

РОБОТА БАКАЛАВРА

КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ

Група ЗТ-23-1К

Орест Струмінський

2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

(nidnuc)

**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> _____ підпис	Завідувач кафедри будівництва: <u>к.т.н., доц.</u> <u>Андрусяк А.В.</u> _____ підпис
---	---

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Інститут архітектури та будівництва Кафедра будівництва
"ІФНТУНГ-ДонНАБА"

ОПП "Інжиніринг зварювальних технологій"

Спеціальність G9 "Прикладна механіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри БУД
А.В. Андрусяк
(ініціали, прізвище)

(підпис)

" ____ " _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу бакалавра студента Струмінського Ореста Орестовича
1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу шиберної засувки

Затверджена наказом по університету № ____ від _____ 2026 р.

2. Термін здачі закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на виготовлення корпусу, креслення виробу, умови експлуатації засувки, 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 засувки, 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 Розрахунок гвинта пристосування для кріплення боковин 3.3 Розробка плану цеху. 4. Безпека праці.

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

1. Загальний вигляд корпусу шиберної засувки. 2. Схема технологічного процесу виготовлення засувки. 3. Стенд для наплавлення захлопки. 4. Стенд для зварювання боби шок і штуцера з корпусом. 5. Підставка для наплавлення захлопки. 6. Підставка для кріплення корпусу до планшайби. 7. План зварювальної ділянки цеху.

6. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Шлапак Л.С.
Завдання прийняв до виконання _____ Струмінський О.О.

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_____ Струмінський О.О.

Керівник_____ Шлапак Л.С.

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається із 10 слайдів презентації, пояснювальної записки із 57 аркушів, 18 рисунків, 11 таблиць та 15 посилань на використану літературу.

Об'єкт роботи - технологічний процес зварювання корпусу шиберної засувки.

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

У випускній кваліфікаційній роботі проведено аналіз конструкції виробу, визначено основні технологічні вимоги до процесу складання та зварювання, а також розроблено раціональну технологію виготовлення корпусу шиберної засувки.

При виконанні роботи обрано матеріал конструкції та спосіб зварювання, що забезпечує необхідну міцність, герметичність і надійність виробу в умовах експлуатації. Встановлено послідовність виконання складально-зварювальних операцій, підібрано необхідне обладнання, пристрої та зварювальні матеріали.

Ключові слова: АВТОМАТ, ЗВАРЮВАННЯ, ЗАСУВКА, НАПІВАВТОМАТ, КОНДУКТОР, МАНІПУЛЯТОР.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 10 presentation slides, an explanatory note of 57 sheets, 18 figures, 11 tables and 15 references to the literature used.

The object of the work is the technological process of welding the body of a gate valve.

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

In the final qualification work, an analysis of the design of the product was carried out, the main technological requirements for the assembly and welding process were determined, and a rational technology for manufacturing the body of a gate valve was developed.

When performing the work, the material of the structure and the welding method were selected, which ensure the necessary strength, tightness and reliability of the product under operating conditions. The sequence of assembly and welding operations was established, the necessary equipment, devices and welding materials were selected.

Keywords: AUTOMATIC, WELDING, LOCK, SEMI-AUTOMATIC, CONDUCTOR, MANIPULATOR.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальний розділ.....	7
1.1 Загальна характеристика конструкції корпусу шиберної засувки	7
1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу.....	10
1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності.....	12
1.4 Технічні умови на виготовлення виробу.....	14
1.5 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу.....	14
2 Технологічний розділ.....	16
2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування.....	16
2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання.....	16
2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів.....	17
2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання.....	18
2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування.....	21
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції.....	26
2.2.1 Заготівельні операції.....	26
2.2.2 Розробка технології складання та зварювання.....	29
2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями.....	32

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Розроблення технології виготовлення корпусу шиберної засувки	Літ.	Арк	Аркушів
Розроб.	Струмінський						4	56
Перевір.	Шлапак Л.С.							
Реценз.						ІФНТУНГ ЗТ-23-1К		
Н. контр.	Матвієнків О.							
Затверд.	Андрусак А.В.							

2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку.....	34
3 Конструкторський розділ.....	37
3.1 Компонування складальних та зварювальних установок.....	37
3.2 Розрахунок гвинта пристосування для кріплення боковин.....	42
3.3 Розробка плану цеху.....	43
4 Безпека праці.....	48
4.1 Аналіз основних шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	48
4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки праці.....	49
Висновки.....	54
Список використаних джерел.....	55
Додатки.....	57

ВСТУП

У зв'язку із загальним зростанням обсягів виробництва та нафтовидобутку виникає потреба у запірній арматурі. У зв'язку з цим гостро стоїть проблема виготовлення даного обладнання у великих обсягах, але за менших витрат матеріальних засобів та праці, без зниження якісних показників.

Шиберна засувка з товщиною стінки 80 мм служить як запірний пристрій на трубопроводах подачі гарячої води або пари в системах теплових мереж, котельнях і ТЕЦ, а також на трубопроводах, що транспортують нафту і нафтопродукти, природний газ з робочим тиском 12,5 МПа. Цей виріб є надзвичайно затребуваним продуктом і використовується у великих ТЕЦ та магістральних газо- та нафтопроводах і має великий попит [1].

Корпус шиберної засувки є найбільшою та складною деталлю виробу. Виходячи із запланованої річної програми випуску 1000 шт. необхідне проектування ефективного технологічного процесу виготовлення корпусу шиберної засувки, що передбачає використання сучасних зварювальних технологій та проектування спеціалізованого оснащення та пристроїв з метою знизити трудомісткість виготовлення, для забезпечення конкурентної спроможності на ринку. Цього можна досягти застосуванням нового більш продуктивного обладнання, використанням якісніших матеріалів та інструменту, впровадженням сучасних більш досконалих технологій.

В даний час при виготовленні шиберної засувки використовується зварювання з V-подібним розробленням кромки, в результаті чого для достатньо великої площі поперечного перерізу зварного шва має місце підвищена витрата зварювального матеріалу та відносно низька продуктивність зварювання [1].

Метою бакалаврської роботи є розроблення технології виготовлення корпусу шиберної засувки.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		6

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика зварної конструкції шиберної засувки, та її елементів

Шибєрні засувки застосовуються як запірний пристрій для перекриття потоку робочого середовища в магістральних трубопроводах з транспортування нафти і нафтопродуктів, а також у технологічних схемах перекачувальних станцій, резервуарних парків, з температурою робочого середовища від -15 до $+80^{\circ}\text{C}$.

Шибєрна засувка з корпусом відноситься до класу засувок трубопроводів з умовним прохідним діаметром 1200 мм, наприклад, засувка шибєрна ІА 44077-500УА, показана на рисунку 1.1 складається з наступних основних деталей і вузлів: корпусу, кришки, стійки, сідла, шибєру, шпинделя, кільця ущільнювального [2].

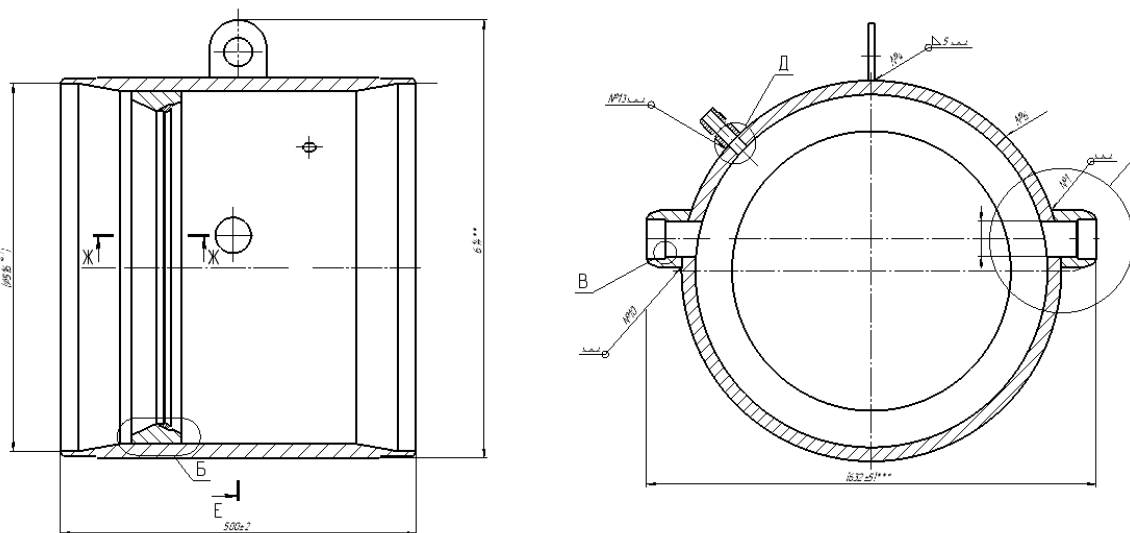


Рисунок 1.1 – Шибєрна засувка ІА 44077-500 УА

Корпусні деталі засувок повинні забезпечувати міцність та герметичність. Засувки повинні бути герметичні стосовно зовнішнього середовища,

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

працездатні, рухомі частини повинні переміщатися без заїдань. Засувки з електроприводом мають бути обладнані від атмосферних опадів навісом. Зовнішні поверхні засувок повинні мати захисне покриття. Ущільнювальні поверхні не повинні мати тріщин, вм'ятин та інших дефектів. Конструкція засувок повинна забезпечувати герметичність верхнього ущільнення шпинделя для заміни сальника без зниження тиску трубопроводу [2].

Технічні умови шиберної засувки допускають застосування на відкритому повітрі в районах з помірним і холодним кліматом.

У зв'язку з високим робочим тиском ставляться високі вимоги щодо міцності кришки засувки, а також для перевірки відповідності засувки вимогам. На заводі виробники проводяться наступні випробування: на працездатність, на міцність та герметичність.

Маркування повинно виконуватись відповідно до ГОСТ 4666 на табличці з корозійно-стійкого матеріалу та повинно містити [2]:

- товарний знак заводу-виробника;
- позначення виробу за основним конструкторським документом;
- номінальний тиск;
- умовний прохід;
- заводський номер;
- рік випуску.

Маркування транспортного пакування за ГОСТ 14192 повинно містити:

- найменування вантажоодержувача;
- найменування станції призначення;
- найменування відправника вантажу;
- найменування станції відправника.

Упакування засувок проводиться за ГОСТ 5762 та робочими кресленнями. Воно передбачає закриття отворів заглушками.

Метал, з якого виготовляють вироби, обов'язково піддається вхідному контролю, в результаті якого встановлюється відповідність хімічному складу.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		8

Технологічний процес виготовлення виробів починається у заготівельному цеху, де проводиться газополум'яне різання металу на газорізальних агрегатах та обробка листового прокату на вальцах. Далі вироби потрапляють на ділянку збирання та зварювання.

Виробництво шиберної засувки характеризується порівняно невеликою номенклатурою і малим обсягом виробів, що випускаються протягом року. Обладнання використовується універсальне оснащення; вихідні заготовки одержують із прокату з наступним зварюванням, тобто, з великими відходами та високою трудомісткістю. Точність розмірів деталі досягається методом пробних проходів та вимірів; використовується розмітка з вивіркою по ній, кваліфікація робітників висока; технологічна документація оформляється спрощеною, на маршрутних картах; застосовуються укрупнені норми часу [2].

Поставлене завдання (річної програми випуску корпусу засувки шиберної 1000 штук) планується досягти за рахунок введення в експлуатацію складально-зварювального цеху та впровадженням сучасних методів зварювання (зварювання у вузьке розроблення кромки).

Умови роботи шиберної засувки в умовах магістральних трубопроводів характеризуються такими факторами зовнішнього впливу як сейсмічне, вітрове та навантаження від трубопроводу та при проектуванні засувки необхідно проводити відповідні розрахунки.

Засувки в залежності від сейсмічності району розміщення повинні виготовлятися у наступних виконаннях [2]:

- не сейсмостійке виконання для районів із сейсмічності до 6 балів включно (С0);
- сейсмостійке виконання для районів із сейсмічності понад 6 до 9 балів включно (С);
- підвищеної сейсмічності для районів із сейсмічності понад 9 до 10 балів включно (ПС).

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		9

Засувки в сейсмостійкому виконанні повинні зберігати працездатність, міцність і герметичність під час і після сейсмічного впливу 9 балів.

Засувки підвищеної сейсмостійкості (ПС) повинні зберігати працездатність, міцність та герметичність під час та після сейсмічного впливу 10 балів.

На сейсмостійкість повинні бути розраховані корпус, патрубки та бугельний вузол засувки, а також інші відповідальні елементи конструкції на розсуд виробника, пошкодження, зміщення або деформація яких може призвести до руйнування або зниження її експлуатаційних якостей.

Засувки повинні бути розраховані на вплив додаткових зусиль, що передаються на патрубки від трубопроводів, що приєднуються і викликають додаткові напруження в патрубках не менше 20% від максимальних кільцевих при номінальному тиску.

Номінальне значення вітрового тиску щонайменше 0,48 кПа. Швидкість вітру (верхнє значення) становить 50 м/с.

При швидкостях вітру засувки, що викликають коливання, з частотою, що дорівнює частоті власних коливань, необхідно проводити перевірочний розрахунок на резонанс.

Розрахункові зусилля та переміщення при резонансі повинні визначатися, як геометрична сума резонансних зусиль та переміщень, а також зусиль та переміщень від інших видів навантажень та впливів, включаючи розрахункове вітрове навантаження [2].

1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу

Шиберна засувка призначена для перекриття потоку робочого середовища та складається з корпусу, шибера (ножа), напрямних елементів, ущільнень і приєднувальних патрубків або фланців. Корпус засувки виконаний у вигляді

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		10

зварної конструкції з листового прокату з привареними елементами жорсткості та приєднувальними деталями.

Застосування зварювання як основного способу з'єднання елементів конструкції обумовлено необхідністю забезпечення герметичності, достатньої міцності та зниження матеріалоемності виробу [2].

Конструкція корпусу засувки характеризується наявністю переважно плоских деталей, що виготовляються з листового металу методами різання (лазерного або плазмового). Це позитивно впливає на технологічність виготовлення.

Водночас конструкція містить замкнені порожнини та вузькі канали для переміщення шибера, що ускладнює доступ до окремих зон при виконанні зварювальних робіт.

Частина зварних швів розташована у внутрішніх порожнинах корпусу, що обмежує доступ до них і ускладнює виконання якісного зварювання. У таких випадках можливе застосування одностороннього зварювання або використання підкладок. Обмежена доступність знижує технологічність конструкції та підвищує вимоги до кваліфікації зварника [2].

Елементи конструкції мають різну товщину, що ускладнює процес зварювання. При з'єднанні різнотовщинних деталей виникає небезпека непровару або пропалів, що потребує ретельного підбору режимів зварювання.

Однією з основних проблем є виникнення залишкових деформацій внаслідок теплового впливу зварювання. Особливо це стосується корпусу засувки, де можливий перекіс, що призводить до ускладнення переміщення шибера.

Для зменшення деформацій необхідно: застосовувати симетричну схему накладання швів; використовувати прихватки; застосовувати складально-зварювальні пристосування.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		11

Конструкція засувки зумовлює підвищені вимоги до герметичності. Наявність дефектів зварних швів (пори, тріщини, непровари) може призвести до витоків робочого середовища.

Для забезпечення якості необхідно застосовувати методи неруйнівного контролю: ультразвуковий контроль; капілярний контроль; візуально-вимірний контроль.

Аналіз показує, що конструкція шиберної засувки має середній рівень технологічності. Основними факторами, що знижують технологічність, є: обмежена доступність зварних швів; наявність різнотовщинних елементів; схильність до деформацій; підвищені вимоги до герметичності [2].

Разом з тим конструкція має і позитивні ознаки: використання листового прокату; можливість механізації частини зварювальних робіт; застосування добре зварюваних матеріалів.

З метою підвищення технологічності конструкції доцільно: спростити геометрію корпусу та зменшити кількість замкнених порожнин; забезпечити кращий доступ до зон зварювання; уніфікувати товщини елементів; застосовувати складально-зварювальні пристосування; оптимізувати послідовність виконання зварних швів; впровадити ефективні методи контролю якості [2].

Конструкція шиберної засувки є технологічною, її доцільною виготовляти зварюванням, однак потребує ретельного опрацювання технології складання та зварювання з метою забезпечення необхідної точності, герметичності та експлуатаційної надійності виробу.

1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності

Найбільш поширеною класифікацією сталей для конструкцій є класифікація за рівнем основних механічних властивостей у готовому прокаті,

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

головним чином межі плинності. У будівельній сфері виробництва металоконструкцій застосовується сталевий прокат зі значенням межі плинності рівним $\sigma_T = 220 \dots 900 \text{ Н/мм}^2$.

Вимоги до сталі, з якої проектується будівельна конструкція, обумовлені необхідністю підвищеної експлуатаційної надійності та довговічності в умовах статичного, динамічного та знакозмінного зовнішнього навантаження. Виконання цих вимог стає можливим при використанні сталей із високими механічними властивостями [3].

Хімічний склад матеріалу 08X18H10T наведений в таблиці 1.1

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

Хімічний елемент	%
Кремній (Si), не більше	0.8
Мідь (Cu), не більше	0.30
Марганець (Mn), не більше	2.0
Нікель (Ni)	9.0-11.0
Титан (Ti)	0.4-0.7
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr)	17.0-19.0
Сірка (S), не більше	0.020

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 08X18H10T

$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, 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 % [3].

Чутливість зварних з'єднань з сталі 08X18H10T до утворення гарячих тріщин знаходять за формулою (1.1):

$$HCS = (C [S + P + (Si/25) + (Ni/100)] 10^3) / (3Mn + Cr) \quad (1.1)$$

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

$$HCS = (0,08[0,02+0,035+(0,8/25)+(10/100)] 10^3 / (3 \cdot 2 + 18) = 0,6$$

$HCS=0,6 < 4$, тобто гарячі тріщини не утворюються.

За правильно обраної технології зварювання, дана сталь зварюється добре [3].

1.4 Технічні умови на виготовлення виробу

Основні технічні вимоги до виготовлення корпусу шиберної засувки [2]:

- зварювання, термооброблення та контроль якості зварних швів за СТ ЦКБА 025-2006;

- механічні характеристики зварного шва повинні бути не нижче характеристик основного металу;

- конструктивні елементи зварного шва виконувати за ГОСТ 14771-76;

- кромку під приварювання контролювати радіографічним методом.

Оцінку якості проводити по товщині стінки труби, що приварюється.

- Зміщення поздовжніх швів обичайки та обичайки напівкорпусу відносно один одного виконати не менше ніж на 100 мм.

- Маркувати порядковий номер, марку матеріалу за ГОСТ 2930-62 та позначенням на кресленні.

- Обробку за розмірами виконувати до приварювання упорів та виконанням замикаючого шва.

1.5 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу

У базовому технологічному процесі виготовлення корпусу шиберної засувки виявлено ряд недоліків. Зокрема, виготовлення виконується на застарілому обладнанні, що має низку суттєвих недоліків, які впливають як на якість виробу, так і на ефективність виробництва [3].

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		14

По-перше, це нестабільність режимів зварювання. Старі джерела живлення часто не забезпечують точного регулювання струму й напруги, що призводить до дефектів швів - пористості, непроварів або підрізів.

По-друге, спостерігається низька точність складання. Через зношені або примітивні складальні пристосування важко забезпечити правильну геометрію корпусу, що викликає перекоси, відхилення розмірів і потребу в додатковій механічній обробці.

Третій недолік - підвищені зварювальні деформації. Відсутність сучасних технологій контролю тепловкладення і нераціональна послідовність зварювання призводять до деформування конструкції та внутрішніх напружень.

Також варто відзначити низький рівень автоматизації. Більшість операцій виконується вручну, що знижує продуктивність, підвищує трудомісткість і збільшує залежність від кваліфікації зварника.

Ще одним недоліком є обмежені можливості контролю якості. На застарілому обладнанні часто відсутні сучасні методи неруйнівного контролю, що ускладнює виявлення внутрішніх дефектів.

Крім того, спостерігається підвищене енергоспоживання та неефективність роботи обладнання, що збільшує собівартість виробництва. Нарешті, застаріле обладнання може не відповідати сучасним вимогам безпеки праці, що створює додаткові ризики для персоналу.

У сукупності ці недоліки знижують якість корпусу шиберної засувки, підвищують витрати на його виготовлення та обмежують конкурентоспроможність продукції.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування

2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання

Для визначення оптимальної стратегії проектування технологічного процесу необхідно провести порівняльний аналіз різних способів зварювання, визначивши переваги, недоліки та доцільність використання в контексті задачі, що розв'язується. Аналіз способів зварювання, які потенційно застосовуються для виготовлення корпусу шиберної засувки виконаний з використанням літератури [2-5].

Ручне зварювання покритим електродом може виконуватись у всіх просторових положеннях, придатне для зварювання сталей всіх структурних класів і є високоманевреним способом зварювання.

До недоліків способу відносяться невисока продуктивність процесу та залежність якості швів від кваліфікації електрозварювальника.

Автоматичне зварювання під флюсом придатне для зварювання сталей усіх структурних класів, є високопродуктивним способом зварювання та забезпечує високу якість швів.

До недоліків способу відносяться те, що зварювання виконується переважно в нижньому положенні.

Механізоване зварювання порошковим дротом, придатне для зварювання вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей, продуктивність процесу вища, ніж при ручному, проводиться у всіх положеннях.

До недоліків способу належать те, що якість швів залежить від кваліфікації зварювальника, зварювання в стельовому положенні обмежене, висока вартість зварювальних робіт.

Механізоване та автоматичне зварювання в захисних газах плавким електродним дротом суцільного перерізу може проводитися у всіх просторових

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		16

положеннях дротом діаметром 0,8...4,2 мм, застосовується для вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей і забезпечує високу продуктивність - вищу, ніж при ручному дуговому зварюванні покритим електродом.

До недоліків способу відносяться підвищене розбризкування електродного металу при зварюванні у вуглекислому газі CO₂. Для усунення розбризкування застосовується суміш Ar(82%) + CO₂(18%).

Автоматичне зварювання в середовищі інертного газу – аргону (гелію та суміші аргону з гелієм), може проводитися у всіх просторових положеннях, придатне для зварювання сталей усіх структурних класів та забезпечує високу якість швів.

До недоліків способу є необхідність вентиляції при роботі в закритих приміщеннях, гелій, що застосовується у зварювальних роботах, має високу вартість.

2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів

В даному випадку нам потрібно обрати марку зварювального дроту та захисний газ, для захисту зварювальної ванни та флюс. Виходячи з марки сталі котра зварюється та способу зварювання, щоб максимально підвищити якість зварних швів, в якості присадкового матеріалу ми використаємо зварювальний дріт Св-04Х19Н11М3 для напівавтоматичного та автоматичного зварювання, хімічний склад його приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад в % зварювального дроту 04Х19Н11М3 за ГОСТ 2246- 70

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
0,035	0,50	1,4	19,0	11,0	2,5	≤ 0.015	≤ 0.024

Таблиця 2.2– Хімічний склад флюсу 48-ОФ-6, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaF ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	S	P
3,5-6,0	20,0-24,0	≤0,3	≤2,0	50,0-60,0	16.0-20.0	≤ 1	≤ 0.025	≤0,025

Для захисту зварювальної ванни при напівавтоматичному зварюванні використаємо суміш газів кисню – CO₂ і аргону – Ar. Захисні гази поступають на робочі місця в балонах ємністю 40 л, в нашому випадку ми використаємо камеру з газовою сумішшю 82% Ar +18% CO₂, а для автоматичного зварювання під шаром флюсу для захисту зварювальної ванни використаємо флюс марки 48-ОФ-6.

2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

Проведемо розрахунок параметрів режиму для таврового з'єднання Т1 за ГОСТом 14771-76 (рисунок 2.1) [4].

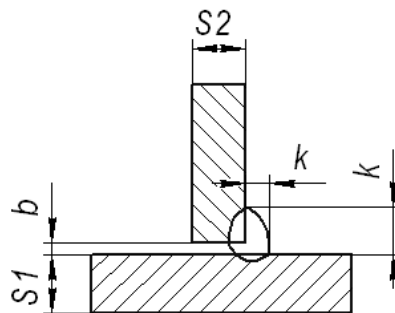


Рисунок 2.1 – Схема таврового зварного з'єднання

Визначаємо силу, рід і полярність зварювального струму.

Розрахунок зварювального струму I_z , А, при зварюванні дротом суцільного перерізу обчислюється за наступною формулою :

$$I_z = \frac{\pi d_e^2 a}{4} \quad (2.1)$$

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.

Діаметр дроту вибирається із таблиці 2.3.

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		18

Таблиця 2.3 - Залежність діаметру 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

Виходячи із товщини металу зварювального виробу вибираємо електродний дріт $d_e=1,6$ мм.

Підставивши числові значення у формулу (2.1) визначаємо силу зварювального струму [4]:

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 125}{4} = 290 \text{ А};$$

Визначаємо напругу на дузі. Напруга на дузі U_d , В обчислюється наступною формулою (2.10):

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} I_{зв} \pm 1 \quad (2.2)$$

де $I_{зв}$ - сила зварювального струму, d_e – діаметр зварювального дроту.

Підставивши числові значення у формулу (2.2) одержимо:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 290 = 30 \text{ В}.$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту. Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.др}$, м/год обчислюється за наступною формулою (2.3):

$$v_{п.др} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{др} \cdot 7,8} \quad (2.3)$$

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 розраховується за формулою (2.4):

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{I_3}{d_e} \quad (2.4)$$

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		19

Підставивши числові значення у формулу (2.12) отримаємо:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{290}{1,6} = 10,6 \text{ г/г}$$

Підставивши числові значення у формулу (2.3) одержимо:

$$v_{\text{п.др}} = \frac{4 \cdot 10,6 \cdot 290}{3,14 \cdot 1,2 \cdot 7,8} = 15 \text{ м/г}$$

Визначимо швидкість зварювання. Швидкість зварювання $V_{\text{зв}}$, м/год, розраховується за формулою (2.5):

$$V_z = \frac{\alpha_n \cdot I_z}{100 \cdot F \cdot \rho} \quad (2.5)$$

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

$$\alpha_n = 10,6 \cdot (1 - 0,15) = 9,01$$

Визначаємо площу поперечного перерізу наплавленого металу F , мм². Площу поперечного перерізу наплавленого металу може бути розрахована за формулою (2.14):

$$F = S \cdot b + (S + C) \cdot t_q \alpha + 0,75(e_q + e_1 q_1) = 16 \text{ мм}^2 \quad (2.6)$$

Підставивши числові значення в формулу (2.5) швидкість становитиме:

$$V_{\text{зв}} = \frac{9,01 \cdot 290}{100 \cdot 0,016 \cdot 7,8} = 25 \text{ м/г}$$

Визначаємо час горіння дуги. Час горіння дуги t_0 , год, визначається за формулою (2.15):

$$t_0 = \frac{G_n}{I_z \cdot \alpha_n} \quad (2.7)$$

Підставивши числові значення у формулу (2.7) одержимо:

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
						20
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$t_o = \frac{548.49}{290 \cdot 9.01} = 0.2 \text{ год}$$

Визначаємо повний час зварювання. Повний час зварювання T , год, визначається за формулою (2.16) :

$$T = \frac{t_o}{k_n} \quad (2.8)$$

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

Підставивши числові значення у формулу (2.8) одержимо:

$$T = \frac{0.2}{0.57} = 0.35 \text{ год}$$

Виходячи із проведених розрахунків напівавтоматичне зварювання в суміші захисних газів $\text{Ar} + \text{CO}_2$ кільцевого шва проводимо на наступних параметрах режиму зварювання (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Режим напівавтоматичного зварювання в середовищі $\text{Ar} + \text{CO}_2$

№ п/п	Сила струму, А	Діаметр електродного дроту, мм	Напруга на дузі, В	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість зварювання, м/год	Рід і полярність струму
1	290	1,6	30	15	25	зворотня
2	290	1,6	30	15	28	зворотня

2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування

Для виконання робіт зі зварювання та наплавлення під шаром флюсом застосовують автоматичну установку типу А1416 (див. рис. 2.5; параметри наведені в табл. 2.13). Це підвісний самохідний агрегат, призначений для дводугового процесу із використанням суцільного дроту під захисним шаром флюсу. Обладнання придатне для обробки як легованих, так і

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		21

низьковуглецевих сталей. При цьому швидкість переміщення під час зварювання та подачі електродного дроту не залежить від режимів горіння дуги [5].



Рисунок 2.2 – Підвісний самохідний зварювальний автомат А1416

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики автомату А1416

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 ÷ 2,0 2,0 ÷ 5,0
Границі східчастого регулювання швидкості подачі електродного	47 ÷ 509

дроту, м/г	
Діапазон ступінчатого регулювання швидкості зварювання, м/г	12 ÷ 120
Вертикальне переміщення зварювального пальника: - хід, мм - швидкість, м/г	250 29,4
Поперечне переміщення зварювального пальника: - хід, мм - швидкість, м/г	±75
Регулювання кута нахилу електроду (мундштуку), град	±25
Маршова швидкість переміщення зварювального пальника, м/г	950
Флюсоапаратура: - обсяг, дмЗ - витрата повітря, мЗ/ч	25 30
- висота усмоктування флюсу, м	2
Маса, кг: - зварювального пальника - джерела живлення	320 ÷ 295 550

Зварювальна головка АСУР-1251 для зварювання товстостінних виробів у вузькощільнне розроблення показано на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 - Зварювальна головка АСУР-1251

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		23

До переваг даного обладнання належать [6]:

- спеціально спроектоване для зварювання посудин, що працюють під тиском та інших товстостінних виробів під час використання зварювального порталу чи колони;

- висока якість зварювання товстостінних виробів у вузьке щілинне розроблення (шириною від 18 мм);

- сучасна система управління зварювальним процесом. Склад головки АСУР-1251 показаний на рисунку 2.4 і включає:

- 1 – корпус головки;
- 2 – рухомий мундштук;
- 3 – корпус стежить системи;
- 4 – пневмоциліндр установки нахилу мундштука;
- 5 – двигун подачі дроту;
- 6 – блок пневмоапаратури;
- 7 – несуча консоль головки;
- 8 – вертикальний супорт стеження;
- 9 – горизонтальний супорт стеження.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		24

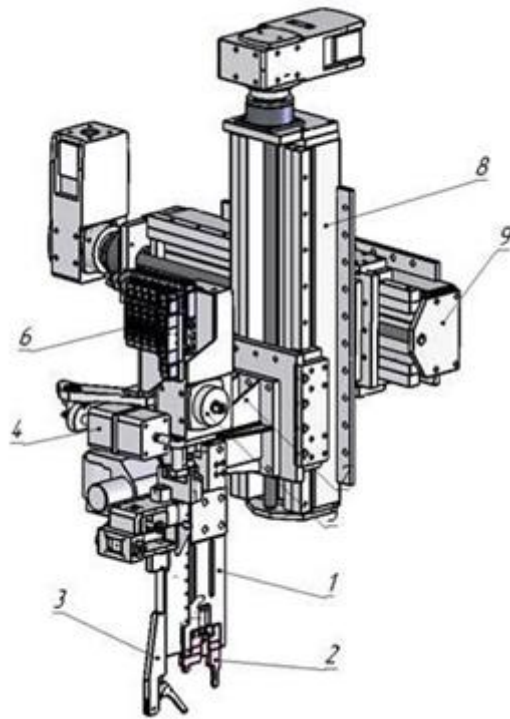


Рисунок 2.4 - Загальний вигляд зварювальної головки АСУР

Стандартна комплектація обладнання включає: зварювальна головка АСУР-1251, шафа управління (шафа управління має у своєму складі модулі управління зварювальною колоною та роликowymi опорами.), система підготовки повітря (в т.ч. компресор), датчик лінійної швидкості обичайки або блок сумісності з роликowymi опорами. Технічна характеристика АСУР – 1251 представлена у таблиці 2.6 [6].

Таблиця 2.6 - Технічна характеристика зварювальної головки АСУР - 1251

Назва параметру	Значення
Товщина стінки зварюваних виробів	80...350 мм
Діаметри посудин, що зварюються:- 1 діапазон	800...2000 мм
- 2 діапазон	2100...6500 мм
Тип зварного шва	стиковий
Діаметр зварювального дроту	3 і 4 мм

Зварювальний струм	400...1000 А
Кут нахилу електроду відносно вертикальної осі	3,5 град
Максимальна глибина розроблення	350 мм
Ширина розроблення	от 18 мм
Витрата стиснутого повітря при робочому тиску 6 кг/см ²	350 л/хв.
Маса головки	160 кг

Зварювальна головка забезпечує високу якість зварювання завдяки: точному контролю всіх основних параметрів; надійного доступу в обмежений простір вузькощільного оброблення за рахунок мініатюрних розмірів зварювального мундштука; наявності системи стеження за системою управління процесом. Результат: гарантія якості зварного шва, відсутність непроварів, підрізів, шлакових включень у металі шва тощо. Система управління має у своїй основі процесор Siemens, який керує робочим циклом зварювальної головки [6].

Як джерело живлення використаний випрямляч зварювальний універсальний ВДУ-1000 із жорсткою ВАХ.

Система управління АСУР-1251 забезпечує в автоматичному режимі заповнення робочого простору стику, починаючи від кореня шва (який зазвичай зварюється вручну) аж до останніх проходів. Система стеження, інтегрована до складу системи управління, виконує моніторинг стику по двох осях під час зварювання: вертикально (щодо дна стику) та горизонтально (щодо обох бічних поверхонь стику).

2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

2.2.1 Заготівельні операції

Відповідно до прийнятої технології виготовлення даної конструкції при розкрій металу ми використовуємо газокисневе різання. Оскільки вибраний

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

нами матеріал найкраще задовольняє умови газокисневого різання. Ця операція виконується на заготівельній ділянці на машинах газокисневого різання Microstep серії CombiCut [7], які призначені для газокисневого різання металу з високою продуктивністю при багатозмінному режимі експлуатації та оснащені системою ЧПУ iMSNC, що дозволяє реалізовувати нестандартні завдання, що виникають на виробництві крановим господарством, керованим зі стійки ЧПУ машини термічного різання та, зокрема, працювати по розкрою без попередньої розмітки.

Режим різання [8] складає: швидкість різання 250 мм/хв, витрата ацетилену 62 дм³/м, кисню – 1000 дм³/м.

Технологічні вимоги: візуальний контроль та механічне очищення поверхні, ширина різу $\text{Ш}=4\pm0,5$ мм, радіус заокруглення r до 10 мм, неперпендикулярність різу f до 8 мм (див. рис. 2.5).

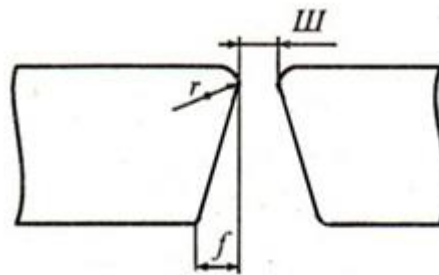


Рисунок 2.5 - Схема різання заготовок під зварювання

Для обробки кромки використовується кромкофрезерний верстат ХВЛ. Обробка проводиться твердосплавними фрезами зі змінними пластинами. Режим різання при чорновому проході: швидкість різання $V = 80$ м/хв, подача $S = 120$ мм/хв. Режим різання за чистового проходу: швидкість різання $V = 110$ м/хв подача $S = 80$ мм/хв [8].

Вальцювання здійснюється за допомогою 3-валкової згинальної машини ROUND0.

Технічна характеристика 3-валкової машини ROUND0 представлена у таблиці 2.7.

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

Режим згинання - подача $F = 1200$ мм/хв, сила $P = 1200$ кН. Схема згинання показана на рисунку 2.6.

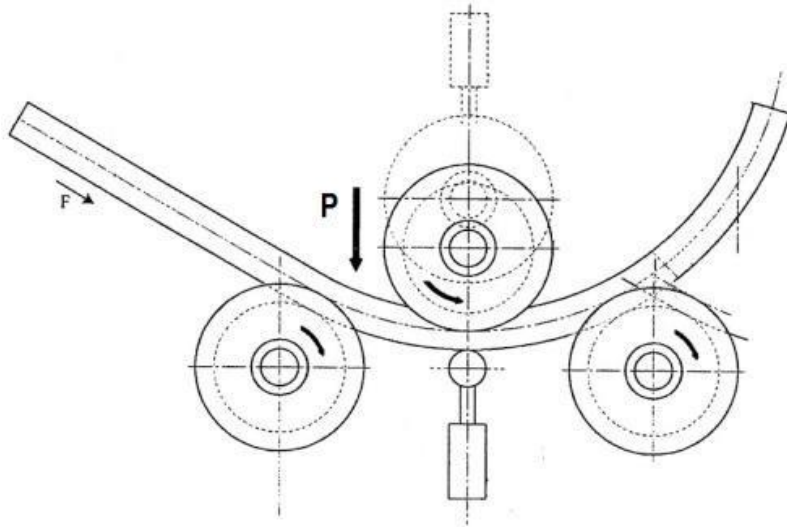


Рисунок 2.6 – Схема вальцювання

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика 3-валкової машини ROUND0

Параметр	Значення
Діаметр валків, мм:	440, вісь нижн. рол. 160
Робоча швидкість, м/хв:	1-7
Діаметр верхнього вала, мм:	440, вісь 180
Потужність, кВт:	11,0
Габаритні розміри, мм:	1920x1530x1500
Маса, кг:	5300

При проведенні вальцювання велике значення має контакт поверхні листа з згинальними вальцями, тому на поверхні не повинно бути забруднень. Якість згинання залежить від того вздовж або впоперек волокон прокатування проводиться формозміна. Тому, як технологічні вимоги згинальної операції необхідно встановити: візуальний контроль і механічне очищення поверхні, відхилення кута напрямку прокатування від осі згину не більше 10° .

2.2.2 Розробка технології складання та зварювання

На ділянку складання надходять окремі елементи: корпус, дві бобишки, серга, штуцер і кільце. З'єднання бобишок виконують відповідно до схеми, наведеної на рисунку 2.7. Перед їх установленим у місцях технологічних підрізів здійснюють підварювання методом аргонодугового зварювання, після чого ці ділянки зачищають урівень з основним металом із використанням установки УДГУ-351. Як присадний матеріал застосовується дріт марки Св-04Х19Н11М3 діаметром 2 мм [9].

Фіксацію бобишок виконують прихватками у чотирьох точках, розташованих діаметрально протилежно; довжина кожної прихватки становить 15 ± 5 мм. Для подальшого зварювання корпус встановлюють і закріплюють у зварювальному обертачі типу М11080 за допомогою спеціальних пристроїв, що забезпечують обертання виробу з робочою швидкістю. Після завершення складальних операцій виріб передають на зварювальний пост [9].

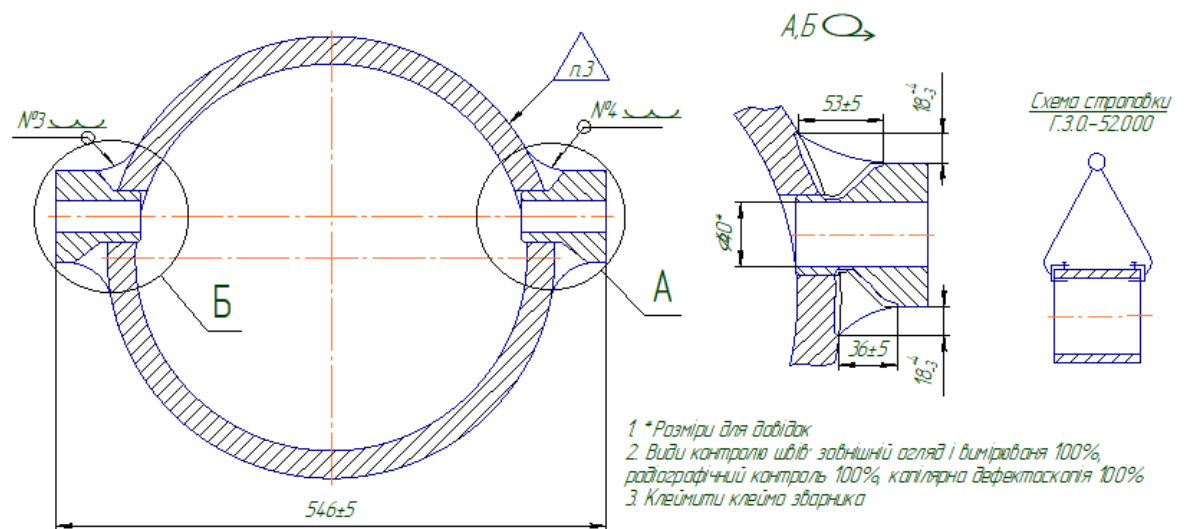


Рисунок 2.7 – Ескіз для зварювання

На наступному етапі до корпусу приєднують сергу, використовуючи електроди типу ЭА400/10У діаметром 4 мм. Живлення дуги забезпечується

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

джерелом ВДМ-1202С, а регулювання зварювального струму здійснюється за допомогою баластного реостата РБ-300.

Далі виконують з'єднання штуцера з корпусом. Цю операцію проводять напівавтоматичним способом у середовищі захисного газу - аргону, застосовуючи установку УДГУ-351. Як присадний матеріал використовують зварювальний дріт марки Св-04Х19Н11М3 діаметром 2 мм [9].

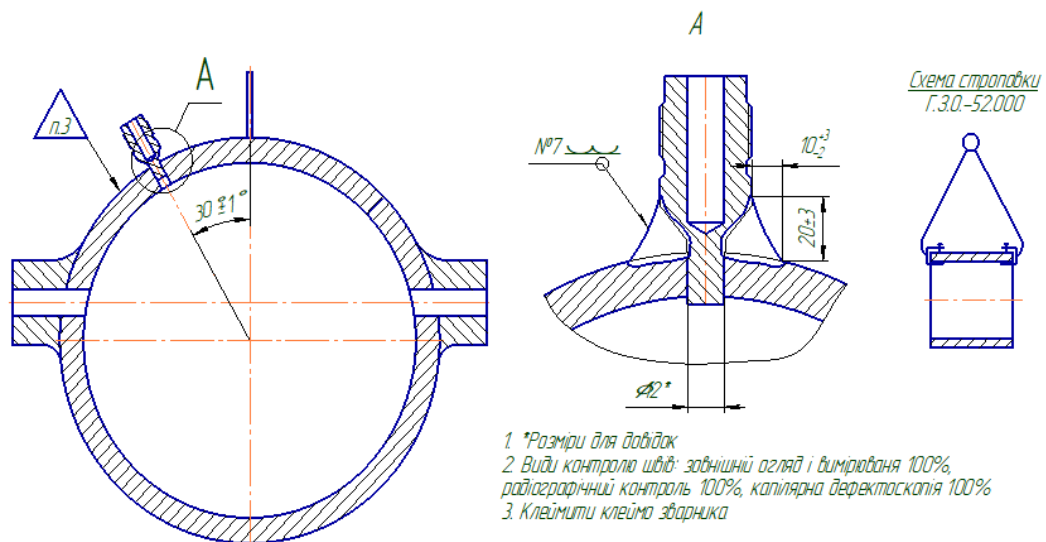


Рисунок 2.8 – Ескіз приварювання штуцера до корпусу

Щоб мінімізувати виникнення термічних деформацій у процесі зварювання, попередньо виконують прихватки методом ручного дугового зварювання з кроком 250 ± 5 мм і довжиною кожної 30 ± 5 мм.

Завершальним етапом виготовлення корпусу є приєднання кільця. Цю операцію здійснюють під шаром флюсу відповідно до ескізу (рис. 2.9), використовуючи автомат А1416, який змонтований на поворотній колоні ПК1 і працює у зв'язці з маніпулятором. Як витратні матеріали застосовують зварювальний дріт марки Св-04Х19Н11М3 діаметром 2 мм та флюс 48-ОФ-6. Живлення забезпечується джерелом ВДМ-1202СЮ у поєднанні з баластним реостатом РБ-300 [10].

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		30

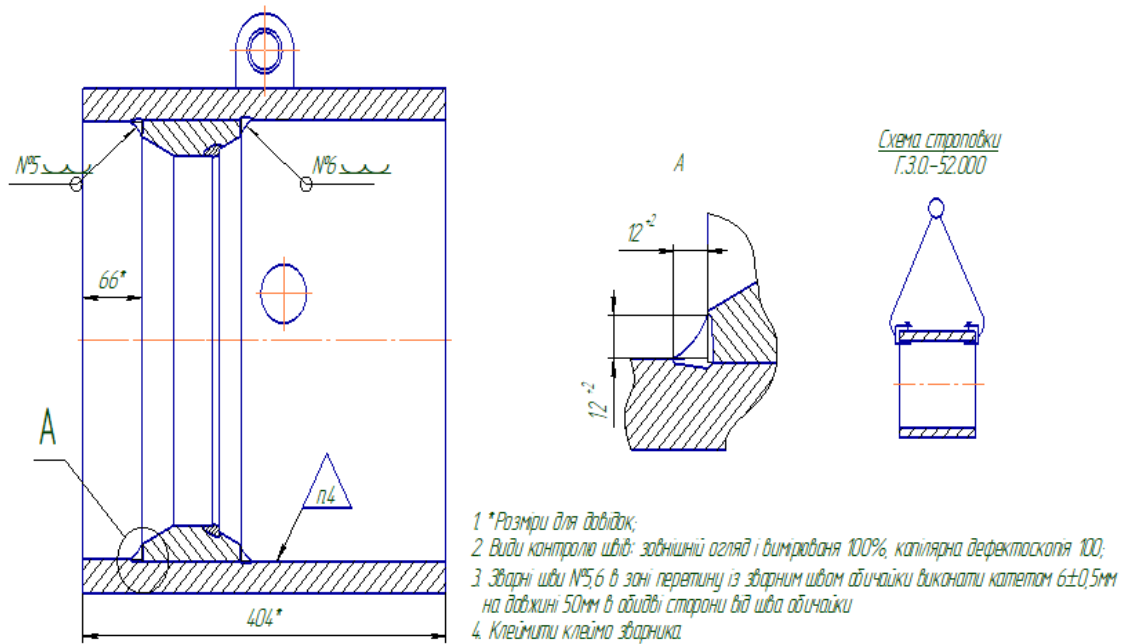


Рисунок 2.9 – Ескіз приварювання кільця до корпусу

На складальну позицію також надходять елементи вузла захлопки — диск і противага, які компонують відповідно до схеми (рис. 2.10).

З'єднання противаги з диском виконують ручним дуговим зварюванням із застосуванням електродів типу 898/21Б. Як джерело живлення використовується випрямляч ВКСМ-1000 у комплекті з баластними реостатами РБ-300, що дозволяє регулювати параметри зварювального процесу.

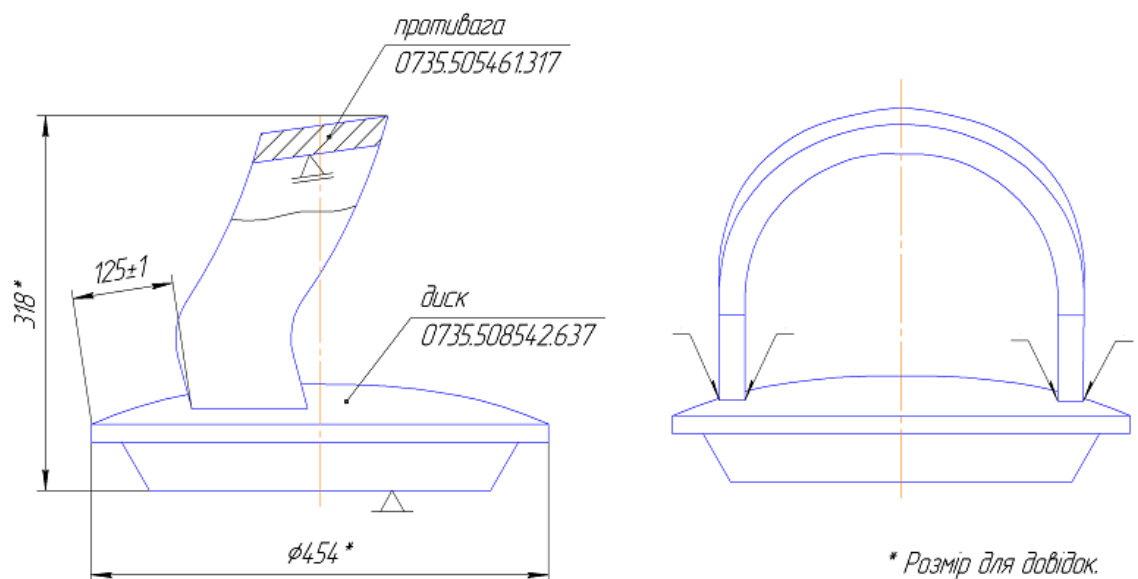


Рисунок 2.10 – Ескіз деталей захлопки

Операцію наплавлення диска здійснюють із використанням маніпулятора М11080. Для цього застосовують підвісний самохідний автомат А1416, який працює під шаром флюсу АН-26П із використанням порошкового дроту марки ПП-АН133. Живлення забезпечує установка ВДМ-1202С, а налаштування зварювального струму виконується за допомогою баластного реостата РБ-300.

2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

При зварюванні шиберної засувки виникають залишкові напруження та деформації, що обумовлені нерівномірним нагріванням і охолодженням металу в зоні зварного шва. Основними причинами є: локальне теплове розширення металу під час зварювання; нерівномірне охолодження зварних з'єднань; жорстке закріплення елементів конструкції; наявність довгих та замкнених зварних контурів; різна товщина елементів конструкції [12]:

Для шиберної засувки особливо критичними є деформації корпусу, які можуть призвести до перекосу направляючих і порушення роботи шибера.

У процесі зварювання конструкції можливе виникнення таких видів деформацій: поздовжні та поперечні усадкові деформації; кутові деформації; короблення площин корпусу; перекіс і зміщення елементів.

Найбільш небезпечними є короблення стінок корпусу та порушення співвісності направляючих, що безпосередньо впливає на працездатність засувки.

Для зменшення впливу зварювальних деформацій на етапі проєктування необхідно: забезпечити симетричність конструкції відносно осей; мінімізувати кількість замкнутих зварних контурів; уніфікувати товщину елементів; передбачити раціональне розташування ребер жорсткості; забезпечити вільний доступ до виконання зварних швів [12].

Раціональна конструкція дозволяє знизити рівень внутрішніх напружень ще до початку технологічного процесу.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

Одним із найбільш ефективних способів зменшення деформацій є правильний вибір послідовності виконання швів: зварювання виконують від середини до країв; довгі шви розбивають на окремі ділянки; застосовують симетричне накладання швів; використовують зворотно-ступінчастий спосіб зварювання. Це дозволяє частково компенсувати усадочні деформації.

Напруження при зварюванні однозначно залежать від пружних деформацій і визначаються за такими формулами:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1+\nu} \left[\varepsilon_{x \cdot np} + \frac{\nu}{1-2\nu} (\varepsilon_{x \cdot np} + \varepsilon_{y \cdot np} + \varepsilon_{z \cdot np}) \right]; \\ \sigma_y &= \frac{E}{1+\nu} \left[\varepsilon_{y \cdot np} + \frac{\nu}{1-2\nu} (\varepsilon_{x \cdot np} + \varepsilon_{y \cdot np} + \varepsilon_{z \cdot np}) \right]; \\ \sigma_z &= \frac{E}{1+\nu} \left[\varepsilon_{z \cdot np} + \frac{\nu}{1-2\nu} (\varepsilon_{x \cdot np} + \varepsilon_{y \cdot np} + \varepsilon_{z \cdot np}) \right]; \\ \tau_{xy} &= G\gamma_{xy \cdot np}, \tau_{yz} = G\gamma_{yz \cdot np}, \tau_{zx} = G\gamma_{zx \cdot np}, \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

де E , G , ν - відповідно нормальний модуль пружності, модуль зсуву і коефіцієнт Пуассона.

Перед основним зварюванням виконують прихоплення, які: фіксують взаємне положення деталей; зменшують ризик зміщення елементів; забезпечують стабільність геометрії конструкції.

Прихватки розташовують рівномірно по довжині шва.

Для підвищення точності виготовлення використовують складально-зварювальні пристосування (кондуктори), які: забезпечують жорстке базування деталей; обмежують деформації під час зварювання; підвищують повторюваність геометричних параметрів.

Для товстостінних елементів застосовується попередній підігрів, який: зменшує температурні градієнти; знижує рівень внутрішніх напружень;

запобігає утворенню тріщин. Також необхідно контролювати міжпрохідну температуру під час багат шарового зварювання.

Зменшення тепловкладення досягається шляхом: оптимального вибору сили струму і напруги; застосування багат шарового зварювання замість одно шарового; використання механізованого зварювання (MIG/MAG).

Зниження тепловкладення сприяє зменшенню деформацій.

До ефективних методів належать: попереднє деформування (зворотний вигин елементів перед зварюванням); застосування вантажів або притискачів; локальне охолодження окремих зон. Ці методи дозволяють компенсувати очікувані деформації під час зварювання.

Для зняття залишкових напружень після зварювання застосовується термічна обробка: відпуск або нормалізація; місцевий або загальний нагрів конструкції. Термічна обробка сприяє: зниженню рівня внутрішніх напружень; підвищенню довговічності виробу; зменшенню ризику деформацій у процесі експлуатації [12].

У разі виникнення деформацій після зварювання застосовується правлення: механічне (за допомогою пресів або домкратів); термічне (локальний нагрів із контрольованим охолодженням).

Правлення дозволяє відновити геометричні параметри конструкції.

Зварювальні напруження та деформації є неминучими при виготовленні шиберної засувки, однак їх вплив може бути суттєво зменшений за рахунок комплексу конструктивних і технологічних заходів. Найбільш ефективними є раціональна послідовність зварювання, застосування пристосувань, зниження тепловкладення та використання термічної обробки. Реалізація зазначених заходів забезпечує необхідну точність, герметичність і надійність роботи виробу.

2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку

В даний час актуальним нормативним документом, що встановлює правила зварювання та контролю деталей трубопровідної арматури, є СТ ЦКБА

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		34

025-2006 «Арматура трубопровідна. Зварювання та контроль якості зварних з'єднань. Технічні вимоги».

Відповідно до СТ ЦКБА 025-2006 контролюють як зварний шов, так і зону прилеглого до нього основного металу (включаючи наплавлення під зварювання) на відстані не менше 20 мм від межі сплавлення. Контроль проводиться по всій довжині зварних з'єднань з обох сторін (у разі доступності). При візуальному контролі та вимірі повинні контролюватись [12]:

- відповідність форми та розмірів шва та наплавлення кромки вимогам креслення та техпроцесів;
- наявність поверхневих дефектів, що перевищують норми допустимих;
- якість підготовки поверхні швів, наплавлення під зварювання та навколошовної зони для проведення наступних контрольних операцій;
- наявність та правильність маркування або таврування швів;
- основні розміри складання під зварювання за техпроцесом.

Візуальний огляд проводиться неозброєним оком, а в сумнівних випадках – за допомогою лупи (4 – 7) – кратного збільшення після ретельного очищення швів та поверхні наплавлення від шлаку та бризок.

Контроль розмірів шва, нерівномірність ширини та висоти посилення шва та можливих відхилень розмірів та профілю наплавлення під зварювання повинен проводитись не менше ніж у трьох місцях кожного шва.

За наявності утоншення основного металу, одержуваного внаслідок зачищення поверхневих дефектів, товщина у місці утоншення має виходити за межі номінального значення, має бути забезпечений плавний перехід від утонщеного місця до сусідніх ділянок.

Оцінка якості зварних з'єднань та наплавлених кромки під зварювання при візуальному контролі повинно проводитись відповідно до норм.

Усі неприпустимі дефекти, виявлені під час візуального контролю, повинні бути усунені до контролю іншими методами.

Для рентгенівського контролю вибрано апарат рентгенівський імпульсний

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		35

автономний наносекундний АРІНА-9 (див. рис 2.11).



Рисунок 2.11 – Апарат рентгенівський імпульсний автономний наносекундний АРІНА-9

Відповідно, для шиберної засувки визначено параметри рентгенівського контролю. Максимальний розмір включення 4 мм, скупчення 6 мм. Допустима кількість включень і скупчень на будь-якій ділянці зварного з'єднання довжиною 100 мм - 23 штуки.

Якість зварного з'єднання вважається задовільним, якщо не зафіксовані тріщини та непровари, включення, увігнутість або перевищення проплавлення кореня шва.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Компонування складальних та зварювальних установок

На основі аналізу застосованих способів зварювання та наявного обладнання встановлено, що для даного виробу відсутня необхідна оснастка, яка б забезпечувала надійне закріплення конструкції під час зварювання з огляду на її значні габарити та складну форму. У зв'язку з цим у даному розділі запропоновано розробку спеціального пристрою для фіксації корпусу на планшайбі маніпулятора.

Для вирішення цієї задачі спроектовано окреме пристосування. Його притискні елементи забезпечують жорстке та стабільне утримання заготовок, деталей і складальних вузлів відповідно до вимог технологічного процесу протягом усього циклу складання і зварювання.

Аналіз типових притискних механізмів показав, що існуючі конструкції не відповідають умовам даного виробництва, тому доцільним є створення індивідуального рішення.

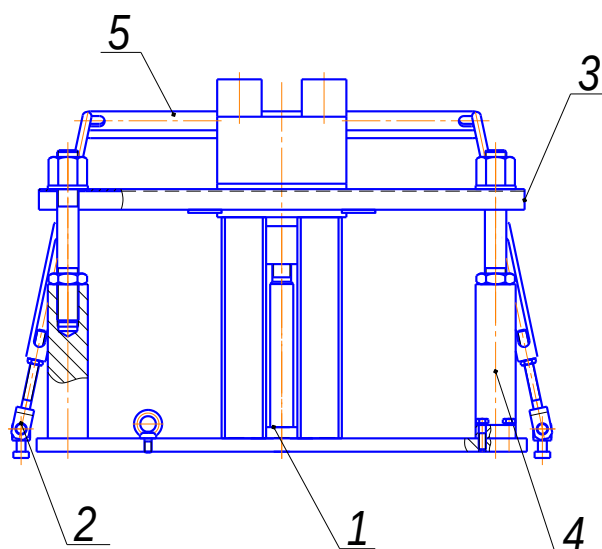
Розроблена підставка призначена для встановлення корпусу на планшайбі маніпулятора та адаптована під зворотний затвор діаметром 500 мм. Вона використовується під час складання і зварювання кільця з обичайкою згідно з технологічним процесом виготовлення виробу. Крім того, пристрій забезпечує точне позиціонування і жорстке закріплення обичайки та фланців у посадочних місцях, що запобігає їх зміщенню і, відповідно, гарантує дотримання геометричних параметрів та високу якість зварних з'єднань.

Загальний вигляд підставки наведено на рисунку 3.1.

Окремо була розроблена оправка, яка використовується для складання та зварювання бобишок з обичайкою. Вона спроектована спеціально для закриву зворотного типу ІА 44077–500УА.

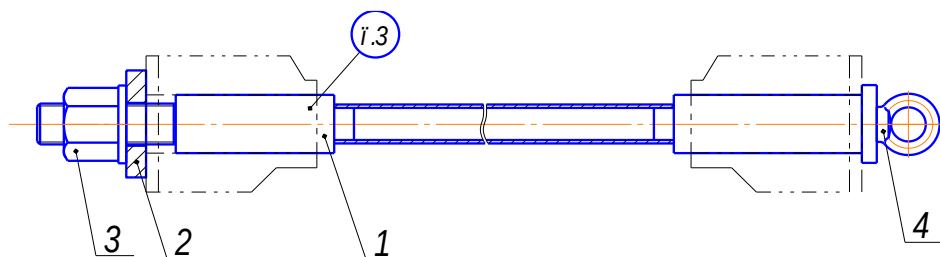
					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		37

Загальний вигляд стяжного елемента (оправки) представлено на рисунку 3.2.



1 – вісь; 2 – талреп (стяжка); 3 – прижим; 4 – стійка;
5 – планка

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд підставки



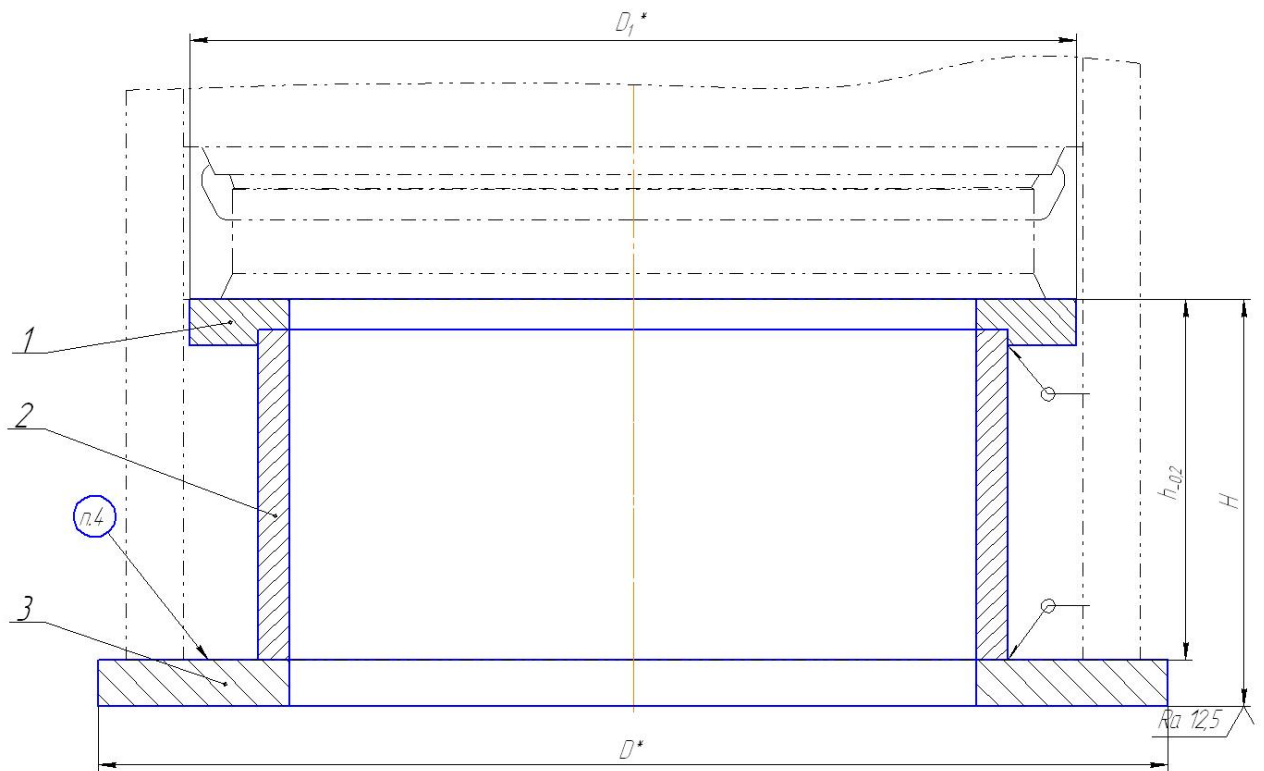
1 – болт; 2,3 – плита; 4 гайка

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд стяжки

Спеціально для виробу діаметром 500 мм розроблено підставку, призначену для складання кільця з трубою. Під час підготовки деталей до зварювання часто виникають труднощі з точним позиціюванням кільця всередині труби, що ускладнює процес і може впливати на якість з'єднання.

Запропоноване пристосування дозволяє усунути ці недоліки, забезпечуючи правильне взаємне розташування елементів і стабільну фіксацію

під час складання. Завдяки цьому підвищується точність монтажу та загальна технологічність виготовлення вузла [13] (див. рис. 3.3).



1 – кільце, 2 – плита, 3 – плита

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд підставки для складання кільця з трубою

Для виконання зварювання зворотного затвору доцільно застосувати вертикальний зварювальний обертач типу М 11080 (див. рис. 3.4; технічні параметри наведені у табл. 3.1). Це обладнання призначене для обертання заготовок навколо вертикальної осі з робочою швидкістю під час автоматичного дугового зварювання кільцевих швів під флюсом або в середовищі захисних газів. Також воно дає змогу встановлювати виріб у зручне положення при транспортній швидкості під час напівавтоматичного чи ручного зварювання [13].

Конструкція обертача має зварну станину. На робочому столі розташований механізм обертання планшайби, який включає електродвигун і

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		39

комбінований редуктор черв'ячного та циліндричного типу. Крім того, пристрій оснащений системою автоматичного вимкнення після завершення зварювання кільцевого шва з перекриттям



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд зварювального обертача М 11080

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика зварювального обертача М 11080 [13]

Параметри	Значення
Вантажопідйомність, кг	1000
Момент, що крутить, на осі обертання, Н-м	8000
Частота обертання шпинделя в процесі зварювання, мін-1	0,018-1,8
Кут повороту планшайби, найбільший $\pm$	360°
Номінальний зварювальний струм (ПВ=100%), А	1000
Струм живлячої мережі рід струму Змінний 3-фазний частота, Гц 50 напруга, В	380
Потужність електродвигуна приводу обертання, кВт	3
Габарити обертача, мм	1300x1250x900

Для фіксації та переміщення зварювальної апаратури доцільно застосувати поворотну колону типу ПК1, табл. 3.2). Вона використовується в складі автоматизованих зварювальних комплексів, де на консольній балці монтується зварювальний автомат, зокрема типу АБС.

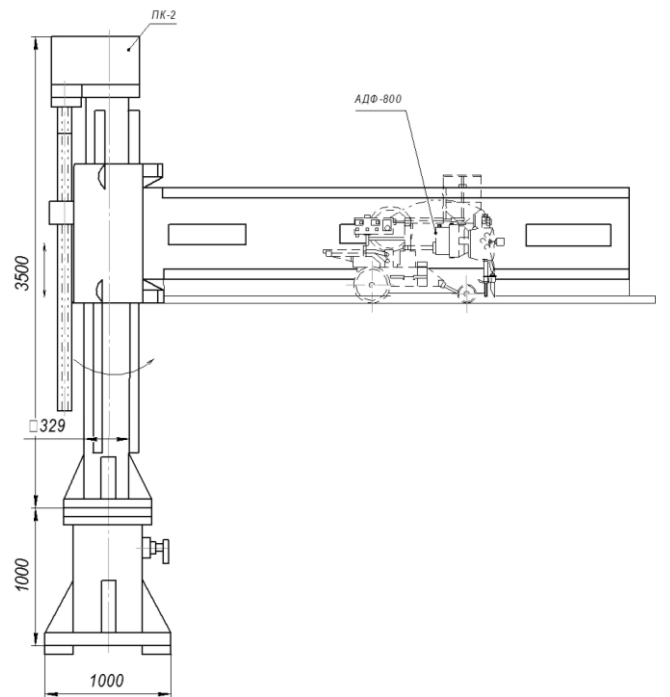


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд колони для закріплення зварювального автомата

Це обладнання дає змогу виконувати автоматичне зварювання поздовжніх швів довжиною до 2000 мм. Якщо ж виріб додатково встановити на маніпулятор, стає можливим зварювання кільцевих швів діаметром до 2000 мм у повністю автоматичному режимі. У даній ситуації колона використовується насамперед як опора для закріплення зварювального автомата та забезпечення його переміщення під час роботи [13].

Підйом і спуск консолі проводиться за допомогою електродвигуна, поворот колони навколо осі здійснюється вручну.

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		41

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики зварювальної колони типу ПК-1

Найменування параметра	Характеристика
Виліт консольної балки від осі колони до осі електрода, мм:	
максимальний	2600
мінімальний	1000
Кут повороту колони, °	350
Швидкість підйому / опускання консолі, мм / хв	2000
Габаритні розміри, мм:	3500×1000×4500
3500×1000×4500	2200

3.2 Розрахунок гвинта пристосування для кріплення боковин

Визначаємо основні розміри гвинта з метричною різьбою, що розвиває притискне зусилля 35 кН [13].

1. Визначаємо за формулою (3.1) зовнішній діаметр різьби:

$$d_3 = \sqrt{\frac{P_n}{0,5 \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{3500}{0,5 \cdot 90 \cdot 10^6}} = 0,350 = 35,3 \text{ мм} \quad (3.1)$$

де $[\sigma] = 90 \text{ МПа}$ - допустима межа міцності різьби із сталі 45;

Приймаємо різьбу М36 з кроком $S=4 \text{ мм}$ за ГОСТ 7805-70.

2. Сила притискання, що розвиває гвинт М36х4 обчислюється за формулою (3.2):

$$P_{роз} = \frac{Ql}{z_{сер} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0,33 \cdot f \cdot d_1} \quad (3.2)$$

де $z_{сер}$ – середній радіус різьби. ($z_{сер}=9,2 \text{ мм}$);

Q – сила на рукоятці гвинта, що прикладається робочим зусиллям ($Q=350 \text{ Н}$);

l – довжина рукоятки (40 мм);

α – кут підйому різьби ($\alpha = 2^\circ 29'$);

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		42

φ – кут тертя в різьбі. (Для метричної різьби $\varphi=8^{\circ}37'$);

f – коефіцієнт тертя п'яти по поверхні заготовки ($f=0,15$);

d_1 – діаметр п'яти гвинта ($d_1=36$ мм) [13].

Підставивши числові значення в формулу (3.2) одержимо:

$$P_{роз} = \frac{350 \cdot 40}{0,0092 \cdot \operatorname{tg}(2^{\circ}29' + 6^{\circ}40') + 0,33 \cdot 0,15 \cdot 0,036} = 38800H$$

Так як $P_{роз} > P_H$ ($38800 > 35000$) то приймаємо гвинтову пару М36х4.

3. Кількість витків різьби в гайці визначається за формулою (3.3):

$$n = \frac{4 \cdot P_{роз}}{\pi(d_3^2 - d_{вн}^2) \cdot \rho} \quad (3.3)$$

де ρ – питомий тиск на поверхню ниток різьби. (Для сталеної гвинтової пари $\rho=12$ МПа);

$d_{вн}$ – внутрішній діаметр різьби. ($d_{вн}=29,3$ мм).

Підставивши числові значення в формулу (3.3) одержимо:

$$n = \frac{4 \cdot 38000}{3,14(0,036^2 - 0,0293^2) \cdot 35 \cdot 10^6} = 31,89$$

Приймаємо $n=32$.

4. Висоту гайки обчислюють за формулою (3.4) :

$$H = n \cdot S = 32 \cdot 2 = 64 \quad (3.4)$$

5. Діаметр рукоятки гвинта обчислюють за формулою (3.5):

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{Ql}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{350 \cdot 0,4}{0,1 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 0,034 = 34\text{мм} \quad (3.5)$$

де $[\sigma] = 60$ МПа – допустимі напруження для рукоятки із сталі Ст3.

6. Максимальна довжина гвинта обчислюється за формулою (3.6):

$$l_z \leq 10 \cdot d_{вн} = 10 \cdot 29,3 = 293\text{мм} \quad (3.6)$$

3.3 Розробка плану цеху

Планування зварювальної дільниці, це таке розташування робочих місць, яке забезпечує рух виготовлених деталей за технологічним потоком. Основною

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

вимогою механізованого робочого місця є зварювальна або складально-зварювальна установка, що забезпечує одержання якісного зварного шва за рахунок створення належних умов для взаємного переміщення виробу, що зварюється, і зварювального апарата в залежності від характеру зварного шва. Тепер нам зрозуміло, що комплексність полягає в механізації всіх операцій технологічного процесу виготовлення конструкції. Технологія виготовлення зварної конструкції містить у собі наступні види операцій: Заготівельні – очищення металу, виправлення, розмітка, різання, підготовка крайок під зварювання, гнуття й ін. Складальні – взаємне розташування деталей або вузлів у пристосуванні для постановки прихваток або для виконання зварювання; Зварювальні – одержання нероз'ємного з'єднання за допомогою електродугового, електрошлакового процесів або зварювання опором. Заготовки перевозяться на зварювальну ділянку за допомогою автокадів, а вже звідти, поопераційно за допомогою мостового крану. Крім того, необхідно враховувати, що при виконанні будь-яких операцій може виникнути необхідність у зміні просторового положення деталі, вузла або конструкції – поворот навколо горизонтальної або вертикальної осі, або нахил на деякий кут і т.п. Після операцій складання вузли, підвузли або конструкції в цілому за допомогою відповідних транспортних засобів і транспортного устаткування надходять на комплексно-механізовані робочі місця для їхнього зварювання. Незалежно від способу зварювання (ручне, механізоване або автоматичне) виріб необхідно подати на місце складання і зварювання, розмістити в просторі таким чином, щоб забезпечити якісне формування зварного шва з урахуванням необхідності формування і захисту його зворотної сторони, забезпечити закріплення та зручне розташування зварювального устаткування. Таким чином, компонування робочого місця для зварювання повинно включати: - устаткування для переміщення зварювальників для розміщення їх в найбільш зручному положенні відносно зварювального виробу під час виконання процесу зварювання (при необхідності); - устаткування для встановлення виробу, що зварюється, у зручне

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		44

просторове положення, що забезпечує найбільш сприятливі умови для формування зварного шва; - зварювальне устаткування (автомати, напіваавтомати, джерела живлення зварювальної дуги й ін.); - устаткування для встановлення та закріплення зварювальних апаратів (автоматів або напіваавтоматів) і їхнього переміщення (при необхідності); - устаткування для забезпечення захисту зварного шва в процесі зварювання (флюсоподаючі і флюсозбиральні апарати), пристрої для забезпечення подачі захисного газу (централізованим способом або за допомогою балонних рамп або окремих балонів із захисним газом) [13].

Зварювальна дільниця для зварювання закриву зворотного ІФ 44077 – 500УА розміщена в цеху №7 Івано-Франківського арматурного заводу. Дана дільниця площею 114 м² 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 маніпулятора; переміщення зварювальних автоматів відбувається за допомогою колони ПК1; даний виріб зварюється автоматом А1416; установкою УДГУ 351; захисний газ для захисту зварювальної ванни Аг об'ємом 40л, 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 220 В і 380 В для живлення електрообладнання і ще кожна зварювальна дільниця обладнана припливно-витяжною витяжкою [13].

Організація зварювальної дільниці передбачає таке розміщення робочих зон, за якого деталі переміщуються відповідно до послідовності технологічного процесу без зайвих затримок і перехрещень потоків.

Ключовим елементом механізованого робочого місця є складально-зварювальна установка, що створює умови для отримання якісного з'єднання. Це досягається завдяки узгодженому переміщенню виробу та зварювального

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		45

обладнання з урахуванням типу й конфігурації шва. Загальна ефективність полягає у максимальній механізації всіх етапів виготовлення конструкції.

Процес виробництва зварних виробів включає кілька груп операцій. До заготівельних належать очищення матеріалу, вирівнювання, розмічання, різання, підготовка крайок і формоутворення. Складальні операції забезпечують правильне взаємне розташування елементів перед фіксацією або зварюванням. Зварювальні роботи спрямовані на створення нероз'ємного з'єднання за допомогою різних методів, зокрема дугового, електрошлакового чи контактного зварювання [13].

Транспортування заготовок на дільницю здійснюється відповідними транспортними засобами, після чого їх переміщують між операціями, наприклад, мостовим краном. У процесі роботи часто виникає потреба змінювати просторове положення виробу – обертати його або нахиляти для забезпечення оптимальних умов зварювання.

Після складання вузли або готові конструкції направляються на механізовані робочі місця для виконання зварювальних операцій. Незалежно від обраного способу зварювання, важливо правильно встановити виріб, зафіксувати його та забезпечити зручний доступ обладнання, а також належні умови формування шва і захисту його зворотної сторони.

Раціональна організація робочого місця передбачає наявність [13]:

- засобів позиціонування працівника (за потреби);
- пристроїв для встановлення виробу в оптимальне положення;
- зварювального обладнання (автоматів, напіваавтоматів, джерел живлення);
- систем для кріплення та переміщення зварювальних апаратів;
- пристроїв подачі флюсу або захисного газу.

Схема зварювальної дільниці вказана на рисунку 3.6.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		46

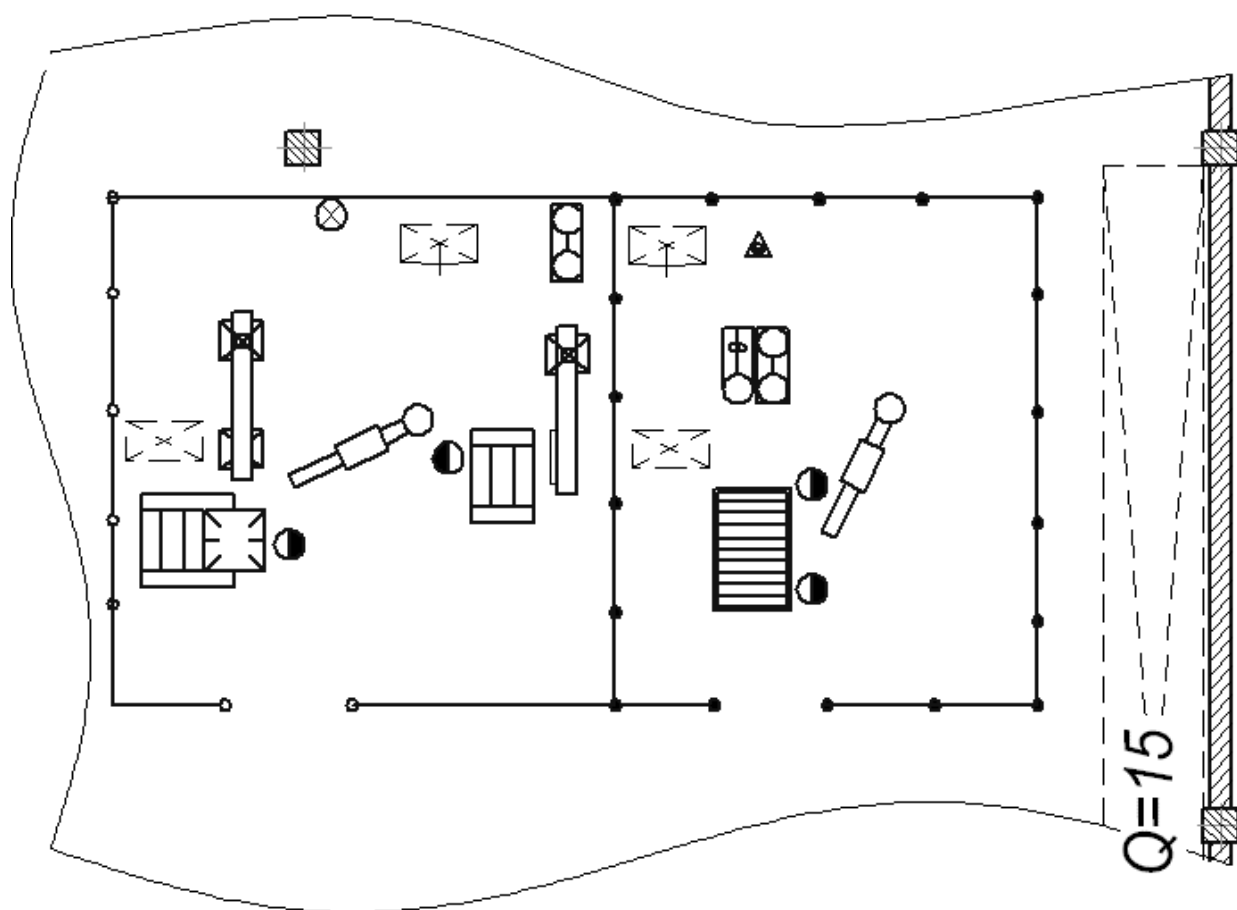


Рисунок 3.6 – Схема зварювальної ділянки

4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

4.1 Аналіз основних 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 самої ванни та зварюваних виробів;
- електромагнітне поле;
- іонізуюче випромінювання;
- підвищений рівень шуму [14].

При зварюванні в зоні дихання виконавців 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 ураження органів зору і навіть опіки шкіри.

Інфрачервоне випромінювання від зварюваних виробів, які попередньо підігрівали, 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;

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		48

- бризки розплавленого металу;
- ймовірність вибуху балонів та систем, що знаходяться під тиском;
- рухомі вироби та механізми [14].

4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки праці

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 робочого дня і т. д.) [15].

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

Відстань між елементами обладнання на монтажному майданчику має бути не менше 2 м один від одного.

Ширина проходів з кожного боку робочого місця має бути не менше 1 м. Робочі місця, розташовані вище 1,3 м від рівня землі або суцільного покриття, повинні бути обладнані огорожами заввишки не менше 1,1 м, що складаються з поручня, одного проміжного елемента та бортової дошки шириною щонайменше 0,15 м [15].

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

Зниження шуму під час роботи здійснюється такими методами:

- організаційними;
- звукоізоляційними;
- звукопоглинанням;

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		49

- віброізоляцією;
- дистанційного керування із звукоізолюючих кабін [15].

Забезпечення електричної безпеки

Для забезпечення електробезпеки повинні дотримуватися наступні вимоги [15]:

- при електрозварювальних роботах повинні застосовуватись обладнання, апарати та пристрої, що задовольняють вимоги чинних 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 приймати заходи уникнення пошкодження їх ізоляції та контакту з водою, мастилом, сталевими канатами та гарячими трубопроводами;

- в електрозварювальних апаратах та джерелах їх живлення елементи, що знаходяться під напругою, повинні бути закриті огорожувальними пристроями;

- електрозварювальна установка (перетворювач, зварювальний трансформатор та т.п.) повинна приєднуватися до джерела живлення через рубильник та запобіжники або автоматичний вимикач, а при напрузі холостого ходу більше 70 В повинно застосовуватись автоматичне відключення зварювального трансформатора;

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		50

– металеві частини електрозварювального обладнання, що не знаходяться під напругою, а також вироби, що зварюються, і конструкції на весь час зварювання повинні бути заземлені, а у зварювального трансформатора, крім того, заземлюючий болт корпусу повинен бути з'єднаний із затискачем вторинної обмотки, до якого підключається зворотний провід;

– як зворотний провід або його елементи можуть бути використані сталеві шини та конструкції, якщо їх переріз забезпечує безпечні умови нагріву при проходженні зварювального струму. З'єднання між собою окремих елементів, що застосовуються як зворотні проводи, мають бути надійними та виконуватися на болтах, затискачах або зварюванням;

– забороняється використовувати в якості мережі заземлення, труби санітарно - технічних мереж (водопровід, газопровід та ін.), металеві конструкції будівель, технологічне обладнання;

– корпус будь-якої електрозварювальної установки необхідно заземлювати. Машини, у яких здійснення захисного заземлення представляє труднощі, повинні бути оснащені пристроями захисного відключення, що забезпечує відключення всіх фаз мережі. Для приєднання заземлювального проводу на електрозварювальному устаткуванні має бути передбачено болт, розташований у доступному місці, з написом «Земля» [15].

Послідовне включення до заземлюючого провідника кількох апаратів забороняється [15]:

– на установках чи автоматичних лініях з великим фронтом обслуговування кнопки аварійного відключення повинні розташовуватися одна від одної на відстані не більше 10 м. Використовувані в таких випадках кнопки керування повинні мати засувки, що забезпечують лише примусове повернення контактів у первісний стан. Пульти керування оснащуються блокуваннями, що виключають можливість паралельного керування від різних пультів, сигналізацією, а також аварійними кнопками для увімкнення установки (лінії);

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		51

- 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.

Забезпечення пожежної безпеки

Відповідно до НВБ 105-03 «Визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх установок з вибухопожежної та пожежної небезпеки» зварювальна діляниця відноситься до категорії «Г» виробництва, де перебувають 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 [15]:

- вогнегасники повітряно-пінні місткістю 10 л – 2 шт;
- порошкові місткістю 10 л - 1 шт, 5 л - 2 шт;
- відро – 1 шт;
- азбестове полотно, грубошерста тканина або повсть (покривало з негорючого матеріалу) – 1 шт;
- лопата штикова - 1 шт;
- візок для перевезення обладнання - 1 шт;
- місткість для зберігання води об'ємом 0,02 м³ - 1 шт;
- насос ручний – 1 шт;
- рукав ДК 18-20 довжиною 5 м - 1 шт.

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		52

Безпека праці під час роботи з підйомними пристроями

При роботі з підйомними пристроями слід дотримуватися наступних рекомендації [15]:

- стропувальні роботи допускається проводити навченому персоналу;
- стропування здійснюється за допомогою ланцюгового стропа, на кінцях якого встановлені антиковзні затискачі;
- стропування котушки та кільця перехідного здійснюється ланцюговим стропом з антиковзаючими затискачами;
- при транспортуванні цеховим транспортом забороняється перебування у цій зоні людей на відстані ближче 10 м.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		53

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз конструкції виробу, визначено основні технологічні вимоги до процесу складання та зварювання, а також розроблено раціональну технологію виготовлення корпусу шиберної засувки.

При виконанні роботи обрано матеріал конструкції та спосіб зварювання, що забезпечує необхідну міцність, герметичність і надійність виробу в умовах експлуатації. Встановлено послідовність виконання складально-зварювальних операцій, підібрано необхідне обладнання, пристрої та зварювальні матеріали.

Розроблена технологія дозволяє:

- забезпечити високу якість зварних з'єднань;
- зменшити ймовірність виникнення дефектів;
- підвищити продуктивність праці;
- знизити трудомісткість виготовлення;
- забезпечити стабільність геометричних параметрів корпусу.

Особливу увагу приділено питанням контролю якості зварних швів та дотриманню вимог охорони праці під час виконання зварювальних робіт. Передбачені методи контролю дають можливість своєчасно виявляти дефекти та гарантувати відповідність готового виробу технічним вимогам.

Отже, розроблена технологія складання та зварювання корпусу шиберної засувки є технічно обґрунтованою, економічно доцільною та може бути рекомендована для використання у виробничих умовах машинобудівних підприємств.

					КРБ.ЗТ-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		54

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-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		55

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-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		56

ДОДАТКИ

					КРБ.3Т-22.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		57