінцям.

Складання горловини проводиться на ложементі, показаному на рис. 4.5.

Для виставлення співвісності горловини та фланця застосовується кондуктор. На третьому зварювальному посту проводиться укрупнювальне складання та зварювання бака.

У процесі укрупнювального складання проводиться виготовлення наступних вузлів:

- днище нижнє (деталь 6) + відведення (деталь 4) + відведення нижнє (деталь 1);
- днище верхнє (деталь 7) + відведення верхнє (деталь 2) + патрубок (деталь 8) + патрубок (деталь 9);
- обичайка опорна (деталь 12) + кільце опорне (деталь 13) + ребра (деталь 14);
- обичайка (деталь 5) + горловина (деталь 3);
- нижнє днище (деталь 6) + обичайка опорна (деталь 12);
- обичайка (деталь 5) + нижнє днище (деталь 6) + днище верхнє (деталь);
- обичайка (деталь 5) + кільце зміцнююче (деталь 11) + горловина (деталь 3);

- втулка (деталь 16) + заглушка (деталь 17);
- обичайка (деталь 5) + втулка (деталь 16) + кільце (деталь 15);
- кільце зміцнююче (деталь 11) + пробка (деталь 18);
- кільце (деталь 15) + пробка (деталь 18);
- горловина (деталь 3) + скоба (деталь 19).

Складання вузлів здійснюється на ложементі, схему якого показано на рис. 4.5.

Схема складання обичайки опорної та кільця опорного показана на рис. 4.10.

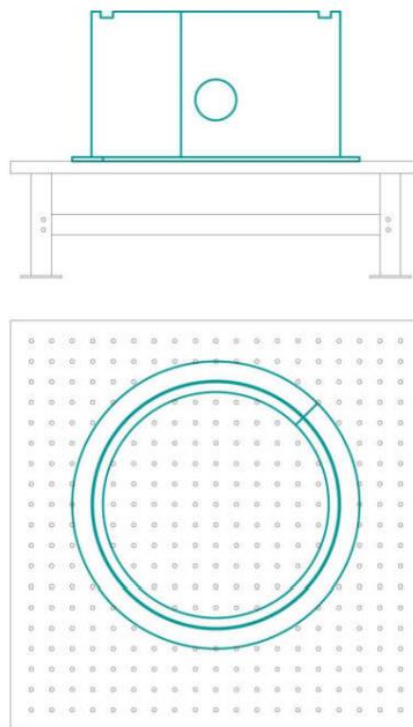


Рисунок 4.10 – Схема складання обичайки опорної та кільця опорного

Для фіксації складання проводиться зварювання прихваток.

Після збирання проводиться зварювання кільцевого шва № 1 приварювання обичайки опорної до кільця опорного.

Зварний шов № 1 показаний рис. 4.11.

Шов № 4 виконується відповідно до вимог [16] та має тип Т7.

Режими зварювання шва №1 показані у таблиці 4.6.

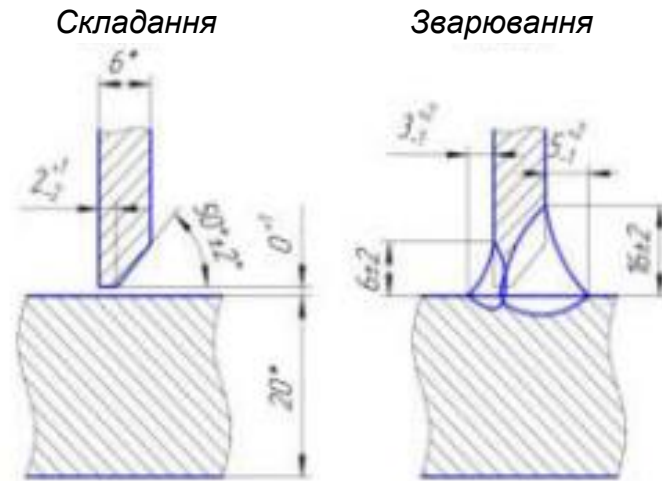


Рисунок 4.11 – Зварний шов № 1

Таблиця 4.6 – Режими зварювання швів

$I_{зв}, A$	$U_{д}, B$	$V_{зв}, см/с$	Виліт електрода, мм
150...200	15...17	0,2...0,5	3...8

Зварний шов № 1 приварювання обичайки опорної до кільця опорного виконується із внутрішньої сторони за 1 прохід, а із зовнішнього боку не менше, ніж за 4 проходу.

Зварний шов контролюється візуально. ним та вимірвальним контролем у обсяг 100%.

Після зварювання шва № 1 проводиться складання кільця опорного та обичайки опорної з ребрами.

Після збирання проводиться зварювання швів приварювання ребер до обичайки. опорної та кільця опорного.

Складання обичайки з горловиною проводиться на ложементі, показаному на рис. 4.5.

Для виставлення монтажних розмірів при збиранні застосовуються призми.

Вони закріплюються на ложементі за допомогою болтів та гайок.

Схема складання днища нижнього та обичайки опорної показана на рис. 4.12.

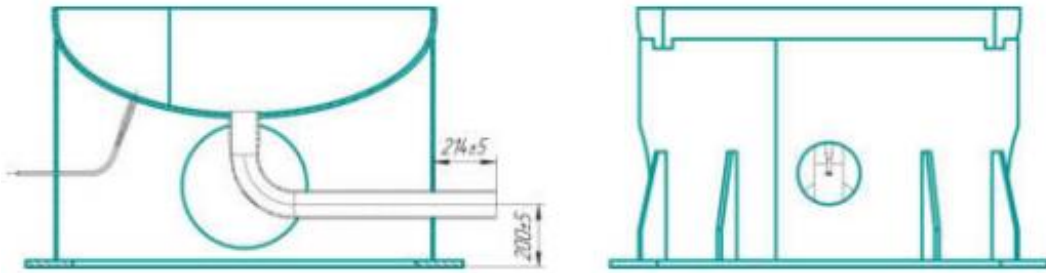


Рисунок 4.12 – Схема складання днища нижнього та обичайки опорної

Складання проводиться на ложементі, показаному на рис. 4.5.

Для виставлення монтажних розмірів при складанні застосовуються рівні монтажні (Для виставлення паралельності торцевої поверхні днища).

Фіксація складання зварного виробу проводиться із застосуванням прихваток.

Після збирання проводиться зварювання шва № 2 приварювання днища нижнього до обичайки опорної, а також внутрішньої частини шва приварювання відведення до нижнього днища.

Зварний шов № 2 показано рис. 4.13.

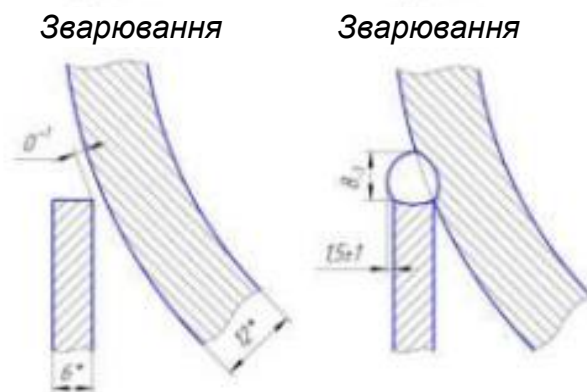


Рисунок 4.13 – Зварний шов № 2 приварювання нижнього днища до обичайки опорної

Шов № 2 виконується відповідно до вимог [17] та має тип Т1.

Режими зварювання шва № 2 показані у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Режими зварювання швів

$I_{зв}, A$	$U_d, B$	$V_{зв}, \text{см/с}$	Виліт електрода, мм
150...200	15...17	0,2...0,5	3...8

Зварний шов № 2 приварювання нижнього днища до обичайки опорної виконується не менше ніж за 2 проходи.

Зварний шов контролюється візуальним та вимірювальним контролем у обсязі 100%, а також капілярним контролем в обсязі не менше ніж 10% від довжини шва.

Схема складання обичайки, днища нижнього та днища верхнього показана на рис. 4.14.

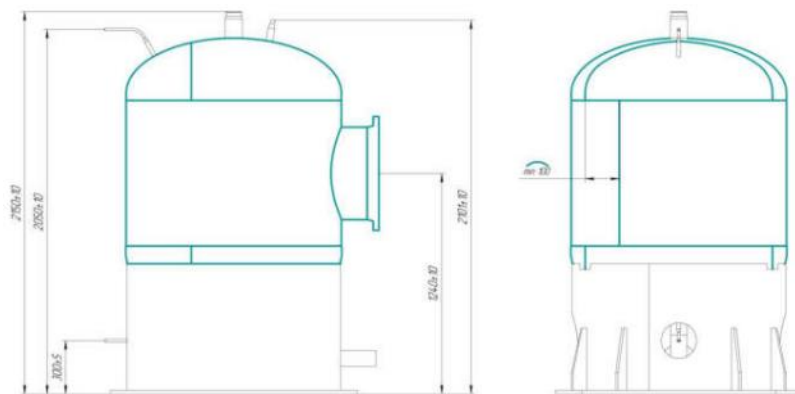


Рисунок 4.14 – Схема складання обичайки, днища нижнього та днища верхнього

Складання проводиться на роликовій опорі HGZ-5, показаної рис. 4.15.



Рисунок 4.15 – Роликова опора HGZ-5 [18]

Насамперед, на опорі укладається обичайка. Далі, до неї стикується днище верхнє. Проводиться перевірка зазорів та усунення кромки. Складання фіксується прихватками.

Далі, з іншого боку, до обичайки стикується нижнє днище. Проводиться перевірка зазорів та зміщення кромки. Складання фіксується прихватками.



Проводиться контрольний обмір вузла, що зварюється, і при відповідності зібраних розмірів необхідним, проводиться зварювання швів № 3, показаних на рис. 4.16.

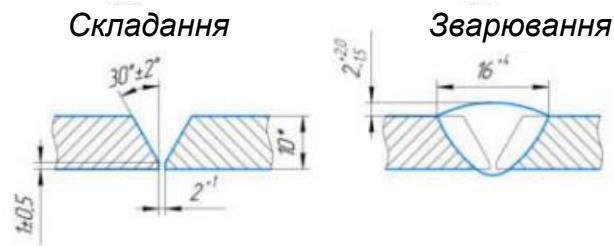


Рисунок 4.16 – Зварний шов №3

Шов № 3 виконується відповідно до вимог [19] і має тип С17.

Режими зварювання шва № 3 показані у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Режими зварювання шва № 3

$I_{зв}, A$	$U_d, B$	$V_{зв}, \text{см/с}$	Виліт електрода, мм
150...200	15...17	0,2...0,5	3...8

Зварний шов № 3 приварювання днищ нижнього та верхнього до обичайки виконується не менше ніж за 3 проходи.

Зварний шов контролюється візуальним та вимірювальним контролем у обсязі 100%, а також радіографічним контролем в обсязі не менше 25% від довжина шва.

Складання втулки і заглушки проводиться на столі зварювальника, показаному на рис.4.4.

Після укрупнювального складання та зварювання бака проводиться складання наступних елементів на роликівій опорі:

- кільце, що зміцнює з обичайкою та горловиною;
- Обичайка з втулкою та кільцем;
- пробка з кільцем, що зміцнює, з кільцем;
- Горловина зі скобою.

В першу чергу, виконується зварювання шва приварювання кільця, що зміцнює до горловині та до обичайки. Далі проводиться зварювання втулки, кільця та обичайки.

Заключним етапом виготовлення бака є зварювання швів приварювання пробок до кільця, а також скоби до горловини.

Загальні вимоги до виконання швів:

- перед зварюванням кромки деталей зачищаються дротяним колом та знежирюються ацетоном або уайт-спірит;
- дефектні прихватки мають бути видалені механічною обробкою;
- місця початку та закінчення зварювання для багатопрхідних швів зачищаються абразивним колом та оглядаються на наявність тріщин, пір, подрізів та інших дефектів.

При виготовленні бака конденсату застосовується ручне арго-нодугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом з присадковим дротом у середовищі аргону вищого ґатунку, що виготовляється за вимогами [20].

Як неплавний електрод застосовується вольфрамовий електрод WT-20 (червоного кольору) діаметром 3 мм. Даний тип електрода легований крім чистого вольфраму оксидом торію.

Дані електроди широко застосовуються при зварюванні постійним струмом прямої полярності. При арго-нодуговому зварюванні наконечник вольфрамового електрода заточується таким чином, щоб основною формою заточування був конус, але при цьому кінець повинен бути закруглений. Довжина заточування має бути не менше 7,5 мм. Кут конуса повинен становити 28...30°.

Виготовлення бака конденсату виконується із застосуванням присадкової дроту марки Св-04Х19Н11М3 діаметром 3 мм, яка виробляється по вимогам.

Хімічний склад зварювального дроту марки Св-04Х19Н11М3 показаний у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Хімічний з залиш дроту Св-04Х19Н11М3 [21]

Cr	Mn	Ni	Mo	Si	P	S	C
				Не более			
18...20	1...2	10...12	2...3	0,06	0,018	0,025	0,06

Механічні властивості металу, наплавленого дротом Св-04Х19Н11М3, представлені у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Механічні властивості металу, наплавленого дротом

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
610	430	35

Як джерело живлення зварювальної дуги використовується інверторний джерело живлення марки AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC, показаний на рис. 4.17.



Рисунок 4.17 – Джерело живлення AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC

Технічні характеристики джерела живлення AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC показані у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Технічні характеристики джерела живлення AuroraPRO

Характеристика	Значення
Напруга мережі, В	220
Напруга холостого ходу, В	56
Споживана потужність, кВт	4,5
Діапазон зварювального струму, А	10...200
Режим роботи при 40°C, %	60
Габаритні розміри, мм	455x204x368
Маса, кг	14,7

Для зварювання застосовується зварювальний палик марки PRO TS 18 (250/315 AC/DC), показана рис. 4.18.



Рисунок 4.18 – Зварювальний пальник марки PRO TS 18 (250/315 AC/DC)

Технічні характеристики пальника PRO TS 18 (250/315 AC/DC) представлені у таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Технічні характеристики пальника PRO TS 18 (250/315 AC/DC)

Характеристика	Значення
Максимальний струм зварювання, А:	
- постійний	320
- змінний	240
Діаметр електродів, мм	1...4
Тривалість навантаження, %	100
Розхід газу, л/хв	7...20
Тип охолодження	Водяний
Довжина шланга, м	8

Основними недоліками технологічного процесу, що застосовується виготовлення баку конденсату є:

- Низький ступінь автоматизації зварювального процесу;
- Високі тимчасові витрати на складання та зварювання;
- Висока залежність якості зварних швів від кваліфікації персоналу;
- незручність зварювання поздовжніх кільцевих та прямолінійних швів.

Для усунення зазначених недоліків пропонується застосувати наступний комплекс заходів:

– при зварюванні швів № 1...№ 6 (рис. 1.29) пропонується автоматизувати технологію.

Це дозволить підвищити якість зварних швів, знизити втому. виконавців робіт, прискорити процес виготовлення;

- Застосувати при зварюванні шва № 1 обертач.

Це дозволить уніфікувати зварювання кільцевих швів № 1 та № 2;

– при автоматизації технології провести розрахунки параметрів режиму зварювання, які забезпечать потрібну якість зварного шва, а також низьку величину погонної енергії;

- Вибрати зварювальні матеріали для автоматизації процесу зварювання.

#### 4.2 Вибір способу зварювання

Вибір способу зварювання проводиться виходячи з умови, що забезпечує якість виробу (точність, герметичність тощо). Спосіб зварювання залежить від марки застосовуваного матеріалу, від його товщини, а також від протяжності та розташування зварного шва у просторі.

Для зварювання швів № 1...№ 6 пропонується розглянути два способи зварювання:

- автоматичну серед захисних газів;
- автоматичну під шаром флюсу.

Порівняльна характеристика зварювання під шаром флюсу та серед захисних газів за показниками технологічності подано у таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Порівняльна характеристика зварювання під шаром флюсу та середовищі захисних газів за показниками технологічності

Показники технологічності	Зварювання під флюсом	Зварювання в середовищі захисних газів
Спостереження за зварною дугою та ванною	Не виконується	Не виконується
Легування металу шва	Через флюс і присадковий дріт	Через присадковий дріт
Продуктивність розплавлення електродного металу	Висока	Низька
Зовнішній вигляд шва	Шов рівний з плавним переходом від шва до основного металу	Шов лускатий з різким переходом від шва до основного металу

Продовження табл. 4.13

Показники технологічності	Зварювання під флюсом	Зварювання в середовищі захисних газів
Зварювання в просторовому положенні	Основне положення – нижнє	Будь-яке
Зачищення швів	Необхідність повного видалення шлакової кірки перед проходом	Необхідність після зварювання кожного проходу
Проплавлення дугою	Глибина проплавлення нижче на 5...8 %	Більше на 5...8 %
Вигорання легованих елементів	Мінімальне	Збільшене
Ступінь захисту дуги та зварної ванни	Висока	Середня

При порівнянні двох способів автоматичного зварювання, незважаючи на вказані тиж залишки, найбільш оптимальним є спосіб автоматичного зварювання під шаром флюсу. Вибір даного способу ґрунтується на наступному:

- найкращий захист зварювальної дуги та зварювальної ванни;
- Більш плавний перехід від шва до основного металу;
- Висока продуктивність при розплавленні присадного дроту.

#### 4.3 Проектований варіант технологічного процесу

При впровадженні комплексу заходів щодо зміни технології зварювання потрібно змінити геометричні параметри обробки кромки для забезпечення рівномірності з'єднання та оптимальної кількості наплавленого металу.

Бак конденсату застосовується під час роботи на виробничих об'єктах. електростанції та вимоги до технології зварювання обумовлюються в [15].

Застосування автоматичного зварювання під шаром флюсу допускається [15]. Але параметри обробки під аргоно-дугове зварювання не підходять для даного процесу. Відповідно, допускається застосування інших типів обробки, якщо дотримуються умови рівномірності та виконання вимог безпеки.

У запропонованому варіанті технології виготовлення бака конденсату пропонується застосувати автоматичне зварювання під флюсом під час виконання швів № 1 ... № 6. Для цього потрібно змінити параметри обробки.

У існуючому варіанті технології виготовлення шов № 1 (зварювання обичайки опорний (деталь 12) та кільця опорного (деталь 13)) виконується по типу шва Т7. У запропонованому варіанті при зварюванні під флюсом пропонується використовувати шов Т1. Вид шва показаний рис. 4.19.

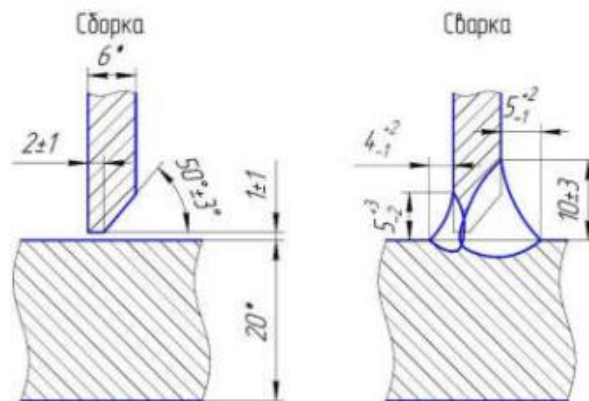


Рисунок 4.19 – Шов Т1

Шов Т1 виконується автоматичним зварюванням під флюсом з попереднім підварюванням кореня ручним дуговим зварюванням покритими електродами.

При виконанні шва № 2 (зварювання обичайки опорної (деталь 12) з дном нижнім (деталь 2)) застосовується шов Т1. У запропонованому варіанті при зварюванні під флюсом пропонується застосувати шов Т1.

Вид шва показаний рис. 4.20.

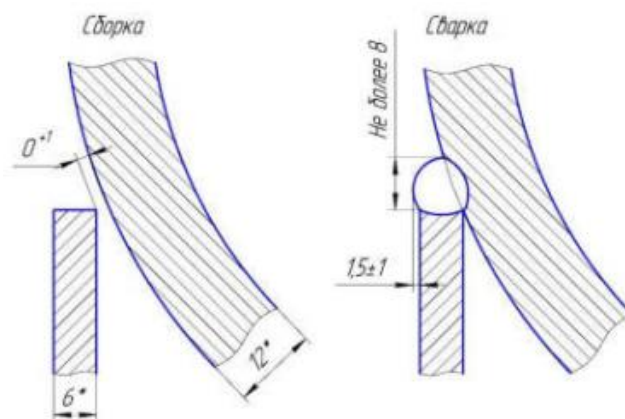


Рисунок 4.20 – Шов Т1

При виконанні шва № 3 (зварювання обічайки (деталь 1) з нижнім днищем) (деталь 2) і верхнім днищем (деталь 3)) застосовується шов С17. У запропонованому варіанті при зварюванні під флюсом пропонується використовувати шов С27-2. Вид шва показаний рис. 4.21.

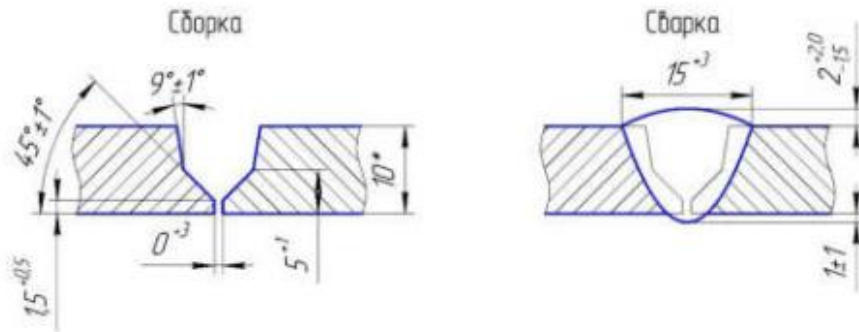


Рисунок 4.21 – Шов С-27-2

Шов С-27-2 виконується автоматичним зварюванням під флюсом з попереднім підварюванням кореня ручним дуговим зварюванням покритими електродами.

При виконанні шва № 4 (зварювання обічайки (деталь 1)) застосовується шов С21.

У запропонованому варіанті при зварюванні під флюсом пропонується використовувати шов С-27-2. Вид шва показаний рис. 4.21.

При виконанні шва № 5 (зварювання обічайки опорної (деталь 12)) застосовується шов С7 по [16].

У запропонованому варіанті при зварюванні під флюсом пропонується використовувати шов С-1 [15]. Вид шва показаний рис. 4.22.

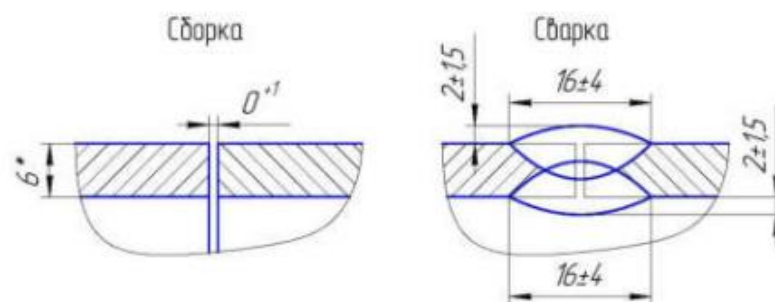


Рисунок 4.22 – Шов С-1

Відповідно до [15] шов С-1 виконується автоматичним зварюванням під флюсом без попереднього підварювання кореня.



При виконанні шва № 6 (зварювання нижнього днища (деталь 2), днища верхнього (Деталь 3)) застосовується шов С21 по [16].

У запропонованому варіанті при зварюванні під флюсом пропонується використовувати шов С-27-2 [15]. Вид шва показаний на рис. 4.21. Таким чином, при виготовленні бака буде застосовуватись п'ять типів швів.

#### 4.4 Вибір зварювальних матеріалів

У існуючому варіанті технології виготовлення бака під час виконання швів як присадка використовується зварювальний дріт марки Св04Х19Н11М3, хімічний склад якої показаний у табл. 3.9.

Зварювання ручне аргоно-дуговий.

У запропонованому варіанті технології виготовлення при виконанні зварювання під флюсом швів № 1 ... № 6 пропонується використовувати дріт Св04Х19Н11М3 діаметром 2 мм під флюсом марки ФЦ-17.

Хімічний склад флюсу ФЦ-17 показаний у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 - Хімічний склад флюсу ФЦ-17

SiO <sub>2</sub>	MgO	CaF <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+Na	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
					Не более				
24...28	23...27	11...18	18...22	0,5...2	0,3	6	1	0,03	0,025

Насипна щільність флюсу ФЦ-17 становить 0,7...1,1 г/см<sup>3</sup>.

Для проведення зварювання кореневої частини швів (ручне дугове зварювання покритими електродами) пропонується застосувати електроди марки ЦТ-26 діаметром 2 мм. Хімічний склад електродів ЦТ-26 представлений у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 - Хімічний склад електродів ЦТ-26

Ni	Cr	Mn	Si	Mo	C	S	P
					Не более		
7,9...9	16,5...18,5	1,2...2,3	0,3...0,75	1,5...2	0,12	0,02	0,025

## **5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1 Безпека в надзвичайних ситуація**

#### **5.1.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів**

При виконанні зварювальних робіт на виконавців впливають різні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

До шкідливих виробничих факторів належать такі:

- підвищена загазованість та запиленість повітря робочої зони;
- видиме, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання зварювальної дуги при зварюванні, а також інфрачервоне випромінювання саме й ванни та виробів, що зазнали зварювання;
- електромагнітне поле;
- іонізуюче випромінювання;
- підвищений рівень шуму.

При зварюванні в зоні дихання виробників робіт присутні різні зварювальні аерозолі, які містять у своєму складі оксиди металів та інші хімічні сполуки. При впливі на організм різних шкідливих речовин можливе отримання гострих та хронічних професійних захворювань та отруєнь.

За відсутності захисту від випромінювання зварювальної дуги з'являється висока ймовірність поразки органів зору, і навіть опіки шкірних покривів.

Інфрачервоне випромінювання від виробів, що зазнали попереднього підігріву, має на здоров'я негативний вплив.

Джерелами підвищеного шуму є компресори, генератори, вакуумні насоси і т. д. Джерелами ультразвуку є ультразвукові генератори, робочі органи установок тощо.

До небезпечних виробничих факторів належать:

- електричний струм;
- бризки розплавленого металу;
- ймовірність вибуху балонів та систем, що знаходяться під тиском;
- рухомі вироби та механізми.

### **5.1.2 Техніка безпеки під час зварювальних робіт**

З метою профілактики несприятливого впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів повинні застосовуватися такі заходи:

- використання засобів індивідуального захисту, які зменшують тепловий вплив на організм робітника;
- регламентація часу роботи (перерви в роботі, скорочення робітника дня і т. д.).

Робочі місця виконавців робіт повинні бути захищені переносними або стаціонарними світлонепроникними огороженнями (тенти) з вогнетривкого матеріалу, висота яких повинна забезпечувати надійність захисту від впливу довкілля.

Ширина проходів з кожного боку робочого місця має бути не менше 1 м.

Для захисту від виділення зварювальних аерозолів, пилу та газів застосовується місцева вентиляція.

Зниження шуму під час роботи здійснюється такими методами: організаційними; звукоізоляції; звукопоглинання; віброізоляції; дистанційного керування із звукоізолюючих кабін.

### **5.1.3 Забезпечення електричної безпеки**

Для забезпечення електробезпеки повинні дотримуватися наступні вимоги:

- при електрозварювальних роботах повинні застосовуватись обладнання, апарати та пристрої, що задовольняють вимогам діючих стандартів та нормативів на відповідне зварювальне обладнання;

- напруга холостого ходу джерел зварювального струму не повинна перевищувати максимальні значення, зазначені у стандартах на відповідне обладнання;

- для дугового зварювання необхідно застосовувати ізольовані гнучкі кабелі, розраховані на надійну роботу при максимальних електричних навантаженнях з урахуванням тривалості циклу зварювання;

- з'єднання зварювальних кабелів слід проводити опресуванням, зварюванням або паянням з наступною ізоляцією місць з'єднання;
- підключення кабелів до зварювального обладнання повинно здійснюватись за допомогою опресованих або припаяних кабельних наконечників;
- під час прокладання або переміщення зварювальних проводів необхідно вживати заходів проти пошкодження їх ізоляції та зіткнення з водою, олією, сталевими канатами та гарячими трубопроводами;
- в електрозварювальних апаратах та джерелах їх живлення елементи, що знаходяться під напругою, повинні бути закриті огорожувальними пристроями;
- забороняється використовувати дроти мережі заземлення, труби санітарно - технічних мереж (водопровід, газопровід та ін.), металеві конструкції будівель, технологічне обладнання як зворотний дроти електрозварювання;
- забороняється залишати на робочому місці електрозварювальний інструмент, що знаходиться під напругою;
- забороняється проводити ремонт електрозварювальних установок під напругою;
- у зв'язку з ймовірністю впливу електричного струму весь персонал, обслуговуючий електрозварювальні установки, повинен проходити навчання та атестацію на відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

## **5.2 Охорона праці**

### **5.2.1 Забезпечення пожежної безпеки**

Відповідно до [12] зварювальна ділянка відноситься до категорії «Г» виробництва, де в обігу знаходяться вогнетривкі речовини та матеріали, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла та іскріння полум'я.

Для ліквідації можливих вогнищ пожежі у цехових умовах присутні пожежні щити. У комплект пожежного щита входять:

- вогнегасники повітряно-пінні місткістю 10 л – 2 шт;
- порошкові місткістю 10 л - 1 шт, 5 л - 2 шт;
- брукт - 1 шт;
- ведро – 1 шт;
- азбестове полотно, грубошерста тканина або повсть (кошма, покривало з негорючого матеріалу) – 1 шт;
- лопата штикова - 1 шт;
- візок для перевезення обладнання - 1 шт;
- місткість для зберігання води об'ємом 0,02 м<sup>3</sup> - 1 шт;
- насос ручний – 1 шт;
- рукав ДК 18 ... 20 довжиною 5 м - 1 шт.

### **5.2.2 Безпека під час роботи з підйомними пристроями**

При роботі з підйомними пристроями слід дотримуватися наступних рекомендацій:

- стропувальні роботи допускається проводити навченому персоналу;
- стропування бака здійснюється за допомогою м'яких стропів;
- при стропуванні деталей використовувати ланцюговий строп із антиковзаючими затискачами;
- під час транспортування цеховим майданчиком будь-яких елементів забороняється перебувати у зоні транспортування на відстані ближче 10 м.

### **5.2.3 Планування обладнання та робочих місць ділянки**

Планування показано з урахуванням запропонованого варіанта технологічного процес виготовлення бака.

Порядок виготовлення бака на ділянці описується відповідно до рис. 5.1.

На початку листовий прокат і готові деталі поставляються на склад металу (Поз. 1). Листовий прокат складається в штабелях (поз. 2), а готові деталі місце складування готових заготовок (поз. 3).



Зварені деталі укладаються на місце складування заготовок та деталей (поз. 19). Перед укрупнювальною збиранням заготовки збираються на місці складування заготовок перед збиранням (поз. 20). Удосконалене складання проводиться на ложементі (поз. 21).

Заготовлені обичайки після вальцювання та днищ відправляються для зварювання та укладаються на місце складування заготовок обичайки (поз. 22). Після зварювання краном вони транспортуються та укладаються на місце складування зварених обичайок (поз. 23). Зварювання обичайок проводиться на підставці для зварювання обичайок (поз. 30) та на обертачі HGZ-5 (поз. 31). Складання та зварювання днищ виконується на ложементі для збирання та зварювання днищ (поз. 25). Зварювання днищ та обичайок виконується трактором Cruiser dx (поз. 26). Джерелом живлення є Power Wave 1000 (поз. 24).

Далі обичайки і за готування днищ транспортуються для радіографічного контролю, що проводиться у камері (поз. 32). Управління проводиться з пультовий (поз. 33). Обичайки укладаються на місце складування деталей та вузлів перед контролем (поз. 34). Перевірені обичайки та днища укладаються на місце складування деталей та вузлів після контролю (поз. 35).

Після радіографічного контролю заготівлі днищ відправляють на ділянку штампування, а зварені обичайки транспортуються та укладаються на місце складування зварених обичайок (поз. 23).

На ложементі (поз. 21) проводиться складання та зварювання. Зібрані вузли транспортуються для зварювання під флюсом. Частина вузлів встановлюється в обертачі T-3000/1 (поз. 28), а загальне складання бака встановлюється на обертач HGZ-5 (поз. 27).

Після зварювання бак транспортується контролю якості. Перевірка проводиться радіографічним контролем у камері (поз. 32), візуальним та вимірювальною, а також капілярною на ділянці проведення контролю якості (Поз. 36). Для ВІК та ЦКД зварений бак встановлюється на стенд для контролю (Поз. 37). Інструменти для контролю зберігаються у шафі зберігання обладнання для ВІК та ЦКД (поз. 38).

## ВИСНОВОК

У випускній кваліфікаційній роботі розглядається технологія складання та зварювання бака конденсату об'ємом 1,5 м<sup>3</sup>.

У конструкторському розділі зроблено аналіз конструкції бака, описано елементи, що становлять його конструкцію. Описано застосовувану марку сталі (12X18H10T).

Визначено, що необхідність проведення підігріву перед зварювання відсутнє. Розглянуто застосовувані види та типи зварних швів.

Описані навантаження на бак.

У технологічному розділі проаналізовано базову технологію складання та зварювання бака. Описано заготівельне обладнання. Розглянуто порядок складання та зварювання бака, режими зварювання та контроль якості. При розгляді технології виявлено недоліки, які запропоновано усунути застосуванням наступних заходів: автоматизація технології зварювання (застосування автоматичної зварювання під флюсом), заміна зварювальних матеріалів (застосування електродів ЦТ20 та флюсу ФЦ-17).

Для запропонованого варіанта б здійснено розрахунок режимів зварювання, підібрано зварювальне оснащення.

У розділі безпеки життєдіяльності розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі чинники. Описано техніку проведення безпечних робіт, а також розглянуто планування ділянки.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малишкевич І.Ю., Робак Т.Б. Процес зварювання тонкостінних зварних виробів: тези доп. XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 7-8 грудня 2023 р. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. С. 127 – 129.
2. Кривов Г.О., Зворикін К.О. Виробництво зварних конструкцій : підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: КВІЦ, 2012. 896 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением : під ред. академіка Б. Є. Патона. К.: Машинобудування, 1974. 767 с.
4. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник. Миколаїв : НУК, 2004. 225 с.
5. ДСТУ 8713-79 Зварювання під флюсом. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
6. ДСТУ 14771-76 Дугове зварювання в захисних газах. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
7. Александров О.Г., Антонюк Д.А., Капустян О.Є. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення : навч. посібник. Львів : Новий світ, 2013. 224 с.
8. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій : підручник. К.: Основа, 2021. 400 с.
9. Пулька Ч.В. Пути совершенствования технологии индукционной наплавки тонких стальных дисков/ Ч.В. Пулька, О.Н. Шаблій, В.Н. Барановский [та ін.] // Междун. науч.-техн. и произв. журнал «Автоматическая сварка». 2015. № 5–6 (742). С. 64–67.
10. Пулька Ч.В. Математична модель оптимізації енерговитрат індукційного наплавлення / Ч.В. Пулька, О.М. Шаблій, В.М. Барановський [та ін.] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Серія «Техніка і енергетика АПК» / Редкол.: С.М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. К., 2015. Вип. 226. С. 386–393.

11. Стельмах І.С. Перспективи використання методу плазмового зварювання для відновлення культиваторних лап / І.С. Стельмах, Г.А. Герасимчук, В.М. Барановський // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). Луцьк : ЛНТУ, 2015. Вип. 51. С. 182–186.

12. Pulka Ch.V. Ways of updating the technology of induction surfacing of thin steel disk / Ch.V. Pulka, O.N. Shably, V.M. Baranovsky [but other] // The Paton WELDING JOURNAL. Kiev, E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. May-June 2015. – № 5–6/2015. – Pg. 59–62.

13. Лопата Л.А. Создание износостойких композиционных покрытий на основе порошков самофлюсующихся сплавов электроконтактным припеканием / Л.А. Лопата, В.Я. Николайчук, В.Н. Барановский, С.Л. Чиграй // Проблемы трибологии. Міжн. наук. журнал : Хмельницький нац.ун-т. 2015. № 4. С. 92–98.

14. Барановський В. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин / Віктор Барановський // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – Тернопіль, 2015. – Т. 4 (80). С. 111–118.

15. Барановский В.Н. Методы применения контактной точечной сварки в сельскохозяйственном машиностроении / В.Н. Барановский // Lucrări științifice, UASM. Chișinău: Centrul editorial UASM, 2015. Vol. 45. – С. 191–195

16. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.

17. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення». Вид. Тернопільського нац. технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 254 с.

18. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва». Вид. Тернопільського національного технічного ун-ту. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 58 с.

19. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 66 с.

20. Барановський В.М., Підгурський М.І., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» для студентів денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст» і «Магістр» зі спеціальності 7.05050401, 8.05050401 «Технологія та устаткування зварювання». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 54 с.

21. Барановський В.М., Підгурський М.І., Мариненко С.Ю. Конспект лекцій з дисципліни «Безпека життєдіяльності для студентів всіх спеціальностей і форм навчання. Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 141 с./67 с.

22. Барановський В.М., Пулька Ч.В., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів спеціальності 8.05050401 – «Технологія та устаткування зварювання». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 86 с.

23. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Безпека життєдіяльності». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 62 с.

24. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г. Бедрія. Львів, 1997. 275с.

25. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці : підручник (видавн. 5-те, доповнене). Л.: Афіша, 2000. 350 с.

## **ДОДАТКИ**