

РОБОТА БАКАЛАВРА

КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ

Група ЗТ-22-1

Роман Хемій

2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Хемій Роман Іванович

(підпис)

Група ЗТ-22-1

Розроблення технології складання та зварювання корпусу клапана

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів
“Інжиніринг зварювальних технологій”
спеціальністю G9 “Прикладна механіка”**

Керівник: <u>д.т.н., проф.</u> <u>Шлапак Л.С.</u> _____ <i>підпис</i>	Завідувач кафедри будівництва: <u>к.т.н., доц.</u> <u>Андрусяк А.В.</u> _____ <i>підпис</i>
---	---

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Інститут

архітектури та будівництва
"ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Кафедра

будівництва

ОПП

"Інжиніринг зварювальних
технологій"

Спеціальність

G9 "Прикладна механіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри БУД

А.В. Андрусяк

(ініціали, прізвище)

(підпис)

" ____ " _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на випускні кваліфікаційну роботу бакалавра студента Хемія Романа Івановича

1. Тема роботи Розроблення технології складання та зварювання корпусу клапана

Затверджена наказом по університету № ____ від _____ 2026 р.

2. Термін здачі закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на складання та зварювання корпусу клапана, креслення виробу, умови експлуатації корпусу клапана, матеріал виробу сталь 08X18H10T.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити:

1. Загальний розділ. 1.1 Загальна характеристика зварної конструкції корпусу клапана, та його елементів. 1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу. 1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності. 1.4 Технічні умови на виготовлення ферм 2 Технологічний розділ. 2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування. 2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання. 2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів. 2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання. 2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування. 2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції. 2.2.1 Заготівельні операції. 2.2.2 Розробка технології складання та зварювання. 2.2.3 Технічний контроль якості та виправлення браку. 3. Конструкторський розділ. 3.1 Компонування складальних та зварювальних установок. 3.2 Розробка плану цеху. 4. Безпека праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Загальний вигляд корпусу клапана. 2. Схема технологічного процесу виготовлення корпусу клапана. 3. Компонування складально-зварювальної установки. 4. Струбцина. 5. Оправка. 6. Вісь. 7. План зварювальної ділянки цеху.

6. Дата видачі завдання _____

Керівник

Шлапак Л.С.

Завдання прийняв до виконання

Хемій Р.І.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Найменування роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
1.	Вибір теми, її затвердження		
2.	Ознайомлення з рекомендованою літературою		
3.	Загальний розділ		
4.	Технологічний розділ		
5.	Конструкторський розділ		
6.	Безпека праці		
7.	Виконання розрахунково-графічної частини, додатків та ілюстрацій до роботи		
8.	Ознайомлення керівника з чорновим варіантом роботи		
9.	Оформлення роботи		
10.	Представлення роботи на кафедрі		
11.	Направлення на рецензування		

Студент_____ Хемій Р.І.

Керівник_____ Шлапак Л.С.

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається із 10 слайдів презентації, пояснювальної записки із 58 аркушів, 13 рисунків, 14 таблиць та 15 посилань на використану літературу.

Об'єкт роботи - технологічний процес складання та зварювання корпусу клапана.

Мета роботи - розроблення технології складання та зварювання корпусу клапана, вибір раціонального зварювального обладнання, зварювальних матеріалів та технологічної оснастки.

У випускній кваліфікаційній роботі обґрунтовано вибір способів зварювання, зварювальних матеріалів і режимів, які забезпечують формування якісних зварних з'єднань із мінімальним рівнем дефектності. Визначено раціональну послідовність складання та зварювання, що дозволяє знизити рівень залишкових напружень і деформацій. Запропоновано застосування багат шарового зварювання, симетричних схем накладання швів і технологічних прийомів, спрямованих на підвищення стабільності процесу.

Ключові слова: АВТОМАТ, ЗВАРЮВАННЯ, КОРПУС КЛАПАНА, НАПІВАВТОМАТ, ОПРАВКА, СКЛАДАННЯ.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 10 presentation slides, an explanatory note of 58 sheets, 13 figures, 14 tables and 15 references to the literature used.

The object of the work is the technological process of assembling and welding the valve body.

The purpose of the work is to develop the technology of assembling and welding the valve body, the selection of rational welding equipment, welding materials and technological equipment.

The final qualification work substantiates the choice of welding methods, welding materials and modes that ensure the formation of high-quality welded joints with a minimum level of defects. A rational sequence of assembling and welding is determined, which allows to reduce the level of residual stresses and deformations. The use of multilayer welding, symmetrical seaming schemes and technological techniques aimed at increasing the stability of the process is proposed.

Keywords: AUTOMATIC, WELDING, VALVE BODY, SEMI-AUTOMATIC, MANNEQUIN, ASSEMBLY.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальний розділ.....	8
1.1 Загальна характеристика конструкції корпусу клапана	8
1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу.....	9
1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності.....	11
1.4 Технічні умови на виготовлення виробу.....	12
1.5 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу.....	14
2 Технологічний розділ.....	17
2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування.....	17
2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання.....	17
2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів.....	18
2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання.....	19
2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування.....	27
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції.....	30
2.2.1 Заготівельні операції.....	30
2.2.2 Розробка технології складання та зварювання.....	32
2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями.....	33

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Розроблення технології складання та зварювання корпусу клапана	Літ.	Арк	Аркушів
Розроб.	Хемій Р.І.						4	58
Перевір.	Шлапак Л.С.							
Реценз.						ІФНТУНГ ЗТ-22-1		
Н. контр.	Матвієнків О.							
Затверд.	Андрусяк А.В.							

2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку.....	36
3 Конструкторський розділ.....	39
3.1 Компонування складальних та зварювальних установок.....	39
3.2 Розробка плану цеху.....	46
4 Безпека праці.....	49
4.1 Аналіз основних шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	49
4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки праці.....	51
Висновки.....	54
Список використаних джерел.....	56
Додатки.....	58

ВСТУП

Виготовлення корпусів клапанів є важливою складовою сучасного машинобудування та трубопровідної арматури, оскільки ці вироби широко застосовуються в нафтовій, газовій, енергетичній та хімічній галузях. Корпус клапана виконує функцію основного несучого елемента, що працює під дією внутрішнього тиску, температурних навантажень і агресивних робочих середовищ. У зв'язку з цим до нього висувуються підвищені вимоги щодо міцності, герметичності, корозійної стійкості та довговічності.

Одним із найбільш ефективних способів виготовлення корпусів клапанів є застосування зварних конструкцій, що дозволяє зменшити масу виробу, знизити витрати матеріалу та підвищити технологічну гнучкість виробництва порівняно з литими аналогами. Водночас процес зварювання таких виробів є складним і відповідальним, оскільки супроводжується виникненням залишкових напружень, деформацій, а також можливих дефектів зварних з'єднань, що можуть негативно вплинути на експлуатаційні характеристики виробу [1].

Технологія зварювання корпусу клапанів передбачає комплексний підхід, який включає підготовку матеріалів і кромок, раціональне складання конструкції, вибір оптимального способу зварювання та режимів, а також застосування заходів для зниження напружень і деформацій. Важливу роль відіграє правильний вибір зварювальних матеріалів і методів контролю якості, що забезпечують відповідність виробу встановленим стандартам і нормативним вимогам.

Особливістю виготовлення корпусів клапанів є складна просторово-об'ємна форма, значна товщина стінок і необхідність забезпечення високої точності обробки ущільнювальних поверхонь. Це обумовлює підвищені вимоги до організації технологічного процесу, послідовності виконання зварювальних операцій та кваліфікації персоналу [1].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		6

Отже, розробка раціональної технології зварювання корпусу клапана є важливим завданням, спрямованим на забезпечення високої якості виробу, його надійності та безпечної експлуатації в умовах підвищених навантажень.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика зварної конструкції корпусу клапана, та його елементів

Клапан – пристрій для відкриття, закриття або регулювання потоку при настанні певних умов (підвищення тиску в посудині, зміни напрямку середовища в трубопроводі. Клапани герметичні – призначені для встановлення як запірні пристрої в трубопровідних вентиляційних системах з відносною вологістю до 98% і надійно працюють в температурному діапазоні -30 - +400°C при номінальному тиску в трубопроводі в межах 0,005-1,5 МПа, а також призначені для встановлення, як запірні пристрої в трубопроводах вихлопних газів дизельних установок. Управління клапанами здійснюється електроприводом або ручним приводом. Загальний вигляд герметичного клапана показано на рисунку 1.1 [2].

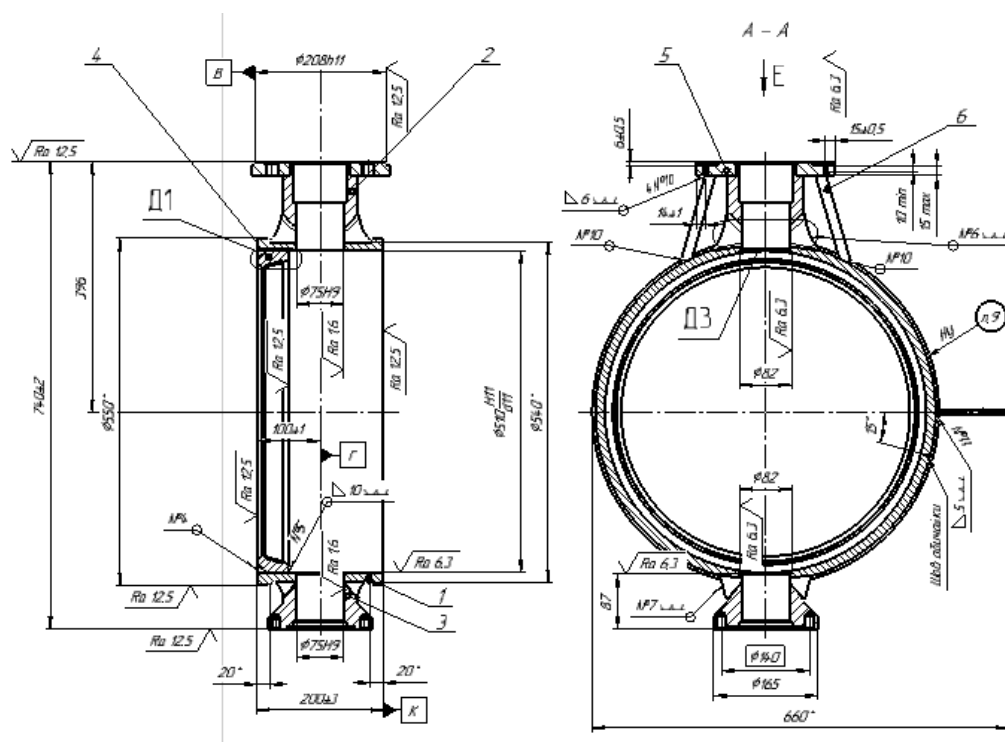


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд виробу

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		8

Даний герметичний клапан відноситься до клапанів з умовним діаметром $D_u = 500$ мм, який виготовляється із сталі 08X18H10T. Для забезпечення якісного зварного з'єднання потрібно дотримуватися технічних умов на виготовлення.

1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу

Технологічність виготовлення зварного корпусу клапана зі сталі 08X18H10T визначається сукупністю властивостей матеріалу, конструктивних особливостей виробу та можливістю забезпечення якісного зварювання без дефектів і надмірних деформацій. Сталь 08X18H10T є аустенітною корозійностійкою сталлю, легованою хромом і нікелем із додаванням титану, що обумовлює її високу стійкість до корозії та добру зварюваність, але водночас накладає певні технологічні обмеження [3].

Насамперед слід відзначити, що ця сталь має високу пластичність і в'язкість, що позитивно впливає на технологічність - зменшується ризик утворення холодних тріщин при зварюванні. Крім того, завдяки аустенітній структурі матеріал добре переносить термічні цикли, характерні для зварювання. Наявність титану в складі стабілізує карбіди, запобігаючи міжкристалітній корозії, що особливо важливо для корпусів засувки, які працюють у агресивних середовищах.

Разом із тим, ця сталь має низьку теплопровідність і високий коефіцієнт лінійного розширення, що суттєво впливає на технологічність. У процесі зварювання це призводить до значних температурних градієнтів, накопичення залишкових напружень і підвищеної схильності до деформацій. Тому конструкція корпусу клапана повинна бути максимально симетричною, а технологія - передбачати заходи щодо обмеження викривлень (жорстке закріплення, раціональна послідовність зварювання, використання багат шарових швів) [3].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		9

Ще однією важливою особливістю є схильність до утворення гарячих тріщин у металі шва. Це пов'язано з наявністю домішок і особливостями кристалізації аустеніту. Для підвищення технологічності необхідно правильно підбирати зварювальні матеріали - як правило, з підвищеним вмістом феритної фази в наплавленому металі, що зменшує ризик тріщиноутворення. Також важливо обмежувати тепловкладення і уникати перегріву [3].

З точки зору оброблюваності, сталь 08X18H10T є більш складною у механічній обробці, ніж вуглецеві сталі, через її високу в'язкість і схильність до наклепу. Це означає, що при виготовленні корпусу клапана необхідно застосовувати спеціальний інструмент, оптимальні режими різання та охолодження. Водночас ця особливість не є критичною і компенсується високими експлуатаційними властивостями матеріалу [3].

Щодо зварюваності, сталь 08X18H10T відноситься до добре зварюваних матеріалів і, як правило, не потребує попереднього підігріву. Це значно спрощує технологічний процес і підвищує його економічність. Однак необхідно контролювати міжшарову температуру та забезпечувати чистоту кромок, оскільки забруднення можуть призвести до пористості або зниження корозійної стійкості шва.

Важливим фактором технологічності є також відсутність обов'язкової післязварювальної термообробки у більшості випадків. На відміну від деяких інших сталей, ця сталь не потребує обов'язкового відпуску для зняття напружень, що спрощує виробництво корпусів засувок. Проте у відповідальних конструкціях або при роботі в агресивних середовищах може застосовуватися стабілізуючий відпал.

З урахуванням експлуатаційних вимог корпус клапана зі сталі 08X18H10T повинен мати високу точність геометрії ущільнювальних поверхонь і герметичність, що досягається шляхом поєднання якісного зварювання та подальшої механічної обробки. Технологічність у цьому випадку залежить також від можливості виконання контролю якості - матеріал добре піддається

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		10

неруйнівним методам контролю (ультразвуковому, капілярному), що є додатковою перевагою [3].

Отже, технологічність виготовлення зварного корпусу клапана зі сталі 08X18H10T загалом є високою завдяки добрій зварюваності, корозійній стійкості та відсутності необхідності у складній термообробці. Водночас, вона потребує врахування специфічних властивостей матеріалу - низької теплопровідності, високого теплового розширення та схильності до гарячих тріщин. Раціональне конструювання, правильний вибір режимів зварювання і матеріалів, а також дотримання технологічної дисципліни дозволяють ефективно реалізувати процес виготовлення і забезпечити високу якість кінцевого виробу.

1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності

Основним матеріалом для виготовлення виробу є корозійностійка нержавіюча сталь аустенітного класу 08X18H10T, котра застосовується: для виготовлення тонколистового прокату; поковок деталей загального машинобудування; безшовних труб; деталей хімічної апаратури, що працює в середовищах підвищеної агресивності (розчинах азотної, оцтової кислот, розчинах лугів і солей); теплообмінників, муфелей, труб, деталей пічної арматури, електродів іскрових запальних свічок; присадкового і зварювального дроту; апаратів і обладнання харчової промисловості; товарів народного споживання, деталей автомобілебудування і транспортного машинобудування; з'єднань обладнання, що працює в радіоактивних середовищах і контактує з агресивним середовищем; тонкостінних холодно-і тепло-деформованих труб, призначених для трубопроводів і конструкцій різного призначення; кованих та штампованих заготовок деталей нестационарних установок енергомашинобудування; холоднокатаного прокату і гнутих профілів,

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		11

призначених для виготовлення обшивки і каркасу кузовів пасажирських вагонів; безшовних холоднокатаних, холоднотягнутих і теплокатаних труб, призначених для трубопроводів і арматури підвищеної якості. Дана сталь постачається за хімічним складом і механічними властивостями згідно ГОСТу 5632-72 [4]. Дані про хімічний склад і механічні властивості наведені в таблиці 1.1 і таблиці 1.2 [4].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад у % сталі 08X18H10T ГОСТ 5949-75

Хімічний елемент	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti
Вміст елементу у %	до 0,08	до 0,8	До 2	до 0,02	до 0,035	17-19	9-11	0,4-0,7

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 08X18H10T

$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	φ , %	KCU, Дж/см ²
196	495	40	55	-

Допустимий вміст вуглецю для роботи в агресивних середовищах в даній сталі залежить не тільки від вмісту вуглецю, але також залежить від вмісту в ній хрому та нікелю. В сталях, в яких вміст хрому більше 18%, а нікелю 9-11% кількість вуглецю може досягати 0,04%. При тимчасових витримках в області критичних температур корозійностійка аустенітна сталь не схильна до міжкристалічної корозії навіть при вмісті в ній вуглецю 0,07-0,08%. Зварювання даної сталі проводиться без обмежень при дотриманні технології зварювання [2].

1.4 Технічні умови на виготовлення виробу

Для даної конструкції встановлені наступні величини шорсткості поверхні :

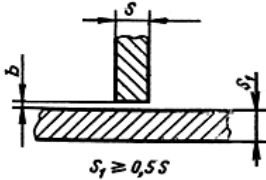
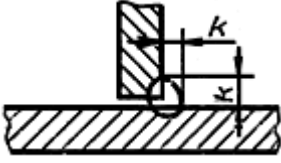
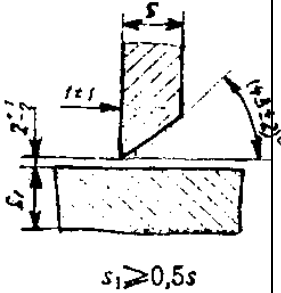
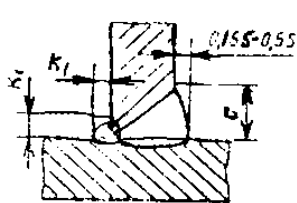
					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

- кромки патрубка – $Ra = 6.3$ мкм;
- внутрішньої поверхні фланця – $Ra = 6.3$ мкм;
- фланцевих отворів – $Ra = 12.5$ мкм;

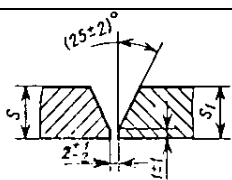
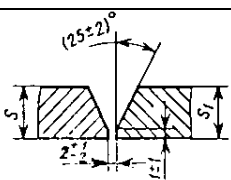
Шорсткість зовнішніх поверхонь які підлягають фарбуванню $Ra \leq 100$ мкм, внутрішніх необроблюваних поверхонь $Ra \leq 12,5$ мкм.

Шви зварних з'єднань при напівавтоматичному та автоматичному зварюванні повинні бути виконані згідно ГОСТ 5264-80. Для даних товщин деталей використовується зварні з'єднання номером Т7, Т1 таблиця 1.3, а також зварне з'єднання С17 за ГОСТ 14771-76 (таблиця 1.4).[5]

Таблиця 1.3 – Типи зварних з'єднань за ГОСТ 5264-80

Умовне позначення зварного з'єднання	Конструктивні елементи		S, мм	R±1	e	
	підготовлених кромки зварювальних деталей	зварного шва			Номін.	Граничне відхилення
T1			5 до 40	-	-	+ 1,5
T7			17 до 20	-	-	± 3

Таблиця 1.4 – Тип зварного з'єднання за ГОСТ 14771-76

Умовне позначення зварного з'єднання	Конструктивні елементи		S, мм	e		g	
	Підготовлених кромки зварювальних деталей	Зварного шва		Номін.	Гран. Відх.	Номін.	Гран. Відх.
C17			Св.20 до 24	30	±3	+ 2 -1,5	+ 1,5

Для зварних швів, за виключенням підлягаючих ультразвуковому контролю, з'єднання деталей товщиною не менш 21 мм, не допускаються зовнішні дефекти.

1.5 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу

Стандартний технологічний процес складання та зварювання корпусу клапана для трубопроводів є складним багатостадійним процесом, який повинен забезпечити високу міцність, герметичність і точність геометрії виробу. Корпус клапана працює під внутрішнім тиском робочого середовища, тому до нього висуваються підвищені вимоги щодо якості зварних з'єднань і відсутності дефектів.

На початковому етапі виконують підготовку деталей до складання і зварювання. Вихідні заготовки (литі або ковані частини корпусу, патрубків, фланці) піддають механічній обробці: очищають від окалини, іржі, мастил і забруднень, обробляють кромки під зварювання відповідно до креслень (формують V-, X- або U-подібні фаски). Особливу увагу приділяють точності обробки ущільнювальних поверхонь і посадочних місць. Перед складанням проводять контроль матеріалу та геометрії деталей [5].

Далі здійснюється попереднє складання корпусу. Деталі встановлюють у складальні пристосування (кондуктори), що забезпечують правильне взаємне розташування елементів і фіксацію геометрії. Вузли центрують, перевіряють співвісність патрубків і паралельність фланців. Після цього виконують прихватки - короткі зварні шви, які тимчасово закріплюють деталі. Кількість і розташування прихваток вибирають так, щоб мінімізувати деформації під час основного зварювання.

Наступним етапом є попередній підігрів, якщо це передбачено технологією (особливо для товстостінних або легованих сталей). Підігрів зменшує температурні напруження та ризик утворення тріщин.

Основний етап - зварювання корпусу клапана. Його виконують відповідно до затвердженого технологічного процесу (WPS). Зварювання, як правило, проводять багат шаровим способом із дотриманням певної послідовності накладання швів. Часто застосовується симетричне зварювання або зварювання від середини до країв, щоб зменшити деформації. Для товстих стінок використовують кілька проходів із контролем міжшарової температури. Залежно від матеріалу та вимог можуть застосовуватися різні способи зварювання: ручне дугове, напівавтоматичне в захисних газах або автоматичне під флюсом. У процесі зварювання контролюють режими - силу струму, напругу, швидкість подачі дроту, щоб уникнути перегріву та дефектів [5].

Після завершення зварювання проводять очищення та первинний контроль швів - видаляють шлак, бризки металу, візуально перевіряють якість. Далі корпус піддають термічній обробці (як правило, відпуску) для зняття залишкових напружень і покращення структури металу. Для цього виріб нагрівають до визначеної температури з подальшим контрольованим охолодженням.

Наступний етап - механічна обробка. Після зварювання і термообробки виконують остаточну обробку поверхонь: розточування внутрішніх порожнин,

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

обробку ущільнювальних сідел, фланців, різбових елементів. Це необхідно для забезпечення точності, герметичності та правильного функціонування клапана.

Дуже важливим є контроль якості зварних з'єднань. Окрім візуального огляду, застосовують неруйнівні методи контролю: ультразвуковий, радіографічний (рентген), магнітопорошковий або капілярний. Це дозволяє виявити внутрішні дефекти - пори, тріщини, непровари. Після цього проводять гідравлічні або пневматичні випробування корпусу на міцність і герметичність під тиском, що перевищує робочий.

Завершальним етапом є фінішна обробка та приймання виробу. Корпус очищають, за потреби наносять антикорозійне покриття, маркують і передають на складання всього клапана або на склад готової продукції.

Отже, стандартний технологічний процес складання та зварювання корпусу клапана включає послідовні етапи підготовки, складання, зварювання, термічної та механічної обробки, а також багаторівневого контролю. Чітке дотримання цього процесу забезпечує надійність, довговічність і безпечну експлуатацію трубопровідної арматури.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		16

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування

2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання

Вибір способу зварювання залежить насамперед від серії виробництва або річної програми випуску деталей. В даному випадку виробництво є серійне, тому тут ми використаємо автоматичні і напівавтоматичні способи зварювання.

Використання автоматизованих видів зварювання є доцільним тому, що для кожного автомата і напівавтомата будуть встановлені певні режими, також встановлена певна послідовність операцій яка забезпечить безперебійну роботу і серійний випуск продукції.

Керуючись вище написаним обґрунтуванням, для прихоплення кільця з корпусом та приварювання втулок будемо використовувати напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів та зварювання кільця з корпусом будемо виконувати під шаром флюсу. Вибрані способи зварювання мають ряд переваг відносно ручного дугового зварювання: [6]

- висока продуктивність зварювання, яка перевищує продуктивність ручного зварювання в 5...15 разів. Вона забезпечує застосування більших струмів;

- висока якість зварного шва внаслідок хорошого захисту металу зварювальної ванни розплавленим шлаком від кисню й азоту повітря, легування металу шва, збільшення щільності металу при повільному охолодженні під шаром шлаку;

- економія електроенергії за рахунок більш повного використання теплоти дуги. Витрати електроенергії при автоматичному зварюванні зменшуються на 30...40% [6].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для прихоплення кільця з корпусом застосовують напівавтоматичне зварювання та електродний дріт марки Св-04Х19Н11М3 діаметром 1,6 мм. Дані матеріали призначені для зварювання, а також для наплавлення конструкцій з різних корозійностійких хромонікелевих і хромонікелемолібденових сталей, коли вони працюють в агресивних середовищах при температурі до 350°C і коли вони не піддаються термообробці після зварювання. Зварювання проводиться постійним струмом зворотної полярності, у всіх просторових положеннях, крім вертикального зверху вниз [7].

Зварювання проводиться під шаром флюсу з використанням зварювального дроту Св-04Х19Н11М3 діаметром 3мм і флюсу АН-26С. Зварювальний дріт Св-04Х19Н11М3 виготовляється згідно ГОСТу 2246-70, дріт володіє низьким вмістом вуглецю, до 0,06%, а також пониженим вмістом сірки, що зменшує ймовірність виникнення холодних та гарячих тріщин, а також покращує якість зварного з'єднання (хімічний склад дроту наведений в таблиці 2.1). Флюс АН-26С виготовляється згідно ГОСТу 9087-81, призначений для зварювання корозійностійких і жароміцних сталей, забезпечує хорошу стійкість дуги, формування шва з плавним переходом до основного металу, низька здатність до утворення пор і тріщин (хімічний склад флюсу наведений в таблиці 2.2) [7].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад зварювального дроту Св-04Х19Н11М3

Хімічний елемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
вміст елементу у %	0,06	0,06	1,02-2,0	18,0-20,0	10,0-12,0	2,0-3,0

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу АН-26С (%)

Хімічний елемент	SiO ₂	MnO	MgO	CaF ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	S	P
Вміст елементу у %	28-32	14-18	6,5-10,5	9-13	13-17	< 2	< 0,05	< 0,05

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ			Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата				18

Втулки приварюють до корпусу напівавтоматичною зваркою в середовищі захисних газів, використовуючи зварювальний дріт СВ-04Х19Н11М3 діаметром 2 мм і суміші захисного газу: $Ar + O_2$. Для захисту зварювальної ванни при напівавтоматичному зварюванні використаємо суміш газів кисню – O_2 і аргону – Ar . Захисні гази поступають на робочі місця в балонах ємністю 40 л з робочим тиском 0,2-15 МПа, Ar -15 Мпа ,в нашому випадку ми використаємо камеру з газовою сумішшю $98\%Ar + 2\%O_2$. [7]

2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

Розраховуємо параметри режимів зварювання для таврового з'єднання, виконаного в середовищі захисного газу (рисунк 2.1).

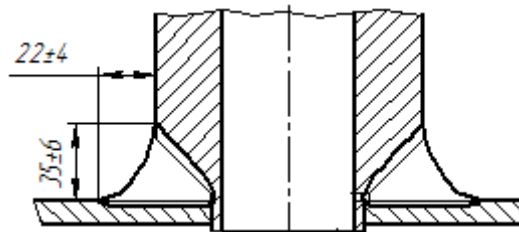


Рисунок 2.1 – Схема таврового з'єднання Т7

1) Визначаємо силу зварювального струму $I_{зв}$, А.

Розрахунок зварювального струму при зварюванні дротом суцільного перетину обчислюється за наступною формулою :

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot a}{4}, \text{ А} \quad (2.1)$$

де a – густина струму в електродному дроті, А/мм² (при зварюванні в середовищі захисного газу $a = 110 \div 130$ А/мм²);

d_e – діаметр електродного дроту, мм.

Механізовані способи зварювання дозволяють застосовувати значно більші щільності струму в порівнянні з ручним зварюванням, за рахунок меншої довжини вильоту електрода.

Для того, щоб знайти силу зварювального струму потрібно знайти діаметр електродного дроту. [8]

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		19

В основу вибору діаметра електродного дроту покладені ті ж принципи , що й при виборі діаметра електрода при ручному дуговому зварюванні, які полягають в залежності від товщини металу. Діаметр дроту вибирається із таблиці 2.3 [9].

Таблиця 2.3 – Залежність електродного дроту від товщини металу

Товщина металу,мм	1-2	3-6	6-24 і більше
Діаметр електродного дроту d_e ,мм	0,8-1,0	1,2-1,6	2,0

Так, як товщина зварювального виробу 22 мм, вибираємо електродний дріт $d_e=2$ мм.

Підставивши числові значення у формулу (2.1) визначаємо силу зварювального струму:

$$I_{зв} = \frac{3.14 \cdot 2^2 \cdot 120}{4} = 380 \text{ (A)}$$

2) Визначаємо напругу на дузі.

Напруга на дузі U_d ,В, обчислюється за наступною формулою :

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \cdot I_{зв}, \text{В} \quad (2.2)$$

де $I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм.

Підставивши числові значення у формулу (2.2) отримаємо :

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \cdot 380 = 32 \text{ (В)}$$

3) Визначаємо швидкість подачі електродного дроту.

Швидкість подачі електродного дроту $V_{n.др}$, м/год, обчислюємо за наступною формулою :

$$V_{n.др} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{др} \cdot 7,8}, \text{м/год} \quad (2.3)$$

де α_p - коефіцієнт розплавлювання дроту, г/А·год;

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		20

ρ – густина металу електродного дроту, г/см³ (для сталі $\rho = 7,8$ г/см³).

Значення α_p розраховується за формулою :

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{I_{36}}{d_e}, \text{г/А} \cdot \text{год} \quad (2.4)$$

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{380}{2} = 18,2 \text{ (г/А} \cdot \text{год)}$$

Підставивши числові значення у формулу (2.3) отримаємо:

$$V_{n.dp} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 377}{3,14 \cdot 2 \cdot 7,8} = 56,4 \text{ (м/год)}$$

4) Визначаємо швидкість зварювання.

Швидкість зварювання V_{36} , м/год, розраховується по формулі (2.5) :

$$V_{36} = \frac{\alpha_n \cdot I_{36}}{100 \cdot F \cdot \rho}, \text{м/год} \quad (2.5)$$

де α_n - коефіцієнт наплавлення, г/А·год; $\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \Psi)$, де Ψ – коефіцієнт втрат металу на угар і розбризкування. При зварюванні в середовищі вуглекислого газу $\Psi = 0,1 - 0,15\%$; F - площа поперечного перерізу одного валика ($F = 24$ мм²).

$$\alpha_n = 18,2 \cdot (1 - 0,1) = 16,3 \text{ (г/А} \cdot \text{год)}$$

Знаходимо швидкість зварювання :

$$V_{36} = \frac{16,3 \cdot 380}{100 \cdot 0,24 \cdot 7,8} = 33,1 \text{ (м/год)}$$

5) Маса наплавленого металу.

Маса наплавленого металу G_H , г, при зварюванні розраховується за формулою :

$$G_H = F \cdot l \cdot \rho, \text{г} \quad (2.6)$$

де l – довжина шва, вона рівна 257 мм ; ρ – густина наплавленого металу (для сталі $\rho = 7,8$ г/см³) ;

$$G_H = 0,24 \cdot 257 \cdot 7,8 = 481 \text{ (г)}$$

6) Визначаємо час горіння дуги.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		21

Час горіння дуги t_0 , год визначається за формулою (2.7) :

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{36} \cdot \alpha_n}, \text{ год} \quad (2.7)$$

$$t_0 = \frac{481}{380 \cdot 16,3} = 0,07 \text{ (год)}$$

8) Визначаємо повний час зварювання.

Повний час зварювання T , год визначається за формулою (2.8) :

$$T_0 = t_0 / k_n, \text{ год} \quad (2.8)$$

де k_n – коефіцієнт використання зварювального поста, ($k_n = 0,6 \div 0,57$).

$$T_0 = 0,07 / 0,6 = 0,11 \text{ (год)}$$

9) Визначаємо витрату електродного дроту.

Витрата електродного дроту G_∂ , г визначається за формулою (2.9) :

$$G_\partial = G_n \cdot (1 + \psi), \text{ г} \quad (2.9)$$

де G_n - маса наплавленого металу, г; ψ - коефіцієнт втрат ($\psi = 0,1-0,15$).

$$G_\partial = 481 \cdot (1 + 0,15) = 553,1 \text{ (г)}$$

10) Визначаємо витрату електроенергії.

Витрати електроенергії A , кВт обчислюється за формулою (2.10)

$$A = \frac{U_\partial \cdot I_{36}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0), \text{ кВт} \quad (2.10)$$

де U_∂ - напруга дуги, В; η - ККД джерела живлення: при постійному струмі $0,6 \div 0,7$, при змінному $0,8 \div 0,9$; W_0 - потужність джерела живлення, що працює на холостому ході, кВт. На постійному струмі $W_0 = 2,0 \div 3,0$ кВт, на змінному – $W_0 = 0,2 \div 0,4$ кВт.

$$A = \frac{32 \cdot 380}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,07 + 2,0 \cdot (0,11 - 0,07) = 1,5 \text{ (кВт)}$$

11) Визначаємо розхід захисного газу.

Кількість витраченого газу значній мірі впливає на якість зварного шва. Кількість витрати газу залежить від режиму зварювання та форми і розміру

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		22

зварювального виробу. Зі збільшенням витрати газу зменшується значення коефіцієнтів наплавлення та розплавлення. Оскільки стовп дуги охолоджується газом, що поступає в зону зварювання. В даному випадку при зварюванні силою струму 380 А розхід 20 л/хв. Залежність витрати газу від сили струму вибираємо з таблиці 2.4 [8].

Таблиця 2.4 - Залежність витрати газу від сили зварювального струму

Сила зварювального струму, А	50÷60	90÷100	150÷160	200÷240	280÷300	360÷380	430÷450
Напруга дуги, В	17-28	19-20	21-22	25-27	28-30	30-32	32-34
Витрати газу, л/хв	8-10	8-10	9-10	15-16	15-16	18-20	18-20

Перед початком зварювання необхідно відрегулювати витрату газу й почекати 20-30 секунд до повного видалення повітря зі шлангів. Перед запалюванням дуги необхідно стежити, щоб виліт електрода з мундштука не перевищував 20 - 25 мм. Зварювання ведуть на максимальній довжині дуги, з максимальною швидкістю. При достатньому газовому захисті уникають пропалів і забезпечують нормальне формування шва. Виходячи із проведених розрахунків напівавтоматичне зварювання в суміші захисних газів Ar+CO₂ кільцевого шва проводимо на наступних параметрах режиму зварювання (таблиця 2.5) [7].

Таблиця 2.5 – Режими напівавтоматичного зварювання в середовищі Ar+CO₂

№ шва	Сила зварювального струму, А	Діаметр електродного дроту, мм	Напруга на дузі, В	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість зварювання, м/год	Рід і полярність струму
6	380	2	32	56,4	33	Зворотня
7	380	2	32	56,4	33	Зворотня
8	380	2	32	56,4	30	Зворотня

Розрахунок параметрів зварювання для автоматичного зварювання для таврового з'єднання Т1.

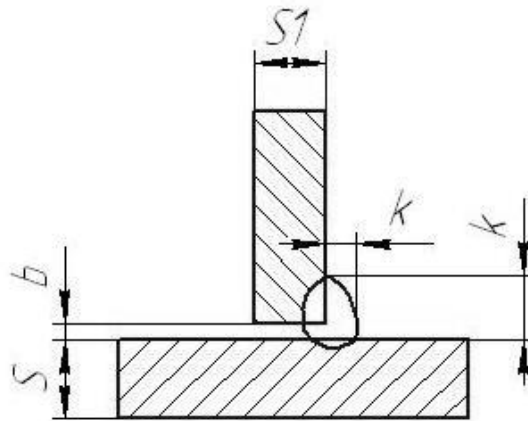


Рисунок 2.2 – Переріз таврового з'єднання Т1

1) Силу зварювального струму $I_{зв}$, А розраховуємо за формулою (2.11) :

$$I_{зв} = H / K_n, \text{ А} \quad (2.11)$$

де H - глибина провару обчислюється за формулою (2.12);

K_n - коефіцієнт пропорційності, який рівний 1,45.

$$H = 0,0155 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\varphi_{np}}}, \quad (2.12)$$

де q_n - погонна енергія, яка визначається за формулою (2.13);

φ_{np} - коефіцієнт форми провару, що рівний 1,1.

$$q_n = 14500 \cdot F_n, \text{ кДж} \quad (2.13)$$

де F_n - площа поперечного січення наплавленого металу обчислюється за заданим катетом шва, катет шва №5 дорівнює 10 мм. Визначаємо площу поперечного січення за формулою (2.14) :

$$F_n = k^2 / 2, \text{ мм}^2 \quad (2.14)$$

$$F_n = 10^2 / 2 = 50 (\text{мм}^2)$$

Визначаємо силу струму і глибину провару :

$$q_n = 14500 \cdot 50 = 72500 (\text{кДж})$$

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		24

$$H = 0,0155 \cdot \sqrt{\frac{72500}{1,1}} = 4 (\text{см})$$

$$I_{3\phi} = \frac{4}{1,1} \cdot 100 = 362 (\text{А})$$

2) Визначаємо діаметр електродного дроту за формулою (2.15) :

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{3\phi}}{\gamma}}, \text{ мм} \quad (2.15)$$

де γ - густина струму в електродному дроті А/мм² (для зварювання під шаром флюсу $\gamma = 35 - 60$ А/мм²);

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{362}{60}} = 3 (\text{мм})$$

3) Визначаємо напругу на дузі U_ϕ , В за наступною формулою (2.16) :

$$U_\phi = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}}, \text{ В} \quad (2.16)$$

$$U_\phi = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 20 (\text{В})$$

4) Знаходимо швидкість зварювання $V_{3\phi}$, м/год за формулою (2.17) :

$$V_{3\phi} = \frac{A}{I_{3\phi}}, \text{ м/год} \quad (2.17)$$

де А – коефіцієнт який вибирається в наступних межах (таблиця 2.6) [8].

Таблиця 2.6 – залежність коефіцієнта А від діаметра електроду

$d_e, \text{мм}$	2	3	4	5	6
$A, \text{А} \cdot \text{м/год}$	$(8 - 12) \times 10^3$	$(12 - 16) \times 10^3$	$(16 - 20) \times 10^3$	$(20 - 25) \times 10^3$	$(25 - 30) \times 10^3$

$$V_{3\phi} = \frac{1200}{362} = 32 (\text{м/год})$$

5) Обчислюємо швидкість подачі електродного дроту $V_{n.\phi p}$, м/год за наступною формулою (2.18):

$$V_{n.\phi p} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{3\phi}}{\pi \cdot d_e \cdot 7,8}, \text{ м/год} \quad (2.18)$$

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		25

де α_p - коефіцієнт розплавлення дроту, г/А·год ; ρ – густина металу електродного дроту, г/см³ (для сталі $\rho = 7,8$ г/см³).

Значення α_p знаходимо за формулою (2.19) :

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{I_{36}}{d_e}, \text{г/А·год} \quad (2.19)$$

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{362}{3} = 12,6 \text{ (г/А·год)}$$

$$V_{n.dp} = \frac{4 \cdot 12,6 \cdot 362}{3,14 \cdot 3 \cdot 7,8} = 24,8 \text{ (м/год)}$$

6) Маса наплавленого металу G_H , г розраховується за формулою (2.20) :

$$G_H = F \cdot l \cdot \rho, \text{г} \quad (2.20)$$

де l – довжина шва, мм; ρ - густина наплавленого металу (для сталі $\rho = 7,8$ г/см³).

$$G_H = 5 \cdot 12 \cdot 7,8 = 468 \text{ (г)}$$

7) Час горіння дуги t_0 , год обчислюємо за формулою (2.21) :

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{36} \cdot \alpha_n}, \text{ год} \quad (2.21)$$

$$t_0 = \frac{468}{362 \cdot 12} = 0,1 \text{ (год)}$$

8) Визначаємо повний час зварювання T , год за формулою (2.22) :

$$T = \frac{t_0}{k_n}, \text{ год} \quad (2.22)$$

де k_n - коефіцієнт використання зварювального поста ($k_n = 0,5 - 0,57$)

$$T = \frac{0,1}{0,55} = 0,18 \text{ (год)}$$

9) Витрата електродного дроту G_o , г визначається за формулою (2.23) :

$$G_o = G_n \cdot (1 + \psi), \text{г} \quad (2.23)$$

де G_n - маса наплавленого металу, г; ψ – коефіцієнт втрат ($\psi = 1,1$).

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

$$G_{\partial} = 468 \cdot (1 + 1,1) = 982,8 (\text{г})$$

10) Визначаємо витрату флюсу G_{ϕ} , г за формулою (2.24) :

$$G_{\phi} = G_n \cdot l, \text{г} \quad (2.24)$$

$$G_{\phi} = 982,8 \cdot 5,5 = 5405 (\text{г})$$

11) Витрату електроенергії А, кВт обчислюємо за формулою (2.25): [8]

$$A = \frac{U_{\partial}}{\alpha_n \cdot \eta \cdot k_n}, \text{кВт} \quad (2.25)$$

де η – ККД джерела живлення, при постійному струмі $0,6 \div 0,7$, а при змінному $0,8 \div 0,9$.

$$A = \frac{20}{12 \cdot 0,8 \cdot 0,5} = 4,1 (\text{кВт})$$

Таблиця 2.7 – Режими автоматичного зварювання під шаром флюсу

№ шва	Сила зварювального струму, А	Діаметр електродного дроту, мм	Напруа на дузі, В	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість зварювання м/год
5	362	3	20	24,8	32
4	340	3	20	27,3	34

2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування

Визначивши режими зварювання, а також способи зварювання вибираємо обладнання. В даному випадку для зварювання виробу виходячи із товщини металу і способу зварювання, режимів зварювання, протяжності швів, а також зварювальних матеріалів ми можемо підібрати зварювальне обладнання яке дозволить максимально підвищити, механізувати та автоматизувати процес зварювання тим самим підвищити якість зварних швів, і конструкції в цілому. Виходячи з цього, ми виберемо напівавтомат для зварювання в середовищі захисних газів VST-457-2 (рисунок 2.3), для автоматичного зварювання під шаром флюсу зварювальну головку для зварювання кільцевого шва

Для зварювання втулок і фланців із корпусом використовуємо напівавтомат VST-457-2 призначений для зварювання низьковуглецевих сталей, хромонікелевих сплавів, кольорових металів, в самих жорстких умовах експлуатації [9].

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика напівавтомата VST-457-2 [9].

Найменування параметра	Значення
Напруга мережі, В	3х380
Діаметр дроту, мм	0,8-2
Споживана потужність, кВа: при ТВ 100% при ТВ 60%	16,7 24,4
ККД, %	80(200А)
Діапазон зварювального струму, А	35...500
Зварювальний струм 10хв/25оС, А: при ТВ 60% при ТВ 100%	450 360
Робоча напруга, В	15,8...39,0
Напруга холостого ходу, В	54
Кількість ступенів переключення	4х7
Кількість дросельних відводів	3
Габаритні розміри джерела, мм	895х465х860
Маса джерела, кг	146
Маса механізму подачі VR574R, кг	17



Рисунок 2.3 – Зварювальний напівавтомат VST-457-2

Для зварювання кільцевого шва використаємо зварювальну головку Зварювальна головка - пристрій для подачі зварювального дроту, котрий може функціонувати окремо або як частина зварювального автомата .Використовуємо зварювальну головку А1416 [9].

Автомат підвісний самохідний А1416 призначений для одно дугової зварки і наплавки суцільним дротом під шаром флюсу і в середовищі захисних газів низьковуглицевих і легованих сталей на постійному струмі із незалежним від параметрів дуги швидкостями зварювання і подачі електродного дроту [9].

Ступінчасте регулювання швидкості зварювання і подачі електродного дроту забезпечують бездоганне виконання встановлених режимів. Простота конструкції і схема управління надають автомату високу надійність. Технічні характеристики автомату А1416 наведені в таблиці 2.9 [9].

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики автомату А1416 [9]

Параметри	Значення
Частота струму живлячої мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А	при ПВ="100% 1000
Діапазон регулювання зварювального струму, А	при ПВ="100% 1000
Кількість електродів, шт	1
Діаметр суцільного електродного дроту, мм	1,2 ч 2,0 2,0 ч 5,0
Границі східчастого регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/г	47 ч 509
Діапазон східчастого регулювання швидкості зварювання, м/г	12 ч 120
Вертикальне переміщення зварювальної головки: - хід, мм - швидкість ,м/год	250 29,4
Поперечне переміщення зварювальної головки: - хід,мм - швидкість,м/год	±75 від руки
Регулювання кута нахилу електроду (мундштуку), град	±25 ручное
Маршова швидкість переміщення зварювальної головки, м/год	950
Флюсоаппаратура:	

- обсяг, дм ³	25
- витрати повітря, м ³ /год	30
- висота усмоктування флюсу, м	2
Маса, кг:	
- зварювальної голови	320 ч 295
- джерела живлення	550

В якості джерела живлення використаємо зварювальний випрямляч марки ВДУ-506, тому що такі випрямлячі володіють не тільки жорсткою вольт-амперною характеристикою, а й крутопадаючою і зростаючою характеристиками [9]. Технічні характеристики випрямляча наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики ВДУ – 506 [9]

Параметри	Значення
Напруга, В:	
- мережі живлення	380,220
- робоча	17-35
- холостого ходу	58-65
Зварювальний струм, А:	
- номінальний	500
- мережі регулювання	50-500
Режим роботи ПВ, %	65
Номінальна потужність, кВт	67
Габарити, мм	910×612×960
Маса, кг	320

2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

2.2.1 Заготівельні операції

Заготовки листів поставляють у зварювальний цех і складаються у спеціально відведеному місці (складі). Із складу лист подається на листоправильний стенд (рисунок 2.4), проходить через правильні ролики внаслідок чого вирівнюються і усуваються всі деформації які виникли на етапі транспортування. По цеху переміщення листів здійснюється за допомогою автокарів.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		30

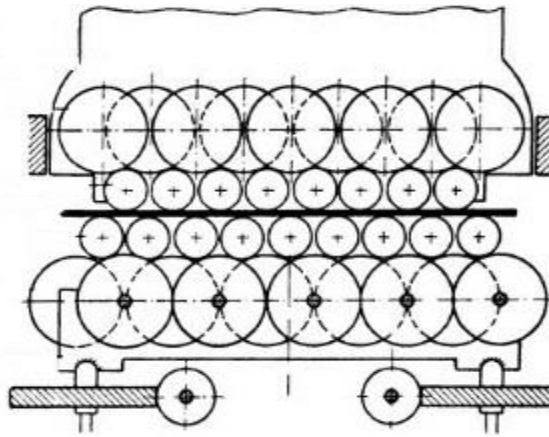


Рисунок 2.4 – Листопрямильний стенд

Після вальцювання листи подаються на стенд для різання. На стенді проводиться розмічування заготовок із врахуванням допусків. Різання виконують плазморовітом. Вирізані деталі складаються у спеціально відведеному місці, а залишки металу подаються на повторну переробку [10].

На штампувальну машину подаються раніше вирізані деталі. За допомогою встановлених необхідних форм проводиться штампування деталей, після чого вони набувають потрібної форми. Штамповані деталі подаються на кромкоостругальний верстат де проводиться розробка кромки. По закінченні операцій деталі подаються на зварювальну дільницю.

Зварювальна дільниця обладнана таким обладнанням: переміщення зварного виробу відбувається за допомогою консольного крану вантажопідйомністю 1 т, складання під зварювання виконується на слюсарному столі; обертання виробу під час зварювання виконується за допомогою зварювального обертача; переміщення зварювальних автоматів відбувається за допомогою колони ПК1 даний виріб зварюється напівавтоматом фірми Fronius марки VST-457-2; зварювальною головкою A1416; захисний газ для захисту зварювальної ванни подається з баллона з газовою сумішшю: 82% аргону + 18% CO₂, зварювальна дільниця обладнана спеціальною розробленою рамою (підставка), котра зварена зі швелерів, щоб закріпити між собою боковини під час виконання процесу зварювання, також до дільниці підведений електричний

струм напругою 220В і 380В для живлення електрообладнання і ще кожна зварювальна дільниця обладнана припливно-витяжною витяжною. [10].

2.2.2 Розробка технології складання та зварювання

На пост складання поступають корпус і втулки герметичного клапана. Після чого корпус за допомогою консольного крану ставлять на маніпулятор, прикріплюють до планшайби маніпулятора за допомогою підставки, втулки вставляють в корпус і кріплять за допомогою оправки, виставляють їх по мітках, виконують прихоплення втулок з корпусом та зварюють в середовищі захисних газів. Далі зачищають навколошовну зону від шлаку і бризгів. В закріпленій на маніпуляторі корпус з втулками вставляють кільце, яке прижимають струбциною до корпусу. Місце виконання шва обезжирюється на ширину не менше 20 мм. Після чого проводимо зварювання кільцевого шва під шаром флюсу. Після зварювання потрібно зачищати поверхню валика від шлаку і провести ретельний огляд зварного шва і навколошовної зони з метою виявлення дефектів. При наявності підрізів, значних нерівностей, а також пор, процес зварювання продовжити після повного усунення дефекту [10].

Наступною операцією буде приварювання фланця. Закріплену на маніпуляторі деталь знімають, встановлюють на неї фланець, прикріплюють і проводять зварювання фланця до корпусу напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів.

Приварювання косинки і серьги здійснюється на цьому ж маніпуляторі і тим самим зварюванням. При зварюванні використовують підкладне кільце для зменшення об'єму робіт зі зварювання.

При зварюванні стиків даної конструкції виникає необхідність проводити велику кількість зварювальних робіт у зв'язку з великою товщиною стінок зварного виробу. Зварювання доводиться виконувати у декілька проходів, зростає ймовірність виникнення дефектів у зварному з'єднанні, великі витрати часу та матеріалів для проведення зварювання. Для того, щоб зменшити об'єм зварювальних робіт використовуємо підкладне кільце [11].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

Підкладне кільце являє собою коло діаметром 500 мм, виготовлене з тої ж сталі, що і корпус герметичного клапана. Підкладне кільце встановлюється у розроблення кромки і проводиться зварювання (рисунки 2.5). Параметри режиму зварювання даного шва розраховані таким чином, що забезпечують проплавлення підкладного кільця і сплавлення його з основним металом.

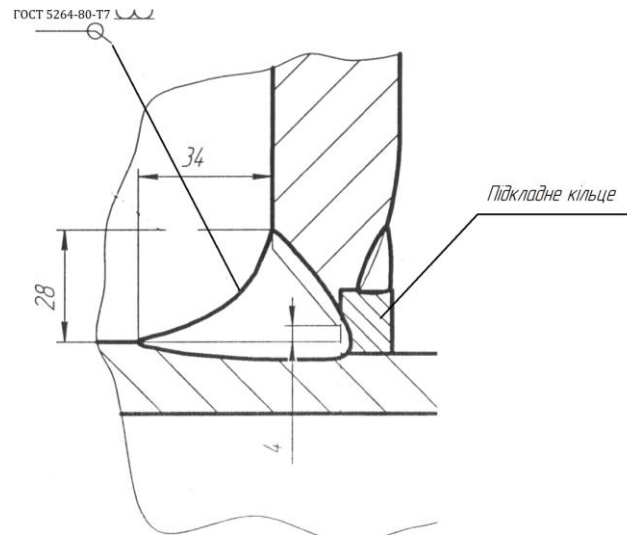


Рисунок 2.5 – Монтаж та зварювання шва з підкладним кільцем

Отже, застосування підкладного кільця скорочує об'єм зварювальних робіт, трудомісткість процесу, підвищує якість зварного з'єднання, знижує собівартість виготовлення виробу.

2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

Зварювання корпусу клапана, що застосовується в трубопровідній арматурі, є відповідальним процесом, оскільки цей елемент працює під тиском, температурними навантаженнями та повинен забезпечувати герметичність. У процесі зварювання через локальний нагрів і подальше нерівномірне охолодження виникають залишкові напруження та деформації, які можуть призвести до викривлення корпусу, появи тріщин, порушення геометрії ущільнювальних поверхонь і, як наслідок, до втрати працездатності виробу. Тому боротьба з цими явищами є ключовим завданням технології зварювання.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		33

Перш за все, важливу роль відіграють конструктивні заходи. Конструкція корпусу клапана повинна бути максимально раціональною: уникати різких переходів товщини стінок, гострих кутів і концентраторів напружень. Бажано забезпечити симетричність відносно основних осей, оскільки це сприяє рівномірному розподілу теплових деформацій. Також необхідно прагнути до зменшення об'єму наплавленого металу, що досягається правильним вибором типу розробки кромки (наприклад, Х-подібної замість односторонньої). Розташування зварних швів має бути продуманим: їх розміщують симетрично або так, щоб взаємно компенсувати деформації. У ряді випадків застосовують тимчасові підсилюючі елементи або ребра жорсткості, які знімають після завершення зварювання [12].

Другу групу становлять технологічні заходи, що безпосередньо реалізуються під час зварювання. Одним із найефективніших способів зменшення деформацій є правильний вибір послідовності накладання швів. Зварювання ведуть симетрично, часто від середини конструкції до країв, щоб уникнути накопичення деформацій в одному напрямку. Широко застосовується зворотно-ступінчастий метод, коли короткі ділянки шва накладають у напрямку, протилежному загальному напрямку зварювання. Це дозволяє частково компенсувати усадочні деформації. Замість одного масивного шару використовують багат шарове зварювання, що зменшує тепловкладення в кожному проході та покращує структуру металу шва. Обов'язковим є використання прихваток для попередньої фіксації деталей, а також спеціальних пристосувань (кондукторів), які утримують корпус у заданому положенні і перешкоджають його викривленню. Важливим фактором є контроль режимів зварювання - струму, напруги, швидкості - оскільки надмірне тепловкладення значно підсилює деформації [12].

Окреме значення мають теплові методи боротьби з напруженнями. Перед зварюванням часто застосовують попередній підігрів деталей, особливо якщо корпус виготовлений із легированих або товстостінних сталей. Це зменшує

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		34

температурні градієнти і, відповідно, рівень внутрішніх напружень. У процесі багат шарового зварювання контролюють міжшарову температуру, не допускаючи як перегріву, так і надмірного охолодження. Після завершення зварювання корпус клапана зазвичай піддають термічній обробці — відпуску для зняття залишкових напружень. Крім того, важливо забезпечити повільне й рівномірне охолодження виробу (наприклад, у печі або під теплоізоляційними матеріалами), щоб уникнути появи термічних тріщин.

До механічних методів належить виправлення деформацій після зварювання шляхом рихтування або пресування. У разі потреби проводять механічну обробку - шліфування, розточування посадкових поверхонь, що дозволяє відновити точність геометрії. Альтернативним способом зниження залишкових напружень є вібраційна обробка, яка може застосовуватися замість термічного відпуску для великих або складних корпусів.

Не менш важливими є заходи контролю та профілактики. На всіх етапах виготовлення проводять контроль геометричних параметрів корпусу, щоб своєчасно виявити відхилення. Після зварювання застосовують неруйнівні методи контролю (ультразвуковий, радіографічний, капілярний), які дозволяють виявити внутрішні дефекти та тріщини, що можуть бути наслідком надмірних напружень. Також важливо правильно підбирати зварювальні матеріали - електроди або дріт - із урахуванням властивостей основного металу [12].

Таким чином, боротьба зі зварювальними напруженнями та деформаціями при виготовленні корпусу клапана є комплексною задачею, що включає раціональне конструювання, оптимальну технологію зварювання, застосування теплових і механічних методів, а також постійний контроль якості. Лише поєднання цих заходів забезпечує отримання надійного, герметичного та довговічного виробу, придатного для експлуатації в умовах трубопровідних систем.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		35

2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку

Дана конструкція належить до відповідальних елементів, що експлуатуються під тиском, тому обґрунтований вибір методів контролю якості зварних з'єднань є визначальним фактором забезпечення її надійної та безпечної експлуатації. Вибір конкретних методів неруйнівного контролю залежить від рівня відповідальності об'єкта, на якому встановлюється виріб. Для відповідальних об'єктів застосовується комплексний підхід до контролю якості зварних з'єднань [13].

З урахуванням цього доцільно використовувати поєднання кількох методів неруйнівного контролю, зокрема візуального контролю при зварюванні в середовищі захисних газів, капілярного контролю, а також радіографічного контролю при зварюванні під шаром флюсу. Оскільки герметичний клапан функціонує в умовах підвищеної відповідальності та працює під тиском, візуальний і капілярний контроль застосовуються у повному обсязі (100%).

Візуальний контроль здійснюється з метою виявлення геометричних відхилень, механічних пошкоджень (подряпин, тріщин, пор, раковин, слідів корозії, розшарувань металу тощо), а також зовнішніх дефектів зварних швів, таких як непровари, поверхневі тріщини довільної орієнтації, подрізи, напливи, незаплавлені кратери, пори та пропалини. Контроль проводиться відповідно до вимог ДСТУ ISO 17637:2003. У процесі візуального контролю також ідентифікуються потенційно дефектні ділянки, які підлягають додатковому дослідженню іншими методами неруйнівного контролю. Такі зони попередньо маркуються для подальшої перевірки [13].

Візуальний огляд застосовується на всіх етапах виготовлення: при підготовці та складанні деталей, у процесі зварювання та після його завершення. Цей метод є універсальним, економічно доцільним і оперативним, тому використовується незалежно від застосування інших методів контролю.

Різновидом візуального контролю є візуально-оптичний контроль, що передбачає використання оптичних приладів. Його основними перевагами є

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

простота реалізації, відносно невисока трудомісткість і мінімальні вимоги до обладнання. При цьому кратність збільшення оптичних приладів зазвичай обмежується значенням 20–30, оскільки подальше її підвищення призводить до зменшення поля зору, глибини різкості та зниження продуктивності контролю.

Залежно від типу приймача випромінювання оптичні прилади поділяють на візуальні, детекторні та комбіновані. У візуальних приладах приймачем інформації є око оператора. Вони, у свою чергу, класифікуються за призначенням на три групи: прилади для контролю близько розташованих об'єктів (лупи, мікроскопи), прилади для контролю віддалених об'єктів (біноклі, оглядові труби, телевізійні системи) та прилади для дослідження внутрішніх або важкодоступних поверхонь (ендоскопи, перископічні дефектоскопи тощо).

Капілярні методи неруйнівного контролю базуються на здатності індикаторних рідин проникати в поверхневі та наскрізні дефекти матеріалу з подальшою візуалізацією індикаторних слідів. Вони призначені для виявлення дефектів типу порушення суцільності матеріалу, визначення їх локалізації, протяжності та орієнтації. Ці методи є універсальними та можуть застосовуватися для контролю виробів різної форми і розмірів, виготовлених із металів, сплавів, а також неметалевих матеріалів [12].

Ефективність капілярного контролю забезпечується за умови наявності відкритих дефектів, вільних від забруднень, глибина яких перевищує ширину їх розкриття. Капілярні методи поділяються на основні (що базуються виключно на капілярних явищах) та комбіновані, які поєднують декілька фізичних принципів контролю.

Основні методи класифікують за типом індикаторної речовини (проникаючі розчини, суспензії) та за способом отримання інформації (ахроматичні, кольорові, люмінесцентні, люмінесцентно-кольорові). Комбіновані методи, залежно від фізичної природи додаткових впливів, включають капілярно-електростатичні, капілярно-магнітні, капілярно-радіаційні та інші.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		37

Для реалізації капілярного контролю застосовують спеціальні дефектоскопічні матеріали, які формують комплект: очищувач, індикаторний пенетрант, вогнегасник та проявник. Вибір цих матеріалів здійснюється з урахуванням вимог до об'єкту контролю, його стану та умов проведення контролю. Вони повинні бути сумісними та забезпечувати максимальну чутливість методу [12].

Очищувачі та гасники класифікуються залежно від механізму взаємодії з пенетрантом (розчинні, самоемульгувальні, емульгувальні). Проявники можуть мати різний склад і забезпечують формування контрастного індикаторного зображення дефектів. Використання відповідних композицій забезпечує високу ефективність виявлення дефектів і достовірність результатів контролю.

Таким чином, застосування комплексної системи неруйнівного контролю, що включає візуальні, оптичні та капілярні методи, дозволяє забезпечити високий рівень якості зварних з'єднань і гарантує надійність експлуатації відповідальних виробів, що працюють під тиском.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		38

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Компонування складальних та зварювальних установок

Для вибору зварювального пристосування ми повинні знати, які нам потрібно виконати зварні шви і в якому положенні, яка маса деталі, а також економічна доцільність вибраного зварювального пристосування. Параметри зварюваного виробу такі: діаметр 500 мм; маса – 79 кг.

Компонування складальних і зварювальних установок для виготовлення корпусу клапана повинно забезпечувати безперервність технологічного процесу, мінімізацію переміщень виробу та раціональне використання виробничої площі. При цьому враховуються габарити корпусу, маса деталей, послідовність виконання операцій і застосовуване обладнання.

Основу компоновки становить лінійно-послідовна схема розташування робочих місць, яка відповідає етапам технологічного процесу: складання → прихоплення → автоматичне зварювання → напівавтоматичне доопрацювання швів → контроль. Такий підхід забезпечує прямотруминність руху виробу та виключає зустрічні потоки.

На початковій ділянці розміщується складально-прихоплювальний пост, обладнаний маніпулятором. Маніпулятор виконує функції позиціювання та обертання корпусу клапана у зручне для складання і зварювання положення. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови для виконання прихоплень і підвищити точність взаємного розташування елементів конструкції. Робоче місце організовується таким чином, щоб забезпечити доступ до всіх зон зварювання без необхідності частого переміщення виробу [13].

Для покращення якості складальних робіт та підвищення продуктивності використовується підставка зображена на рисунку 3.1.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		39

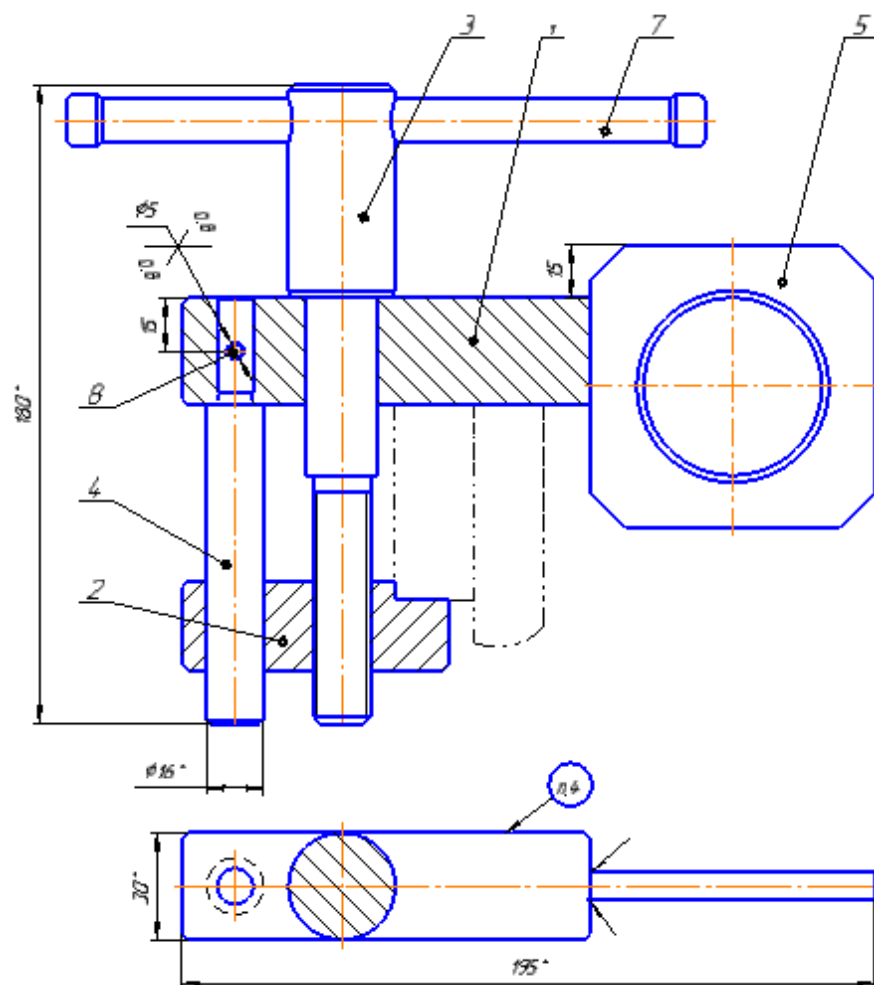


Рисунок 3.2 - Струбцина використовується для виставлення кільця в корпус клапана

Наступним етапом є ділянка автоматичного зварювання, де встановлюється портална колона типу ПК1 (рис. 3.3). Вона забезпечує переміщення зварювальної апаратури в горизонтальній і вертикальній площинах, що є особливо важливим при зварюванні великогабаритних або складних за формою корпусів клапанів. На колоні закріплюється підвісна автоматична зварювальна головка, яка використовується для виконання основних протяжних швів (наприклад, кільцевих або поздовжніх) із високою стабільністю режимів. В основі розміщений маніпулятор для обертання виробу навколо власної осі. Така система дозволяє підвищити продуктивність і забезпечити високу якість зварних з'єднань [13].

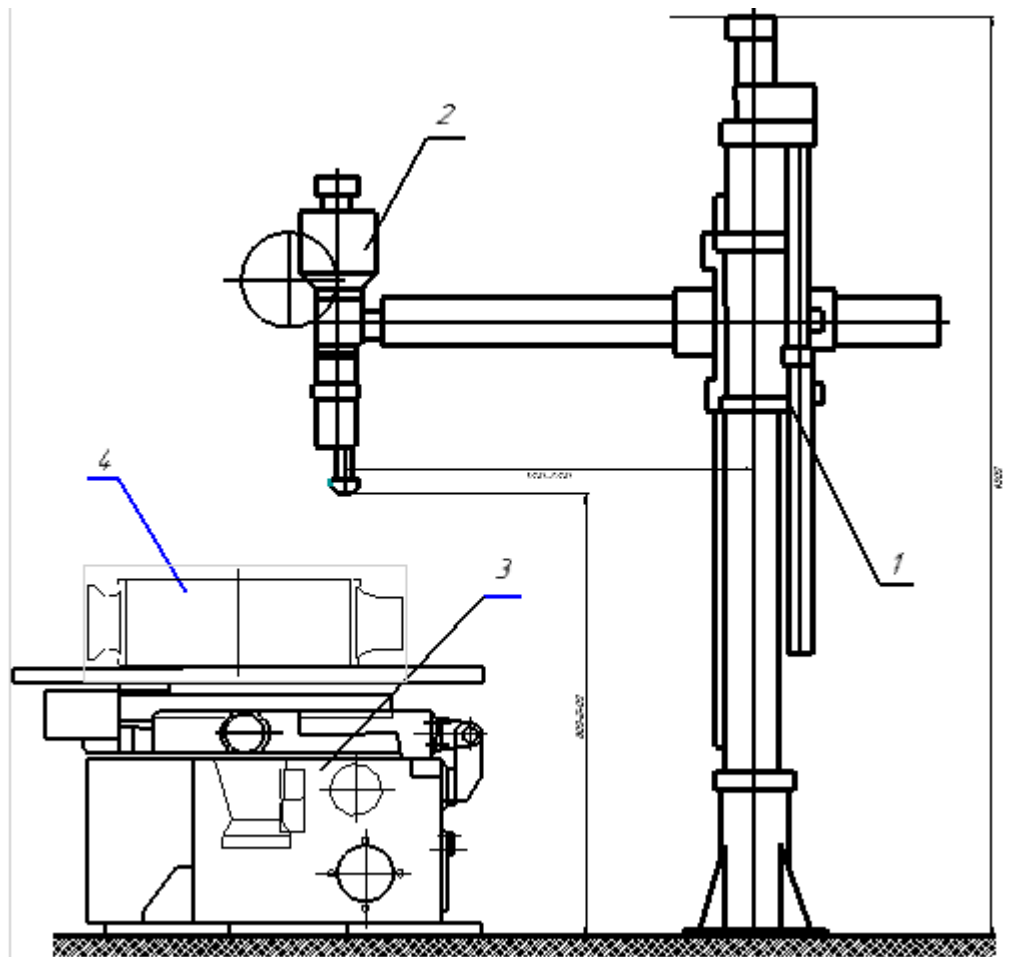


Рисунок 3.3 – Компонування складально-зварювальної установки

Для зварювання герметичного клапана нам доцільно вибрати зварювальний маніпулятор FTT 380 фірми Фроніус (рис. 3.4), який задовольняє нашим вимогам. Даний маніпулятор має технічну характеристику, яка нам потрібна для оптимального виконання технологічного процесу зварювання.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		42



Рисунок 3.4 – Маніпулятор FTT 380

Маніпулятор FTT 380 призначений для встановлення виробів у положення, зручне для зварювання зі зварювальною швидкістю при автоматичному дуговому зварюванні кругових швів під шаром флюсу, у середовищі захисних газів, а також при наплавлювальних роботах. Може бути використаний для повороту виробів на маршовій швидкості й установки їх у зручне положення для напівавтоматичного й ручного електрозварювання. Станина маніпулятора зварена. У підшипниках ковзання до станини кріпляться стіл з механізмом обертання планшайби й зубчастий сектор механізму нахилу. Привід нахилу планшайби встановлений на стійці станини. Привід обертання й нахилу планшайби мають уніфіковані черв'ячно - циліндричні редуктори. Маніпулятор оснащений пристроєм, призначеним для автоматичної зупинки після закінчення зварювання кругового шва з перекриттям. Виріб кріпиться на планшайбі з Т-подібними пазами за допомогою кріпильних пристосувань. Технічна характеристика зварювального маніпулятора вказана в таблиці 3.1[13].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика маніпулятора FTT 380

Парметр	Значення
Максимальне навантаження у горизонтальному положенні, кг	380
Максимальне навантаження у вертикальному положенні, кг	250
Швидкість обертання, об/хв	0,07-1,4
Межі нахилу, град	0-135
Т-подібні пази під болти	M16
Струм живильної мережі, В	380
Номінальний зварювальний струм (ПВ-100%), А	450
Максимальний крутний момент при нахилі, Н·м	625
Максимальний кртутний момент, Н·м	375
Розміри, мм	990×905×790
Вага, кг	270

Для складання втулок з корпусом клапана використовується оправка зображена на рисунку 3.5.

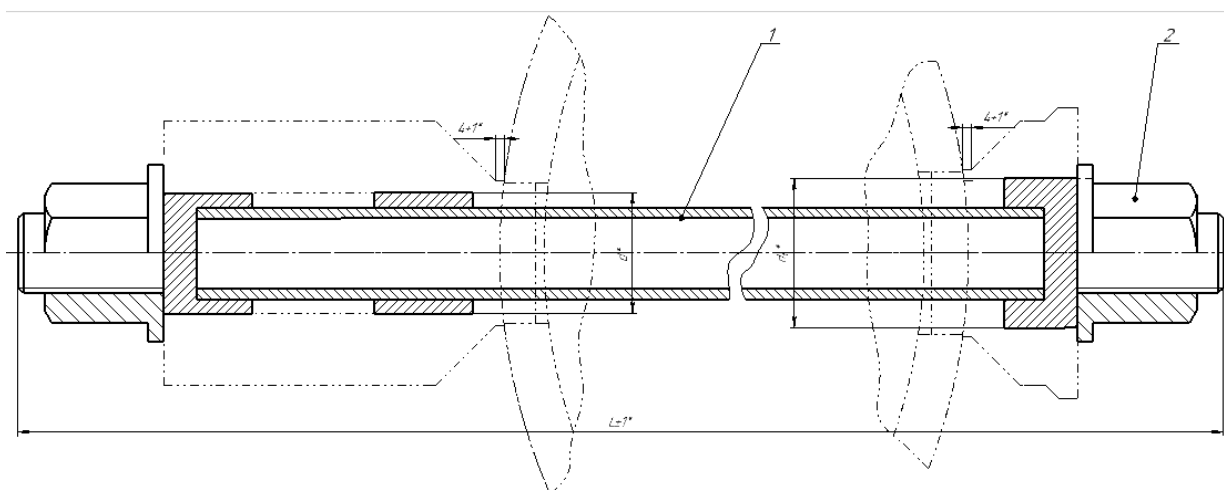


Рисунок 3.5 - Оправка для складання втулок з корпусом

Вісь для складання втулок з корпусом приведена на рисунку 3.6.

автоматичної зварювальної головки та напівавтомату VST-457-2 забезпечує раціональну організацію виробництва, підвищення продуктивності праці, зниження трудомісткості операцій і стабільну якість виготовлення корпусів клапанів.

3.2 Розробка плану цеху

Розроблення технологічного плану передбачає обґрунтований вибір найбільш раціональної схеми компонування проєктованого виробничого цеху. Планувальні рішення повинні забезпечувати прямолінійність виробничих потоків, виключати зворотно-поступальні переміщення виробів у процесі їх виготовлення, а також мінімізувати кількість поперечних переміщень складальних одиниць і комплектів у межах прогону. Важливими критеріями є досягнення максимально можливого річного випуску продукції з одиниці виробничої площі та зниження капітальних витрат на одиницю продукції [13].

Об'ємно-планувальні рішення виробничих будівель можуть бути різними. Для складально-зварювальних цехів застосовують як одноповерхові, так і багатопверхові будівлі, із світлоаераційними ліхтарями або без них. Залежно від організації транспортування використовують кранові будівлі (обладнані мостовими кранами) або безкранові, із застосуванням підлогового чи підвісного транспорту. У плані такі будівлі, як правило, мають прямокутну форму [13].

Під час вибору схеми будівлі доцільно забезпечити уніфікацію об'ємно-планувальних і конструктивних рішень. Перевагу слід надавати будівлям прямокутної конфігурації з односпрямованими прогонами та, за можливості, без перепадів висот [13].

Розміщення устаткування у прогоні складально-зварювального відділення здійснюється відповідно до послідовності операцій технологічного процесу та кількості робочих місць. На початковому етапі проєктування, з урахуванням конструкції виробу та типу виробництва, обирають типову схему компонування

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		46

цеху: з поздовжнім, змішаним, поздовжньо-поперечним, хвильовим або петльовим напрямком виробничого потоку [13].

Планування цеху розпочинається з нанесення поздовжнього ряду колон із кроком 6 або 12 м. Робочі місця складально-зварювальної дільниці розташовують рядами вздовж прогону. Остаточні габарити цеху визначаються розрахунковим шляхом відповідно до розробленого плану з урахуванням норм технологічного проектування, зокрема стандартних розмірів прогонів, допустимих відстаней між устаткуванням, робочими місцями та конструктивними елементами будівлі, а також нормативних розмірів проходів, проїздів і отворів [13].

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$B_{\text{пр}} = 2(1.5 + 6.5) + 4 = 20 \text{ (м)}$$

Ширина прогону визначається з урахуванням розташування робочих місць і зон складування. При поздовжньому розміщенні складських зон між робочими місцями вона обчислюється за відповідною залежністю, що враховує відстань від робочого місця до колон або стін (1,0–1,6 м), ширину робочого місця (включаючи проходи 1,4–1,6 м), а також ширину магістрального проїзду (3–4 м). За результатами розрахунку та з урахуванням раціонального розміщення обладнання прийнято ширину прогону 22 м, після чого визначається положення другого ряду колон [13].

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$L = 5 + 1.2 + 7 \cdot 3.5 + 8 \cdot 1.4 + 7 \cdot 3.3 + 1.2 = 55,2 \text{ (м)}$$

Довжина прогону встановлюється кратною 6 або 12 м і визначається розрахунково з урахуванням довжини складу металу, відстаней між робочими місцями, кількості стендів, їх габаритів, а також ширини проходів між ними (1,4–2,2 м). З урахуванням отриманих значень і прийнятого кроку колон (12 м) довжина цеху становить 60 м.

Висота прогону складально-зварювального цеху визначається габаритами виробів і устаткування, а також наявністю підйомно-транспортних засобів, таких

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		47

як мостові крани, кран-балки або підвісні системи. Відповідно до нормативних вимог, висота виробничих приміщень повинна бути не меншою за 4,5 м [13].

У разі використання мостового крана висоту прогону (від підлоги до головки підкранової рейки) визначають розрахунковим шляхом із урахуванням максимальної висоти устаткування з виробом, необхідних зазорів безпеки між вантажем і обладнанням (0,5–1,0 м), висоти транспортованого виробу, відстаней між гаком крана і виробом (не менше 1 м), конструктивних параметрів крана (не менше 0,75 м до гака у верхньому положенні), а також зазорів між обладнанням крана і будівельними конструкціями (0,6–1,2 м) [13].

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$H=4.5+0.7+1.25+1.5+0.8+1+0.8=10(\text{м})$$

За результатами розрахунку прийнято висоту цеху 10 м.

Таким чином, обрані об'ємно-планувальні та технологічні рішення забезпечують ефективну організацію виробничого процесу, раціональне використання площі та відповідність нормативним вимогам.

План спроектованої ділянки цеху приведений на рисунку 3.7.

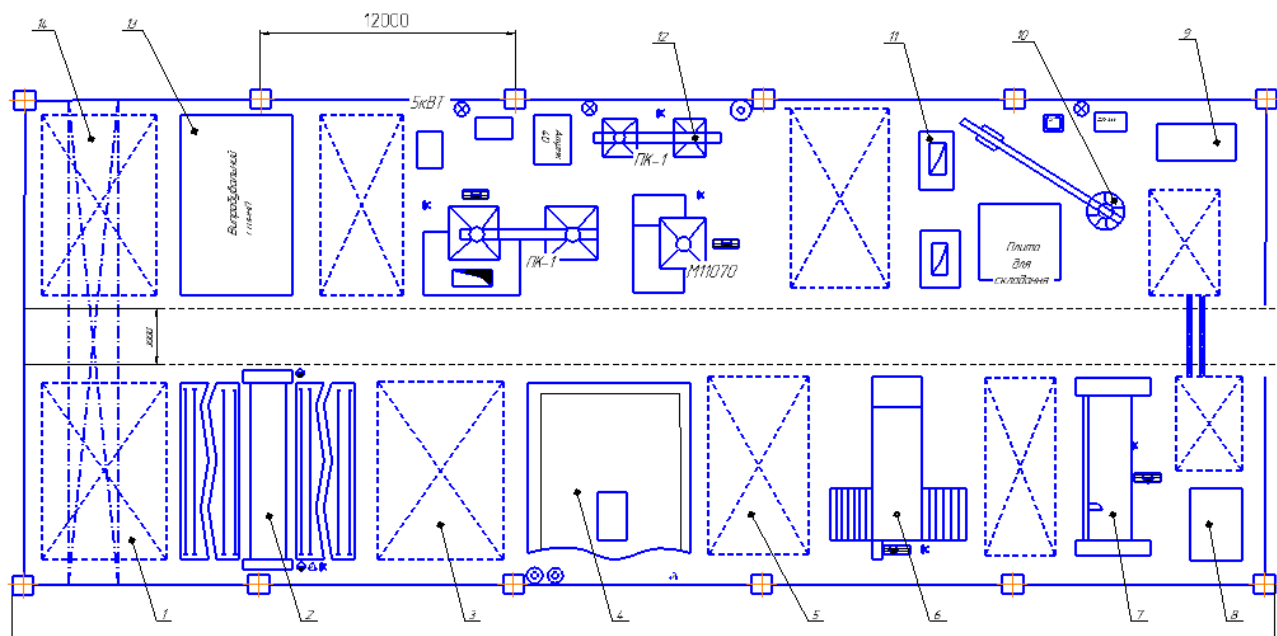


Рисунок 3.7 – План складально-зварювальної ділянки цеху

4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

4.1 Аналіз основних шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Аналіз основних шкідливих і небезпечних виробничих факторів на зварювальній ділянці з виготовлення засувок є важливим етапом забезпечення безпечних умов праці, оскільки технологічний процес супроводжується впливом комплексу фізичних, хімічних та психофізіологічних чинників. Специфіка виготовлення корпусів засувок (товстостінні деталі, багат шарове зварювання, застосування різних способів зварювання) обумовлює підвищений рівень потенційної небезпеки [14].

Перш за все, до небезпечних фізичних факторів належить електричний струм, який використовується під час дугового зварювання. Порушення ізоляції обладнання, неправильне заземлення або робота у вологих умовах можуть призвести до ураження електричним струмом. Також значну небезпеку становить інтенсивне теплове випромінювання та висока температура, що супроводжують процес зварювання і можуть викликати опіки відкритих ділянок тіла.

Важливим шкідливим фактором є зварювальний аерозоль, який утворюється внаслідок плавлення металу та електродних матеріалів. До його складу входять оксиди металів (заліза, марганцю, хрому, нікелю), а також гази (оксиди азоту, озон, чадний газ). Тривалий вплив цих речовин може спричинити захворювання органів дихання, інтоксикації та професійні хвороби. Особливо це актуально при зварюванні легированих сталей, що застосовуються для корпусів засувок [14].

Суттєвим фактором є ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання зварювальної дуги, яке негативно впливає на органи зору та шкіру.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		49

Ультрафіолетове випромінювання може викликати електроофтальмію (запалення очей), а інфрачервоне - перегрів тканин.

До фізичних факторів також належить шум і вібрація, що виникають під час роботи зварювального обладнання, різання металу, роботи вентиляційних систем і підйомно-транспортного обладнання. Тривалий вплив шуму може призвести до зниження слуху та підвищеної втомлюваності.

На зварювальній ділянці існує небезпека механічних травм. Вона пов'язана з переміщенням важких заготовок корпусів засувок за допомогою кранів, падінням предметів, можливими ударами та защемленнями. Також небезпечними є рухомі частини обладнання.

Окрему групу становлять пожежо- та вибухонебезпечні фактори. Наявність іскор, розплавленого металу та високих температур створює ризик займання горючих матеріалів або газів. Особливо це актуально при використанні газового зварювання або різання.

Не менш важливими є мікрокліматичні умови робочої зони. Підвищена температура повітря, недостатня вентиляція, наявність протягів або, навпаки, застій повітря можуть негативно впливати на самопочуття працівників і їх працездатність.

До психофізіологічних факторів належать статичні навантаження, незручні робочі пози та підвищена зорово-емоційна напруга, що характерні для зварювальних робіт, особливо при виконанні точних операцій або роботи у важкодоступних місцях корпусу клапана.

Таким чином, зварювальна ділянка з виготовлення засувок характеризується наявністю комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів різної природи. Їх вплив потребує впровадження системи заходів охорони праці, зокрема ефективної вентиляції, застосування засобів індивідуального захисту, технічного обслуговування обладнання, автоматизації процесів і дотримання правил безпеки, що дозволяє мінімізувати ризики для здоров'я та життя працівників [15].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		50

4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки праці

Аналіз заходів щодо забезпечення безпеки праці на зварювальній дільниці з виготовлення засувок базується на врахуванні комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних для зварювального виробництва, та спрямований на їх усунення або мінімізацію. Ефективна система охорони праці передбачає поєднання організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і індивідуальних заходів.

Насамперед важливу роль відіграють організаційні заходи. До них належить розроблення та впровадження інструкцій з охорони праці, проведення вступного, первинного та періодичного інструктажів, навчання та перевірка знань персоналу. Працівники повинні допускатися до виконання зварювальних робіт лише за наявності відповідної кваліфікації та медичного огляду. Також важливо забезпечити чітку організацію робочих місць, раціональне планування дільниці та дотримання трудової дисципліни [14].

Серед технічних заходів ключове значення має справний стан зварювального обладнання. Усі установки повинні бути надійно заземлені, оснащені захисними пристроями та регулярно проходити технічне обслуговування. Для зменшення ризику ураження електричним струмом застосовують ізоляцію струмопровідних частин, використання пониженої напруги в особливо небезпечних умовах і автоматичні вимикачі. Для безпечного переміщення важких корпусів засувок використовують справні підйомно-транспортні механізми з відповідними захисними пристроями [15].

Важливим напрямом є санітарно-гігієнічні заходи, спрямовані на покращення умов праці. Для видалення зварювальних аерозолів і газів застосовують місцеву витяжну та загальнообмінну вентиляцію. Особливо ефективними є локальні відсмоктувачі безпосередньо в зоні зварювання. Необхідно також забезпечити оптимальні параметри мікроклімату —

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		51

температуру, вологість і швидкість руху повітря відповідно до нормативних вимог. Для зниження рівня шуму використовують шумопоглинаючі матеріали та раціональне розміщення обладнання.

Значна увага приділяється захисту від випромінювання зварювальної дуги. Робочі місця обладнують захисними екранами або щитами, що запобігають впливу ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання на інших працівників. Самі зварники повинні використовувати спеціальні маски або щитки зі світлофільтрами відповідного ступеня затемнення.

Для запобігання пожежам і вибухам на ділянці необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки: прибирати горючі матеріали із зони зварювання, використовувати іскрозахисні екрани, забезпечити наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, піску, води). Газове обладнання повинно регулярно перевірятися на герметичність [15].

Важливим елементом системи безпеки є засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Зварники повинні бути забезпечені спецодягом із вогнестійких матеріалів, захисними рукавицями, взуттям, зварювальними масками, а також засобами захисту органів дихання (респіраторами) при роботі в умовах підвищеної загазованості.

З метою зниження механічних ризиків необхідно організувати безпечне складування заготовок, використовувати пристосування для їх фіксації, а також дотримуватися правил експлуатації підйомно-транспортного обладнання. Робочі місця повинні бути достатньо освітленими та не захащеними.

Окремо слід виділити заходи щодо зменшення психофізіологічного навантаження: раціональний режим праці та відпочинку, чергування операцій, ергономічна організація робочого місця, що знижує втому та підвищує продуктивність праці [15].

Таким чином, забезпечення безпеки праці на зварювальній ділянці досягається шляхом комплексного впровадження організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів та використання засобів індивідуального захисту.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		52

Їх системне застосування дозволяє мінімізувати виробничі ризики, запобігти травматизму та професійним захворюванням, а також забезпечити стабільну та ефективну роботу персоналу.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		53

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи розроблено обґрунтовану технологію зварювання корпусу клапана, що забезпечує високий рівень якості, надійності та експлуатаційної придатності виробу. У процесі розроблення враховано конструктивні особливості корпусу, умови його роботи під тиском, а також фізико-механічні та технологічні властивості матеріалу.

Обґрунтовано вибір способів зварювання, зварювальних матеріалів і режимів, які забезпечують формування якісних зварних з'єднань із мінімальним рівнем дефектності. Визначено раціональну послідовність складання та зварювання, що дозволяє знизити рівень залишкових напружень і деформацій. Запропоновано застосування багат шарового зварювання, симетричних схем накладання швів і технологічних прийомів, спрямованих на підвищення стабільності процесу.

Розглянуто вплив теплових факторів і встановлено доцільність контролю тепловкладення, міжшарової температури та умов охолодження для запобігання утворенню тріщин і забезпечення необхідної структури металу шва. Визначено, що застосування післязварювальної обробки (за потреби) сприяє зниженню залишкових напружень і підвищенню довговічності конструкції.

Обґрунтовано систему контролю якості зварних з'єднань, що включає візуальний, капілярний і радіографічний методи неруйнівного контролю, які дозволяють своєчасно виявляти поверхневі та внутрішні дефекти. Підтверджено, що комплексний підхід до контролю забезпечує відповідність виробу вимогам нормативної документації та умовам безпечної експлуатації.

Також у роботі враховано питання охорони праці та виробничої безпеки, визначено основні небезпечні та шкідливі фактори зварювального виробництва і запропоновано заходи щодо їх мінімізації.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		54

Таким чином, розроблена технологія зварювання корпусу клапана є ефективною, технологічно доцільною та відповідає сучасним вимогам до виготовлення відповідальних виробів трубопровідної арматури. Її впровадження забезпечує підвищення якості продукції, зниження виробничих витрат і підвищення надійності експлуатації.

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,59 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 114 с.
2. Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник / Г.О.Кривов, К.О.Зворикін. - К.: КВІЦ, 2012. - 896 с.
3. Проектування технологічних процесів зварювального виробництва: Практичні заняття [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,27 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 87 с.
4. Матвієнків О. М. Виробництво зварних конструкцій: лаб. практикум / О.М. Матвієнків, Р.Т. Біщак. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2024. - 60 с.
5. Матвієнків О.М. Виробництво зварних конструкцій: курсове проектування / О.М. Матвієнків, Р.Т. Біщак. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. - 24 с.
6. Біщак Р.Т. Виробництво зварних конструкцій: методичні вказівки для самостійної роботи / Р.Т. Біщак. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. – 33 с.
- Матвієнків О.М. Проектування технологічних процесів зварювального виробництва [Текст]: практикум / О. М. Матвієнків. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. – 58 с.
- 7.ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 (EN ISO 9692-1:2013, IDT) Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG - зварювання та променеве зварювання сталей. [Чинний від 2015-07-01].

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		56

Вид. офіц. Київ : ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2014. 15 с.

8. Зворикін, К. О. Виробництво зварних конструкцій. Модуль 2. Курсова робота: рекомендації до виконання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ.

спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 66 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/51231>.

9. Хвалько О. Електрозварювання. - Львів, Видавництво "Світ", 2019. - 288 с.

Величко Г. Технологія зварювання. - Київ, Видавництво "Видавничий дім "Університетська книга", 2016. - 352 с.

10. Ігнатенко І. Зварювальні роботи: технологія і організація. - Харків, Видавництво "Основа", 2018. - 416 с.

11. Марчук В. Зварювання металоконструкцій. - Київ, Видавництво "Техніка", 2013. - 288 с.

12. Жуков О. Зварювання та контроль якості зварювання. - Київ, Видавництво "Логос", 2011. - 352 с.

13. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.

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

15. Охорона праці та цивільний захист: Курс лекцій для студентів зварювальних спеціалізацій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій: «Технології та інжиніринг у зварюванні», «Автоматизовані технологічні системи у зварюванні», «Споріднені технології зварювання та ресурсозбереження»/ О. Г. Левченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,84 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 370 с.

					КРБ.ЗТ-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		57

ДОДАТКИ

					КРБ.3Т-92.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		58