

РОБОТА БАКАЛАВРА

КРБ.ЗТ-63.00.00.000 ПЗ

Група ЗТ-21-1

Дмитро Рошаковський

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Рошаковський Дмитро Михайлович

(підпис)

Група ЗТ-21-1

**Розроблення технології виконання складально-зварювальних робіт при
виготовленні корпусу установки для піролізу**

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів
“Інжиніринг зварювальних технологій”
спеціальності 131 “Прикладна механіка”**

| | |
|--|---|
| Керівник: <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Панчук М.В.</i></u> _____ <i>підпис</i> | Завідувач кафедри будівництва: <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Андрусак А.В.</i></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

131 "Прикладна механіка"

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

(підпис)

"____" _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускні кваліфікаційну роботу бакалавра
студента Рошаковського Дмитра Михайловича

1. Тема роботи Розроблення технології виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні корпусу установки для піролізу.

Затверджена наказом по університету № 283/7 від "07" 05. 2025 р.

2. Термін здачі закінченої роботи 19.06.25

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на виготовлення корпусу установки для піролізу, креслення виробу, умови експлуатації корпусу, матеріал виробу сталь ВСт3сп.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити 1 Загальний розділ. 1.1 Загальна характеристика зварного виробу та оцінка його технологічності. 1.2 Характеристика матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності. 1.3 Аналіз чинного технологічного процесу. 2 Технологічний розділ. 2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування. 2.1.1 Обґрунтування способу 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 Розроблення технологічного процесу виготовлення зварної конструкції. 2.2.1 Заготівельні операції. 2.2.2 Розроблення складально-зварювальних операцій. 2.2.3 Процес нанесення захисного покриття. 2.2.4 Виконання зварних швів після з нанесенням захисним покриттям 2.3 Вибір заходів боротьби із зварювальними напруженнями 2.4 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. Креслення корпусу установки. 2. Схема технологічного процесу виготовлення корпусу установки для піролізу. 3. Стенд для збирання для зварювання поздовжніх та поперечних швів. 4. Приварювання вставок. 5. План дільниці цеху. 6. Приварювання днища до обичайки. 7 Приварювання патрубків

6. Дата видачі завдання _____

Керівник

_____ Панчук М.В.

Завдання прийняв до виконання

_____ Рошаковський Д.М.

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 _____ Рошаковський Д.М.

Керівник _____ Панчук М.В.

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається з 7 креслень А 1, та 63 сторінок пояснюючої записки, 17 рисунків, 17 таблиць, посилань 15 на використану літературу.

Об'єктом роботи є: технологія виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні корпусу установки для піролізу.

Мета роботи: удосконалення технології складальних та зварювальних робіт при виробництві корпусу установки для піролізу.

Для виробництва корпусу установки розроблено вдосконалену технологію виконання складально-зварювальних робіт в основу якої поставлено спосіб зварювання плавким електродом в захисних газах. Для виконання технології було вибрано зварювальне обладнання і відповідну оснастку. Проведено механізацію та автоматизацію всіх технологічних операцій. З метою покращення надійності роботи корпусу установки для піролізу та збільшення її виробничого ресурсу на поверхні стінок обладнання нанесено хромове покриття. Впровадження розробленої технології дає можливість забезпечення вищого рівня якості та надійності виконання складальних і зварювальних робіт, отримувати готові вироби з необхідними технічними характеристиками і покращити економічні показники виробництва.

Ключові слова: Корпус установки, процес зварювання, технологічний процес, хромове покриття

ABSTRACT

The bachelor's work consists of 10 presentation slides, an explanatory note of 62 sheets, 16 figures, 12 tables and 17 references to the literature used.

The object of work is: the technology of assembly and welding operations in the manufacture of the pyrolysis plant body.

Purpose: to improve the technology of assembly and welding operations in the production of the pyrolysis plant body.

For the production of the plant body, an improved technology for assembly and welding operations was developed based on the method of welding with a consumable electrode in protective gases. Welding equipment and appropriate tooling were selected to implement the technology. All technological operations were mechanized and automated. In order to improve the reliability of the pyrolysis unit body and increase its production life, a chrome coating was applied to the surface of the equipment walls. The implementation of the developed technology makes it possible to ensure a higher level of quality and reliability of assembly and welding operations, to obtain finished products with the required technical characteristics and to improve the economic performance of production.

Key words: Plant casing, welding process, technological process, chrome coatings

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Зміст | 5 |
| Вступ | 7 |
| 1 Загальний розділ..... | 9 |
| 1.1 Характеристика зварного виробу і оцінка його технологічності. . . | 9 |
| 1.2 Характеристика матеріалу конструкції та його зварюваність | 10 |
| 1.3 Аналіз чинного технологічного процесу | 13 |
| 2. Технологічний розділ | 16 |
| 2.1 Вибір способу зварювання і зварювального обладнання | 16 |
| 2.1.1 Обґрунтування вибору способу зварювання | 16 |
| 2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів | 17 |
| 2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання | 19 |
| 2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального обладнання | 24 |
| 2.2 Розроблення технологічного процесу | 31 |
| 2.2.1 Заготівельні операції. | 32 |
| 2.2.2 Розроблення складальних операцій | 38 |
| 2.2.3 Процес нанесення захисного покриття | 40 |
| 2.2.4 Виконання зварних швів з нанесеним покриттям | 43 |
| 2.2.5 Вибір заходів боротьби із зварювальними напруженнями | 44 |
| 2.3 Технічний контроль та виправлення браку | 47 |
| 2.3.1 Дефекти, що виникають при зварюванні конструкції | 47 |
| 2.3.2 Візуальний метод контролю. | 48 |
| 2.3.3 Ультразвуковий метод контролю | 49 |
| 3 Конструкторський розділ | 54 |

| | | | | | | | | |
|---------------|--------------|----------|--------|------|---|------------------|------|---------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | Рошаковський | | | | Розроблення технології виконання складально- зварювальних робіт при виготовленні корпусу установки для піролізу | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | Панчук М.В. | | | | | 5 | 62 | |
| Рецензент | Матвієнків О | | | | | ІФНТУНГ ЗТ- 21-1 | | |
| Н.к. контроль | Матвієнків О | | | | | | | |
| Затверд. | Андрусяк А.В | | | | | | | |

| | |
|---|----|
| 3.1 Проектування зварювальної дільниці | 54 |
| 3.2 Конструювання корпусу установки для піролізу у програмі Solidworks | 55 |
| 4. Охорона праці | 58 |
| 4.1 Аналіз небезпек та шкідливих чинників виробничого середовища | 58 |
| 4.2 Санітарно – гігієнічні характеристики зварювального Виробництва | 59 |
| 4.3 Заходи з техніки безпеки під час хромування деталей | 60 |
| Висновки | 62 |
| Перелік використаної літератури | 63 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КБР. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 6 |

ВСТУП

Світова тенденція до зниження запасів викопних палив та їхнє подорожчання спричиняє стрімкий розвиток виробництва та використання відновлювальної енергії. Біомаса це єдиний вуглецевий продукт серед альтернативних видів енергії, що може перетворюватися на рідини, газу і тверді продукти, що мають енергетичну цінність. Тому біомасу вважають перспективним матеріалом для заміщення використання традиційних видів палива.

На сьогодні теплові способи перетворення біомаси, а саме – торефікація, гідротермальна карбонізація, піроліз та газифікація привертають до себе велику увагу спеціалістів, як методи виробництва енергетичних продуктів, що мають велику перспективу. Серед названих способів - піроліз у всіх його формах відрізняється найменшою енергоємністю процесу.

Технологічне обладнання для виконання процесу піролізу в даний час в промислових об'ємах в нашій країні не виготовляється. Зазвичай для проведення процесу піролізу використовують апарати, які призначені для інших виробництв, що має негативний вплив на реалізацію процесу на всіх його стадіях. Таким чином проектування спеціалізованої установки для проведення піролізу біомаси на даний час є актуальним завданням.

Обладнання такого типу працює при значних механічних та теплових навантаженнях. Стінки машин і апаратів піддаються також дії агресивних хімічних речовин. Комплексний вплив негативних чинників призводить до швидкого абразивного та корозійного зношення робочих поверхонь. Для попередження наведених явищ, під час виконання проектних робіт необхідно вжити ефективні заходи.

Ключовими питаннями під час виготовлення технологічного обладнання є якісне виконання з'єднання його елементів. Найкращим та найнадійнішим видом з'єднання деталей на даний час є зварювання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Метод з'єднання за допомогою зварювання має численні переваги такі як висока міцність, довговічність та переваги нероз'ємного з'єднання. Висока міцність з'єднань, яку не може мати жоден інший метод з'єднання закладена в природі цього процесу, оскільки в даному випадку розплавляються дві металеві поверхні і з'єднуються дві основи конструкції.

Зварювання також може бути економічно вигідним, універсальним і ефективним, що робить його популярним вибором для різних галузей промисловості. У народному господарстві для вирішення нагальних проблем з'єднання матеріалів успішно використовують як ефективні та надійні процеси зварювання так і супутні технології такі як наплавлення та нанесення різноманітних покриттів.

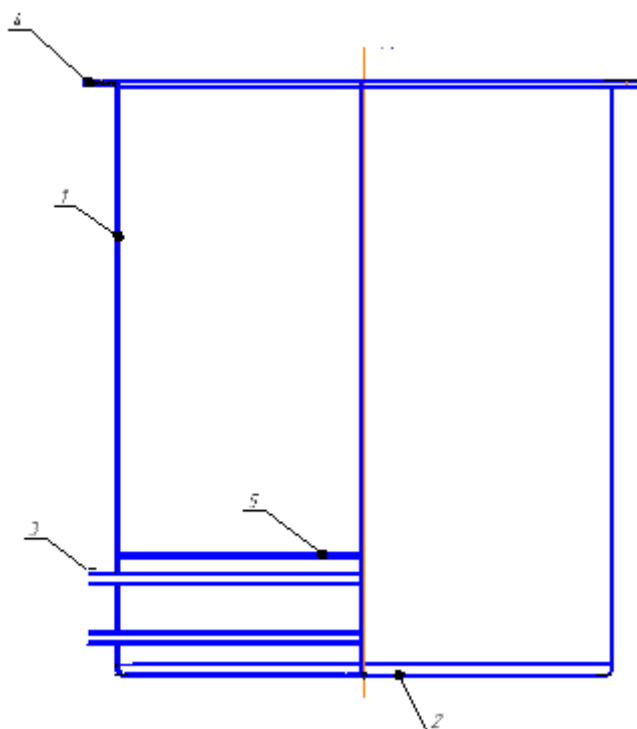
В роботі для виконання поставлених цілей важливим є вибрати оптимальні способи зварювання, технологічне обладнання та оснастку, а також розробити технологічний процес виконання складально-зварюваних робіт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика зварного виробу і оцінка його технологічності

В бакалаврській роботі проводиться розроблення складально-зварювальних операцій виготовлення корпусу установки для піролізу. Одним з наважливіших елементів установки для піролізу є її корпус рис 1.1.



1 – обичайка; 2 – днище; 3 – змієвик; 4 – фланець; 5 – фальш днище.

Рисунок 1.1– Корпус установки для піролізу

Для раціонального проектування, та технологічності конструкції є підбір матеріалу. Експлуатація установки відбувається в умовах високих температур та агресивного середовища.

Враховуючи теоретичні дані та практику використання аналогічних установок встановлено що стінки апаратів піддаються значним хімічним, тепловим та механічним впливам. Результатом цього може бути швидке зношення поверхонь та прояви корозії, що по суті є великою проблемою.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Бомаса та продукти її торефікації - біовугілля, метанол та оцтова кислота являють собою агресивне хімічне середовище. Процес торефікації по суті є м'якою, або ж початковою стадією піролізу. Тому в роботі будемо використовувати термін піроліз.

Явище корозії являє собою процес руйнування матеріалів шляхом хімічного та електрохімічного впливу середовища, з яким вони контактують. Корозійні явища проходять на границі метал-середовище. Результатом цього є перетворення атомів матеріалу кристалічної ґратки в іонний стан. Іншими словами відбувається утворення розчинних сполук – гідроксидів, оксидів та комплексних сполук.

Виготовлення обладнання з нержавючої сталі для запобігання процесів корозії є у великій мірі затратним і не вирішує всіх проблем. Тому на нашу думку раціональним рішенням є використання конструктивних матеріалів з нанесеними покриттями, наприклад хромовими.

Хромові покриття виконують антикорозійні та зносостікі функції. Їх можна наносити на матеріал, як в процесі виробництва конструкції так і при виконанні ремонтних робіт. Використання хромових покриттів дозволить збільшити ресурс експлуатації як окремих елементів так і технологічного обладнання в цілому.

1.2 Характеристика матеріалу зварної конструкції та його зварюваність

Важливим чинником для проектування корпусу є підбір матеріалу. Враховуючи умови експлуатації конструкції та економічні чинники для виготовлення корпусу вибираємо конструкційну вуглецеву сталь ВСт 3сп.

Конструкційна вуглецева сталь ВСт 3сп, виготовляється у відповідності з вимогами стандартів – ГОСТ 380 та ДСТУ 2651.

Об'єми її використання перевищують дані використання інших сплавів, що виготовляються за стандартами України. Відповідно до своїх

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

універсальних технологічних та механічних властивостей сталь ВСт 3сп має широке використання у всіх галузях промисловості, агротехнічному секторі та народному господарстві. Сталь ВСт3сп поставляється у вигляді листового, сортового, трубного, а також фасонного прокату.

Сплав відноситься до спокійних сталей. Він є більше розкисленим ніж сплави Ст3кп та Ст3пс. Наявна цифра - 3 у маркуванні сталі це умовний номер, відносно якого доля вуглецю у складі сплаву складає 0,14... 0,22 %. Хімічний склад сталі наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сталі ВСт 3сп.,%

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
|-------------|------------|------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 0,14 - 0,22 | 0,12 - 0,3 | 0,4 - 0,65 | до 0,3 | до 0,05 | до 0,04 | до 0,03 | до 0,03 |

Приблизний склад сплаву показано на рисунку 1.2

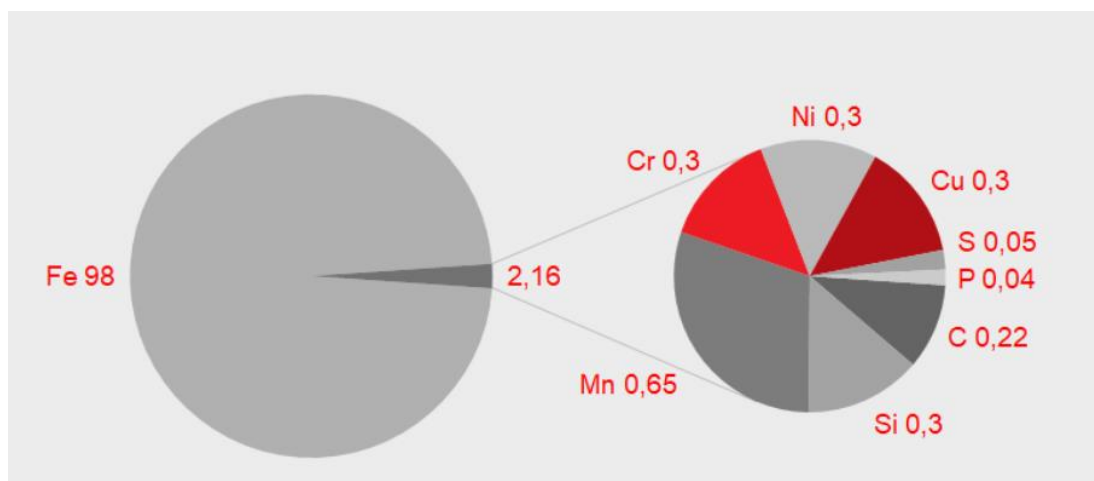


Рисунок 1.2 - Склад сплаву ВСт 3сп

Сталь ВСт 3сп відрізняється універсальністю при механічному обробленні- легко обробляється інструментами, як із швидкоріжучих так і твердих сплавів.

Механічні властивості сталі ВСт3сп наведені в таблиці 1.2.

Важливою характеристикою матеріалу, вибраного для виготовлення конструкції є її зварюваність. Зварюваність розділяють на фізичну і технологічну.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі ВСт 3сп

| Марка сталі | Механічні властивості | | |
|-------------|--|---------------------------------|---|
| | Тимчасовий опір розриву σ_B , МПа | Межа текучості σ_T , МПа | Відносне видовження δ_B , % (не менше) |
| ВСт 3сп | 370- 480 | 245 | 26 |

Технологічною вважають зварюваність матеріалів, коли вони за відповідних умов утворюють зварні конструкції, які відповідають заданим нормативним документам. Фізичною вважають зварюваність матеріалів які утворюють зварні з'єднання, що не регламентуються нормативними документами.

Для визначення зварюваності сталі ВСт3сп виконаємо розрахунки за формулою 1.1 та отримаємо еквівалентний вміст вуглецю:

$$C_e = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr+V+Mo}{10} \quad (1.1)$$

Підставивши у формулу 1.1 масові долі хімічних елементів отримаємо значення вуглецевого еквіваленту:

$$C_e = 0,15 + \frac{0,4}{20} + \frac{0,30}{15} + \frac{0,3}{10} = 0,22$$

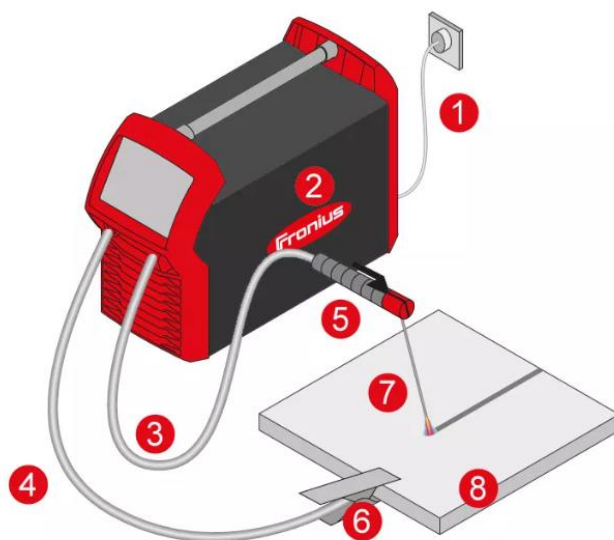
Відповідно до проведених розрахунків сталь ВСт3сп має вуглецевий еквівалент 0,22 %, і таким чином відноситься до сталей, що мають добру

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

зварюваність. Такі сталі зварюються без попереднього підігрівання та обмежень.

1.3 Аналіз чинного технологічного процесу

Перед впровадженням механізованого технологічного процесу виробництва корпусу установки для торефікації для з'єднання елементів конструкції застосовували зварювання стрижневим електродом (рис 1.3). Цей спосіб ще має назву - ручне дугове зварювання.



1 – підключення до електричної мережі; 2 – джерело живлення; 3 - зварювальний кабель; 4 – кабель замкнення; 5 - електродотримач; 6 – клема заземлення; 7 - електрод; 8 – деталь

Рисунок 1.3 – Схема зварювання стрижневим електродом

Зварювання стрижневим електродом – один з найдавніших процесів з'єднання матеріалів. Ручний процес дугового зварювання в своїй основі побудований на функціонуванні електричної дуги між торцем електроду і поверхнею виробу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Для збудження електричної дуги необхідно зробити коротке замикання між зварювальними поверхнями, що призводить до замикання електричного кола. Електрична дуга, що виникає, створює достатню кількість теплоти для активації контактних матеріалів та їхнього розплавлення. За цього покриття електроду створює надійний захист зварювальної ванни.

Для ручного дугового зварювання (рис.1.3) елементів конструкції установки для торефікації використовуються електроди МР-3 або УОНИ-13/45А.

Під час зварювання електродові надається три напрямку руху. Перший – поступальний, вздовж осі електроду, що дозволяє підтримувати постійну довжину дуги у відповідності до швидкості розплавлення металу.

Другий напрямок руху передбачає переміщення електрода вздовж осі валика з утворенням зварного шва. Швидкість даного руху визначається в залежності від технологічних параметрів процесу – сили струму, полярності, напруги тощо. За відсутності поперечних коливань отримуємо ниточний валик, що на два – три міліметри більший за діаметр електроду. Третій напрямок руху – це переміщення торця електрода у поперек шва для отримання розширеного валика. Поперечні рухи електроду визначаються розмірами та положенням шва, формою розробки кромки властивостями розплавленого металу та іншими чинниками.

Технологія виготовлення корпусу установки для піролізу, в основі якої є спосіб ручного дугового зварювання має суттєвих недоліків. До цих недоліків відносяться:

- невелика продуктивність;
- мала ефективність процесу;
- особливий вплив людського чинника;
- негативний вплив процесу на здоров'я зварника;
- від початку до завершення ручне виконання всіх операцій;
- постійна потреба виконання робіт для заміни електродів;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

- складність виконання робіт у сткльовому положенні.

Провівши аналіз чинної технології з використання ручного процесу дугового зварювання для з'єднання елементів корпусу установки для піролізу, можна підбити підсумки.

Використовувана технологія відрізняється – недостатньою для сучасного виробництва точністю проведення складальних, заготівельних, підготовчих та зварювальних робіт, що частково спричиняється присутністю людського чинника. Тому розроблення нової, вдосконаленої технології проведення зварювально-монтажних робіт для виготовлення корпусу установки для торефікації є актуальним завданням.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

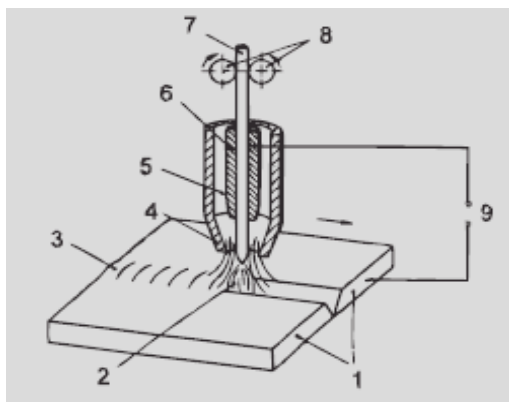
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способу зварювання та зварювального обладнання

2.1.1 Обґрунтування вибору способу зварювання

Особливості даної конструкції в тому, що зварні шви для неї можна виконувати всіма основними способами зварювання без обмежень, оскільки матеріал з якого вона виготовляється має добру зварюваність. Проте розроблення технологічного процесу виконання складально-зварювальних робіт потребує системного підходу.

Оптимальним вибором для проектованої конструкції, враховуючи матеріал з якого вона виготовляється та її габаритні розміри є спосіб зварювання в захисному газі (рис. 2.1). Враховуючи природу матеріалу, що зварюється – низьковуглецева сталь на мою думку доцільно вибрати МАГ (Metal Activ Gas). Даний спосіб можна використовувати в механізованому та автоматизованому виконанні.



1 – поверхні деталей; 2 – електрична дуга; 3 – зварний шов; 4 – захисний газ; 5 – сопло; 6 – струмопідвідний елемент; 7 – присадковий дріт; 8 – подавальний механізм

Рисунок 2.1 – Схема зварювання деталей в захисних газах

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Зварювання в середовищі захисного газу, або ж дугове зварювання за допомогою плавкого електроду у захисному газі (MIG/MAG), має важливі переваги, які його роблять ефективним та популярним способом зварювання.

Головною особливістю процесу є застосування захисного газу або його сумішей для захисту розплавленого металу та електричної дуги від можливого окислення та шкідливих впливів навколишнього повітря. Процес наповнення зазору між зварювальними поверхнями відбувається шляхом плавлення електродного дроту, що механічно подається через зварювальний пальник.

Перевагою вибраного процесу зварювання є наявність функції автоматичного гарячого старту, а також можливість регулювання дуги.

Функція гарячого старту призначена для забезпечення можливості підвищення величини електричного струму під час збудження дуги. Вона є досить корисною для випадків, коли електрод є холодним або вологим, робить складнішим запалювання дуги.

За допомогою функції гарячого старту створюється початкове надходження струму підвищеної величини, що швидко підігріває електрод, до заданого рівня для ефективного збудження дуги.

Для даного технологічного процесу передбачено використання напівавтоматичного та автоматичного видів зварювання. Виходячи з наведених аргументів вважаю доцільним в основу технологічного процесу поставити спосіб зварювання в захисних газах.

2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів.

Для зварювання елементів корпусу установки будемо застосовувати універсальний електродний дріт марки ESABWeldG3Si1. Дріт ESABWeldG3Si1 можна використовувати для елементів з конструкційних низьколекованих та нелегованих сталей, що мають границю плинності до 500/470 МПа.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Перевагами підбраного дроту є: низький вміст шкідливих домішок, стабільний діаметр, надійне оміднення. Дріт ESABWeldG3Si1 забезпечує стабільність дуги, мінімальне розбризкування і високу якість наплавленого металу. Зварювальний дріт має широке використання для зварювання металоконструкцій, суднобудування, машинобудування та інших галузей у промисловості.

Під час проходження процесу зварювання сопло оточує електродний дріт. Через сопло подається суміш захисного газу. Суміш газів захищає розплавлений метал від прямого контакту з навколишнім середовищем та запобігає проходженню хімічних реакцій між ними. Для зварювання конструкцій з нержавіючих сталей застосовують інертні гази – гелій, аргон.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад наплавленого металу (%)

| C | Si | Mn | P | S |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,06-0,14 | 0,80-1,00 | 1,40-1,60 | max 0.025 | max 0.025 |

Для забезпечення необхідних властивостей розплавленого металу, застосуємо газову суміш - 80% Ar + 20% CO₂. Механічні властивості наплавленого металу представлено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Механічні властивості металу шва

| | Значення |
|---|-----------------|
| Границя міцності, МПа | 500 |
| Відносне видовження, % не менше | 36 |
| Границя текучості, МПа | 420 |
| Ударна в'язкість, Дж/ см ² (КСV) (-20) | 59 |
| Ударна в'язкість, Дж/ см ² (КСU) (-50) | 65 |
| Ударна в'язкість, Дж/ см ² (КСU) (-60) | 34 |

Технічні параметри аргону, що використовується для зварювання регламентуються вимогами нормативних документів. Основні характеристики аргону представлені в таблиці 2.3.

Уякості добавки до аргону застосуємо - 20% вуглекислого газу. Для виконання високоякісних зварних швів у зварних конструкціях необхідним є застосування вуглекислого газу з високими показниками чистоти – не менше ніж перший сорт. У відповідності до чинних нормативних документів він не повинен містити домішок: аміаку, сірководню, різноманітних кислот, органічних сполук, а також ароматичних вуглеводнів.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики аргону

| Технічні характеристики | Значення, Перший сорт | Значення, Вищий сорт |
|--|--------------------------|-------------------------|
| Доля аргону (об'ємна), не менше, % | 99,987 | 99,993 |
| Доля кисню(об'ємна),не більше, % | 0,002 | 0,0007 |
| Доля азоту(об'ємна), не більше,% | 0,01 | 0,005 |
| Доля водяних парів(об'ємна),не більше, % | 0,001 | 0,0009 |

Виробничі приміщення, в яких виконують зварювальні роботи необхідно оснастити надійним обладнанням для припливної та витяжної вентиляції.

2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

Для розрахунку технологічних параметрів вибираємо тип з'єднання. Відповідно до товщини матеріалу для нашого випадку це буде з'єднання С2 без необхідності розробленням кромоку відповідності до ГОСТ 14771-76.

До основних технологічних параметрів процесу зварювання відносяться:

- сила струму, I ;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

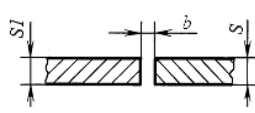
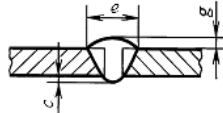
- діаметр електродного дроту, $d_{ел}$;
- напруга, U ;
- виліт електрода, l .
- швидкість подачі електродного дроту, $V_{под}$.
- швидкість зварювання, $V_{зв}$;

Розміри зварного шва та конструктивні елементи представлені в таблиці 2.4.

Глибину проплавлення знаходимо за формулою – 2.1 :

$$h_p = S - 0,5 b = 3 \quad (2.1)$$

Таблиця 2.4 – Розміри зварного шва та конструктивні елементи

| Умовне познач. зварн. з'єднання | Конструктивні елементи і розміри | | $S=S_I$ мм | Розміри, мм | | | | | | |
|------------------------------------|---|---|---------------|-------------|------------|-----------|----------|------------|----------|------------|
| | підготовлених кромки зварюваних деталей | зварного шва | | b | | e | g | | c | |
| | | | | Номінал. | Гран. відх | Не більше | Номінал. | Гран. відх | Номінал. | Гран. відх |
| C2 |  |  | 3,0 | 0 | +1,5 | 8 | 1,5 | ±0,5 | 1,5 | +1,0 |

Для встановлення діаметру суцільного електродного дроту використовуємо дані таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Вибір діаметру електродного дроту в залежності від товщини металу

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|---------|---------|---------|--------|
| Товщина матеріалу, мм | 0,6...1 | 1,2...2 | 3...4 | 5...8 | 9...12 |
| Діаметр дроту, мм | 0,5...0,8 | 0,8...1 | 1...1,2 | 1,6...2 | 2 |

Відповідно до значень таблиці 2.6 – діаметр електродного складає - 1 міліметр.

Силу струму визначаємо, використавши залежність 2.2.

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_{ел}^2}{4} \cdot j = \frac{3.14 \cdot 1^2}{4} \cdot 130 = 103 \text{ А} \quad (2.2)$$

Де j - густина струму і знаходиться в межах: 110-130 А/мм².

В подальшому для розрахунків значення сили струму приймаємо величину сили струму рівною – 100А.

Для встановленого діаметра електродного дроту та знайденої величини сили струму визначаємо напругу:

$$U = 20 + I_{зв} \cdot 0,05 / d_{ел}^2 = 25 \text{ В} \quad (2.3)$$

Коефіцієнт наплавлення визначаємо за формулою 2.4:

$$a_n = a_p (1 - \psi) \quad (2.4)$$

де: a_p - коефіцієнт розплавлення; ψ - коефіцієнт втрат.

Коефіцієнт втрат матеріалу на вигорання і розбризування в захисних газах складає - $\psi = 8 \dots 12\%$. Значення коефіцієнта a_p знаходимо за формулою 2.5:

$$a_p = 3,0 + 0,08 I_{зв} / d_{ел} = 11,0 \text{ г/Агод} \quad (2.5)$$

Відповідно до рекомендацій, виліт дроту – l встановлюємо 15 мм, а коефіцієнт наплавлення, згідно залежності 2.4 буде мати значення:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

$$a_H = 11,0 (1 - 0,08) = 10,0 \text{ г/Агод}$$

Визначаємо швидкість зварювання:

$$V_{ЗВ} = \frac{\alpha_H \cdot I_{ЗВ}}{F_H \cdot \gamma \cdot 100} = \frac{10,0 \cdot 100}{0,3 \cdot 7,8 \cdot 100} = 4 \text{ м/ГОД} \quad (2.6)$$

Де:

F_H - площа поперечного перерізу валика, що наплавляється.

Для процесу зварювання в захисних газах F_H становить: 0,3 - 0,7 см².

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{\text{под}} = \frac{4\alpha_H \cdot I_{ЗВ}}{\pi \cdot \gamma \cdot d_{\text{ел}}^2} = \frac{4 \cdot 10,0 \cdot 100}{3,14 \cdot 1,7,8} = 163 \text{ м/ГОД} \quad (2.7)$$

Масу наплавленого металу розраховуємо за формулою 2.8

$$Q_H = F_{\text{нп}} \cdot \gamma \cdot l \quad (2.8)$$

- Де: $F_{\text{нп}}$ – площа поверхні мм²;
- h – висота шару, що наплавляється, см;
- γ – густина металу (7.8 г/см³);
- l – довжина шва.

$$Q_H = 0.3 \cdot 7.8 \cdot 74 = 173 \text{ г}$$

Витрата електродного дроту розраховується за формулою 2.9

$$Q = Q_H \cdot (1 + \psi) \quad (2.9)$$

$$Q = 173 \cdot 1,08 = 186$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

Основний час горіння дуги визначається за формулою 2.10 (год)

$$T_0 = \frac{Q_H}{\alpha_H \cdot I_{3B}} \quad (2.10)$$

$$T_0 = \frac{173}{10 \cdot 100} = 0,17$$

Повний час зварювання (наплавлення) приблизно визначається за формулою 2.12, год,

$$T_{oc} = \frac{T_0}{K_H} \quad (2.11)$$

$$T_{oc} = \frac{0,17}{0,5} = 0,34$$

Де: T_{oc} – основний час горіння дуги, год;

K_H – коефіцієнт використання зварювального поста, приймається для ручного зварювання $0,5 \div 0,55$.

Визначаємо витрату електроенергії кВт· год:

$$A = \frac{U_d \cdot I_{CB}}{\eta \cdot 1000} \cdot T_0 + W_0 \cdot (T - T_0) \quad (2.12)$$

$$A = \frac{25 \cdot 100}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,17 + 2 \cdot (0,17) = 1,04$$

де:

η – коефіцієнт корисної дії джерела живлення – для постійного струму $0,6 \dots 0,7$;

W_0 – потужність джерела живлення, яке працює на холостому ході, кВт.

Для постійного струму – $W_0 = 2,0 \dots 3,0$ кВт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального обладнання

Для реалізації технологічного процесу виготовлення установки для піролізу ми підбрали багатофункціональний зварювальний апарат системи WARRIOR™ 500iCC/CV.

Апарат WARRIOR™ 500iCC/CV (рис.2) призначений для дугового зварювання штучними електродами, за ручним процесом MMA, суцільним плавким дротом за процесами в захисних газах MAG/MIG, неплавким електродом за процесом TIG та порошковим дротом.



Рисунок 2.2 - Зварювальний апарат системи WARRIOR™ 500i CC/CV

Конструкція зварювального апарату WARRIOR™ 500i CC/CV має ряд позитивних особливостей. Зокрема він забезпечує оптимальні характеристики дуги та значну економію електричної енергії внаслідок застосування інвертованої енергії. Технічні характеристики зварювального апарату WARRIOR™ 500i CC/CV наведено в таблиці 2.6.

За відносно великої потужності та енергоефективності і невеликих геометричних розмірах цей апарат гарантує високий рівень функціональності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Таблиця 2.6–Технічні характеристики зварювального апарату
WARRIOR™ 500i CC/CV

| Технічні характеристики | Значення |
|--|---------------|
| Напруга мережі, В | 380 |
| Діапазон зварювального струму | |
| Процеси MIG-MAG, А | 16...500 |
| Процес MMA | 16...500 |
| Процес TIG | 4...500 |
| Діаметр порошкового і суцільного дроту, мм | 0,8-1,6 |
| Напруга холостого ходу, V | 56 |
| Потужність холостого ходу, Вт | 120 |
| ККД при максимальному струмі, % | 88 |
| Коефіцієнт потужності при максимальному струмі | 0,92 |
| ПВ 100% | при 400 А/36В |
| ПВ 60% | при 500 А/40В |
| Довжина, мм | 712 |
| Ширина, мм | 325 |
| Висота, мм | 470 |
| Маса, кг | 52 |

Значними перевагами установки є наявність автоматичного гарячого старту та регулювання дуги. Для подавання електродного дроту використовується досить надійний чотирьох роликів пристрій. Конструкція апарату передбачає індивідуальний підбір зварювального пальника, та тип охолодження. Довжина з'єднувального кабелю складає від 1,7 до 35 метрів.

Для виготовлення корпусу установки, в процесі виконання складально-зварювальних робіт, окрім технологічного обладнання використовуємо також оснастку. Від правильності вибору оснастки у великій мірі залежить ефективність проведення складальних і зварювальних робіт, продуктивність роботи тощо.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

Для кріплення і переміщення зварювального апарату WARRIOR™ 500iCC/CV в процесі виконання як прямолінійних так і кільцевих швів під час виготовлення корпусу установки для торефікації застосуємо зварювальну колону серії MAB/MBL 50/40 (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Зварювальна колона серії MAB/MBL 50/40.

Колона MAB/MBL 50/40 виготовляється з можливістю горизонтального та вертикального переміщення, відповідно до способу зварювання. Передбачається застосування зварювання у захисних газах, плазмове та зварювання під шаром флюсу. Колона може повертатись на 360° та фіксується у заданому положенні ручним пристроєм. Спеціальні підставки, встановлені на корпусі колони є площадкою для розміщення джерел живлення та блоків керування. Вертикальний підйом у колоні виконується з постійною швидкістю за допомогою самотормозного двигуна-редуктора, що працює на змінному струмі.

Привід консолі побудований на базі двигуна-редуктора змінного електричного струму. Переміщення консолі відбувається на швидкості в межах 0,2...2 м/хв для обидвох напрямків. За відсутності зварювального

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

процесу консоль рухається з максимальною швидкістю. Колона оснащена пультом дистанційного керування. З метою обмеження переміщення консолі встановлено кінцеві вимикачі. Технічні характеристики колони представлено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики колони МАВ/МВЛ 50/40.

| Найменування параметра | Значення |
|--|-------------|
| Робочий хід по вертикалі, мм | 5000 |
| Робочий хід по вертикалі, мм | 4000 |
| Швидкість переміщення консолі по горизонталі, м/хв | 0,12 ...2,2 |
| Швидкість підйому консолі, м/хв | 1,0 |
| Стандартне живлення, В | 380 |
| Частота струму, Гц | 50 |
| Висота колони, мм | 6500 |
| Ширина колони, мм | 2000 |
| Довжина колони, мм | 2900 |

Зварювання поздовжніх і кільцевих швів виконуємо за допомогою роликового станда. Роликовий стэнд використовується для обертання зварних виробів під час процесу зварювання та складається з роликових опор і приводів. За цього роликові опори можна об'єднувати в секції.

Роликові стенди виготовляють рухомими та стаціонарними, в залежності від можливості пересування головки вздовж поверхні деталі при виконанні поздовжнього шва, чи навпаки – деталь переміщається вздовж стаціонарно встановленої головки.

Роликові стенди також можуть фіксувати вироби в необхідному для виконання зварювання положенні, під час виконання поздовжніх і кільцевих швів. Значною перевагою таких стэндів є їхня висока вантажопідйомність та великий діапазон діаметрів деталей.

Роликові обертачі мають можливість виконувати обертання деталей циліндричної форми із зварювальною швидкістю під час зварювання кільцевих швів, і обертання деталей з маршовою швидкістю під час виконання складальних операцій, облицюванні та контролі.

Роликові обертачі можна використовувати для зварювання конічних і сферичних заготовок. В цьому випадку використовуються два ведучих ролики, які розміщені в одній площині, а інші - є холостими. Для запобігання зміщення виробів по осі в процесі обертання, застосовується упорний торцевий ролик.

З метою зварювання корпусу установки для піролізу вибираємо роликові обертачі НГК-2 (рис.2.4). Ці обертачі можуть самі налаштовуватись в процесі роботи. За цього кут нахилу роликів можна регулювативідповідно до діаметру деталі в автоматичному режимі.



Рисунок 2.4–Обертачі НГК-2

Зварювальні обертачі мають у своєму складі дві пари роликів. На кожній парі з розміщений привід для обертання. Під час роботи приводи синхронізуються. Їхня швидкість обертання змінюється досить плавно за допомогою безступеневого регулятора. Робота обертачів синхронізується із зварювальним обладнанням. Обертачі також можуть розміщатися на

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

рейкових візках. Всі моделі оснащені пультом дистанційного керування. Технічні параметри обертачів HGK-2 представлені в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 Технічні параметри обертачів HGK-2

| Технічні характеристики | Одиниці | Значення |
|--------------------------------|---------|----------|
| Вантажопідйомність | кг | 2000 |
| Діаметр поліуретанового ролика | мм | 200 |
| Ширина поліуретанового ролика | мм | 80 |
| Найменший діаметр обичайки | мм | 150 |
| Найбільший діаметр обичайки | мм | 2000 |
| Потужність двигуна | Квт | 2x0.18 |

Для приварювання фланців до днища корпусу та обичайки застосуємо зварювальний позиціонер HD-300СТ (рис. 2.5). Зварювальний позиціонер марки – HD-300СТ призначений для виконання кільцевих швів на виробадовжиною до – 1 000 мм та діаметром до – 300 мм. У горизонтальному положенні вага виробів обмежена до 300 кілограмів, а у вертикальному до 150 кілограмів.

Швидкість з якою обертається планшайба зварювального позиціонера регулюється в межах 0,2 ... 2,5 об/хв. Зварювальний позиціонер сконструйовано як поворотний стіл, наякому можна встановлювати з високою точністю елементи виробів, що зварюються.

Для виконання зварних швів заготовки розташовують у зручному положенні. Після цього їх надійно закріплюють. Для фіксування заготовок використовують затискний патрон.

Конструкція позиціонера дозволяє регулювати швидкість обертання планшайби, а також можливість встановлення заготовки під кутами 0°...90°. Для ритмічної роботи установки передбачемо пристрій дистанційного керування.



Рисунок 2.5 –Зварювальний позиціонер HD-300СТ

Характерними ознаками роботи зварювального позиціонера HD-300СТ є висока надійність, точність і якість отриманих зварних швів. Технічні характеристики позиціонера наведено в таблиці 2.9.

Після завершення зварювання готовий виріб забирають з планшайби і направляють для проведення подальших технологічних операцій.

Таблиця 2.9– Технічні характеристики маніпулятора HD - 600

| Найменування параметра | Значення |
|--|------------|
| Вантажопідйомність у горизонтальному положенні, кг | 300 |
| Вантажопідйомність у вертикальному положенні, кг | 150 |
| Швидкість обертання планшайби, об/хв | 0,2 ...2,5 |
| Кут нахилу планшайби, град | 0 ...90 |
| Швидкість нахилу планшайби, об/хв | 0,5 |
| Потужність двигуна обертання, кВт | 0,37 |
| Потужність двигуна нахилу, кВт | 0,55 |
| Маса, кг | 200 |

2.2 Розроблення технологічного процесу виробництва зварної конструкції

2.2.1 Заготівельні операції

Технологічний процес виробництва корпусу установки для піролізу складається з таких операцій.

1. Заготівельні операції.
2. Підготовчі операції.
3. Складальні операції.
4. Виконання зварних швів для складових деталей установки.
5. Нанесення покриттів на поверхні заготовок.
6. Зачищення поверхонь під складальні шви.
7. Виконання швів з покриттям.
8. Облицювання складальних швів.
9. Контроль якості виконання робіт.

Всі матеріали, необхідні для виготовлення проектованої установки повинні пройти вхідний контроль, відповідно до чинних нормативних документів. Відповідність сировини та зварювальних матеріалів підтверджується сертифікатами. У спірних ситуаціях створюють комісії та можливе додаткове дослідження зразків у сертифікованих лабораторіях.

До заготівельних технологічних операцій відносяться: очищення поверхні матеріалу; правлення і вирівнювання; розмічення; різання і механічне оброблення.

На першій стадії виконуємо операцію очищення. Процес очищення використовується для усунення засобів консервації з поверхні металу, різноманітних забруднень, змашувальних рідин, окалини, іржі, задирів, шлаку і грату речовин, що обтяжують зварювання та можуть спричинити дефекти у зварних швах та ускладнюють нанесення захисних покриттів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

Оскільки розроблення даного проекту передбачає нанесення покриттів на поверхню корпусу установки для піролізу то ефективно проведення процесу очищення поверхонь заготовок має велике значення.

Наведені вище домішки можуть вступати в хімічну реакцію з металом шва, що може спричинити його окислення або ж гідрування. Вони зазвичай виділяють утворюють значну кількість газів та можуть бути причиною утворення пухирів і утворення пор. Прилеглі краї виробів, що зварюються, потрібно належно очистити від забруднень. Очищення можна проводити вручну, за допомогою дротяних щіток; механічним способом, шляхом використання дробоструминних установок а також хімічним способом – знежиренням бензином або ацетоном або травленням.

Для очищення поверхні листів металу застосуємо дробометну установку фірми OMSG (рис.2.6).



Рисунок 2.6 – Дробометна установка фірми OMSG

Листи матеріалу, які підлягають обробленню, за допомогою завантажувального механізму подаються у дробометну камеру, де в автоматичному режимі відбувається процес їхнього очищення. За цього дріб попадає з великою швидкістю на поверхню листів і, при ударі об метал, усуває присутні на ньому різноманітні забруднення. Характеристики установки наведені у таблиці 2.10.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

Таблиця 2.10 - Характеристики дробометної установка фірми OMSG

| Найменування параметра | Значення |
|------------------------|--------------|
| Тип установки | Прохідна |
| Тип приводу | Автоматичний |
| Вироби для очищення | Листи |

Металопрокат, зазвичай, має суттєві відхилення від заданої площинності – опуклість, увігнутість тощо. Після виконання операції різання, особливо газового, можуть проявитися хвилястість, пропелерність та інші відхилення.

Листи і заготовки, що мають деформаційні відхилення значно збільшують час проведення технологічних операцій при їхній обробці за допомогою традиційних способів, негативно впливають на якість продукції та потребують висококваліфікованих виконавців. Тому для усунення невідповідностей у листових заготовках доцільним є застосування листопрямильних машин.

В розроблюваному технологічному процесі застосуємо листопрямильну машину Bendmak BPSM 10/05 (рис. 2.7), яка має на оснащенні дев'ять правильних валків. За цього листовий прокат виправляється за один прохід.

Регулювання правильних валків відбувається за допомогою наявної гідравлічної системи, а гідравлічний бак є надійно захищеним від зовнішнього впливу. Надійний захист гідравлічного бака дозволяє утримувати масло всередині системи чистим.

Всю роботу установи контролює спеціальна електрична система. Додатково передбачено елементи захисту діючої електричної системи від можливих перевантажень.



Рисунок 2.7 - Листопрямильна машина Bendmak BPSM 30/50

Машина Bendmak BPSM 10/05 є простою надійною в роботі та обслуговуванні та не вимагає висококваліфікованого персоналу. Управління машиною виконується дистанційно за допомогою пульта управління. Технічні параметри установки наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Характеристики листопрямильної машини Bendmak BPSM 10/05

| Найменування параметра | Значення |
|-------------------------------|----------|
| Ширина металопрокату, мм | До 1000 |
| Товщина металопрокату, мм | До 5 |
| Кількість валків, шт | 9 |
| Діаметр правильних валків, мм | 120 |
| Потужність двигуна, кВт | 3 |

Особливістю виготовлення елементів для зварювання корпусу установки є те, що окрім прямих заготовок потрібно виконувати отвори для патрубків. Для вирізання деталей можна використовувати механічні та термічні методи. Враховуючи специфіку виробництва та необхідності

отримання точних розмірів заготовок перевагу віддамо плазмовому способу різання.

Принцип плазмового різання побудований на тепловій дії стиснутої плазмової дуги на поверхню листа металу та ефективному видаленні залишкових продуктів процесу за допомогою плазмового струменя.

Після збудження електричної дуги у сопло апарату під тиском подається газ, який під її дією перетворюється в струмінь плазми з температурою в межах 5000...30000 °С і швидкістю руху 500 ... 1500 м/с. За цього товщина металу для розділення може складати до 1500 мм.

Плазмово-дугове різання є надійним процесом для розділення листів з маловуглецевої сталі. Цей процес забезпечує вищу швидкість різання ніж кисневий спосіб. Для реалізації нашого проекту виберемо установку Tesla Weld CNC-CUT DP.

Установка для плазмового різання Tesla Weld CNC-CUT DP призначена для різання заготовок з вуглецевої та нержавіючої сталі, алюмінію та сплавів з кольорових металів. Для забезпечення високої точності різку та прицезійної точності деталей при серійному виробництві установка укомплектована інноваційною системою частотно-програмованого керування.

Конструкція машини дозволяє виконувати різання матеріалів за будь яким необхідним контуром та забезпечує якісне виконання робіт як простих так і складних деталей. Напрямки різку по осях X та Y забезпечуються рельсовими направляючим, а по осі Y шарико-винтовою передачею закритого типу. Робочий стіл для різання може бути виготовлений за стандартними, або спеціальними розмірами

Для належного виконання робіт – видалення диму з робочої зони установка оснащена системою аспірації що включає шість ділянок. Витяжна вентиляція комплектується окремо.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |



Рисунок 2.8 Установа для різання Tesla Weld CNC-CUT DP

Технічні характеристики установки для різання Tesla Weld CNC-CUT DP представлені в таблиці 2.12

Таблиця 2.12 Технічні характеристики установки для різання Tesla Weld CNC-CUT DP

| Найменування параметра | Значення |
|---|-----------------|
| Розміри робочого поля, мм | 1500 x 3000 |
| Швидкість різання, мм/хв | 0...6000 |
| Швидкість пересування, мм/хв | 15000 |
| Вертикальний хід переміщення плазмотрона, мм | 150 |
| Програма керування | SheetCam |
| Електронна система слідкування за висотою різачка (THC) | по напрузі дуги |
| Контроль висоти різання | по напрузі дуги |
| Живлення джерела плазми, В | 380 |
| Робочий тиск, бар | 3,5 ...6 |
| Габаритні характеристики, мм | 2400 x 3500 |
| Вага, кг | 500 |

Заготовки заданих розмірів для виготовлення обичайок направляються для проведення вальцювання. Листи, що призначені для виконання вальцювання, не мають включати дефекти – тріщини, розшарування, та різноманітні вклучення.

Перед початком вальцюванням заготовок потрібно провести операцію – підгинання кромки. Оскільки при вальцюванні листів їхні краї на відстані 100...150 мм від краю залишаються прямими. Під час стикування кінців поверхні резервуарів будуть мати гострий злам стика.

Після обробки кромки виконуємо процес вальцювання для надання заготовкам циліндричної форми. Для реалізації процесу вальцювання корпусу вибираємо трьохвалкову листозгинальну машину BENDMAK CYL 130-15 / 4.5 (рис.2.13)



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд листозгинальної машини BENDMAKCYL 130-15 / 4.5

Особливості конструкції в тому, що:

- обертання нижнього та верхнього валів здійснюється за допомогою редуктора і електродвигуна;
- підймання нижнього та бічного згинального валів виконується ручним способом за допомогою маховиків;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

- наявний верхній відкидний вал робить легшим зняття установки;
- установка також оснащена механізмом для можливості згинання конусів.

Технічні параметри листозгинальної машині BENDМАКСУЛ 130-15 / 4.5 наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Технічні параметри листозгинальної машині BENDМАКСУЛ 130-15 / 4.5

| Технічні параметри | Одиниці | Значення |
|-------------------------------|---------|-------------|
| Товщина металу | мм | До 4,5 |
| Мінімальний діаметр заготовки | мм | 190 |
| Діаметр валів | мм | 130 |
| Робоча швидкість | м/хв | 5,3 |
| Тип приводу | | електричний |
| Електроживлення | В/Гц | 3x380/50 |
| Споживана потужність | кВт | 2,2 |
| Довжина | мм | 2320 |
| Ширина | мм | 850 |
| Висота | мм | 1220 |
| Маса | кг | 1360 |

2.2.2 Розроблення складально-зварювальних операцій

Технологічні операції складання та зварювання заготовок являють собою єдиний виробничий комплекс.

Після завершення процесу вальцювання та отримання обичайки заданої форми і геометричних розмірів направляємо її для виконання подальших технологічних операцій.

Поздовжній шов виконуємо за допомогою роликів обертачів HGK-2 та зварювальної колони МАВ/МВЛ 50/40 на якій розміщено апарат WARRIOR™ 500iCC/CV. Виконання зварного шва показано на рисунку 2.14.

Під час виконання поздовжнього шва обичайка знаходиться в нерухомому стані, а колона рухається зі швидкістю в заданому напрямку. Зварювання відбувається в автоматичному режимі. За цього виконується однопрохідний односторонній шов.

Наступним кроком є приварювання підставок під фальш дно. Обичайку встановлюємо в патрон позиціонера HD-300СТ. Шви виконуємо в напівавтоматичному режимі за допомогою зварювального апарату WARRIOR™ 500iCC/CV. Цей комплект обладнання ми також використовуємо для приварювання фланця до верхньої частини обичайки.

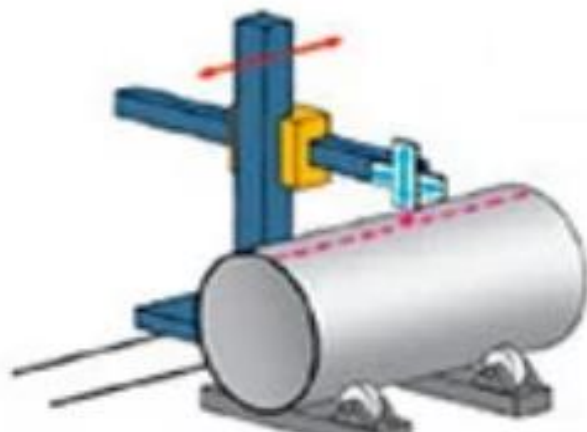


Рисунок 2.10 - Виконання поздовжнього шва

Днище виготовляємо за допомогою методу ротаційної витяжки (рис.2.11)

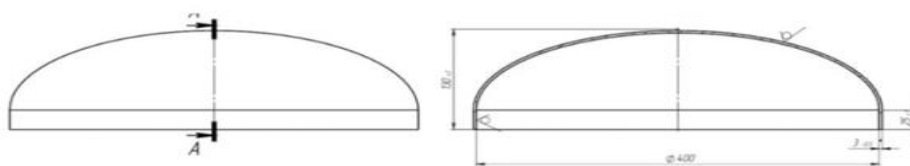


Рисунок 2.11 - Днище корпусу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

Після отримання основних складових елементів корпусу переміщаємо їх у гальванічну дільницю, де виконуємо технологічну операцію нанесення хромових покриттів.

2.2.3 Процес нанесення захисного покриття

Для виготовлення покриттів, які мають великі показники зносостійкості та твердості, а також низькі показники тертя у промислових умовах проводять хромування. За допомогою проведення процесу хромування можна отримати високого рівня зчеплення з основним матеріалом та виготовляти термічно- та хімічно- стійкі вироби.

Досить перспективним напрямком розвитку виробничих технологій є використання гальванічних методів відновлення зношених поверхонь деталей машин. Доведено, що покриття з хрому мають необхідні хімічні фізичні властивості, корозійну стійкість, твердість, зносостійкість тощо. Відомо два основних види хромових покриттів – зносостійкі та декоративні.

У промисловості зносостійкі види покриттів застосовуються як для підвищення рівня зносостійкості поверхонь деталей перед експлуатацією так і для поновлення розмірів зношених виробів. Відповідно до функціонального призначення – товщина покриттів повинна бути не менше 20 мкм.

Відомо, що у більшості випадків електролітичні хромові покриття для промислового використання виготовляють з електролітів на базі шестивалентного хрому. За цього шестивалентний хром входить до суміші у межах 100...250 г/дм³. Виробничий досвід показує, що шестивалентні хромові сполуки відрізняються шкідливим впливом, як на сервісний персонал так і на навколишнє середовище і тому у промислово-розвинутих країнах застосування хрому з такою валентністю, обмежено.

Перспективним методом виготовлення ефективних та низькотоксичних покриттів застосування хрому з валентністю - 3. Технологія одержання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

покриттів з тривалентного хрому володіє кращими екологічними показниками та не передбачає використання складних та дорогovarтістних безпекових заходів.

Особливістю покриттів з хрому є те, що блискучі поверхні виробів отримують в самих гальванічних ваннах. Ці поверхні не потребують додаткового полірування механічним способом не дивлячись на те, що режими хромування є більш жорсткішими за другі гальванічні процеси.

Неправильне ведення технологічного процесу зазвичай призводить до низької якості покриттів та великої кількості браку. Зважаючи на малу розсіювальну спроможність хромових електролітів, погано покриваються заглиблення та внутрішні поверхні. З цієї причини для рівномірності нанесення покриттів доцільно використовуватиспеціальні екрани та підвіски.

Для отримання якісних покриттів використовується суміш розчину хромового ангідриду (Cr_2O_3)та добавку сірчаної кислоти (H_2SO_4). На сьогодні у промисловості застосовуються такі види електролітів: концентровані, універсальні і розбавлені (табл.2.14). Для отримання зносостійких покриттів використовуємо універсальний електроліт.

Таблиця 2.14 - Види електролітів

| Технічні параметри | Розбавлений | Універсальний | Концентрований |
|---|-------------|---------------|----------------|
| Ангідрид хрому, г/л | 150 | 250 | 350 |
| Сірчана кислота,г / л | 1,5 | 2,5 | 3,5 |
| Температура електролітного розчину, °С | 55-60 | 45-55 | 35-45 |
| Катодна густина струму, А/дм ² | 45-100 | 15-60 | 10-30 |

У ході технологічного процесу концентрація ангідриду хрому у ваннах зменшується, тому для підтримання її належного рівня необхідно проводити

регулярне підкріплення, за рахунок введення свіжого хромового ангідриду. Існує також декілька рецептур саморегульованих електролітів. Такі рецептури дозволяють автоматично підтримувати заданий рівень компонентів.

Наприклад:

- Ангідрид хрому (Cr_2O_3)– 250 г/л;
- Сульфат стронцію (SrSO_4)– 5-6 г/л;
- Калію гексофосфат (K_2SiF_6)– 20 г/л

За допомогою хромування можна отримують покриття кількох типів. Основні з них такі – “Твердий хром”, “Блискучий хром” і “Молочний хром”.

Для проекрованої установки використаємо тип покриття –“Твердий хром”. Нанесення даного виду покриття передбачає ведення процесу при температурі не вище 40°C . Густина струму за цього повинна складати більше $100 \text{ A}/\text{дм}^2$.

Шар хрому, що нанесений за цією технологією надає поверхні корпусу високих значень твердості – 68 ... 72 HRC, що дозволяє витримувати підвищені рівні навантажень.

При контакті внутрішньої поверхні корпусу з продуктами торефікації виникають невеликі значення сил тертя, що позитивно впливає на роботу установки в цілому. Таким чином збільшується термін експлуатації основних компонентів. Низьке тертя у комбінації з гладкістю поверхонь дозволяє уникнути пошкоджень через стирання.

Завдяки високій твердості та низькому тертю тверде хромове покриття поверхні корпусу досить ефективно протидіє зносу при контактних навантаженнях з боку продуктів піролізу таких як біовугілля та сира біомаса.

Оскільки сира біомаса та продукти піролізу мають агресивну хімічну дію, то хромові покриття для даних умов є досить ефективними запобіжниками для виникнення корозії.

Для нанесення покриття на поверхню корпусу установки для торефікації спочатку виготовляємо окремі його елементи. Після чого ці елемети

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

поміщаються у ванну (рис.2.12) з насиченим розчином де встановлюється задана температура. У ванні, після підключення електричного струму, відбувається витримка заготовок для встановлення задої товщини покриття.

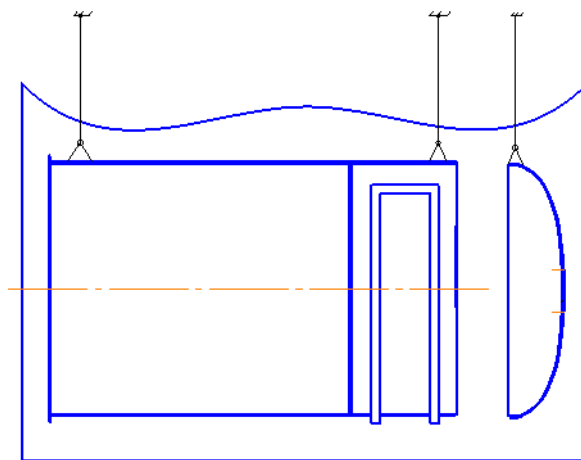


Рисунок 2.12 - Процес хромування поверхонь

Технологічний процес зміцнення поверхонь складається з трьох стадій.

1. Підготовки деталі до нанесення покриттів. Підготовка передбачає - механічне оброблення для отримання поверхні заданої форми і достатньої чистоти, ізоляції ділянок, які не підлягають нанесення покриттів, електролітичне та хімічне знежирення).
2. Нанесення покриттів.
3. Оброблення деталі, після нанесення покриттів (промивання, знімання з підвісок, усунення ізоляції, сушка тощо).

2.2.4 Виконання зварних швів з нанесеним покриттям

Після завершення технологічної операції хромування для завершення зварювальних робіт необхідно зачистити поверхні торців елементів корпусу – обичайки, та патрубків.

Для приварювання днища до обичайки в автоматичному режимі виконуємо кільцевий шов за допомогою роликів обертачів HGK-2 та

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

зварювальної колони МAB/MBL 50/40 на якій розміщено апарат WARRIOR™ 500iCC/CV. Виконання зварного шва показано на рисунку 2.13.

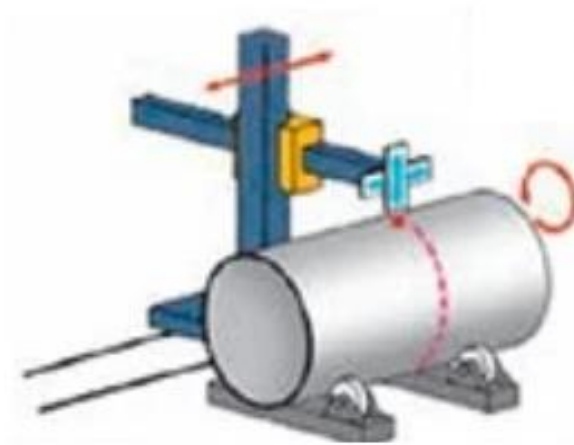


Рисунок 2.13 - Виконання кільцевого шва

Для виконання наступної технологічної операції приварювання патрубків використовуємо позиціонер HD-300СТ та зварювальний апарат WARRIOR™ 500iCC/CV, розміщений на колоні МAB/MBL 50/40. Після виконання щварних швів на них наносять хромові покриття.

2.2.5 Вибір заходів боротьби із зварювальними напруженнями

Під час виконання процесу зварювання повністю уникнути утворенню залишкових деформацій та напружень не вдається. Їхній вплив можна тільки звести до мінімуму.

Зварювальні деформації та напруження впливають на міцність форму та розміри званого шва. Пластичні деформації появляються у випадку, якщо напруження є більшими за границю плинності, а крижкі деформації – коли напруження перевищують границю міцності матеріалу.

Наслідком дії пластичних деформацій є порушення геометричних розмірів конструкції, спотворення її форми, а наслідком крижкої деформації є

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

утворення тріщин, які вкінцевому рахунку можуть призвести до руйнування виробу.

Зварювальні напруження у зварному шві виникають внаслідок різниці температур у металі, а також внаслідок його теплового розширення. В процесі зварювання відбувається нагрівання відносно малого об'єму матеріалу в певних його площинах. Розплавлений метал - розширюється і цим впливає на приграничні його шари, що мають меншу температуру. При цьому із збільшенням температури нагрівання і коефіцієнту розширення теплові деформації та напруження зростають. Варто відмітити, що залишкові напруження залишаються в металі після його охолодження та впливають на міцність та довговічність з'єднання.

Напруження та деформації у зварному шві спричиняються різноманітними чинниками ведення технологічного процесу. Одною з причин цих явищ є структурні перетворення в матеріалі зварного шва, ливарне осадження розплавленого матеріалу, нерівномірні термічні дії. Ливарне осадження спричиняє напруження в зварному шві – зі зменшенням температури об'єм наплавленого металу зменшується і тому в приграничних шарах появляються розтягуючі сили.

Технологічні параметри також суттєво впливають на утворення зварювальних деформацій та напружень. Зокрема при зварюванні двостороннього шва виникають менші деформації – оскільки обидві сторони взаємозалежно позитивно діють одна на іншу. При збільшенні швидкості зварювання зменшується тепла дія на метал шва і таким чином зменшуються деформації та напруження.

Зростання сили струму тягне за собою збільшення кількості розплавленого металу і передбачає збільшення рівня деформацій. Очевидним також є і те, що більші значення температури процесу та більші геометричні розміри зварних швів збільшують значення деформацій та напружень.

Напруження можна розглядати, як величину інтенсивності реакції внутрішньої сили пружності. Напруження можна представити у вигляді

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

вектора внутрішніх сил. Внутрішні сили спричиняють дію на одиницю площі елементарного об'єму в момент його стягування в точку.

Зварювальні напруження відносять до власних, тому, що вони перебувають у тілі, коли зовнішня дія відсутня. Одною з основних властивостей власних напружень є зрівноваженість у будь якому перерізі тіла.

В залежності від часового чинника власні напруження можна класифікувати, як тимчасові, які діють у виробі лише деякий час та залишкові, які не пропадають після припинення впливу зовнішніх сил.

Залишкові зварювальні напруження після остивання виробу повністю не зникають, якщо вони пов'язані з пластичними деформаціями, рівень яких більший за межу плинності металу виробу. Основним механізмом зменшення зварювальних напружень є процес релаксації.

Розроблюваний в роботі технологічний процес передбачає заходи для зменшення зварювальних деформацій та напружень на всіх стадіях.

Під час проведення заготівельних робіт передбачено належне очищення прокатних листів від засобів консервації та різноманітних забруднень, що запобігає попаданню шкідливих домішок до металу шва та утворенню дефектів.

Для отримання стабільної товщини прокату застосовується листопрямильна машина BENDМАКСУЛ 130-15 / 4.5. Точні геометричні розміри заготовок дозволяють раціонально проводити як технологічний процес хромування поверхні так і процес зварювання.

Раціонально в роботі підібрано способи різання листів для отримання заготовок заданих розмірів.

На основі розрахунків та аналітичних підходів підібрано раціональні технологічні параметри – сила струму, виліт електроду, швидкість зварювання. Основні технологічні операції проведення складально-зварювальних робіт механізовано та автоматизовано.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

2.3 Технічний контроль та виправлення браку

Після виконання складально-зварювальних робіт корпус установки проходить контроль якості.

В процесі виробництва ми застосовуємо поопераційний вид контролю та приймальний контроль. Виконання поопераційного контролю дає можливість виявляти відхилення та виправляти їх вже на ранніх стадіях технологічного процесу.

При виконанні складальних операцій необхідно слідкувати за відповідністю геометричних розмірів деталей та зазорів між ними. В процесі зварювання потрібно контролювати значення технологічних параметрів, послідовність операцій, оздоблювальні роботи тощо.

Приймальний контроль готових зварних швів корпусу установки для піролізу є завершальною технологічною операцією. Цей вид контролю проводимо за допомогою способу ультразвукової дефектоскопії для всіх виконаних зварних швів. Спосіб ультразвукової дефектоскопії дозволяє виявляти малі тріщини та непровари, які практично неможливо встановляти за допомогою інших способів контролю якості.

2.3.1 Дефекти, що виникають в процесі зварювання конструкції

За визначенням зварювальні дефекти – це елементи та ділянки зварних швів, що не відповідають вимогам нормативних документів, утворені внаслідок неправильного ведення технологічного процесу або, спричинені негативним впливом зварювальних матеріалів.

Типовими дефектами при зварюванні корпусу установки для піролізу є – тріщини, подрізи, непровари, пори, порушення форми шва тощо. Дефекти можуть виникати з причини неправильної підготовки кромки, встановлення невідповідних параметрів зварювання, використання неякісних зварювальних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

матеріалів, а також через різноманітні технологічні помилки. За цього дефекти можна розділити на ті, що спричинені неправильним виконанням підготовчих операцій та ті, що виникають в процесі зварювання. Також дефекти можна розділити на зовнішні і внутрішні.

Під час виконання підготовчих операцій зазвичай утворюються дефекти пов'язані з невідповідністю геометричних розмірів деталей до заданих, розшарування кромки та наявність різноманітних забруднень та вологи на їхніх поверхнях.

Одним із основних якісних показників якості шва при зварюванні є отримання заданих величин - ширини шва та його опуклості. Невідповідність вказаних розмірів може бути спричинене нестабільністю проведення процесу зварювання, а також неправильно виконаною операцією підготовки кромки.

Дефект – пори зазвичай утворюється при з'єднанні деталей на поверхнях яких присутні забруднення, волога, іржа та окалина. Причиною утворення пір можуть також бути технологічні чинники – недостатня величини струму, надмірна великої швидкість зварювання тощо.

2.3.2 Візуальний метод контролю

Обов'язковим для всіх зварних швів є візуальний контроль. Суттю візуального контролю є детальний огляд зварного шва на предмет наявності зовнішніх дефектів. Для проведення візуального контролю можуть залучатись збільшувальні та вимірювальні пристрої.

Перед проходженням візуального контролю зварні шви та основний метал на відстані 20 мм очищують від окалини, шлаку, бризок металу та інших забруднень.

Недопустимими дефектами, що виявляються в процесі візуального контролю є – непровари, тріщини, свищі, незаварені кратери а також тріщини.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Встановлені за час візуального контролю дефекти за можливості, усуваються до проведення контрольних заходів іншими методами.

Попри візуальний також проводять вимірювальний контроль якості готових конструкцій. Під час проведення вимірювального контролю визначають геометричні розміри шва, зсув кромки, заглиблення між валиками. Цей вид контролю виконують, коли значення встановлюваних показників визначено при візуальному огляді.

Для визначення форми та розмірів шва використовують спеціально призначені для цих цілей шаблони, а для визначення розмірів дефектів застосовують вимірювальні пристрої.

Позитивними вважаються результати візуального та вимірювального контролю при відсутності тріщин, пропалів, незаварених кратерів, скупчень поверхневих пор та інших дефектів, що вказують на неправильне ведення технологічного процесу або негативний вплив зварювальних матеріалів.

2.3.3 Ультразвуковий метод контролю

Найпоширенішим серед способів контролю якості зварних швів на сьогодні є ультразвуковий метод, який дозволяє встановлювати мінімальні за геометричними розмірами дефекти в різних ділянках з'єднання.

Ультразвуковий метод контролю класифікують до неруйнівних засобів. Під час його використання зразки з деталі не вирізають та виробничий процес не переривається. За цього до зварних контролбованих ділянок висувають такі вимоги. Вільний доступ до пришовної зони з різних сторін площини з'єднання; відношення значень ширини валика до товщини металу повинно забезпечувати можливість дослідження перерізу шва; з сторони протилежної до деталей, у зоні контролю, не повинно бути приварених ніяких монтажних елементів; не допустимим є наявність нерівностей, бризок матеріалу, чинників, які можуть створити умови для відбивання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ультразвукових хвиль, а також радіус кривизни досліджуваних виробів в
любому перерізі повинен складати не менше 500 мм.

Ультразвуковий метод контролю можна застосовувати після того як
деталь остила до температури 60°C та нижче, а температура навколишнього
середовища повинна бути не меншою за 5°C.

Для ефективного проведення ультразвукового контролю комплект
обладнання повинен складатися з ультразвукового дефектоскопу,
перетворювачів, стандартних зразків, допоміжних пристроїв, що є
необхідними для підтримання заданих параметрів сканування,
перетворювачів, пристосувань та шкал для визначення характеристик
дефектів.

Дефектоскопи повинні працювати в імпульсному режимі. Значення
частоти коливань повинно знаходитись в межах 2,5 МГц \pm 10%, а величина
амплітуди сигналу на вході повинна бути не нище 10 дБ.

Для проведення контролю якості зварних швів використаємо
ультразвуковий прилад USE-55 PRO, представлений на рисунку 2.14.

Дефектоскоп USE-55 PRO являє собою вимірювальний засіб нового
покоління, що розроблений на основі новітніх програм обробки даних.

До функцій приладу USE-55 PRO можна віднести можливість
автоматичного калібрування перетворювача, високошвидкісний інтерфейс з
комп'ютером, запам'ятовування великої кількості проведених досліджень

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |



Рисунок 2.14 – Ультразвуковий дефектоскоп USE-55 PRO .

Основні технічні параметри ультразвукового приладу USE-55 PRO представлені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Технічні характеристики дефектоскопа USE-55 PRO

| Технічні характеристики | Одиниці | Значення |
|---|---------|---------------|
| Максимальна довжина контролюваного металу | | |
| Луна режим | мм | 12000 |
| тінювий режим | мм | 24000 |
| Діапазон швидкостей | м/сек | 200...15000 |
| Вхідний імпеданс | ом | 50/600 |
| Частота повторень | Гц | 20 ...20000 |
| Пам'ять, кількість протоколів | | 10000 |
| Роміри | мм | 200 x22 x 580 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Якість нанесення хромового покриття повинно відповідати вимогам нормативних документів, а саме ГОСТ 9.301 - 94 "Покриття металеві і неметалічні неорганічні".

За допомогою візуального методу проводимо оцінку стану поверхні корпусу та фіксуємо дефекти за їхньої наявності., які могли виникнути в процесі виробництва.

Пористість покриття та його товщину визначаємо у відповідності до ГОСТ 9.302 - 94. Для перевірки товщини покриття, від кожної партії продукції відбираємо 0,1...1%, але не менше від 3 частин від всієї її уїлькості. Колір захисного покриття повинен бути матовим. Поверхня гладкою без зовнішніх відшарувань та вздуття. Найменша товщина шару покриття повинна відповідати вимогам технічної документації.

Беручи до уваги те, що технічні параметри хромових покриттів у великій мірі залежать від способу хромування, а також той факт, що його зовнішній вигляд не є надійною характеристикою, необхідно здійснювати контроль проходження процесу, приділяючи за цього особливу увагу технологічній операції - анодної активації, щільності струму і температура електроліту. В процесі виробництва необхідно встановити раціональний цикл аналізу і налаштування параметрів електролізера, для того щоб склад електроліту для середнього навантаження відповідав встановленій формулі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування зварювальної дільниці

Плануванням зварювальної дільниці можна назвати комплекс заходів, які забезпечують максимально можливі позитивні умови для функціонування зварювального виробництва. Планування включає раціональне розташування основного та допоміжного зварювального обладнання, оптимізацію руху потоків сировини та готової продукції, а також підготовку робочих місць.

Результатом позитивного планування є високий рівень механізації та автоматизації основних та допоміжних зварювальних процесів, їхня ефективність, а також економічні показники виробництва.

Виходячи з особливостей зварювального процесу зварювання найбільш трудомісними є заготівельні, складальні та підготовчі операції. Виконання цих операцій передбачає найбільше використання ручної праці.

Для очищення поверхні листів від різноманітних забруднень, які ускладнюють процес зварювання та спричиняють дефекти у зварних швах в проекті використовується очистна дробометна установка фірми OMSG (рис.2.6). Процес очищення листів відбувається автоматичному режимі. Для завантаження та розвантаження листів установка оснащена механізованими пристроями.

Наступною технологічною операцією є вирівнювання поверхонь заготовок. Для цих цілей в бакалаврській роботі використовується листопрямильна машина Bendmak BPSM 10/05 (рис.2.7), оснащена дев'ятьма правильними валками. Листовий прокат виправляється за один прохід. Процес відбувається в автоматичному режимі. Керування машиною відбувається дистанційно за допомогою пульта управління.

Для різання металопрокату в проекті передбачено установку для плазмового різання Tesla Weld CNC-CUT DP. Всі операції різання

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

виконуються в механізованму та автоматизованому режимах. Управління установки відбувається за допомогою іноваційної системи частотно-програмованого керування.

Обичайки для виробництва корпусу виготовляємо за допомогою трьохвалкової листозгинальної машину BENDMAK CYL 130-15 / 4.5 (рис.2.13). Подачу заготовок в машину, їхнє вивантаження та сам процес вальцювання повністю механізовані.

Таким чином прийняті в бакалаврській роботі проектні рішення дозволяють повністю механізувати та автоматизувати виконання заготівельних операцій.

Складально-зварювальні операції являють собою єдиний комплекс. Після отримання заготовки обичайки заданої форми направляємо її для виконання подальших технологічних операцій. Поздовжний та кільцевий шви виконуємо за допомогою роликів обертачів HGK-2 та зварювальної колони MAB/MBL 50/40 на якій розміщено апарат WARRIOR™ 500iCC/CV. Всі зварювальні операції, що використовуються в цьому циклі автоматизовано. Приварювання підставок під фальш дно виконуємо в внапівавтоматичному режимі з використанням позиціонера позиціонер HD-300СТ.

Схема з планування зварювальної дільниці для виготовлення корпусу установки для піролізу представлена на рисунку 3.1.

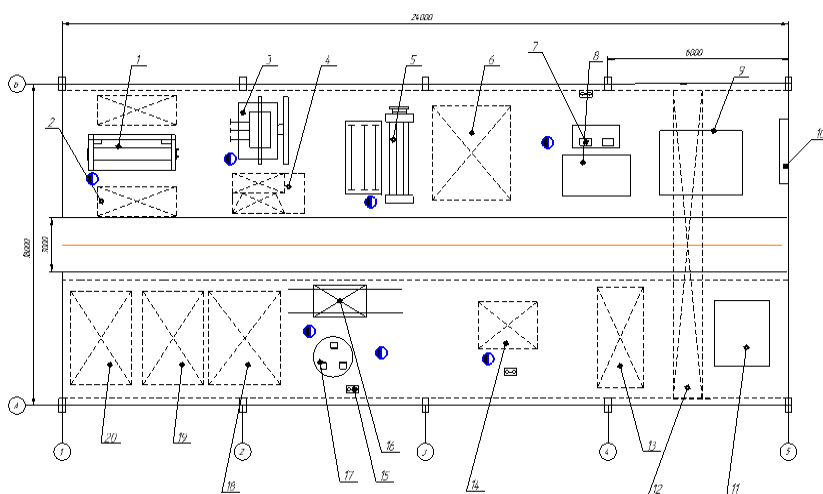


Рисунок 3.1 – Схема планування зварювальної дільниці

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |

Розміщення апаратів та установок в прогонах виробничих приміщень виконуємо у відповідності до їх місця відведеного у технологічному процесі.

3.1 Конструювання корпусу установки для піролізу за допомогою програми Solidworks

Для покращення технологічності нами було виконано проектування конструкції корпусу установки для піролізу у програмі Solidworks (рис.3.2).

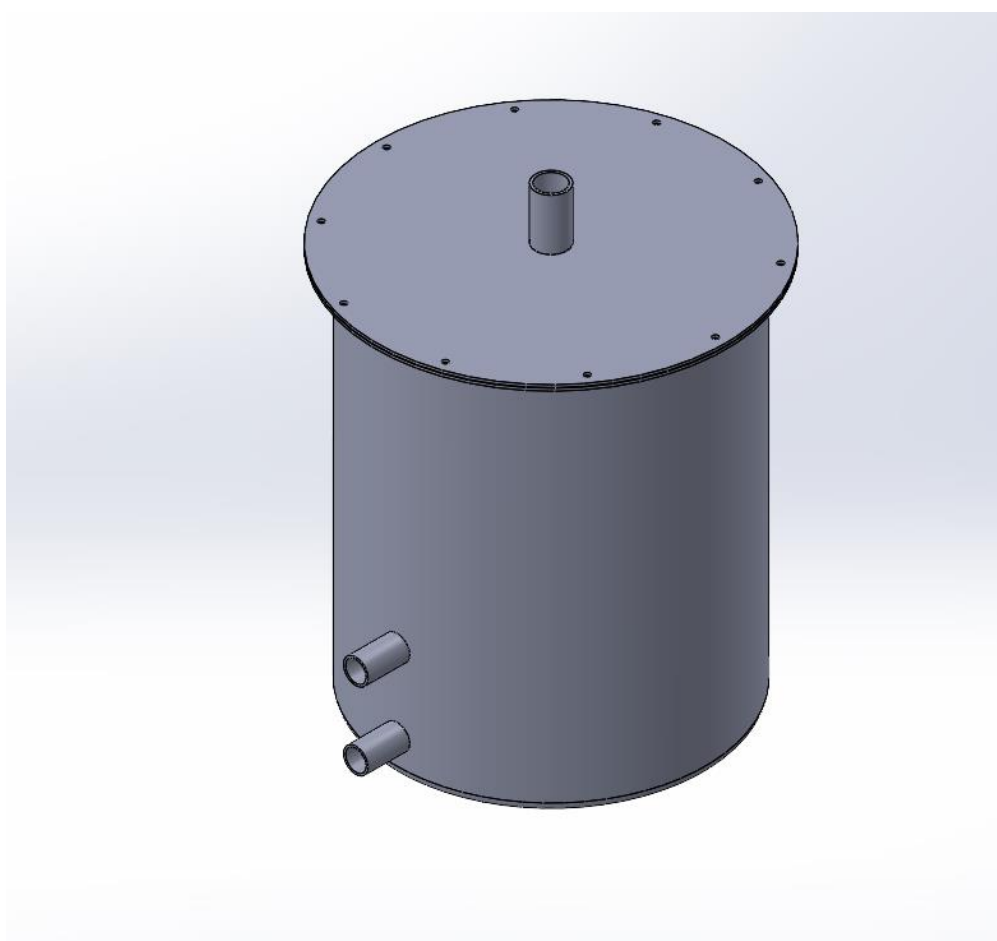


Рисунок 3.1 Корпус установки для піролізу

Корпус установки складається з круглої обичайки, днища, фальш-дна, верхньої кришки, що кріпиться до привареного фланця та патрубків - для подачі теплового агента та відведення піролізного газу. Оксанометрія

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

конструкції корпусу установки для піролізу біомаси представлена на рисунку 3.3

Установка для піролізу передбачає перероблення біомаси в невеликих об'ємах у відповідності до наявності сировини – в основному для фермерських господарств. Разом з тим вона повинна бути багатофункціональною та в повному об'ємі виконувати всі вимоги до проведення процесу піролізу. Корпус установки є її основним елементом. Проектування такої конструкції є досить складним завданням.

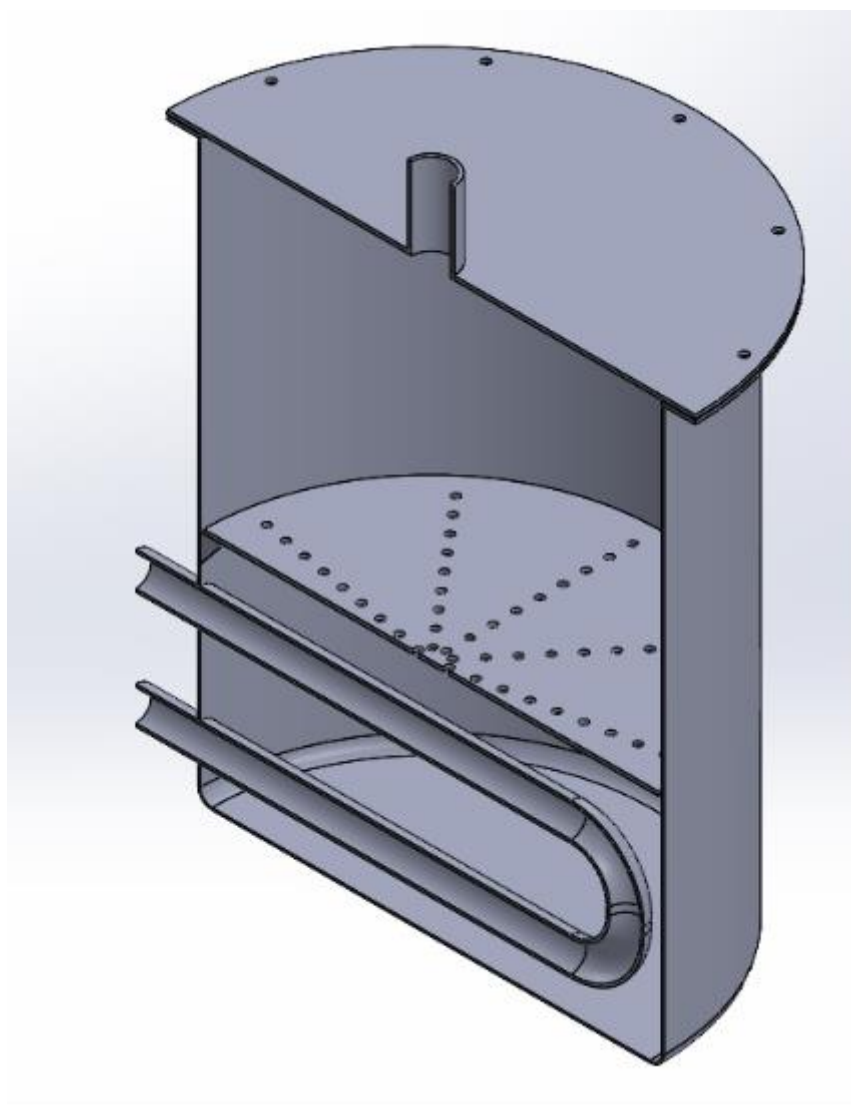


Рисунок 3.3 Оксанометрія установки для піролізу

Застосувавши програму Solidworks ми змогли поєднати у конструкції мінімальні її розміри, багатофункціональність та максимальну питому продуктивність.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпек та шкідливих чинників виробничого середовища

На кожній виробничій одиниці найголовнішим завданням є створення безпечних умов для виконання своїх обов'язків кожним працівником. За цей важливий напрямок роботи відповідає керівництво підприємства.

Безпечне виконання складальних та зварювальних робіт у значній мірі залежить від степені професійного рівня зварника.

Перед допуском до виконання зварювальних робіт необхідно переконатися, що працівник пройшов медичний огляд, має встановлені форми диплом, що підтверджує його кваліфікацію, та його вік є не молодшим за 18 років.

Відповідальний підхід до питань з охорони праці пов'язані з тим, що на зварювальному виробництві працівники піддаються небезпечним впливам пов'язані з наступними чинниками.

1. Ураження працівника електричним струмом під час його можливого контакту з струмоведучими ділянками електричного кола.
2. Ураження очей та поверхні шкіри промінням зварювальної дуги.
3. Опіки спричинені попаданням на незахищені ділянки тіла крапель розпльеного металу.
4. Отравлення шкідливими газами та випарами під час ведення технологічного процесу.
5. Можливі вибухи спричинені неправильним поводженням з газовими балонами, порушенням виконання ведення зварювальних робіт в ємностях де раніше знаходились горючі речовин, або порушенні нормативної відстані при веденні робіт поряд з легкозаймистими та вибухонебезпечними речовинами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |

6. Отримання травм механічного характеру в процесі переміщення важких заготовок на різних стадіях виробництва.

Виходячи з потенційних небезпек для працівників потрібно вживати профілактичні заходи. Для запобігання можливості ураження зварювальним струмом необхідним кроком є оснащення джерел живлення автоматичними пристроями, для їхнього відклення при обриванні дуги протягом 0,5 с. Також створення безпечних умов при роботі з електричними пристроями потрібно вживати наступні заходи.

1. Забезпечити надійну ізоляцію всіх, провідників електричного струму та підтримують дію зварювальної дуги.
2. Пристрій електродотримача повинен мати надійну ізоляцію, яка недопустить випадковий контакт його струмоведучих частин із рукою зварника чи поверхнею виробу.
3. Зварювальні роботи потрібно виконувати в спеціальному та сухому одязі, а також відповідних рукавицях.

4.2 Санітарно-гігієнічні характеристики зварювального виробництва

Під час виконання зварювальних робіт світлові та інфрачервоні промені можуть впливати на очі зварника та викликати запальні захворювання очей. Шкідливий вплив на зір робітника промені зварювальної дуги спричиняють на відстані близько 10 метрів.

Для захисту шкіри можна застосовувати звичайний робочий одяг, а для захисту обличчя і шиї - щиток. Ефективним захистом очей є спеціальні темні стекла - світлофільтри, які вкладають в маску. Ці стекла не пропускають промені ультрафіолету, а інфрачервоні промені, які стекла пропускають - не чинять шкідливого впливу на очі зварника.

При захворюваннях очей спричинених світловою радіацією, потрібно негайно покликати лікаря, а при неможливості отримати швидку медичну допомогу варто робити примочки для очей слабим розчином соди.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

Окрім опіків променями зварювальної дуги, працівник може отримати опіки металевими бризгами. Щоб уникнути попадання частинок розплавленого металу необхідно працювати в робочому одязі з брезентової матерії. За цього штани потрібно носити на випуск, щоб вони могли закривати черевики.

В процесі ручного дугового відбувається вигорання покриттів електродів та легуючих речовин, що спричиняє загазованість робочих місць. Для запобігання цього негативного явища потрібно налагодити надійну роботу витяжної та припливної вентиляції в зоні дихання працівників.

Для видалення шкідливих газів і пилюки необхідно організувати вентиляцію робочих місць і припливно-витяжну вентиляцію приміщення в цілому.

Для очищення матеріалів від різноманітних забруднень оліями, жирами і маслами не варто використовувати такі розчинники як трихлоретилен чи дихлоретан оскільки при реакції з присутнім в атмосфері азотом вони утворюють задушливий газ – фосген.

4.3 Заходи з техніки безпеки під час хромування деталей

В даному параграфі надані рекомендації забезпечення відповідних умов роботи в зв'язку з застосуванням електролітичного хромування для отримання хромових покриттів. Нанесення хромових покриттів передбачено розробленим нами технологічним процесом для захисту поверхонь стінок корпусу установки для піролізу біомаси.

Гальванічне виробництво є одним з лідерів забруднення повітря в робочій зоні. На дільницях, де відбувається нанесення покриттів застосовуються шкідливі для здоров'я людей речовини. Умови праці у цих приміщеннях є несприятливими та відрізняються виділенням висококонцентрованих шкідливих парів та газів, бризками електролітів та надмірною вологою.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 60 |

Наведені чинники можуть спричинити розвиток професійних захворювань таких як алергія, астма, сліпота, різноманітні виразки тощо. Шкідливими для здоров'я робітників є пилові, рідкі та газоподібні аерозолі, які розташовуються в повітрі над робочою зоною. Оскільки гальванічний цех має небезпечні ділянки виробництва, то важливим є дотримання встановлених профілактичних заходів та правил безпеки.

У гальванічних відділеннях найнебезпечнішими вважаються технологічні процеси пов'язані з підготовкою поверхні, необхідною для нанесення покриттів речовин, а також власне нанесенням покриття.

В процесі очищення поверхонь характерними є підвищена вібрація шум і запиленість. Використання ручних інструментів може спричинити виникнення віброхвороби. Негативний вплив на здоров'я працівників спричиняють кислоти, солі та луги. Вони можуть викликати професійні хвороби та отруєння.

Погано також впливають на працівників ультразвукові коливання в період їхніх контактів з ультразвуковими ваннами. Велика кількість ванн для промивання створює підвищений рівень вологості повітря.

Для запобігання впливу негативних чинників на персонал та створення відповідних умов роботи, виробничі приміщення гальванічних відділень повинні бути оснащені припливно-витяжною вентиляцією, для підтримування чистоти повітря та заданої температури, хорошим освітленням.

Для індивідуального захисту працівники повинні бути забезпечені промисловими протигазами марки В з фільтрами, захисними окулярами, спецодягом виготовленим з кислототривкої тканини, рукавичками з стійкої гуми а також гумовими кислотостійкими чоботами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

За результатами виконання бакалаврської роботи розроблено технологію виконання складальних та зварювальних робіт при виготовленні корпусу установки для піролізу.

Проведений аналіз чинних способів зварювання показав недоцільність використання ручного дугового способу, який застосовується для виробництва конструкції на даний час. Тому для виробництва корпусу установки для піролізу була розроблена нова технологія виконання складально-зварювальних робіт в основу якої поставлено спосіб зварювання плавким електродом в захисних газах. Для виконання технології було вибрано зварювальне обладнання і відповідну оснастку. Проведено механізацію та автоматизацію всіх технологічних операцій.

З метою покращення надійності роботи корпусу установки для піролізу та збільшення її виробничого ресурсу на поверхні стінок обладнання нанесено хромове покриття.

Впровадження розробленої технології дає можливість забезпечення вищого рівня якості та надійності виконання складальних і зварювальних робіт, отримувати готові вироби з необхідними технічними характеристиками і покращити економічні показники виробництва.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 62 |

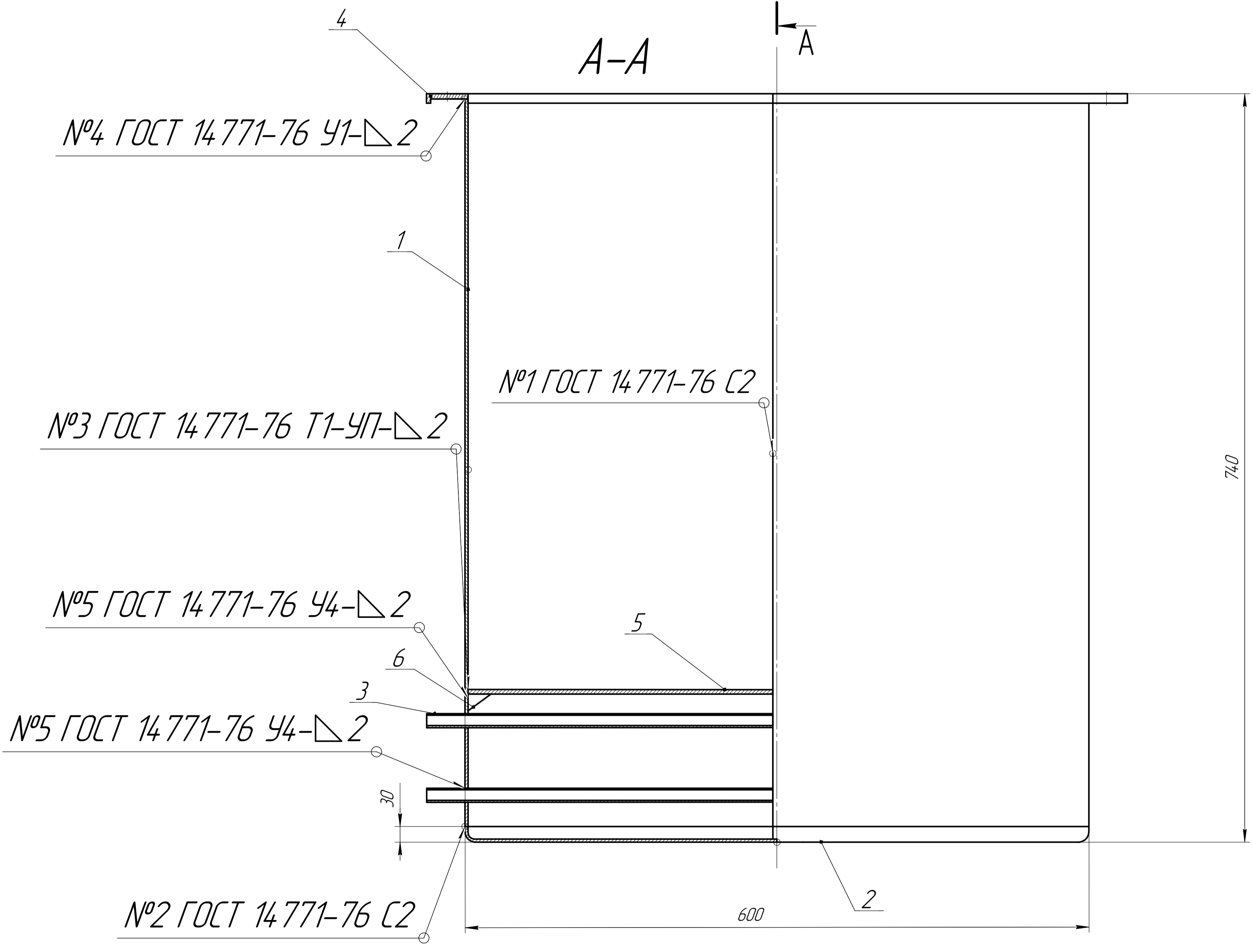
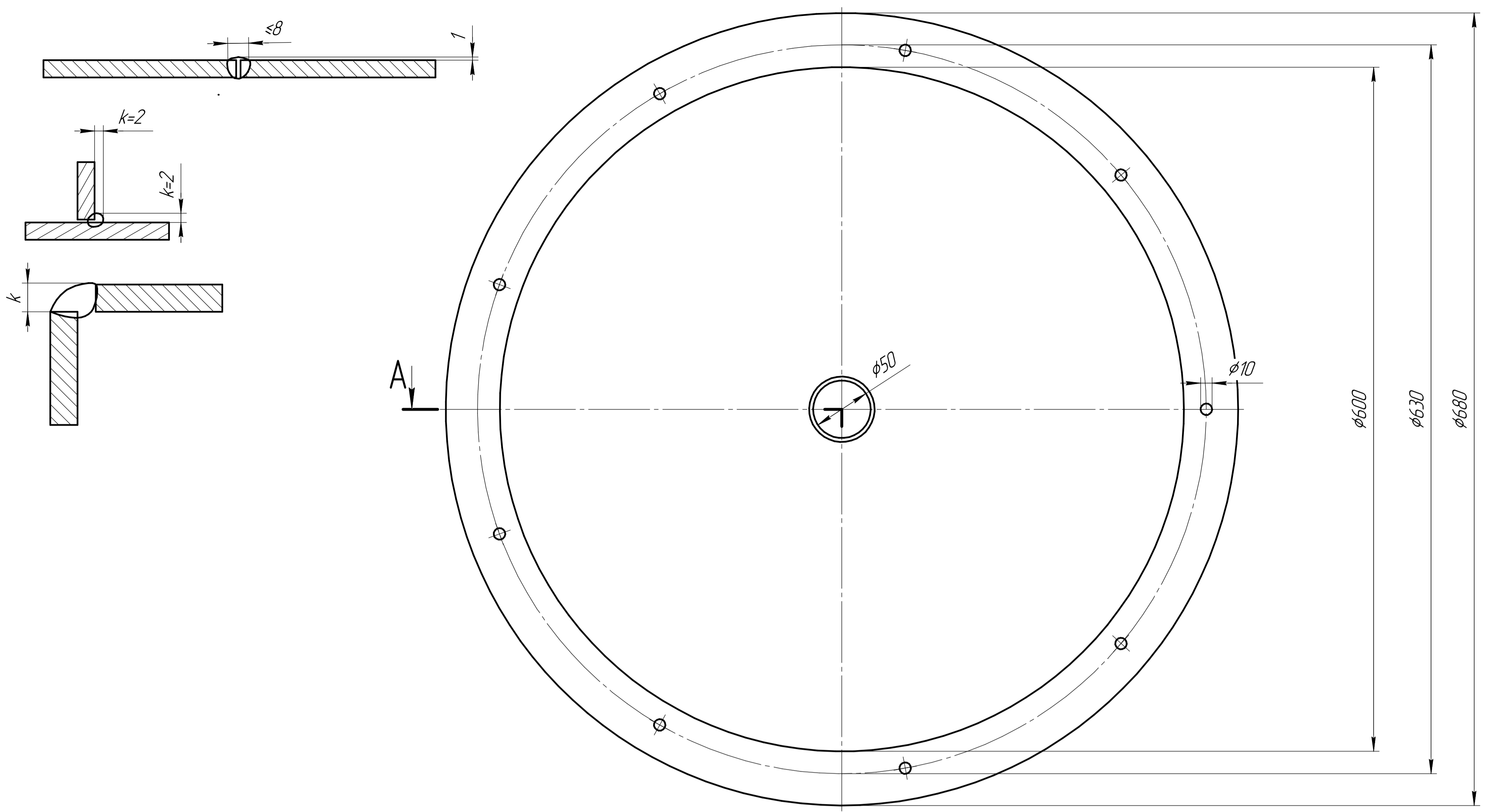
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панчук А., Панчук М., Дейнега Р. Перспективи впровадження технологій піролізу біомаси для збільшення виробництва біопалив. *Нафтогазова енергетика*. 2024. №2.С. 137 -144. DOI:10.31471/1993-9868-2024-2(42)-137-145.
2. Panchuk M., Kryshchyna S., Panchuk A., Kryshchyna L., Dolishnii B., Mandryk I., Sladkowski A. Perspectives for Developing and Using the Torrefaction Technology in Ukraine *International Journal of Energy for a Clean Environment*. 2019. Vol 20. P. 113–134.
3. Panchuk M., S. Kryshchyna S., Sladkowski A., Kryshchyna L., N. Klochko, T. Romanushyn, A. Panchuk, I. Mandryk. Efficiency of production of motor biofuels for water and land transport. *Naše more*. 2019. Vol. 66 (3). P. 6 - 12.
4. Доброногов В. Г. Застосування корозійностійких, жаростійких, жароміцних сталей ісплавів у хімічному машино- та апаратобудуванні [Текст] : навч. посіб. /В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 264 с. –Бібліогр.: с. 256–260.
5. Panchuk M., Matviienkiv O., Shlapak, L., Szkodo M., Kiełczynski W., Panchuk A. Quality increase for single-welded joints of thin-walled structures by means of simulation modelling. *Rev. Metal*. 2019. Vol. 55(4): P.158.
6. Автоматизація зварювальних процесів : конспект лекцій / М. В. Панчук, І. М. Сем'яник. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. - 118 с
7. Щокін В.А. Технологічні основи зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / В.А. Щокін.- Ростов н / Д.: Фенікс, 2009. - 345 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

8. Panchuk M., Śladkowski A., Panchuk A., Oleksienko S (2022) Perspectives of Plastic Pipes use in Shipbuilding and Marine Industry . Naše More.Vol. 69. No. 1. pp. 70–76.
9. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896с.
10. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч.Посібник. – К.: Арістей, 2005. –268с
11. Панчук М.В. Зварювання плавленням : конспект лекцій / М. В. Панчук. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. - 67 с.
12. Шлапак Л. С., Панчук М. В., Матвієнків О.М., Біщак Р.Т., Сем’яник І. М. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за професійним спрямуванням «Зварювання». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021– 60с.
13. ДСТУ ISO 4063:2014. Зварювання та споріднені процеси. Перелік і умовні позначення процесів.
14. Стандарт ISO DIS 9001:2015.
15. Панчук А.М., Панчук М.В., Олексієнко С.В. Особливості виробництва електролітичних хромових покриттів. Матеріали тез доповідей ХІV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 2–23 травня 2025 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Приступа Анатолій Леонідович [та ін.]. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2025. – Т. – 93

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | КРБ. ЗТ - 03. 00. 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 64 |

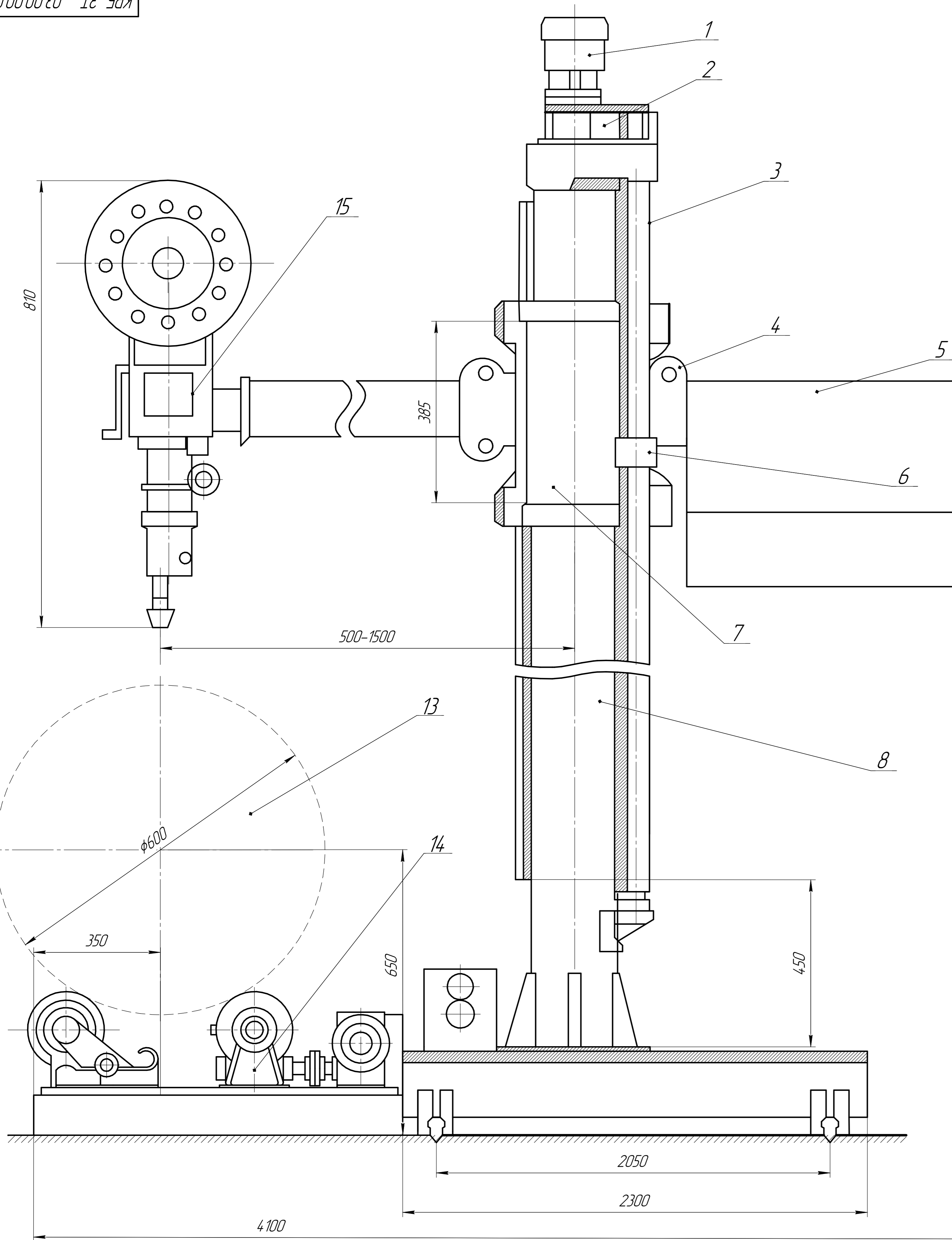


| Позначення | Найменування |
|------------|--------------|
| 1 | Обичайка |
| 2 | Днище |
| 3 | Змієвик |
| 4 | Фланець |
| 5 | Фальш дно |
| 6 | Опора |

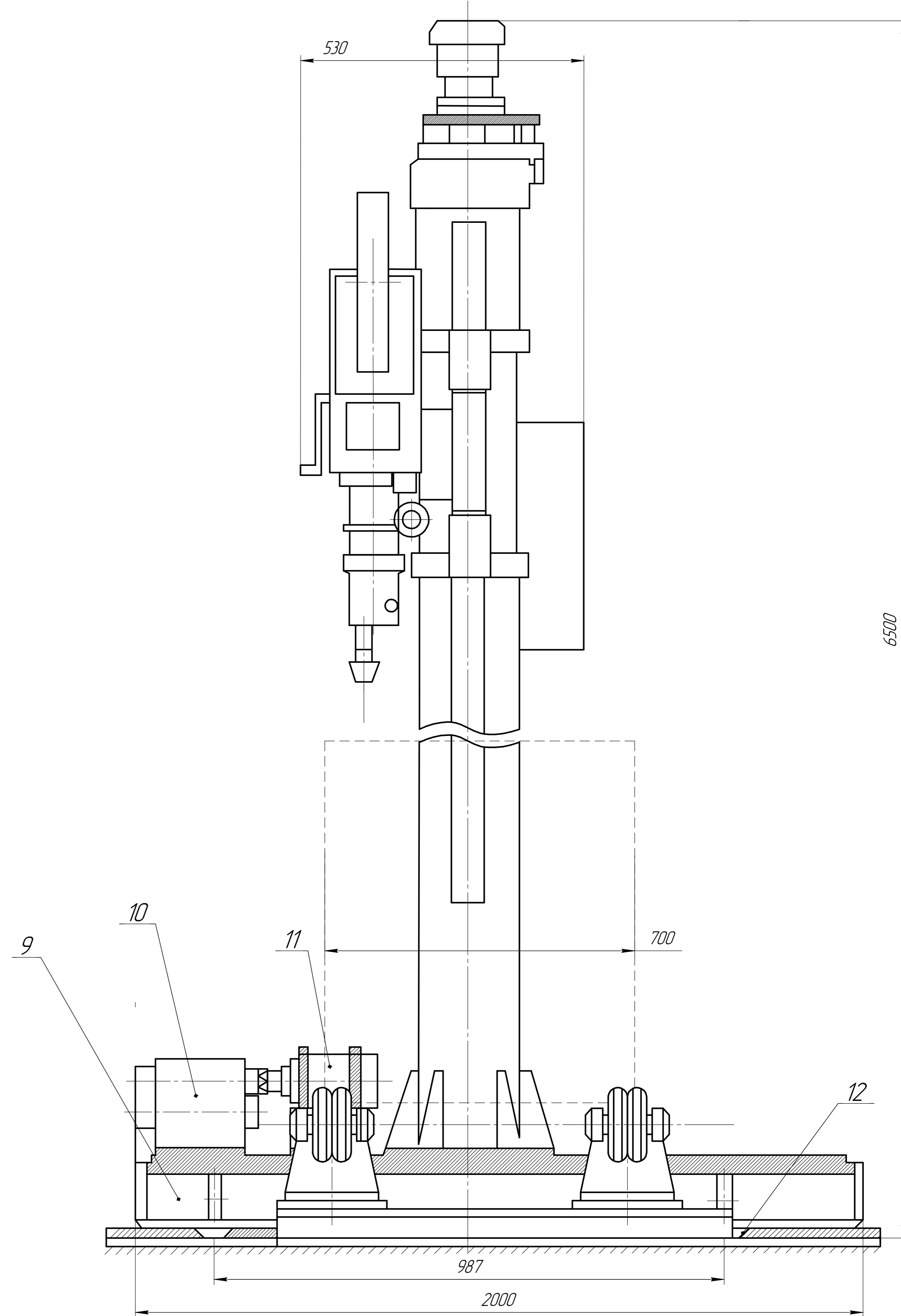
| КРБ.3Т - 03.00.00.000 | | | | Лист | Масштаб |
|-----------------------|----------------|--------|------|------|---------|
| Зм. Уліст. | № док.м. | Лист | Дата | Н | 1:2 |
| Розроб. | Розроб. | Листів | | 1 | |
| Перед. | Ланчук М.В. | | | | |
| Т.контр. | | | | | |
| Н.контр. | Матвієнко О.М. | | | | |
| Затв. | Андрусак | | | | |

Корпус установки для піролізу

ІФНТУНГ
3Т - 21 1 тз
Формат А1

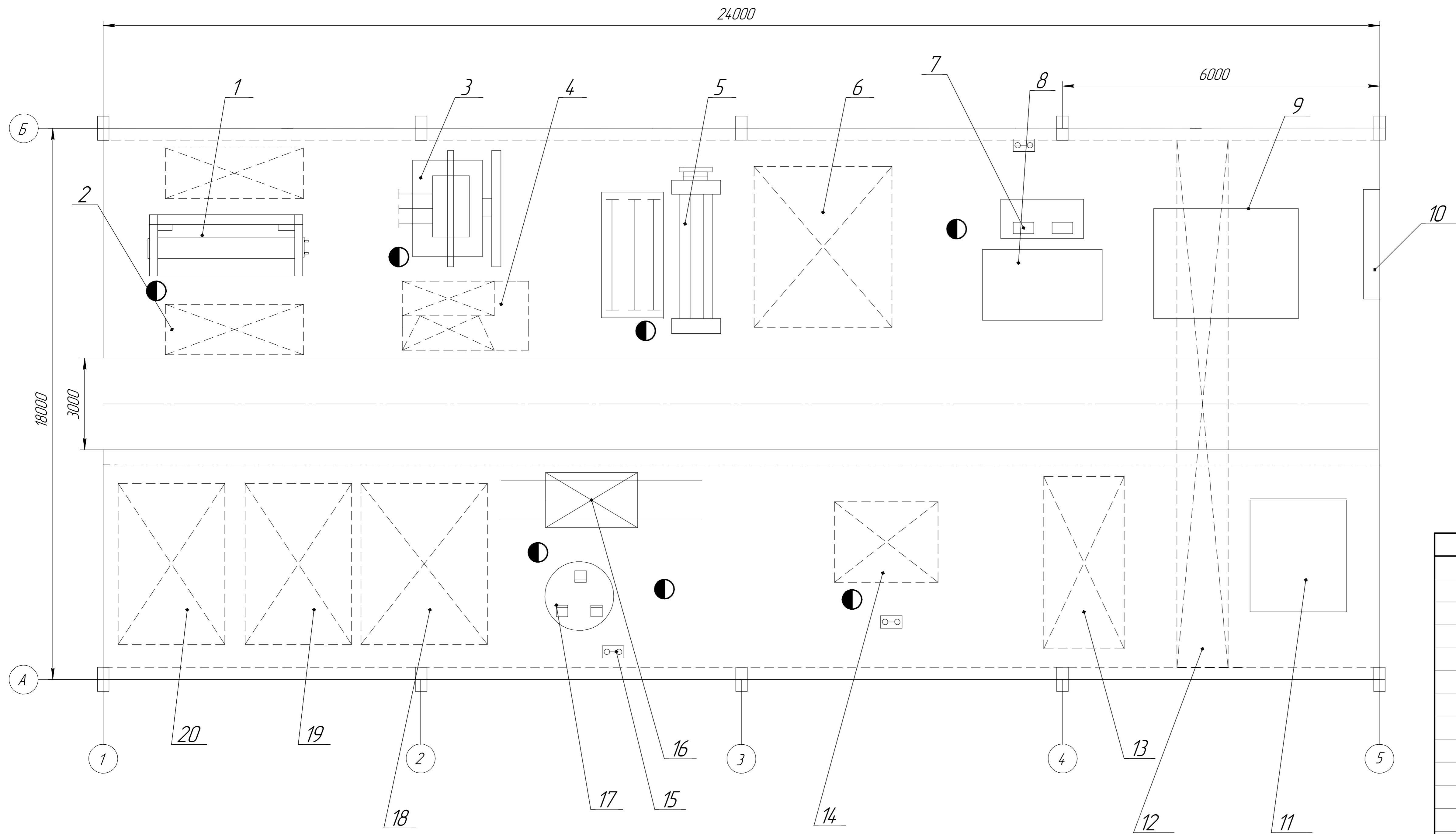


1-електродвигун; 2-зубчаста передача; 3-гвинт; 4-ролики; 5-консоль; 6-гайка;
 7-каретка; 8-стілка; 9-платформа; 10-редуктор; 11-електродвигун; 12-катки;
 13-конструкція; 14-роликівий одертач; 15-зварювальний автомат.



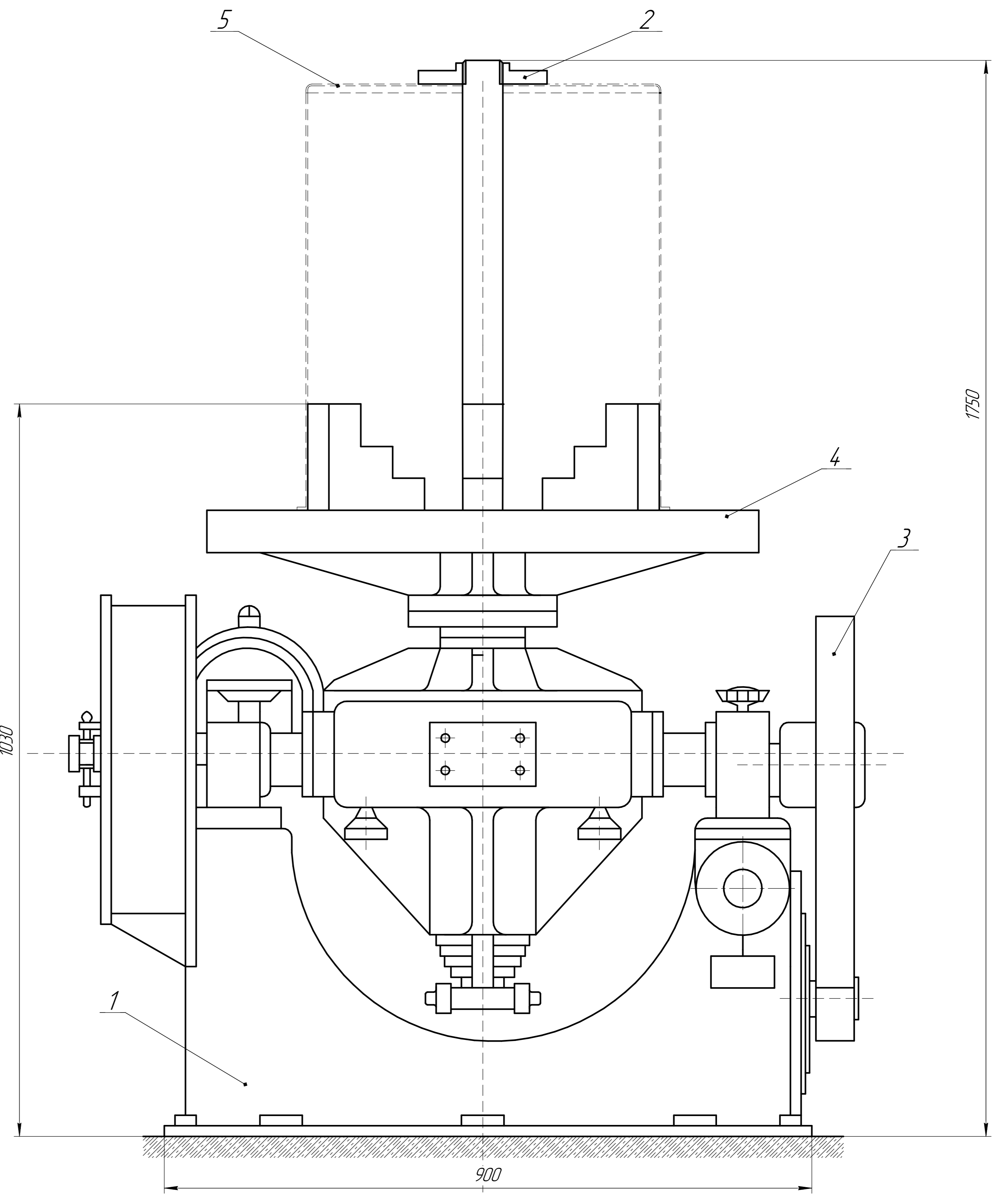
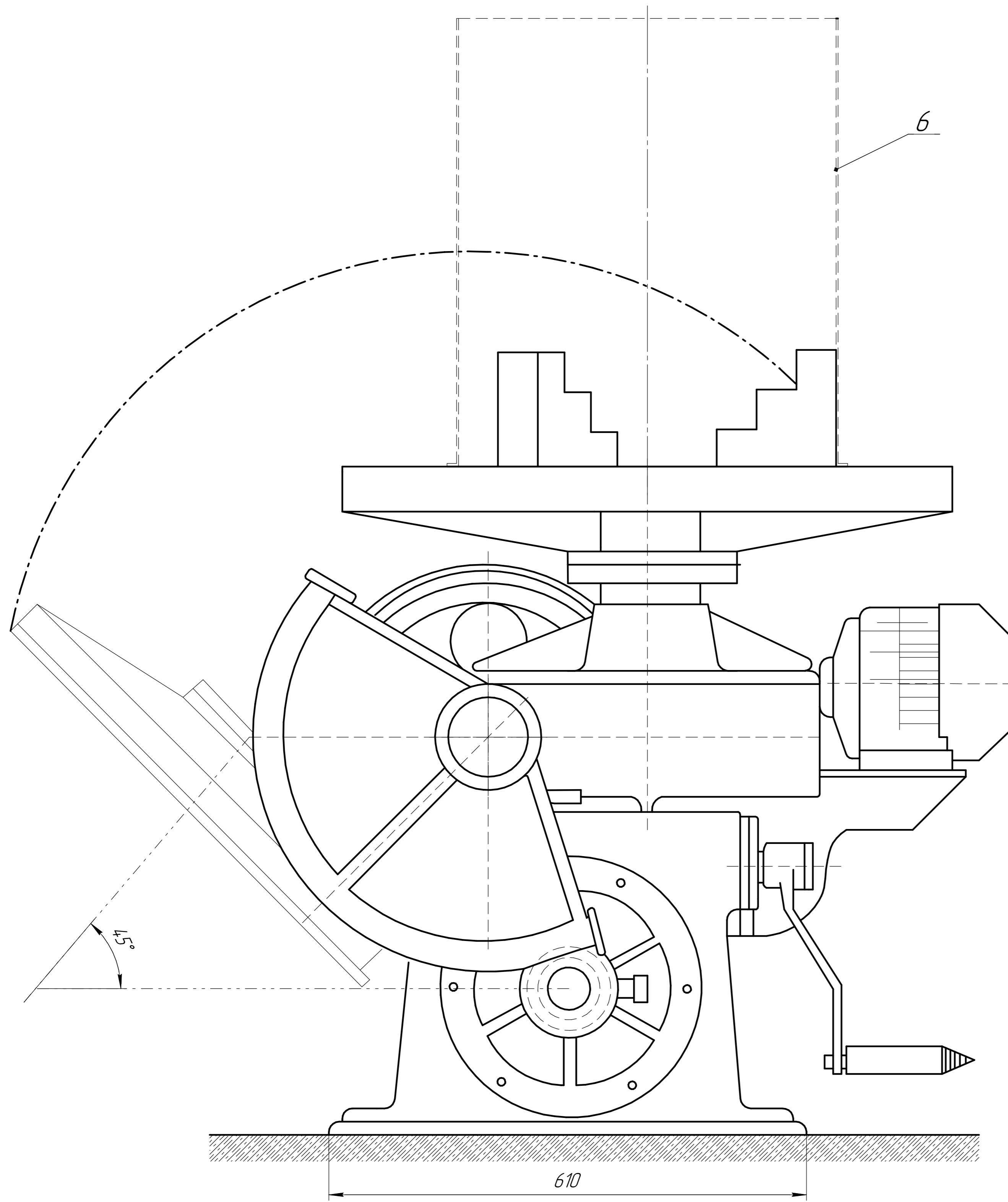
| КРБ.3Т - 03.00.00.000 | | | | Лист | Масса | Масштаб |
|-----------------------|----------------|--------|------|--------------|--------|---------|
| Эк. лист | № док.м. | Підп. | Дата | Н | | 1:2 |
| Розраб. | Розроб. | Листів | | Лист | Листів | 1 |
| Перев. | Ланчук М.В. | | | ІФНТУНГ | | |
| Т.контр. | | | | 3Т - 21 1 тз | | |
| Н.контр. | Матвієнко О.М. | | | Формат А1 | | |
| Затв. | Андрусиж | | | | | |

Установка для зварювання
 кільцевих та повздовжніх швів
 корпусу



| Позиції | Найменування |
|---------|---|
| 1 | Листопрямильна машина |
| 2 | Склад листів |
| 3 | Гільйотинні ножиці |
| 4 | Вирудані заготовки |
| 5 | Листозгинальна машина |
| 6 | Склад вальцьованих заготовок |
| 7 | Зварювальна колона |
| 8 | Раликовий обертач |
| 9 | Склад обичайок |
| 10 | Пажежна щитова |
| 11 | Кімната майстра |
| 12 | Мастовий кран |
| 13 | Площадка з кондукторами для приварювання внутрішніх деталей |
| 14 | Зварювальний апарат |
| 15 | Плазмова різка |
| 16 | Площадка для приварювання днищ, фланців |
| 17 | Маніпулятор |
| 18 | Склад виробів перед контролем якості |
| 19 | Площадка для ультразвукового контролю |
| 20 | Склад готової продукції |

| | | | | | | |
|----------|----------|--------|--------|--|-----|---------|
| | | | | КРБ.3Т -03.00.00.000 | | |
| Эк. лист | № док.м. | Підп. | Дата | Схема складально-зварювальної дільниці | Лит | Масштаб |
| Розроб. | Розроб. | Лист | Листів | | Н | 1:2 |
| Перев. | Лист | Листів | Листів | 1 | | |
| І.контр. | Лист | Листів | Листів | 1 | | |
| Н.контр. | Лист | Листів | Листів | 1 | | |
| Затв. | Лист | Листів | Листів | 1 | | |
| | | | | ІФНТУНГ 3Т - 21 тз | | |
| | | | | Формат А1 | | |



| Позиція | Найменування |
|---------|--------------------|
| 1 | Станина |
| 2 | Затискний пристрій |
| 3 | Механізм нахилу |
| 4 | Планшайда |
| 5 | Днище |
| 6 | Обчіайка |

| | | | | | | |
|----------|---------|----------------|----------|------------------------|------|--------|
| | | | | КРБ.3Т-03.00.00.000 | | |
| Зм. | Лист | № док. | Підп. | Дата | Лист | Листів |
| Розраб. | Розроб. | Перев. | І.контр. | | | |
| | | | | Приварювання патрубків | | |
| Н.контр. | Затв. | Матвієнко О.М. | Андрусиж | ІФНТУНГ | | |
| | | | | 3Т - 21 тз | | |
| | | | | Формат А1 | | |

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Рошаковський Дмитро

Співавтор:

Назва: 2025_Рошаковський Д.М._ІАБ_КБ_ЗТ-21-1

Науковий керівник: Панчук М.В.

Підрозділ: Каф. ЗВ

Коефіцієнт подібності 1:6%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 42

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-18 05:18:07.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата

експерт