

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра зварювального виробництва**

«На правах рукопису»
УДК 621.791

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО
Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ
(підпис) «__» _____ 2024 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Технологія складання та зварювання вакуумного ресиверу»**

Виконав:
студент II курсу, групи ЗВ-21мп
Сапа Артур Анатолійович _____

Керівник:
доцент, к. т. н., доц.
Стреленко Наталія Михайлівна _____

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях:
професор, д. т. н.
Левченко Олег Григорович _____

Консультант з розроблення стартап-проекту:
доцент, к. е. н.
Глущенко Ярослава Іванівна _____

Рецензент: доцент кафедри лазерної техніки
та фізико-технічних технологій
к.т.н., доц.
Блощинин Михайло Сергійович _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань
Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра зварювального виробництва**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма – «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«08» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Сапі Артуру Анатолійовичу

- 1. Тема дисертації** «Технологія складання та зварювання вакуумного ресивера»,
науковий керівник дисертації Стреленко Наталія Михайлівна, к.т.н., доц., затверджені
наказом по університету від «08 » листопада 2023 р. № 5195-с.
- 2. Термін подання студентом дисертації** _____ 30 грудня 2023 р.
- 3. Об'єкт дослідження** _____ технологічні процеси, методи та матеріали, пов'язані з
розробкою та виробництвом вакуумного ресиверу
- 4. Вихідні дані:** креслення загального виду корпусу вакуумного ресиверу, матеріал
виробу - сталь AISI 321, умови виготовлення - цехові, температура експлуатації від
-30 °С до +60 °С, обсяг випуску виробів - 1000 шт., на рік, тип виробництва –
дрібносерійне.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1. Виконати конструктивно-технологічний аналіз зварного виробу; охарактеризувати призначення, технічні вимоги, структуру виробу та умови експлуатації; надати характеристику зварних з'єднань і основного матеріалу; врахувати умови виготовлення і обґрунтовано призначити спосіб зварювання плавленням; виконати вибір розкриття крайок зварних з'єднань; обґрунтувати вибір зварювальних матеріалів; вибрати зварювальне устаткування загального призначення. 2. Розробити технологічний процес виготовлення зварного виробу на основі визначення вихідних даних для проектування технологічних процесів виготовлення зварного виробу: визначити тип зварної конструкції; порівняти базовий із запропонованим власним варіантами розчленування зварної конструкції на складальні одиниці та деталі; розробити технологічні процеси виготовлення заготовок і деталей зварного виробу; визначити базовий і власний варіанти складально-зварювальних технологічних процесів виготовлення зварного виробу; обґрунтувати вибір раціонального варіанту технологічного процесу виготовлення зварного виробу; виконати оформлення документації робочого технологічного процесу складання-зварювання заданого виробу; призначити спосіб контролю якості зварних з'єднань. 3. Розробити засоби технологічного спорядження складально-зварювальних технологічних процесів виготовлення зварного виробу на основі вихідних даних для розроблення засобів технологічного спорядження; адаптувати конструкцію складально-зварювального оснащення; виконати компонування зварювальної установки. 4. Розробити і спланувати виробничу дільницю складання-зварювання: розробити раціональний варіант розміщення засобів технологічного спорядження; спроектувати план виробничої дільниці. Сформулювати загальні висновки до технологічного розділу проекту. 5. Виконати розробку стартап-проекту для впровадження розробленої технології складання-зварювання виробу. 6. Проаналізувати небезпечні фактори і розробити заходи з охорони праці на виробництві.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

1. Креслення вакуумного ресиверу (A1x1)
2. Схема технологічного процесу виготовлення вакуумного ресиверу (A1x1)
3. Креслення пристосування для зварювання поздовжнього шва обичайки (A1x1)
4. Креслення установки для зварювання поздовжнього шва обичайки (A1x1)
5. Креслення складального оснащення для зварювання кришки та адаптора (A1x1)
6. Креслення установки для зварювання кришки та адаптора (A1x1)
7. Креслення складального оснащення для зварювання втулок та опор (A1x1)
8. План дільниці цеху складання та зварювання вакуумного ресиверу (A1x1)

7. Орієнтовний перелік публікацій: не передбачено індивідуальним планом навчання.

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|--------------|----------------|
| | | зав-ня видав | зав-ня прийняв |
| Розроблення стартап-проекту | Тимошенко Н.Ю., к.е.н., доц. | | |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Левченко О. Г., зав. каф. | | |

9. Дата видачі завдання

08.11.2023 р.

Календарний план

| № | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|---|--|--|----------|
| 1 | Систематизація і обробка матеріалів для включення до ПЗ | 20 листопада 2023 р. | |
| 2 | Розробка проектної частини | 30 листопада 2023 р. | |
| 3 | Збір додаткових матеріалів, детальна розробка і обґрунтування проектних рішень | 11 грудня 2023 р. | |
| 4 | Оформлення графічного матеріалу | 25 грудня 2023 р. | |
| 5 | Літературна обробка і остаточне оформлення ПЗ | 30 грудня 2023 р. | |

Студент

Артур САПА

Науковий керівник

Наталія СТРЕЛЕНКО

Реферат

Актуальність теми. Ресивери є важливою складовою великої кількості технологічних процесів у промисловості та інших галузях, де необхідне накопичення газів або вакууму. Здатність якісної та ефективної роботи конструктивних елементів системи накопичення вакууму має велике значення для оптимізації процесів та підвищення продуктивності.

Однією з ключових складових вакуумних ресиверів є матеріал, з якого вони виготовлені. Сталь AISI 321, яка належить до групи нержавіючих сталей, давно використовується в ресиверах завдяки своїй корозійній стійкості та міцності при підвищених температурах. Проте впровадження нових технологій та методів для складання та зварювання цієї сталі може покращити якість та продуктивність ресиверів.

Актуальність цієї теми полягає в потребі пошуку нових способів виготовлення ресиверів з використанням сталі AISI 321, які б дозволили підвищити їхню ефективність та тривалість служби, зменшити витрати на енергію та знизити вплив на навколишнє середовище. Ця робота може відкрити нові можливості для виробників та сприяти розвитку сучасних технологій у галузі теплообміну.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Мета і задача дослідження. Метою роботи є технології складання та зварювання вакуумного ресиверу зі сталі AISI 321.

Для досягнення визначеної мети в роботі вирішені такі задачі:

- проведений аналіз та подальший розбір вакуумного ресивера;
- проведений аналіз матеріалу виробу та його здатність до зварювання;

- проведений аналіз вибору способів зварювання та вибір зварювальних матеріалів;
- розроблено технологічний процес складання та зварювання виробу з проведенням вибору устаткування для виконання завдання;

Об'єкт дослідження – технологічні процеси, методи та матеріали, пов'язані з розробкою та виробництвом вакуумного ресивера.

Предмет дослідження - оптимізація та вдосконалення процесів складання та зварювання вакуумного ресиверу.

Методи дослідження. Із методів дослідження використовувався літературний аналіз - це проведення аналізу літературних джерел і публікацій, що стосуються сталі AISI 321, вакуумних ресиверів та сучасних методів зварювання та складання, для отримання фундаментальних знань і підготовки основи для дослідження. Також проводилися консультації з експертами у галузі металургії, інженерії та теплообміну задля отримання цінних відомостей та рекомендацій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

Для складання-зварювання корпусу ресиверу створено лінію, яка об'єднує в собі кілька технологічних операцій. Це дозволяє оптимізувати та пришвидшити весь процес виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження нового технологічного процесу на виробництві сприятиме суттєвому збільшенню продуктивності виготовлення. Це дозволить скоротити час виробництва, що, у свою чергу, призведе до збільшення виробничої програми та економії витрат на виготовлення одиниці виробу.

Магістерська дисертація представлена: розрахунково-пояснювальною запискою та графічною частиною. Розрахунково-пояснювальна записка складається з реферату, 6-ти частин, висновків, переліку посилань, та додатків. Обсяг роботи: 125 арк. формату А4 та графічної частини - 8 аркушів формату А1.

Ключові слова: зварювання плавким електродом в захисних газах, корпус ресиверу, сталь AISI 321.

Abstract

Actuality of theme. Vacuum receivers are an important part of many technological processes in industry and other sectors where accumulation of gases or vacuum is required. The ability of the structural elements of the vacuum accumulation system to work efficiently and effectively is of great importance for process optimization and productivity improvement. The energy consumption and efficiency of such devices affect the cost and competitiveness of production.

One of the key components of vacuum receivers is the material from which they are made. AISI 321 steel, which belongs to the group of stainless steels, has long been used in receivers due to its corrosion resistance and strength at elevated temperatures. However, the introduction of new technologies and methods for assembling and welding this steel can improve the quality and productivity of receivers.

The relevance of this topic lies in the need to find new ways to manufacture receivers using AISI 321 steel that would improve their efficiency and service life, reduce energy costs and reduce the environmental impact. This work can open up new opportunities for manufacturers and contribute to the development of modern technologies in the field of heat exchange.

Relationship of the work with scientific programs, plans, and topics

The work is related to the following scientific programs, plans, and topics:

- State program for the development of the machine-building industry
- National program for the development of the energy sector
- Program for the development of environmental technologies

The purpose and tasks of the research

The purpose of the work is to develop technologies for assembling and welding a vacuum receiver made of AISI 321 steel.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- Analysis and disassembly of the vacuum receiver
- Analysis of the material of the product and its weldability

- Analysis of the choice of welding methods and selection of welding materials
- Development of a technological process for assembling and welding the product, including the selection of equipment for the task

Object of research. The object of research is the technological processes, methods, and materials related to the development and production of a vacuum receiver.

Subject of research. The subject of research is the optimization and improvement of the processes of assembling and welding a vacuum receiver.

Research methods. The following research methods were used:

- Literary analysis - analysis of literary sources and publications on AISI 321 steel, vacuum receivers, and modern welding and assembling methods to obtain fundamental knowledge and prepare the basis for the research.
- Consulting with experts in the field of metallurgy, engineering, and heat exchange to obtain valuable information and recommendations.

Scientific novelty of the obtained results

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

- A line has been created for assembling and welding the receiver body, which combines several technological operations. This allows for optimizing and accelerating the entire production process.

Practical significance of the obtained results. The implementation of the new technological process in production will contribute to a significant increase in production productivity. This will allow to reduce the production time, which, in turn, will lead to an increase in the production program and savings in the cost of manufacturing a unit of product.

The master's thesis consists of an explanatory note and a graphical part. The explanatory note includes an abstract, six sections, conclusions, a list of references, and appendices. The volume of the work is 125 sheets of A4 format, and the graphical part consists of 8 sheets of A1 format.

Key words: welding with a fusible electrode in shielding gases, receiver body, AISI 321 steel.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ВСТУП | 9 |
| 1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРНОГО ВИРОБУ | 10 |
| 1.1 Загальна характеристика виробу..... | 10 |
| 1.2 Аналіз матеріалу виробу..... | 12 |
| 1.3 Аналіз зварних з'єднань..... | 18 |
| 1.4 Вибір способу зварювання..... | 19 |
| 1.5 Вибір зварювальних матеріалів..... | 23 |
| 1.6 Позначення зварних швів згідно ДСТУ..... | 24 |
| 1.7 Розрахунок параметрів режиму зварювання..... | 25 |
| 1.8 Вибір зварювального устаткування загального призначення..... | 32 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ВАКУУМНОГО РЕСИВЕРУ | 35 |
| 2.1 Визначити вихідні дані для проектування технологічних процесів виготовлення зварного виробу..... | 35 |
| 2.2 Розроблення технологічних процесів складання-зварювання корпусу ресивера..... | 37 |
| 2.3 Розробка складально-зварювального оснащення..... | 43 |
| 2.4 Компонування установок для зварювання..... | 64 |
| 3. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИРОБУ | 68 |
| 3.1 Вхідний контроль основних та зварювальних матеріалів..... | 68 |
| 3.2 Візуальний контроль..... | 70 |
| 3.3 Гідравлічний контроль..... | 71 |
| 3.4 Ультразвуковий контроль..... | 72 |
| 3.5 Капілярна дефектоскопія..... | 73 |
| 4. ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАНУ ДІЛЬНИЦІ ЦЕХУ | 74 |
| 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ | 76 |
| 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 97 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ..... | 112 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 113 |
| ДОДАТКИ..... | 119 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------------------|----------|--------|------|--|---|------|---------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Сапа А.А. | | | | Технологія складання-зварювання вакуумного ресиверу | Літ. | Арк. | Архивіш |
| Перевір. | Стреленко Н.М. | | | | | | | |
| Н. контр. | Лисак В.В. | | | | | КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О.Папона | | |
| Затверд. | Квасницький В.В. | | | | | | | |

ВСТУП

Вакуумний ресивер застосовується для накопичення під тиском газів, пари, стисненого повітря чи вакууму, а також для вирівнювання їх тиску у разі нерівномірної витрати або надходження. Вакуумний ресивер є важливим обладнанням у багатьох галузях промисловості, зокрема в хімічній, гірничодобувній та харчовій.

Якість та надійність вакуумних ресиверів залежить від багатьох факторів, зокрема від технології їх виготовлення. Складання та зварювання корпусу вакуумного ресиверу є одним з найважливіших етапів його виробництва.

Сучасні вакуумні ресивери виготовляються, як правило, з нержавіючих сталей, таких як AISI 321. Ця сталь має високу корозійну стійкість та міцність при підвищених температурах, що дозволяє її використовувати в умовах вакууму.

Впровадження нових технологій та методів для складання та зварювання сталі AISI 321 може покращити якість та продуктивність виготовлення вакуумних ресиверів.

Метою цієї магістерської дисертації є розробка технологічного процесу складання та зварювання корпусу вакуумного ресиверу зі сталі AISI 321.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРНОГО ВИРОБУ

Герметична ємність (резервуар) для накопичення під тиском газів, пари, стисненого повітря чи вакууму, а також для вирівнювання їх тиску у разі нерівномірної витрати або надходження.

1.1 Загальна характеристика виробу.

Корпус ресиверу – конструкція, що призначена для накопичування під тиском пари, газів або вакууму.

Цей виріб має витримувати постійні статичні навантаження при можливій зміні температури. Він має бути корозійностійким і не змінювати свої властивості з часом. На корпус ресиверу із середини діє агресивне середовище, тому це дуже відповідальна конструкція. Також він має витримувати перепади температур від -30°C до 60°C. Виріб виготовляється і розміщується в цеху.

Корпус ресиверу (рис.1) виготовляється із високолегованої хромо-нікелевої сталі із збільшеною корозостійкістю – AISI 321 ДСТУ EN 10088-3:2010, через те що конструкція працює в умовах під постійним тиском.

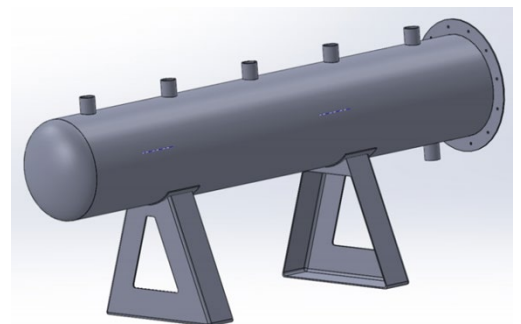
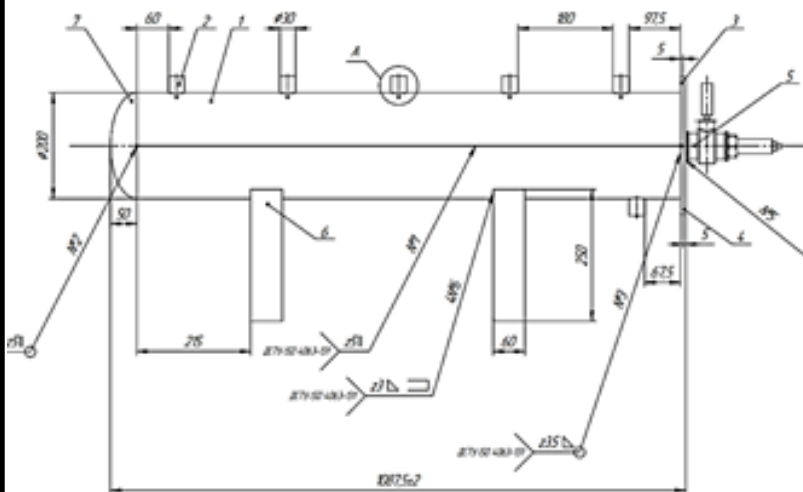


Рисунок 1.1 - Корпус ресивера

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Табл.1.1.- Складові частини корпусу ресивера

| № | Назва деталі | Кількість, шт |
|---|--------------|---------------|
| 1 | Обичайка | 1 |
| 2 | Втулка | 6 |
| 3 | Фланець | 1 |
| 4 | Кришка | 1 |
| 5 | Адаптор | 1 |
| 6 | Опора | 2 |
| 7 | Днище | 1 |

Габаритні розміри: загальна довжина – 1268 мм, висота – 462, ширина – 310 мм. Загальна маса – 20 кг. Конструкція складається із тринадцяти деталей та семи позицій (табл.1). Загальний вигляд конструкції показаний на рисунку 1.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.2 Аналіз матеріалу виробу

Для ефективного виготовлення виробу важливо обрати матеріал, що витримає статичні навантаження, не зазнає змін своїх фізичних властивостей під час експлуатації і має високу стійкість до впливу робочого середовища, оскільки дана конструкція призначена для накопичення під тиском пари, газу або вакууму. Тому з конструктивних переконань обираємо сталь AISI 321 ДСТУ EN 10088-3:2010, яка володіє високою корозійною стійкістю в різних рідких середовищах, залишається стійкою проти міжкристалітної корозії після зварювального нагріву, не проявляє значного охрупчення при тривалому впливі високих температур, і може ефективно використовуватися як жароміцний матеріал при температурах близько 600° С [1].

У таблиці 1.2 наведений хімічний склад сталі AISI 321, в таблиці 1.3 – механічні властивості та в таблиці 1.3 – фізичні властивості.

Таблиця 1.2. - Хімічний склад сталі AISI 321 ДСТУ EN 10088-3:2010 [2]

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu | Fe |
|---------|--------|------|------|---------|----------|-------|--------|-----|
| до 0,08 | до 0,8 | до 2 | 9-11 | до 0,02 | до 0,035 | 17-19 | до 0,3 | ~65 |

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі AISI 321 ДСТУ EN 10088-3:2010 [2] (при T=20°С)

| Прокат | Розмір | σ_B (МПа) | s_T (МПа) | δ_5 (%) | ψ (%) |
|------------------|--------|------------------|-------------|----------------|------------|
| Круг нержавіючий | Ж 60 | 490 | 196 | 40 | 55 |
| Нержавіючі листи | - | 520 | 210 | 43 | - |
| Відпалений дріт | Ж 8 | 1400-1600 | - | 20 | - |
| Труби нержавіючі | - | 510 | - | 40 | - |
| Проковки | - | 490 | 196 | 35 | 40 |

Таблиця 1.4 - Фізичні властивості сталі AISI 321 ДСТУ EN 10088-3:2010 [2]

| T (град) | E 10^{-5} (МПа) | α 10^6 (1/Град) | I (Вт/(м*град)) | ρ (кг/м ³) |
|----------|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 20 | 1,96 | - | - | 7900 |
| 100 | - | 16,1 | 16 | - |
| 200 | - | - | 18 | - |
| 300 | - | 17,4 | 19 | - |
| 400 | - | - | - | - |
| 500 | - | 18,2 | - | - |

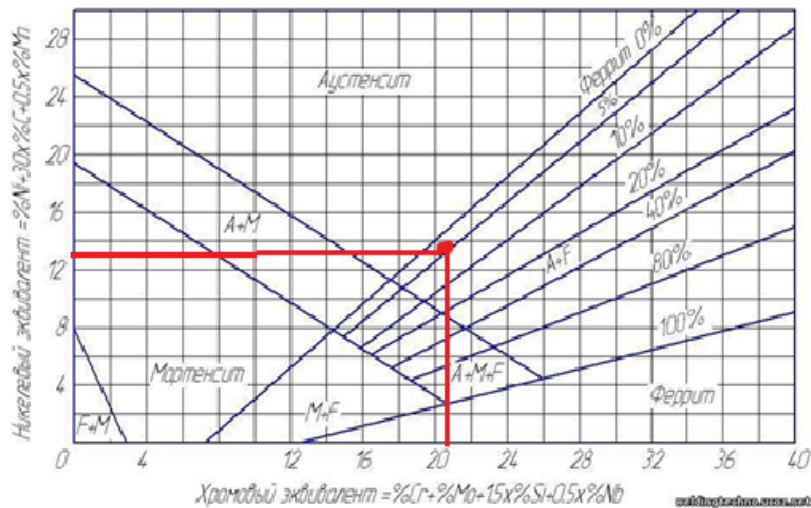


Рисунок 1.3 - Діаграма Шефлера з позначеними результатами

За діаграмою для AISI 321 (08X18H10T) вміст фериту в наплавленого металі становить 5%.

Рекомендується щоб феритна фаза в наплавленому металі становила від 2 до 6 відсотків. Для сталей жароміцних і жаростійких, у яких малий запас аустенітності, а вміст нікелю менше 15 %, появу гарячих тріщин можна попередити за допомогою отримання аустенитно-феритної структури від 3 до 5 відсотків фериту. Якщо фериту буде більше 5 %, то тоді зварювальні шви при високих температурах будуть крихкими.

Аналіз потенційної схильності матеріалу до утворення тріщин при зварюванні

За літературними джерелами, зварюваність сталі AISI 321, яка зумовлена відношенням металу до плавлення, металургійною обробкою і наступною кристалізацією шва, не спричиняючи значних труднощів. Сучасні технології зварювання та використання зварювальних матеріалів на високому рівні гарантують необхідну стійкість металу шва до утворення гарячих тріщин і забезпечують високі характеристики, які вимагаються від основного металу.

Причини утворення гарячих тріщин

У конструкціях, виготовлених з жароміцних сталей, проблеми виникнення та поширення тріщин при наплавленні, зварюванні та використанні адитивних

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

технологій, які включають висококонцентровані джерела енергії, є серйозними та можуть призводити до зниження якості виробів. Причини виникнення тріщин під час зварювання або наплавлення пов'язані з хімічним складом, структурними чинниками, такими як неоднорідність, розмір зерна та компонентна формула присадок.

Сплави з великою структурною неоднорідністю, особливо ті, що мають великі зерна, схильні до гарячих тріщин. Особливо вразливою є околшовна зона, яка часто стає найслабшим місцем в зварному з'єднанні. Розуміння та управління цими факторами стає важливим завданням для підвищення надійності та довговічності конструкцій з жароміцних сталей.

Однак, структурна збалансованість, досягнута за допомогою правильно підбраного хімічного складу сплаву, не завжди гарантує високу тріщиностійкість. Важливо правильно враховувати компонентну формулу при виборі режимів зварювання та наплавлення, оскільки це часто має критичне значення [3].

Схильність зварних швів до утворення гарячих тріщин залежить від кількох факторів:

1. *Хімічний склад металу шва:* від цього залежать мінімальна міжкристалітна пластичність і міцність металу в небезпечному інтервалі температур (ТІК). Також важлива тривалість перебування металу в цьому інтервалі.

2. *Величина і швидкість наростання розтягуючих напружень:* ці фактори визначаються температурним інтервалом, де відбувається зварювання, і впливають на деформації в температурному інтервалі низької пластичності і міцності.

3. *Величина первинних кристалітів:* розмір кристалітів впливає на мікроструктуру металу та його властивості.

4. *Форма зварювальної ванни (шва):* форма ванни впливає на напрямок росту стовпчастих кристалітів, їх зрощення, ступінь зональної ліквідації і розташування осей кристалітів щодо напрямку розтягуючих напружень.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Урахування цих чинників є критичним для попередження утворення гарячих тріщин і забезпечення надійності зварювальних з'єднань.

Вплив зварювальних напружень на стійкість проти гарячих тріщин

Розтягуючі напруження вважаються найбільш небезпечними для стійкості зварних швів щодо гарячих тріщин, особливо якщо вони значно зростають у той момент, коли метал шва перебуває в температурному інтервалі крихкості. Оскільки у реальних умовах дугового зварювання повне уникнення розтягуючих напружень практично неможливе, намагаються зменшити їх і відсунути початок зростання до того часу, коли метал при охолодженні набуває достатню пластичність і міцність.

Це можна досягти за допомогою раціонального проектування зварних з'єднань та вузлів конструкції, а також ряду технологічних заходів:

- *Попередній підігрів:* цей захід віддаляє момент переходу стискаючих напруг в швах у розтягуючі, знижуючи температуру, при якій вони виникають, і зменшуючи темп зростання цих напружень.
- *Раціональна послідовність виконання швів:* вибір оптимальної послідовності виконання швів, а також способу і режиму зварювання, може забезпечити найбільш сприятливу форму шва, правильну спрямованість кристалітів відносно його осі і зменшення зварювальних напружень.

За даними досліджень, охолодження виробу (зварювання на морозі) може негативно впливати на стійкість швів щодо утворення гарячих тріщин: при температурі $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ критичний вміст вуглецю знижується на 0.02%.

Причини утворення холодних тріщин

Холодні тріщини в зварних з'єднаннях представляють собою особливий випадок уповільненого крихкого руйнування металу шва та зони тепловпливу. Вони виникають в температурно-часовому діапазоні, коли в матеріалі переважає внутрішня пружно-пластична деформація після повного остигання або при температурі, що не перевищує $150\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Характерні риси більшості випадків виникнення холодних тріщин включають:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. *Інкубаційний період*: існує період часу перед утворенням осередку тріщин, відомий як інкубаційний період.

2. *Утворення при значеннях напружень*: тріщини з'являються при значеннях напружень, які становлять менше 0,9 короточасної міцності матеріалів у стані після зварювання.

Важливо враховувати ці особливості при проектуванні та виконанні зварних з'єднань, а також визначенні оптимальних режимів зварювання для запобігання виникненню холодних тріщин.

Так, утворення холодних тріщин при зварюванні є характерним для багатьох вуглецевих та легованих сталей. При зварюванні вуглецевих сталей холодні тріщини можуть утворюватися, особливо якщо сталі пройшли часткове або повне загартування. Ці тріщини виникають під час охолодження після зварювання при температурі нижче 200°C або протягом наступних кількох діб.

Схильність до утворення холодних тріщин залежить від декількох факторів, включаючи систему легування металу шва і основного металу, вміст вуглецю, структуру металу, будову мартенситу, а також від різних технологічних параметрів, таких як швидкість і погонна енергія зварювання, швидкість охолодження та інші [4].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.4 Вибір способу зварювання

Під час вибору способу зварювання необхідно враховувати наступні фактори:

1. Товщина металу: товщина матеріалу може впливати на вибір методу зварювання та параметрів процесу.
2. Довжина зварюваних швів: довжина шва може вимагати специфічних підходів, зокрема механізації або автоматизації процесу зварювання.
3. Вимоги до зварних з'єднань: стандарти і вимоги до якості можуть впливати на вибір методу зварювання і обладнання.
4. Продуктивність і якість зварювання: баланс між продуктивністю та якістю є важливим аспектом вибору технології.
5. Програма випуску виробів і можливість механізації: ефективність виробництва і можливість використання механізації можуть бути важливими для виробництва великої кількості виробів.
6. Положення зварювання: визначення, чи здійснюється зварювання в горизонтальному, вертикальному чи іншому положенні, може впливати на вибір методу.
7. Автоматичне зварювання під флюсом: для деяких умов, наприклад, зварювання в нижньому положенні швів великої довжини, або для щільних швів, може бути рекомендовано використовувати автоматичне зварювання під флюсом для підвищення ефективності і якості.
8. При виконанні швів у різних просторових положеннях рекомендується застосовувати автоматичне зварювання в CO₂ та інших захисних газах. Вибір типового способу зварювання для даного виробу з низьковуглецевої хромонікелевої сталі AISI 321 проводиться на основі складу, структури, фізичних і хімічних властивостей зварюваного матеріалу, використовуючи алгоритм «група матеріалу – спосіб зварювання».

Сталь AISI 321, яка відноситься до низьковуглецевих легованих сталей аустенітного класу, виявляє високу варіативність та пристосованість до різних методів зварювання. Можливість зварювання способами, такими як MMA, MAG,

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ

MIG, TIG, SMAW, робить її досить універсальною для застосування в різноманітних умовах.

Засновуючись на вказаних факторах, що впливають на зварювання матеріалу AISI 321, можна сформулювати наступні рекомендації:

1. Хімічні та фізичні властивості сплаву:

Недоцільно використовувати зварювання плавким електродом в активних газах MAG (metal active gas), оскільки взаємодія нержавіючої сталі з вуглекислим газом може призводити до утворення пор в зварному з'єднанні.

2. Максимальна товщина зварної деталі (5 мм):

Не рекомендується використовувати методи, такі як зварювання під флюсом SAW (submerged arc welding), зварювання електрошлаковим способом ESW (electroslag welding) та зварювання не плавким вольфрамовим електродом в інертних газах TIG (Tungsten Inert Gas) для матеріалів товщиною 5 мм.

Ці методи не є відповідними з таких причин: зварювання під флюсом SAW застосовується для матеріалів товщиною від 8 мм; електрошлакове зварювання ESW відповідає для товщин від 10 мм; зварювання не плавким вольфрамовим електродом в інертних газах TIG підходить для товщин до 4 мм.

3. Вартість обладнання:

Важливим аспектом є вартість обладнання. Отже, методи зварювання, такі як плазмове зварювання PAW (plasma arc welding), лазерне зварювання LBW (laser beam welding) і електронно-променеве зварювання EBW (electron beam welding) не є прийнятними через їхню складність та високу вартість обладнання.

Ручне дугове зварювання покритими електродами (MMA 111) та газополуменеве зварювання (OFW) не відповідають високим стандартам якості зварних з'єднань.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.6 - Вибір способу зварювання

| Фактори | Способи зварювання | | | | | | | | | |
|---|--------------------|------------|------------|-----------|-----|------------|------------|-----|-----|-----|
| | 111 MMA | 135 MAG | 131 MIG | 12 SAW | ESW | 311 OFW | 141 TIG | PAW | EBW | LBW |
| Матеріал <u>AISI 321</u> | - | - | ++ | + | + | - | + | + | + | + |
| Товщина <u>5 мм</u> | + | + | + | - | - | - | (+) | + | + | + |
| Довжина шва 1028 мм | (+) | + | + | ++ | ++ | - | (+) | + | + | + |
| Положення зварювання - <u>НИЖНС</u> | ++ | ++ | ++ | ++ | - | + | ++ | + | + | + |

«-» - не рекомендується, до застосування; «(+))» - рекомендується обмежено;
«+» - рекомендується до застосування; «++» - рекомендується в основному.

Після аналізу критеріїв вибору способу зварювання, особливостей конструкції, її габаритно-масових параметрів та оцінки економічної доцільності, можна прийти до висновку, що найбільш оптимальним варіантом є використання автоматичного зварювання в аргоні (MIG 131).

Переваги автоматичного зварювання в аргоні (MIG 131), які були визначені на основі джерел [5] та [6], включають:

- 1. Хороша якість зварних швів:* завдяки точному керуванню параметрами зварювання, досягається високий стандарт якості зварних з'єднань.
- 2. Високі експлуатаційні характеристики:* зварені деталі володіють високою міцністю та довговічністю.
- 3. Можливість зварювання деталей з великим діапазоном товщин:* автоматичне зварювання дозволяє працювати з деталями різної товщини.
- 4. Гнучкість та адаптивність:* зручність та універсальність в роботі у різних положеннях забезпечують гнучкість процесу.
- 5. Висока продуктивність:* автоматизований процес забезпечує ефективність та швидкість виконання зварювальних робіт.
- 6. Відсутність видалення шлаку:* процес автоматичного зварювання не вимагає видалення шлаку, що спрощує та прискорює виробничі операції.

7. *Естетичний вигляд шву*: зварений шов має привабливий та естетичний зовнішній вигляд.

8. *Зменшення ризику дефектів*: автоматичне зварювання дозволяє уникнути людських помилок, таких як неправильна налаштування обладнання чи невірний кут подачі дроту, зменшуючи ризик дефектів у зварювальних з'єднаннях.

9. *Економічна доцільність*: мінімізація витрат на ручну працю та споживання матеріалів (дроту, газу) робить автоматичне зварювання в атмосфері аргону економічно вигідним в довгостроковій перспективі.

Ці переваги роблять автоматичне зварювання в атмосфері аргону (MIG 131) високоефективним та перспективним методом для різноманітних виробничих завдань.

Недолік автоматичного зварювання в аргоні (MIG 131):

1. *Ціна газу*: використання аргону як захисного газу може бути витратним і підвищує вартість процесу зварювання через значну ціну газу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.5 Вибір зварювальних матеріалів.

Для виготовлення корпусу вакуумного ресиверу будемо використовувати зварювальні матеріали, які обираємо враховуючи хімічний склад основного металу виробу, вибраний спосіб зварювання та умови експлуатації створеної конструкції. Цей підхід використовується для всіх зварних з'єднань.

У цьому випадку для захисту зварювальних з'єднань вакуумного ресиверу зі сталі AISI 321 будемо використовувати суміш газів – МІКС-4 (Ar 98% + CO₂ 2%). Аргон створює стиснену дугу, яка забезпечує глибоке і вузьке проплавлення, тоді як CO₂ генерує широку дугу і меншу глибину проплавлення. Комбінація цих двох газів забезпечує оптимальну глибину проплавлення і ширину шва. Використання 98% аргону необхідне для ефективного запобігання окисленню легуючих елементів сталі, уникаючи їх втрати.

Зварювальний дріт обираємо ER308-LSi за стандартом AWS A5.9 (19 9 L Si за ISO 14343-A; св-06X18H9T за ДСТУ 2246-70), він близький до складу сталі AISI 321.

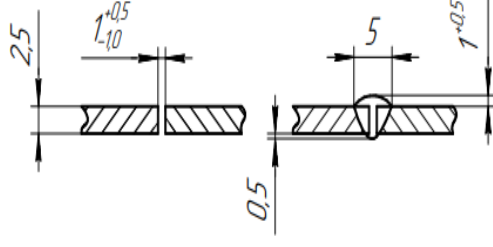
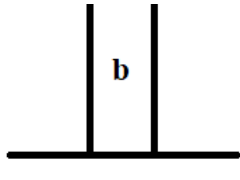
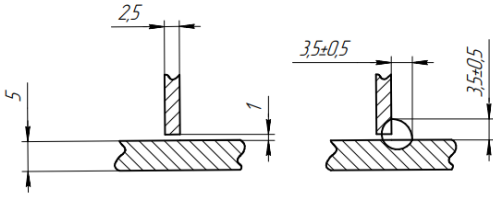

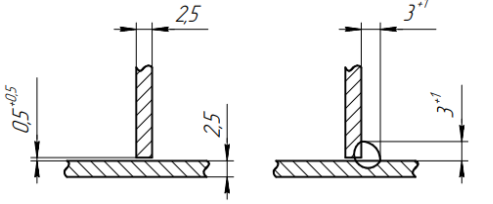

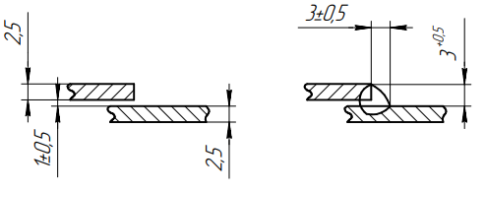
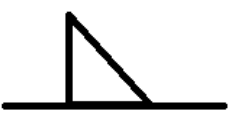
Табл. 1.7 - Хімічний склад дроту ER308-LSi [10], %

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Ti |
|----------|--------|----|------|----------|----------|-------|----|
| до 0,025 | до 0,9 | 1 | 9-11 | до 0,015 | до 0,025 | 18-20 | 1 |

1.6 Позначення зварних швів згідно ДСТУ.

В таблиці 1.8 наведено визначення зварних швів згідно ДСТУ ISO 2553:2019 [11].

Табл. 1.8 - Визначення зварних швів згідно ДСТУ ISO 2553:2019:

| № | Тип з'єднання | Виконання шва | Товщина деталей, які зварюються | Умовне позначення зварного з'єднання |
|-----|-----------------------------|---|---------------------------------|---|
| 1,2 | Стикове без скосу кромки |  | 2,5:2,5 мм |  |
| 3,5 | Таврове без розробки кромки |  | 5:2,5 мм |  |
| 4 | Таврове без розробки кромки |  | 2,5:2,5 мм |  |
| 6 | Напусткове з'єднання |  | 2,5:2,5 мм |  |

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

ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ

Арк.

24

1.7 Розрахунок параметрів режиму зварювання

Для забезпечення якісної конструкції важливо вибрати оптимальний режим зварювання для кожного зварного шва. За допомогою розрахунків можна отримати теоретичні, що наближені до реальних, режими. Важливо зауважити, що ці розрахунки будуть не остаточними, а лише орієнтовними, оскільки в реальних умовах режими можуть коливатися в певних межах.

Розрахунок виконується на основі номінальних розмірів зварного шва, який зображено на прикладі нижче. Значення величини зазору b приймемо рівним одиниці.

Розрахунок режимів зварювання для з'єднання № 1,2

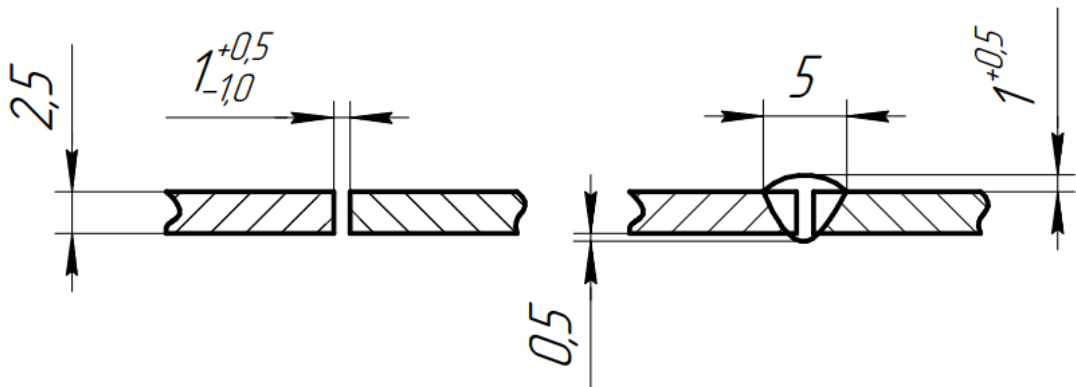


Рисунок 1.5 – Зварні з'єднання №1,2

1. Розрахункова глибина проплавлення h_p :

$$h_p = S - 0.5 \times b = 2.5 - 0.5 \times 1 = 2 \text{ (мм)}.$$

2. Діаметр зварювального дроту d_e :

$$d_e = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05 \times h_p = \sqrt[4]{2} \pm 0.05 \times 2 = 1.08 \dots 1.28 \text{ (мм)}.$$

З розрахованого проміжку обираємо одне з стандартних значень діаметра

$$d_e = 1.2 \text{ мм}.$$

3. Розрахуємо величину зварювального струму $I_{зв}$:

$$I_{зв} = d_e * \left(\sqrt{1450 * d_e V_d + 145150 - 382} \right) = 140 \text{ А}$$

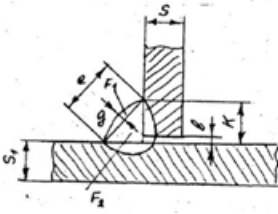
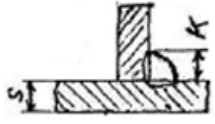
4. Розрахуємо напругу при зварюванні $U_{зв}$:

$$U_{зв} = 20 + \frac{50 * I_{зв}}{1000 * \sqrt{d}} \pm 1;$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Відповідно до Державного стандарту України EN ISO 9692-1:2014 для визначеного зварного з'єднання у цій конструкції, де тип шва Т1 (зварювальне з'єднання №3 та №5), розміри зварного з'єднання та оброблення кромки обираються відповідно до нормативних значень, поданих у таблиці [9].

Таблиця 1.9 – Нормативні значення вибору розмірів зварного з'єднання та оброблення кромки.

| Умовне позначення зварного з'єднання | Конструктивні елементи | | Спосіб зварювання | s | b | | К |
|--------------------------------------|---|---|-------------------|----------|--------|-------------|----------|
| | Підготовка кромки зварювальної деталі | Шва зварювального з'єднання | | | Номин. | Пред. откл. | |
| Т1 |  |  | ІП | 5,5-10,0 | 0 | +1,0 | 8,0-40,0 |
| | | | Ш, УП | 0,8-2,0 | | +0,5 | 3,0-20,0 |
| | | | | 2,2-5,0 | | | |
| | | | | 5,5-10,0 | | +1,0 | 8,0-40,0 |

Катет – $K=S=3.5$ мм.

1. Знаходимо площу наплавленого металу:

$$\begin{aligned}
 F_H &= F_1 + F_2 = K_3 * lg + \frac{1}{2} * K^2 = K_3 * \sqrt{2} * Kg + \frac{1}{2} * K^2 \\
 &= 0.7 * \sqrt{2} * 3.5 * 1.2 + 0.5 * 3.5^2 = 10.3 \text{ мм}^2
 \end{aligned}$$

2. Знайдемо діаметр дроту:

$$d_e = K_d * F^{0.625} = (0.184 \dots 0.326) * 10^{0.625} = 0.78 \dots 1.37;$$

Для досягнення високої продуктивності виберемо найбільше значення діаметра дроту $d_e = 1.2$ мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

1. Знаходимо площу наплавленого металу:

$$F_H = F_1 + F_2 = K_3 * lg + \frac{1}{2} * K^2 = K_3 * \sqrt{2} * Kg + \frac{1}{2} * K^2 \\ = 0.7 * \sqrt{2} * 3 * 1 + 0.5 * 3^2 = 8.7 \text{ мм}^2$$

2. Знайдемо діаметр дроту:

$$d_e = K_d * F^{0.625} = (0.184 \dots 0.326) * 8^{0.625} = 0.68 \dots 1.2;$$

Для досягнення високої продуктивності виберемо найбільше значення діаметра дроту $d_e = 1.2 \text{ мм}$.

3. Розрахуємо швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{15,9 * d_e^2 + 67,4 * d_e^{1.5}}{F} = \frac{15,9 * 1,44 + 67,4 * 1,32}{8,7} = 10,2 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \left(36,7 \frac{\text{м}}{\text{год}} \right)$$

4. Розрахуємо швидкість подачі дроту:

$$V_d = \frac{4FV_{зв}}{\pi * d_e^2(1 - \Psi)} = 45 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \left(162 \frac{\text{м}}{\text{год}} \right)$$

5. Розрахуємо зварювальний струм:

$$I_{зв} = d_e * \left(\sqrt{1450 * d_e V_d + 145150 - 382} \right) = 145 \text{ А}$$

6. Визначимо напругу зварювання:

$$U_{зв} = 14 + 0,05 * I_{зв} = 24 \text{ В}$$

7. Розрахунок витрат захисного газу:

$$q = 0.0033 * I_{зв}^{0.75} = 0.2 \text{ (л/с)} = 12 \text{ (л/хв..)}$$

8. Розрахуємо погонну енергію зварювання:

$$q = \frac{\eta * I_{зв} U_{зв}}{V_{зв}} = \frac{0,7 * 145 * 24}{10,2} = 239 \frac{\text{Дж}}{\text{мм}}$$

де η – середнє значення ефективного ККД джерел нагрівання для зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Розрахунок режимів зварювання для з'єднання № 6

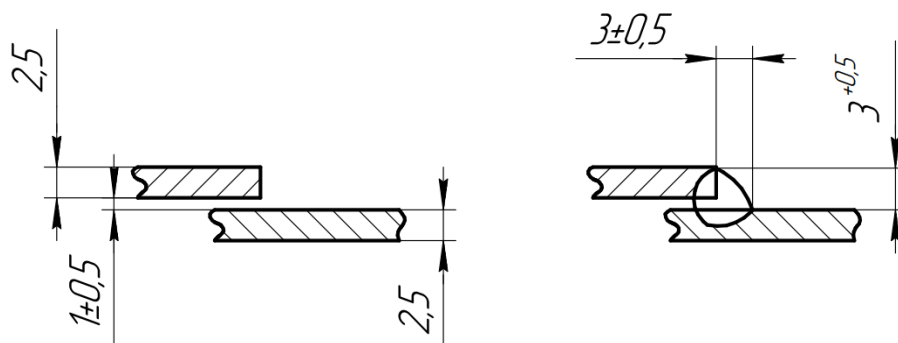


Рисунок 1.8 – Зварне з'єднання №6

1. Розрахункова глибина проплавлення h_p :

$$h_p = 1.2 * S = 2.5 * 1.2 = (\text{мм}).$$

2. Діаметр зварювального дроту d_e :

$$d_e = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05 * h_p = \sqrt[4]{3} \pm 0.05 * 3 = 1.16 \dots 1.46 (\text{мм}).$$

З розрахованого проміжку обираємо одне з стандартних значень діаметра

$$d_e = 1.2 \text{ мм.}$$

3. Розрахуємо величину зварювального струму $I_{зв}$:

$$I_{зв} = \frac{h_p}{K_a} * 100,$$

де K_a – коефіцієнт, який залежить від діаметру електродного дроту; з таблиці його значень [7].

$$I_{зв} = \frac{3}{2.1} * 100 = 150 \text{ А;}$$

4. Розрахуємо напругу при зварюванні $U_{зв}$:

$$U_{зв} = 20 + \frac{50 * I_{зв}}{1000 * \sqrt{d}} \pm 1;$$

$$U_{зв} = 20 + \frac{50 * 96}{1000 * \sqrt{1.2}} \pm 1 = 25 \text{ В;}$$

5. Визначимо швидкість зварювання $V_{зв}$:

$$V_{зв} = k_v * \frac{h_p^{1.61}}{e^{3.36}},$$

де k_v – коефіцієнт, який залежить від діаметру електродного дроту; з таблиці його значень, отриманих експериментальним шляхом, яку наведено у [8],

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

отримуємо, що при $d_e = 1.2$ мм цей коефіцієнт має значення $k_v = 1060$, а отже:

$$V_{зв} = 1060 * \frac{3^{1,61}}{6^{3,36}} = 8,5 \text{ (мм/с)} = 30,6 \text{ (м/год.)}$$

6. Виліт електродного дроту:

$$l_B = 10 * d_e \pm 2 * d_e = 10 * 1.2 \pm 2 * 1.2 = 9.6 \dots 14.4 \text{ (мм)}$$

7. Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{хв.31} = 0.53 * \frac{I_{зв}}{d_e^2} + 6.94 * 10^{-4} * \frac{I_{зв}^2}{d_e^3} = 0.53 * \frac{150}{1.2} + 6.94 * 10^{-4} * \frac{150^2}{1.2^3} = 45 \left(\frac{\text{мм}}{\text{с}} \right)$$

Прийmemo:

$$V_{хв.31} = 45 \text{ мм/с} = 162 \text{ м/год.}$$

8. Витрати захисного газу:

$$q_{з.г.} = 0.2 * I_{зв}^{0.75} = 0.2 * 166^{0.75} = 12 \text{ (л/хв.)}$$

9. Розрахуємо погонну енергію зварювання:

$$q = \frac{\eta * I_{зв} U_{зв}}{V_{зв}} = \frac{0,7 * 150 * 25}{8,5} = 309 \frac{\text{Дж}}{\text{мм}}$$

де η – середнє значення ефективного ККД джерел нагрівання для зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів.

Таблиця 1.10 - Узагальнююча таблиця по режимам зварювання.

| № | S, мм | d_e | $V_{зв}$, мм/с | $I_{зв}$, А | $U_{зв}$, В | $V_{под}$, мм/с | $q_{з.г.}$, л/хв | Погонна енергія, $q_{п}$, Дж/мм |
|-----|----------|-------|-----------------|--------------|--------------|------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1,2 | 2,5: 2,5 | 1,2 | 7,8 | 140 | 23 | 45 | 12 | 289 |
| 3,5 | 5: 2,5 | 1,2 | 9,8 | 180 | 26 | 60 | 14 | 334 |
| 4 | 2,5: 2,5 | 1,2 | 10,2 | 145 | 24 | 45 | 12 | 239 |
| 6 | 2,5: 2,5 | 1,2 | 8,5 | 150 | 25 | 45 | 12 | 309 |

1.8 Вибір зварювального устаткування загального призначення

Визначення зварювального обладнання суттєво впливає на якість виготовлення зварювальної деталі та економічну доцільність виробничого процесу.

Джерело живлення повинно відповідати таким вимогам, як надійне створення дуги, підтримання її стійкості під час горіння, мати високу еластичність дуги, стабільний режим зварювання та ефективне формування зварювального шва.

Для зварювання буде використовуватися зварювальний напівавтомат Jasic MIG-350P – це промисловий зварювальний інвертор призначений для використання в напівавтоматичному зварюванні на постійному (DC) струмі в середовищі захисних газів за допомогою дроту суцільного перетину (MIG/MAG).



Рисунок 1.11 - Зварювальний напівавтомат Jasic MIG-350P [12]

MIG-350P також є можливість роботи в режимі імпульсного напівавтоматичного зварювання (MIG/MAG Pulse). Цей режим забезпечує мінімізацію розбризкування, контроль ступеня проплавлення і керований

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 1.12 - Пальник PRO-3600 Parweld.

Пальник PRO-3600 Parweld – це класичний пальник для напівавтоматичного зварювання, конструкція та витратні частини якого відповідають пальникам типу MB-36KD. Таким пальником можна доповнити будь-який зварювальний напівавтомат з максимальним струмом зварювання до 450А.

Висновок

У розділі «конструкторсько-технологічний аналіз зварного виробу» було проведено аналіз та визначення призначення виробу, аналіз хімічного складу сталі AISI 321, позначення зварних швів згідно ДСТУ. Також було проведено розрахунки режимів зварювання, обрано зварювальні матеріали та зварювальне устаткування загального призначення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ВАКУУМНОГО РЕСИВЕРУ

2.1 Визначити вихідні дані для проектування технологічних процесів виготовлення зварного виробу

Вихідними даними для проектування технологічних процесів виготовлення корпусу вакуумного ресиверу є:

1. Обсяг випуску виробів – 1000 одиниць на рік.
2. Конструкторська документація – ЗВ-21мп.05.01.000

ТУ на виготовлення

Під час виготовлення конструкції, потрібно дотримуватися наступних вимог:

1) Вимоги до матеріалів:

- якість і марка використовуваних матеріалів повинні відповідати вимогам відповідних стандартів і технічних умов, а також бути засвідчені сертифікатами або паспортами заводів-постачальників;

- для виготовлення обичайок використовується листовий прокат;

- під час транспортування та зберігання листового прокату слід уникати його пошкодження та деформації.

2) Вимоги до заготівельних операцій:

- для виготовлення обичайок використовується механічне різання;

- схема механічного різання повинна забезпечити отримання заданих розмірів з похибкою не більше 1 мм;

- після механічного різання якість крайок допускається механічну обробку;

- після різання і обробки крайок піддають вальцюванню;

- методи розмітки не повинні призводити до пошкодження робочої поверхні деталей;

- перед зварюванням необхідно очистити зварювані кромки всіх елементів від забруднень, на відстані 15 - 20 мм; очищення слід виконати механізованим способом;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3) Вимоги до складально-зварювальних операцій:

- при складанні виробу потрібно використовувати підйомно-транспортне обладнання;
 - під час складання необхідно забезпечити розташування елементів відповідно до креслення;
 - проводити процес складання відповідно до послідовності за технологічним процесом, забезпечувати вільний доступ для зварювання;
 - при складанні слід використовувати спеціалізоване пристосування та прихватки;
 - ретельно зачищати прихватки;
 - прихватки мають фіксувати деталі у необхідному положенні та бути без пор та тріщин;
 - зварювальні шви потрібно виконувати відповідно до ДСТУ ISO 4063:2014;
 - в якості захисного газу потрібно використовувати МІКС-4 за ДСТУ ISO 14175:2014.
 - потрібно використовувати зварювальний дріт ER308-LSi [10] діаметром 1.2 мм;
 - виконувати зварні шви в послідовності за технологічним процесом;
 - проводити зачистку зварних швів від шлаку, напливів та нерівностей;
- 4) Вимоги до якості зварних швів:
- всі зварні шви слід перевіряти на якість за допомогою візуального, геометричного та ультразвукового контролю.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.2 Розроблення технологічних процесів складання-зварювання корпусу ресивера

Процес розроблення технологічної послідовності для складання та зварювання полягає у визначенні алгоритму виконання ряду технологічних операцій. Головною метою є отримання зварної конструкції, яка буде відповідати вимогам для подальшої роботи.

Процедури приймання металопрокату, загальні правила маркування, пакування, транспортування, зберігання та документування сортового і фасонного прокату, литих і кованих заготовок, гнутих профілів, листів, стрічок регулюються відповідно до стандарту ДСТУ 9129:2021 [14].

Листовий прокат транспортується на заготівельну ділянку за допомогою електронавантажувача Toyota FBE15T (рис. 2.1) [15]. Після цього він розвантажується на склад, де листи очищаються від бруду, і направляються на процес правлення. Процес правлення листів виконується на листопрямильній машині Bendmak BPSM 15/04 (рис. 2.2) [16].



Рисунок 2.1 - Електронавантажувач Toyota FBE15T

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 2.4 - Роликовий конвеєр

Таблиця 2.4 - Основні технічні характеристики конвеєра

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Габаритні розміри довжина, ширина | 4000x1000 мм. |
| Вантажопідйомність | до 1500 кг |
| Швидкість переміщення | 15 м/хв. |
| Механізм приводу | електропривід, 380 В, 50 Гц, 0.75кВт |



Рисунок 2.5 - Акумуляторна шліфувальна машинка DeWALT DCG405P2

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

ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ

Арк.

40

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики шліфувальної машинки DeWALT DCG405P2

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Тип шліфмашини | кутова акумуляторна |
| Вага | 2,36 кг |
| Максимальна частота обертання диску | 9000 об/хв. |
| Максимальний діаметр диску | 125 мм |
| Потужність | 800 Вт |
| Плавний пуск | + |

Складально-зварювальні операції

Складально-зварювальний етап розділений на 6 складових:

1. Складання та зварювання обичайки:

1.1. Встановити обичайку на установці для складання, забезпечити співпадіння з'єднувальних поверхонь, затиснувши їх на шпінделях кантувачів. За допомогою механізованого зварювання в захисних газах проставити на обичайці прихоплення з кроком 80...160 мм. Встановити на установці необхідний кут нахилу та швидкість переміщення пальника. Виконати перевірку на співпадіння геометричних розмірів та виконати за допомогою автоматичного зварювання горизонтальний прямолінійний зварний шов №1 (табл. 1.3) довжиною 1028 мм.

2. Складання та зварювання обичайки із днищем:

2.1. Транспортувати за допомогою електрокара днище та встановити його з обичайкою на планшайбах кантувачів, забезпечивши співпадіння з'єднувальних поверхонь. За допомогою механізованого зварювання в захисних газах проставити прихоплення з кроком 40...80 мм. Встановити необхідну швидкість обертання планшайби кантувача та кут нахилу пальника. Виконати перевірку на співпадіння геометричних розмірів та виконати за допомогою автоматичного зварювання кільцевий зварний шов №2 (табл. 1.3) довжиною 628 мм.

3. Складання та зварювання обичайки із фланцем:

3.1 Встановити обичайку та фланець на планшайби кантувачів, забезпечивши співпадіння з'єднувальних поверхонь. За допомогою

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЗВ21м.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

механізованого зварювання в захисних газах проставити прихоплення з кроком 40...80 мм. На кантувачах встановити необхідну швидкість обертання планшайб та кут нахилу пальника. Виконати перевірку на співпадіння геометричних розмірів та виконати за допомогою автоматичного зварювання кільцевий зварний шов №3 (табл. 1.3) довжиною 628 мм.

4. Складання та зварювання кришки та адаптера:

4.1 На планшайбах кантувачів встановлюються та фіксуються з забезпеченням потрібного співпадіння кришка та адаптер. За допомогою механізованого зварювання в захисних газах проставити прихоплення з кроком 40...60 мм. За допомогою регулювання супорта, встановлюємо пальник під необхідним кутом. На кантувачах виставляємо необхідну швидкість обертання. Після перевірки на співпадіння геометричності виконуємо автоматичне зварювання кільцевого шву №5 (табл. 1.3) довжиною 128 мм.

5. Складання та зварювання втулок із обичайкою:

5.1 На столі зварника розташовуємо обичайку, за допомогою спеціальної розробленої напрямної виставляємо втулки та фіксуємо за допомогою струбцин, попередньо проконтролювавши співпадіння деталей. Далі за допомогою механізованого зварювання в захисних газах фіксуємо втулки на прихопленнях. Виконуємо механізоване зварювання в захисних газах швів №4 (табл. 1.3) довжиною по 94 мм.

6. Складання та зварювання корпусу із опорами:

6.1 Фіксуємо обичайку на столі зварника за допомогою струбцин та встановлюємо дві опори, забезпечивши необхідну відстань між ними. Фіксуємо опори на обичайці за допомогою прихоплень, які виконуються механізованим зварюванням в захисних газах, з кроком 60-80 мм. Виставивши необхідні режими зварювання виконуємо механізоване зварювання в захисних газах напусткових швів №6 (табл. 1.3) довжиною по 180 мм.

Після виготовлення виріб відправляється до слюсарної ділянки, де проводиться механічна зачистка зварних швів, за допомогою кутової шліфувальної машини. Потім виріб транспортується на контрольну ділянку, де

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

проводиться перевірка на контроль якості зварних швів. І вже після перевірки виріб транспортується до складу готової продукції.

2.3 Розробка складально-зварювального оснащення

Технічні вимоги щодо оснастки

Складально-зварювальна оснастка повинна відповідати ряду технічних вимог для забезпечення ефективного та надійного виробничого процесу:

1. **Міцність та Жорсткість:** оснастка повинна мати достатню міцність та жорсткість, щоб гарантувати точність та стабільність виробництва.

2. **Довготривала та Інтенсивна Експлуатація:** оснастка повинна бути розрахована на тривалу та інтенсивну експлуатацію, забезпечуючи довговічність та надійність.

3. **Гнучкість в Конфігурації:** конструкція оснастки повинна дозволяти швидко та ефективно змінення конфігурації для виготовлення різних виробів.

4. **Фіксація Деталей:** оснастка повинна бути обладнана засобами фіксації деталей, які забезпечують стійкість під час складання та зварювання.

5. **Регулювання Положення Зварювального Обладнання:** оснастка повинна мати можливість регулювання положення зварювального обладнання для точного позиціонування зварювальної головки та дуги.

6. **Безпека:** оснастка повинна бути обладнана засобами забезпечення безпеки працівників, включаючи заходи для уникнення травм та нещасних випадків.

7. **Простота та Зручність:** оснастка повинна бути простою та зручною у використанні, щоб забезпечити швидкий та ефективний процес виробництва.

Ці вимоги допомагають забезпечити високу якість продукції, оптимізувати час виробництва та забезпечити безпеку працівників на виробництві.

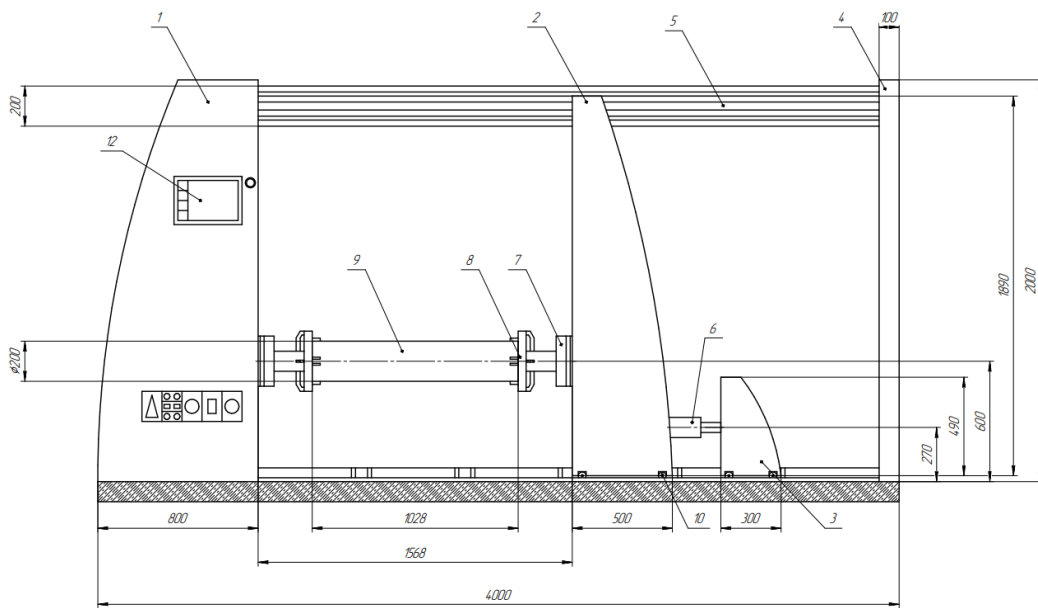
Оснащення для виконання зварних з'єднань № 1,2,3

Для проведення складально-зварювальних робіт зварних з'єднань №1,2,3 було обрано автоматичну установку для зварювання кільцевих та повздожніх швів HWR LEADER 3152.108.H HST creative (рис. 2.6) [19].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



а)



б)

Рисунок 2.6 - Установка HWR LEADER 3152.108.H HST

Проведемо розрахунок:

Призначаємо числові значення геометричних параметрів кантувача:

Маса виробу: $m=20$ кг; або $G=9.8*m=9.8*20=196$ Н;

$k=0.9$ м;

$R=0.1$ м;

$e=0.1$ м;

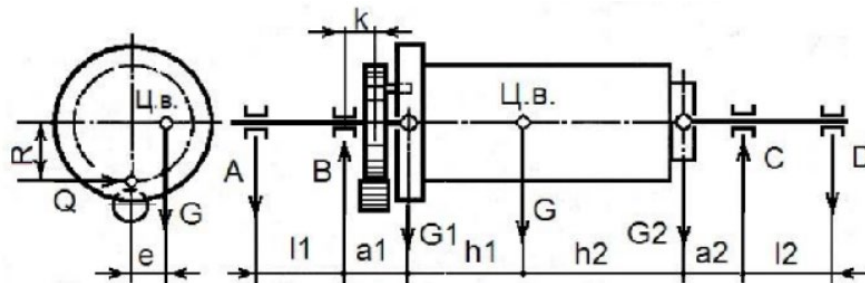
| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | |
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ

$$l_1 = 0.8 \text{ м}; l_2 = 0.5 \text{ м};$$

$$a_1 = 0.3 \text{ м}; a_2 = 0.2 \text{ м};$$

$$h_1 = 0.514 \text{ м}; h_2 = 0.514 \text{ м}.$$



| Найменування | Значення ККД для передачі | |
|---|--|---|
| | закритої | відкритої |
| 1. Зубчаста передача: циліндрична- конічна- косозуба- | 0,96...0,98 0,95...0,97 0,85...0,92 | 0,93...0,95 0,92...0,94 - |
| 2. Черв'ячна передача: однозаходна - двозаходна - трьохзаходна - чотирьохзаходна - гіперболоїдна - | 0,70...0,80 0,75...0,85 0,82...0,90 0,87...0,92 0,85 | - - - - - |
| 3. Пасова передача: з плоским пасом з клиновим пасом з зубчастим пасом | - - - | 0,96...0,97 0,95...0,96 0,94...0,95 |
| 4. Ланцюгова передача: втуково-роликівна з зубчастим ланцюгом | - - | 0,94...0,96 0,96...0,97 |

$$\eta_1 = 0.95; \eta_2 = 0.75;$$

$$\eta_{пр} = \eta_1 * \eta_2 = 0.95 * 0.75 = 0.712$$

$$G_2 = G * \frac{h_1}{h_1 + h_2} = 196 * \frac{0.514}{0.514 + 0.514} = 98 \text{ Н}$$

$$G_2 = G * \frac{h_2}{h_1 + h_2} = 196 * \frac{0.514}{0.514 + 0.514} = 98 \text{ Н}$$

Перше наближення:

$$M_{тер_п1} = 0; M_{тер_x2} = 0;$$

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

$$Q = \frac{M_{кр}}{R}$$

$$Q_1 = \frac{M_{терп1}}{R} = \frac{0}{0.1} = 0$$

Знайдемо повні зусилля в підшипниках:

$$A_1 := \sqrt{\left[G \cdot \frac{h_2 \cdot (l_1 + a_1)}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right]^2 + \left(Q_1 \cdot \frac{l_1 + k}{l_1} \right)^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{\left[196 \cdot \frac{0.514 \cdot (0.8 + 0.3)}{0.8 \cdot (0.514 + 0.514)} \right]^2 + \left(0 \cdot \frac{0.8 + 0.9}{0.8} \right)^2} = 134.75$$

$$B_1 := \sqrt{\left[G \cdot \frac{h_2 \cdot a_1}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right]^2 + \left(Q_1 \cdot \frac{k}{l_1} \right)^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{\left[196 \cdot \frac{0.514 \cdot 0.3}{0.8 \cdot (0.514 + 0.514)} \right]^2 + \left(0 \cdot \frac{0.9}{0.8} \right)^2} = 36.75$$

$$C_1 := G \cdot \frac{h_1 \cdot (l_2 + a_2)}{l_2 \cdot (h_1 + h_2)} \rightarrow 196 \cdot \frac{0.514 \cdot (0.5 + 0.2)}{0.5 \cdot (0.514 + 0.514)} = 137.2$$

$$D_1 := G \cdot \frac{h_1 \cdot a_2}{l_2 \cdot (h_1 + h_2)} \rightarrow 196 \cdot \frac{0.514 \cdot 0.2}{0.5 \cdot (0.514 + 0.514)} = 39.2$$

В небезпечному перерізі А діють згинальні моменти від сил G_1 та Q .

Сумарний згинальний момент в перерізі А:

$$M_{згА1} := \sqrt{a_1^2 \cdot \left(G \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2} \right)^2 + Q_1^2 \cdot k^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{0.3^2 \cdot \left(196 \cdot \frac{0.514}{0.514 + 0.514} \right)^2 + 0^2 \cdot 0.9^2} = 29.4$$

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

В небезпечному перерізі С діє згинальний момент від сили G_2 :

$$M_{згC1} := G \cdot \frac{h_1 \cdot a_2}{h_1 + h_2} \rightarrow 196 \cdot \frac{0.514 \cdot 0.2}{0.514 + 0.514} = 19.6$$

Еквівалентні моменти, що діють в небезпечних перерізах складаються зі згинальних та крутних моментів:

$$M_{eA1} := \sqrt{M_{згA1}^2 + M_{тер_п1}^2} \rightarrow \sqrt{29.4^2 + 0^2} = 29.4$$

$$M_{eC1} := \sqrt{M_{згC1}^2 + M_{тер_x1}^2} \rightarrow \sqrt{19.6^2 + 0^2} = 19.6$$

У першому наближенні визначаємо діаметри шпинделя у небезпечних перерізах. Для цього визначимо допустимі напруження на згин. Оберемо для шпинделя марку сталі – Сталь 35.

| Марка сталі | Межа текучості, МПа |
|--------------|---------------------|
| Сталь 35 | 270 |
| Сталь 40 | 400 |
| Сталь 45 | 540 |
| Сталь 40Х | 750 |
| Сталь 35ХМ | 790 |
| Сталь 40ХНМА | 980 |
| Сталь 25ХГНМ | 800 |

$$\sigma_T := 270 \text{ МПа}$$

$$\eta_T := 7$$

$$\sigma_D := \frac{\sigma_T}{\eta_T} \rightarrow \frac{270}{7} = 38.571$$

$$d_{A1} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{eA1}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}} \rightarrow \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 29.4}{\pi \cdot 38.571428571428569 \cdot 10^6}} = 0.02$$

$$d_{C1} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{eC1}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}} \rightarrow \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 19.6}{\pi \cdot 38.571428571428569 \cdot 10^6}} = 0.017$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

З розрахунків приймемо більше значення діаметру і вважатимемо, що діаметри шпинделя для всіх опор будуть однакові.

$$d_{A1}=0.02$$

$$d_{A1}=d_{B1}=d_{C1}=d_{D1}$$

Друге наближення:

Для того щоб визначити моменти тертя приймемо, що всі опори виконані на підшипниках ковзання.

$$f=0.1$$

$$M_{\text{тер_п2}} := 0.5 \cdot f \cdot (A_1 \cdot d_{A1} + B_1 \cdot d_{B1}) \cdot 10^{-3} \rightarrow$$

$$\rightarrow 0.5 \cdot 0.1 \cdot (134.75 \cdot 0.02 + 36.75 \cdot 0.02) \cdot 10^{-3} = 1.715 \times 10^{-4}$$

$$M_{\text{тер_х2}} := 0.5 \cdot f \cdot (C_1 \cdot d_{C1} + D_1 \cdot d_{D1}) \cdot 10^{-3} \rightarrow$$

$$\rightarrow 0.5 \cdot 0.1 \cdot (137.2 \cdot 0.02 + 39.2 \cdot 0.02) \cdot 10^{-3} = 1.764 \times 10^{-4}$$

Визначимо колове зусилля, яке викликане крутним моментом в опорі А:

$$Q_2 := \frac{M_{\text{тер_п2}}}{R} \rightarrow \frac{0.0001715}{0.1} = 1.715 \times 10^{-3}$$

Повні зусилля в підшипниках будуть дорівнювати:

$$A_2 := \left[G \cdot \frac{h_2 \cdot (l_1 + a_1)}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right] + \left(Q_2 \cdot \frac{l_1 + k}{l_1} \right) \rightarrow$$

$$\rightarrow 196 \cdot \frac{0.514 \cdot (0.8 + 0.3)}{0.8 \cdot (0.514 + 0.514)} + 0.001715 \cdot \frac{0.8 + 0.9}{0.8} = 134.754$$

$$B_2 := \left[G \cdot \frac{h_2 \cdot a_1}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right] + \left(Q_2 \cdot \frac{k}{l_1} \right) \rightarrow$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|---------------------|------|
| | | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

$$d_{A1}=20$$

$$d_{A1}=d_{B1}=d_{C1}=d_{D1}$$

Для того, щоб визначити загальний крутний момент приводу потрібно розрахувати значення моментів тертя у приводній та холостій бабках з урахуванням обраних значень діаметрів шпинделя.

$$M_{\text{тер}_\Pi} := 0.5 \cdot f \cdot (A_2 \cdot d_A + B_2 \cdot d_B) \cdot 10^{-3} \rightarrow$$

$$\rightarrow 0.5 \cdot 0.1 \cdot (134.753644375 \cdot 20 + 36.751929375 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 0.172$$

$$M_{\text{тер}_X} := 0.5 \cdot f \cdot (C_2 \cdot d_C + D_2 \cdot d_D) \cdot 10^{-3} \rightarrow$$

$$\rightarrow 0.5 \cdot 0.1 \cdot (137.2 \cdot 20 + 39.2 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 0.176$$

Сумарний крутний момент, який треба подолати приводному механізму, дорівнюватиме сумі вантажного моменту на планшайбі та моментів тертя в приводній та холостій бабках:

$$M_{\text{кр}} = M_{\text{вант}} + M_{\text{тер}}$$

$$M_{\text{кр}} := G \cdot e + M_{\text{тер}_\Pi} + M_{\text{тер}_X} \rightarrow$$

$$\rightarrow 196 \cdot 0.1 + 0.17150557375000003 + 0.1764 = 19.948$$

Потужність приводного двигуна визначимо, обравши частоту обертання планшайби на маршовій швидкості:

$$n=0.1$$

$$N := \frac{M_{\text{кр}} \cdot 2\pi \cdot n}{\eta_{\text{пр}}} \rightarrow \frac{19.947905573750003 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.1}{0.71249999999999991} = 17.591$$

$$N=17.591 \text{ Вт}$$

З ряду серійно випущених двигунів обираємо найближчий з урахуванням частоти обертання валу двигуна.

Отож, оберемо двигун «АИР50В2» потужністю 0.12 кВт.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Зварювальне обладнання HWR 2502,78.H і 3152,108.H [19] - це технологічні рішення, розроблені для ефективного та масового виробництва металевих резервуарів і обертових виробів діаметром до 1500 мм. Під час проектування цього обладнання основний акцент був зроблений на високу продуктивність у важких режимах та надійність його роботи.

Управління цим обладнанням відбувається за допомогою блока управління RCS06, який має точний і зрозумілий інтерфейс для всіх програмованих функцій і підвищує загальний рівень продуктивності. Каркас використовує двотаврові профілі для забезпечення міцності в різних умовах з допустимими навантаженнями.

Пересувна частина виготовлена з міцної сталі, що дозволяє розміщати блок подачі дроту з держателем пальника для TIG або MIG. Зварювальні деталі легко складаються з обох боків за допомогою виличного навантажувача або крана.

Шпинделі мають прохідний отвір діаметром 78-108 мм і обладнані стандартними 250, 350 мм затискними патронами. Задня бабка з точними напрямними встановлена в пересувній стійці і притискання забезпечується пневмоциліндром з зусиллям 12 кН.

Привід держателя зварювального пальника забезпечується зубчастим ременем і планетарним редуктором, що гарантує високу точність переміщення. Система також може розширюватися програмними модулями "Pendel" та "Спіраль" для вирішення різних технологічних задач, таких як коливання та зварювання по спіралі.

Загальна концепція агрегата призначена для високонавантажених промислових застосувань, надаючи гнучкість для зварювання різноманітних кільцевих швів.

Панель керування R06 має ряд базових функцій:

1. **Автоматичний режим:** управління установкою в усіх аспектах робочого циклу, включаючи точне обертання, рухи зварювального пальника, видалення готового продукту і налаштування завантаження/вивантаження заготовок.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ

2. **Ручний режим зварювання:** оператор може безпосередньо керувати усіма функціями установки з контролера, ідеальний для позиціонерів та зварювання деталей із новими параметрами.

3. **Режим зварювання:** дозволяє оператору перевірити програму перед зварюванням, з вимкненим джерелом зварювання.

4. **Технологія та обертання шпинделя:** автоматично встановлює правильну швидкість обертання на основі введених оператором параметрів.

5. **Функції переміщення:** керує пневматичними та електричними приводами, контролюючи позицію зварювального пальника та задньої бабки.

6. **Управління зварювальним джерелом:** підтримує обмін даними з джерелом зварювання, викликає збережені програми зварювання та дозволяє записувати нові програми.

7. **Функція коливання пальника:** математичний алгоритм для точного переміщення зварювального пальника по траєкторії обертання.

8. **Вісь X:** контролює поздовжній рух зварювального пальника, синхронізований із зовнішнім обертанням.

9. **Функція піддуву газу:** точний контроль кількості газу для захисту кореня шва.

10. **Подача дроту:** оснащений цифровим управлінням для синхронізації з модулем управління для точної подачі дроту, особливо для TIG або плазмового зварювання.

Панель також має розділи для програмування, де користувач може вводити та зберігати програми зварювання, що забезпечує гнучкість та ефективність управління.

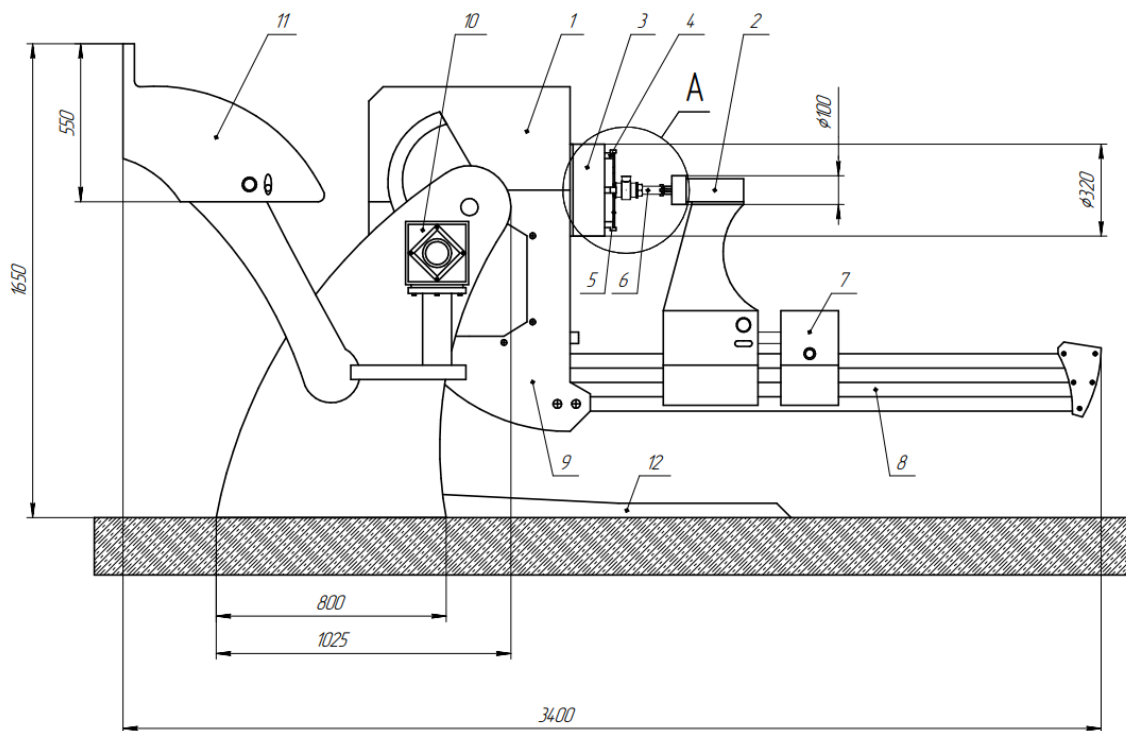
Оснащення для виконання зварного з'єднання № 5

Для проведення складально-зварювальних робіт зварного з'єднання №5 було обрано автоматичну установку для зварювання тіл обертання EWR HUNTER 1050.108.TM HST creative (рис. 2.7) [20].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 52 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



a)



б)

Рисунок 2.7 - Установка EWR HUNTER 1050.108.TM HST creative

Розрахунок:

Призначаємо числові значення геометричних параметрів кантувача:

Маса виробу: $m=15$ кг; або $G=9.8*m=9.8*15=147$ Н;

$k=0.9$ м;

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

ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ

Арк.

53

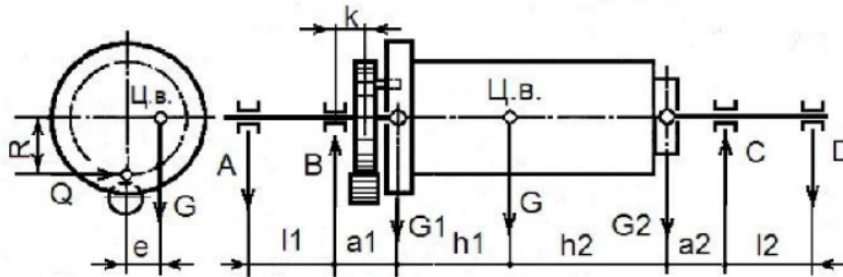
$R=0.13$ м;

$e=0.1$ м;

$l_1=0.78$ м; $l_2=0.33$ м;

$a_1=0.3$ м; $a_2=0.2$ м;

$h_1=0.9$ м; $h_2=0.9$ м.



| Найменування | Значення ККД для передачі | |
|---|--|---|
| | закритої | відкритої |
| 1. Зубчаста передача: циліндрична- конічна- косозуба- | 0,96...0,98 0,95...0,97 0,85...0,92 | 0,93...0,95 0,92...0,94 - |
| 2. Черв'ячна передача: однозаходна - двозаходна - трьохзаходна - чотирьохзаходна - гіперболоїдна - | 0,70...0,80 0,75...0,85 0,82...0,90 0,87...0,92 0,85 | - - - - - |
| 3. Пасова передача: з плоским пасом з клиновим пасом з зубчастим пасом | - - - | 0,96...0,97 0,95...0,96 0,94...0,95 |
| 4. Ланцюгова передача: втуково-роликівна з зубчастим ланцюгом | - - | 0,94...0,96 0,96...0,97 |

$\eta_1=0.95$; $\eta_2=0.75$;

$$\eta_{пр} = \eta_1 * \eta_2 = 0.95 * 0.75 = 0.712$$

$$G_2 = G * \frac{h_1}{h_1 + h_2} = 147 * \frac{0.9}{0.9 + 0.9} = 73.5 \text{ Н}$$

$$G_2 = G * \frac{h_2}{h_1 + h_2} = 147 * \frac{0.9}{0.9 + 0.9} = 73.5 \text{ Н}$$

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

ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ

Арк.

54

Перше наближення:

$$M_{\text{тер}_\text{п1}}=0; M_{\text{тер}_\text{х2}}=0;$$

$$Q = \frac{M_{\text{кр}}}{R}$$

$$Q_1 = \frac{M_{\text{тер}_\text{п1}}}{R} = \frac{0}{0.13} = 0$$

Знайдемо повні зусилля в підшипниках:

$$A_1 := \sqrt{\left[G \cdot \frac{h_2 \cdot (l_1 + a_1)}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right]^2 + \left(Q_1 \cdot \frac{l_1 + k}{l_1} \right)^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{\left[147 \cdot \frac{0.9 \cdot (0.78 + 0.3)}{0.78 \cdot (0.9 + 0.9)} \right]^2 + \left(0 \cdot \frac{0.78 + 0.9}{0.78} \right)^2} = 101.769$$

$$B_1 := \sqrt{\left[G \cdot \frac{h_2 \cdot a_1}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right]^2 + \left(Q_1 \cdot \frac{k}{l_1} \right)^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sqrt{\left[147 \cdot \frac{0.9 \cdot 0.3}{0.78 \cdot (0.9 + 0.9)} \right]^2 + \left(0 \cdot \frac{0.9}{0.78} \right)^2} = 28.269$$

$$C_1 := G \cdot \frac{h_1 \cdot (l_2 + a_2)}{l_2 \cdot (h_1 + h_2)} \rightarrow 196 \cdot \frac{0.514 \cdot (0.5 + 0.2)}{0.5 \cdot (0.514 + 0.514)} = 137.2$$

$$\rightarrow 147 \cdot \frac{0.9 \cdot (0.33 + 0.2)}{0.33 \cdot (0.9 + 0.9)} = 118.045$$

$$D_1 := G \cdot \frac{h_1 \cdot a_2}{l_2 \cdot (h_1 + h_2)} \rightarrow 147 \cdot \frac{0.9 \cdot 0.2}{0.33 \cdot (0.9 + 0.9)} = 44.545$$

В небезпечному перерізі А діють згинальні моменти від сил G_1 та Q .

Сумарний згинальний момент в перерізі А:

$$M_{\text{згА1}} := \sqrt{a_1^2 \cdot \left(G \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2} \right)^2 + Q_1^2 \cdot k^2} \rightarrow$$

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

$$\rightarrow \sqrt{0.3^2 \cdot \left(147 \cdot \frac{0.9}{0.9 + 0.9}\right)^2 + 0^2 \cdot 0.9^2} = 22.05$$

В небезпечному перерізі С діє згинальний момент від сили G_2 :

$$M_{згC1} := G \cdot \frac{h_1 \cdot a_2}{h_1 + h_2} \rightarrow 147 \cdot \frac{0.9 \cdot 0.2}{0.9 + 0.9} = 14.7$$

Еквівалентні моменти, що діють в небезпечних перерізах складаються зі згинальних та крутних моментів:

$$M_{eA1} := \sqrt{M_{згA1}^2 + M_{тер_п1}^2} \rightarrow \sqrt{22.05^2 + 0^2} = 22.05$$

$$M_{eC1} := \sqrt{M_{згC1}^2 + M_{тер_x1}^2} \rightarrow \sqrt{14.700000000000001^2 + 0^2} = 14.7$$

У першому наближенні визначаємо діаметри шпинделя у небезпечних перерізах. Для цього визначимо допустимі напруження на згин. Оберемо для шпинделя марку сталі – Сталь 35.

| Марка сталі | Межа текучості, МПа |
|--------------|---------------------|
| Сталь 35 | 270 |
| Сталь 40 | 400 |
| Сталь 45 | 540 |
| Сталь 40Х | 750 |
| Сталь 35ХМ | 790 |
| Сталь 40ХНМА | 980 |
| Сталь 25ХГНМ | 800 |

$$\sigma_T := 270 \text{ МПа}$$

$$\eta_T := 7$$

$$\sigma_D := \frac{\sigma_T}{\eta_T} \rightarrow \frac{270}{7} = 38.571$$

$$d_{A1} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{eA1}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}} \rightarrow \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 22.05}{\pi \cdot 38.571428571428569 \cdot 10^6}} = 0.018$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|---------------------|------|
| | | | | | | ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | 56 |

$$d_{C1} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{eC1}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}} \rightarrow \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 14.700000000000001}{\pi \cdot 38.571428571428569 \cdot 10^6}} = 0.016$$

З розрахунків прийmemo більше значення діаметру і вважатимемо, що діаметри шпинделя для всіх опор будуть однакові.

$$d_{A1} = 0.018$$

$$d_{A1} = d_{B1} = d_{C1} = d_{D1}$$

Друге наближення:

Для того щоб визначити моменти тертя прийmemo, що всі опори виконані на підшипниках ковзання.

$$f = 0.1$$

$$\begin{aligned} M_{\text{тер_п2}} &:= 0.5 \cdot f \cdot (A_1 \cdot d_{A1} + B_1 \cdot d_{B1}) \cdot 10^{-3} \rightarrow \\ &\rightarrow 0.5 \cdot 0.1 \cdot (101.76923076923077 \cdot 0.018 + 28.269230769230766 \cdot 0.018) \cdot 10^{-3} = \\ &= 1.17 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{тер_x2}} &:= 0.5 \cdot f \cdot (C_1 \cdot d_{C1} + D_1 \cdot d_{D1}) \cdot 10^{-3} \rightarrow \\ &\rightarrow 0.5 \cdot 0.1 \cdot (118.04545454545453 \cdot 0.018 + 44.545454545454547 \cdot 0.018) \cdot 10^{-3} = \\ &= 1.463 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Визначимо колове зусилля, яке викликане крутним моментом в опорі А:

$$Q_2 := \frac{M_{\text{тер_п2}}}{R} \rightarrow \frac{0.00011703461538461538}{0.13} = 9.003 \times 10^{-4}$$

Повні зусилля в підшипниках будуть дорівнювати:

$$\begin{aligned} A_2 &:= \left[G \cdot \frac{h_2 \cdot (l_1 + a_1)}{l_1 \cdot (h_1 + h_2)} \right] + \left(Q_2 \cdot \frac{l_1 + k}{l_1} \right) \rightarrow \\ &\rightarrow 147 \cdot \frac{0.9 \cdot (0.78 + 0.3)}{0.78 \cdot (0.9 + 0.9)} + 0.000900266272189349 \cdot \frac{0.78 + 0.9}{0.78} = 101.771 \end{aligned}$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|---------------------|------|
| | | | | | | ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | 57 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

$$N := \frac{M_{кр} \cdot 2\pi \cdot n}{\eta_{пр}} \rightarrow \frac{14.963369113589875 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.1}{0.71249999999999991} = 13.195$$

N=13.195 Вт

З ряду серійно випущених двигунів обираємо найближчий з урахуванням частоти обертання валу двигуна.

Отож, оберемо двигун «АІР50В2» потужністю 0.12 кВт.

EWР HUNTER [20] - це передовий зварювальний апарат нового покоління, розроблений відповідно до традицій HST та враховуючи принципи ергономіки Ні-Тесч для збереження промислової функціональності.

Конструкція лінійних направляючих EWР HUNTER включає захисне покриття, що розширює можливості використання різних методів зварювання, зокрема, зварювання MIG/MAG може застосовуватися без втрат продуктивності.

Модульна конструкція відрізняється використанням високоякісних компонентів. Зварювальний обертач з масивним шпинделем, що має прохідний отвір діаметром 108 мм, знаходиться в основі установки. Під ним розташована поздовжня опора з лінійною направляючою, яка керує рухом зварювального пальника та задньої бабки.

Шпиндель дозволяє встановлювати планшайбу діаметром 650 мм або стандартний 3-кулачковий патрон діаметром 315 мм із прохідним отвором діаметром 108 мм. Задня бабка має наскрізний отвір діаметром 28 мм зі стандартним фланцем для кріплення стандартного кулачкового патрона діаметром 125 мм.

Зручна система управління RCS06 знаходиться в окремому блоці ліворуч від оператора, надаючи оптимальні умови ергономіки.

Установка призначена для роботи в індустріальних умовах, володіє універсальністю та гарантує високоякісні результати зварювання, порівнянні зі спеціалізованими аналогами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Можливість програмування руху пальника вздовж осі X дозволяє повністю автоматизувати процес та розширює функціональність для зварювання по гвинтовій лінії, наплавлення та зварювання з коливанням пальника.

Система управління RCS06 обладнана цифровою комутацією з зварювальним джерелом. Блок управління RCS6 - це складна система, розроблена для автоматизованого зварювання та різання тіл обертання, і забезпечує високий рівень програмної функціональності.

Панель управління R06 надає широкий спектр функцій для ефективного керування зварювальною установкою. Основні функції включають:

1. **Автоматичний режим:** управління установкою у всіх аспектах, включаючи обертання, коливання, нахил і рух зварювального пальника. Можливість налаштування завантаження і видалення продукції.

2. **Ручний режим зварювання:** пряме управління всіма функціями установки з контролера. Оптимально для позиціонерів і зварювання деталей з новими параметрами.

3. **Режим зварювання:** перевірка програми перед зварюванням при вимкненому джерелі зварювання.

Основна структура включає:

1. **Технологічну настройку:** введення основних параметрів, таких як діаметр виробу, що автоматично встановлює правильну швидкість обертання.

2. **Обертання шпинделя:** широкий набір функцій, пов'язаних із забезпеченням точного обертання шпинделя, включаючи напрям, прискорення, уповільнення і кут повороту.

3. **Функції переміщення:** управління пневматичними і електричними приводами для позиціонування зварювального пальника або задньої бабки.

4. **Управління зварювальним джерелом:** підтримка обміну даними з джерелом зварювання, запуск і зупинка зварювання, запис нових програм.

5. **Колівання пальника:** точний математичний алгоритм для переміщення зварювального пальника по траєкторії обертання.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ

Притискання буде виконуватися за допомогою двох струбцин (рис. 2.9) [21], які розміщені по краях напрямної.



Рисунок 2.9 - Швидкозажимна струбцина Dewalt DWS5026

Проконтролювавши співпадіння деталей, за допомогою механізованого зварювання в захисних газах фіксуємо втулки на прихопленнях. Виконуємо механізоване зварювання в захисних газах швів №4 (табл. 1.3) довжиною по 94 мм.

Після зварювання втулок, фіксуємо обичайку на зварювальному столі за допомогою струбцин та встановлюємо дві опори, забезпечивши необхідну відстань між ними. Фіксуємо опори на обичайці за допомогою прихоплень, які виконуються механізованим зварюванням в захисних газах, з кроком 60-80 мм. Виставивши необхідні режими зварювання виконуємо механізоване зварювання в захисних газах напусткових швів №6 (табл. 1.3) довжиною по 180 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 63 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.4 Компонування установок для зварювання

Схема комплектування установки для зварювання швів № 1,2,3

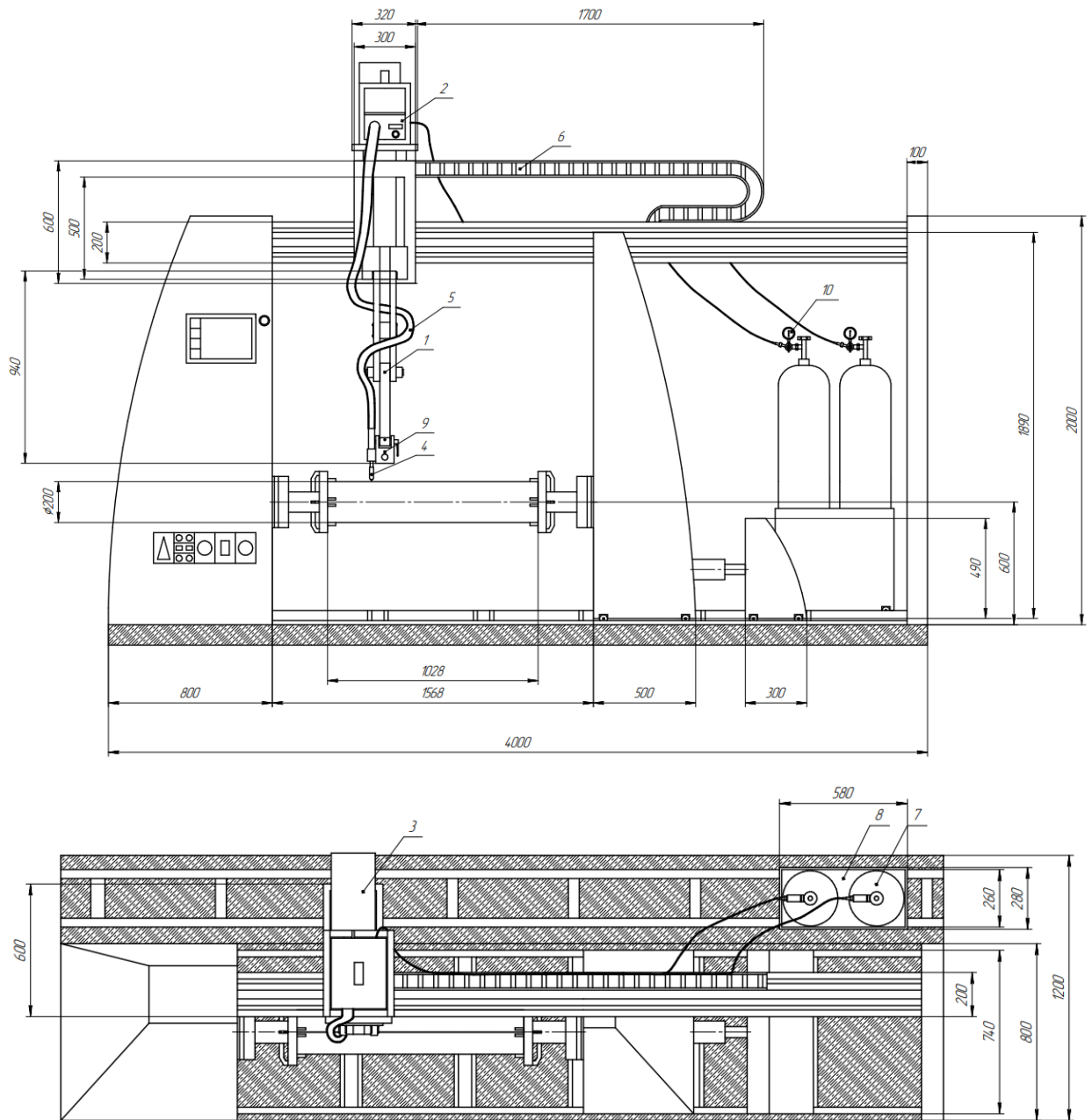


Рис. 2.10 - Установка для зварювання швів № 1,2,3

Зварювальна установка HWR LEADER 3152.108.H HST creative складається із: 1 – маніпулятор, 2 – зварювального апарату, 3 – бухти для дроту, 4 – пальника, 5 – кабелю, 6 – зубчастого ременю, 7 – балонів із захисним газом, 8 – візка, 9 – супорта, 10 – редукторів.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | | | | | |

На даній установці виконується 3 зварних шва: спочатку зварюється обичайка, потім до неї приварюється днище та фланець. Параметри режимів зварювання наведені у таблиці 1.7.

Схема компоновки установки для зварювання шву № 5

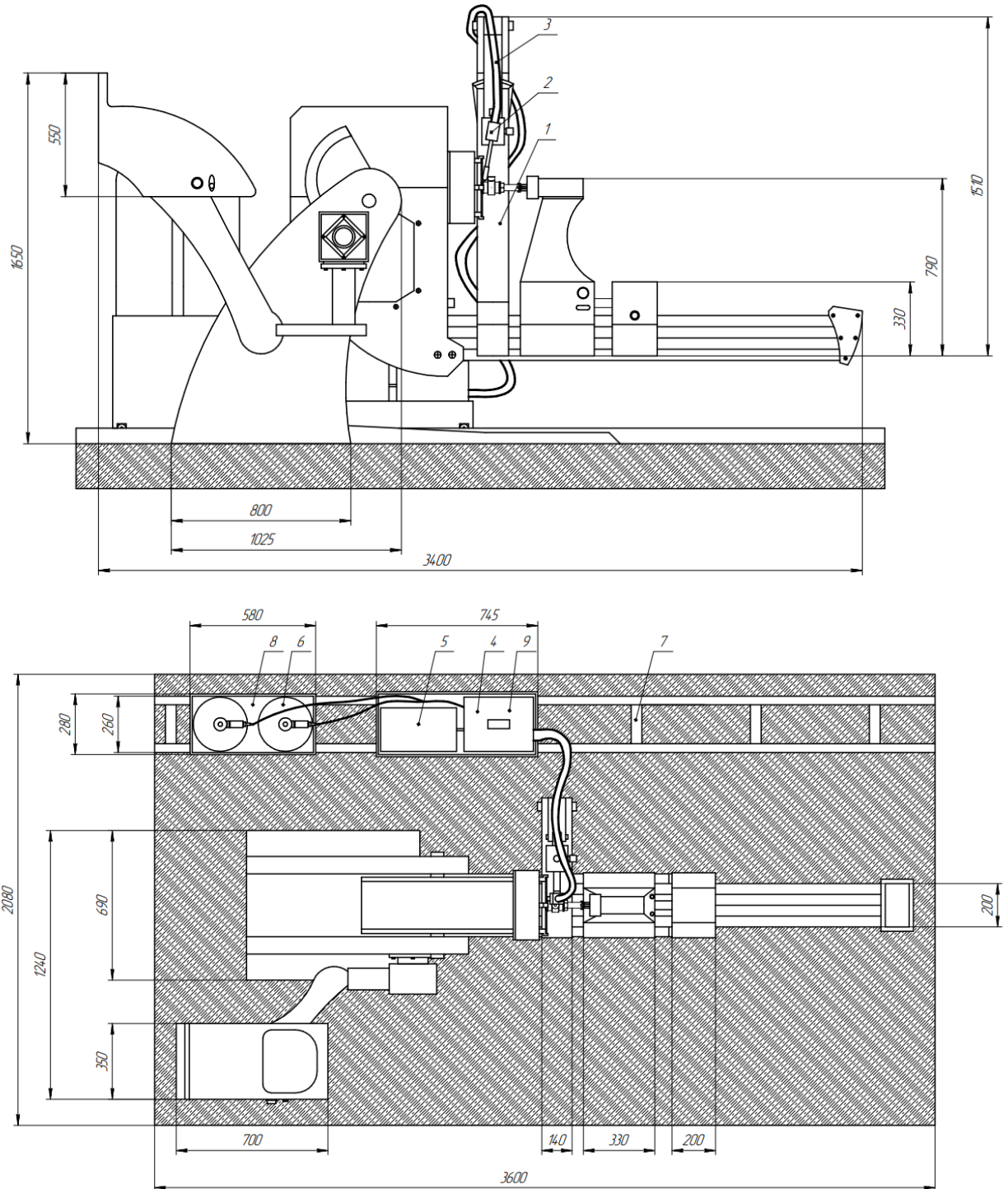


Рисунок 2.11 - Установка для зварювання шву № 5

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

ЗВ21мн.05.00.000 ПЗ

Арк.

65

Оснащення складається із: стола зварника, фіксуючої напрямної, двох струбцин, зварювального апарату, бухти з дротом, пальника, балонів із газом, джерела живлення, стаціонарного візка.

Висновок

У розділі «технологічний процес виготовлення корпусу вакуумного ресиверу» було розроблено ТУ на виготовлення, розроблений технологічний процес складання-зварювання виробу, в якому було описано послідовний хід операцій та вибрано необхідне обладнання. Також проводився обґрунтований вибір установок для зварювання та розробка схем компонування оснащення для зварювання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИРОБУ

3.1 Вхідний контроль основних та зварювальних матеріалів

Вхідний контроль - це процес перевірки якості сировини, такої як листовий метал марки AISI 321, і допоміжних матеріалів, таких як захисний газ і зварювальний дріт, які надходять на виробництво. Мета цього контролю полягає в забезпеченні високої якості виробничого процесу шляхом виявлення і усунення потенційних дефектів чи невідповідностей ще на етапі вхідних матеріалів.

Постійний аналіз якості сировини та матеріалів, що надходять, дозволяє підприємству впливати на якість продукції, співпрацюючи з постачальниками та добиваючись підвищення якості кінцевого продукту. Цей контроль здійснюється підрозділом вхідного контролю, який входить до складу служби технічного контролю підприємства.

Основні завдання вхідного контролю включають перевірку відповідності матеріалів технічним характеристикам, виявлення можливих дефектів чи пошкоджень, а також визначення, чи відповідає якість отриманих матеріалів встановленим стандартам і вимогам. Цей процес є важливою ланкою в системі забезпечення якості на підприємстві.

Вхідний контроль проводиться в спеціальному приміщенні, обладнаному необхідним контрольним обладнанням, випробувальними засобами та офісною технікою, що відповідає вимогам безпеки праці. Це приміщення спроектоване таким чином, щоб забезпечити ефективну та безпечну робочу обстановку для персоналу, який виконує вхідний контроль.

Обладнання для контролю може включати в себе різноманітні прилади, вимірювальні засоби, випробувальні стенди та інші засоби для визначення властивостей та якості вхідних матеріалів. Оргтехніка, така як комп'ютери, принтери і сканери, може використовуватися для обробки та документування результатів контролю.

Забезпечення дотримання вимог охорони праці включає в себе правильне освітлення, вентиляцію та відсутність небезпечних речовин у приміщенні.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 68 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Персонал, який здійснює вхідний контроль, повинен мати необхідні засоби індивідуального захисту, які відповідають характеру виконуваної роботи.

Процедура вхідного контролю зварювальних матеріалів включає наступні етапи для кожного з елементів: сировина (листовий метал марки AISI 321), зварювальний дріт ER308-LSi та захисний газ (МІКС-4 Ar 98% + CO2 2%):

1. Сировина (листовий метал марки AISI 321):

- Перевірка відповідності хімічного складу, механічних та фізичних властивостей вимогам, встановленим у технічній документації.
- Виявлення дефектів, таких як нерівномірний розподіл домішок (сірки, фосфору), наявність пор, розшарувань і тріщин.

2. Зварювальний дріт ER308-LSi:

- Перевірка відповідності хімічного складу, механічних та фізичних властивостей вимогам, вказаним у технічній документації.
- Очищення поверхні дроту від небажаних забруднень за допомогою хімічного (занурення дроту у ванну з розчином соляної кислоти (HCl) або сульфатної кислоти (H2SO4) з водним перекисом (H2O2)) або термічного (нагрів зварювального дроту до 300-400 °C дозволяє очистити поверхню дроту від забруднень) методу.
- Візуальна перевірка наявності розшарувань та задирів на поверхні дроту.
- Виконання дослідного зварювання контрольних зразків для перевірки відповідності нормативним вимогам.

3. Захисний газ (МІКС-4 Ar 98% + CO2 2%):

- Відповідність суміші зварювальних газів за ДСТУ ISO 14175:2014.
- Перевірка наявності шкідливих домішок та вологості.

Ці етапи вхідного контролю забезпечують високу якість використовуваних зварювальних матеріалів та сприяють виробництву високоякісних зварювальних з'єднань.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ

3.2 Візуальний контроль

Процедура візуального контролю зварних з'єднань відповідає стандарту ДСТУ 13018:2017 [22] і включає наступні кроки:

1. Підготовка поверхні:

- Очищення поверхні металу від іржі, бруду, шлаку, бризок розплавленого металу, масла, фарби та інших забруднень.
- Зона зачистки повинна мати розмір більше 20 мм ззовні та більше 10 мм у внутрішній стороні.
- Використання металевих щіток, напильника та абразивного кола для досягнення шорсткості Ra 12,5 (Rz 80).

2. Візуальний контроль:

- Візуальний контроль проводиться неозброєним оком та за допомогою лупи з зовнішньої та внутрішньої сторін.
- Перевірка форми та розміру виробів, кутових та лінійних величин, деталей, складальних одиниць.
- Виявлення дефектів зварних з'єднань.

3. Метрологічна перевірка обладнання:

- Обладнання, використовуване для проведення контролю форми та розміру виробів, кутових та лінійних величин, деталей, складальних одиниць, а також для виявлення дефектів, повинно бути перевірено та метрологічно атестовано.

Візуальний контроль забезпечує високу якість зварних з'єднань шляхом систематичної перевірки їхньої форми, розміру та виявлення потенційних дефектів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.3 Гідравлічний контроль

Гідравлічний контроль якості зварного виробу - це неруйнівний метод контролю, який використовує тиск рідини для виявлення дефектів та оцінки якості зварних швів.

Принцип гідравлічного контролю полягає в тому, що рідина, що знаходиться під тиском, проникає через дефекти в зварювальному шві. Цей процес можна виявити візуально або за допомогою спеціальних приладів.

Основні етапи гідравлічного контролю такі:

- Підготовка виробу - очищення поверхні виробу від забруднень та інших речовин, які можуть перешкодити поширенню рідини.
- Заповнення виробу рідиною - заповнення виробу рідиною, яка не взаємодіє з матеріалом зварювання.
- Застосування тиску - створення тиску в рідині за допомогою насоса або іншого обладнання.
- Виявлення дефектів - виявлення дефектів шляхом візуального спостереження або за допомогою спеціальних приладів.
- Оцінка результатів - оцінка результатів контролю на відповідність встановленим стандартам.

Гідравлічний контроль широко застосовується для контролю зварних швів у трубопроводах, резервуарах, котлах та інших виробках, які піддаються високим тискам.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.4 Ультразвуковий контроль

Ультразвуковий контроль (УЗК) - це неруйнівний метод контролю, який використовує ультразвукові хвилі для виявлення дефектів та оцінки якості матеріалів. Ультразвук - це механічні хвилі з частотою понад 20 кГц, які не сприймаються людським слухом.

Принцип ультразвукового контролю полягає в тому, що ультразвукові хвилі, що поширюються в матеріалі, відбиваються від дефектів і повертаються до детектора. Датчик перетворює ультразвукові хвилі в електричні сигнали, які потім аналізуються для визначення розташування, розмірів і типу дефекту.

Основні етапи ультразвукового контролю такі:

- Підготовка поверхні - очищення поверхні від забруднень, іржі та інших речовин, які можуть перешкодити поширенню ультразвукових хвиль.
- Генерація ультразвуку - створення ультразвукових хвиль за допомогою генератора.
- Проникнення у матеріал - поширення ультразвукових хвиль у матеріалі.
- Відбивання та отримання сигналу - відбиття ультразвукових хвиль від дефектів і їх реєстрація детектором.
- Аналіз сигналу - обробка та аналіз сигналів з детектора для визначення характеристик дефектів.
- Оцінка якості матеріалу - оцінка якості матеріалу на основі аналізу отриманих сигналів.

Ультразвуковий контроль широко застосовується для контролю зварних швів, трубопроводів, резервуарів, а також інших виробів, які піддаються напруженням.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 72 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.5 Капілярна дефектоскопія

Капілярний контроль - це неруйнівний метод виявлення тріщин та інших дефектів на поверхні з'єднань. Особливо ефективний він у виявленні мікроскопічних тріщин, які можуть виникнути внаслідок напружень або дефектів зварювання.

Процедура капілярного контролю включає такі етапи:

- Підготовка поверхні - очищення її від забруднень, іржі, бруду та інших речовин, які можуть перешкодити виявленню дефектів.
- Нанесення пенетранту - спеціальної рідини, яка проникає в тріщини та дефекти.
- Час проникнення - період, протягом якого пенетрант проникає в дефекти.
- Видалення зайвого пенетранту - зняття його з поверхні.
- Нанесення розробника - порошку, який вбирає залишки пенетранту і виділяє місця дефектів.
- Оцінка результатів - візуальне або інше дослідження поверхні для виявлення дефектів.

Капілярний контроль широко застосовується для контролю зварних швів, трубопроводів, резервуарів, а також інших виробів, які піддаються напруженням.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 73 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4. ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАНУ ДІЛЬНИЦІ ЦЕХУ

Визначення типу виробництва виходячи з номенклатури виробів що випускаються

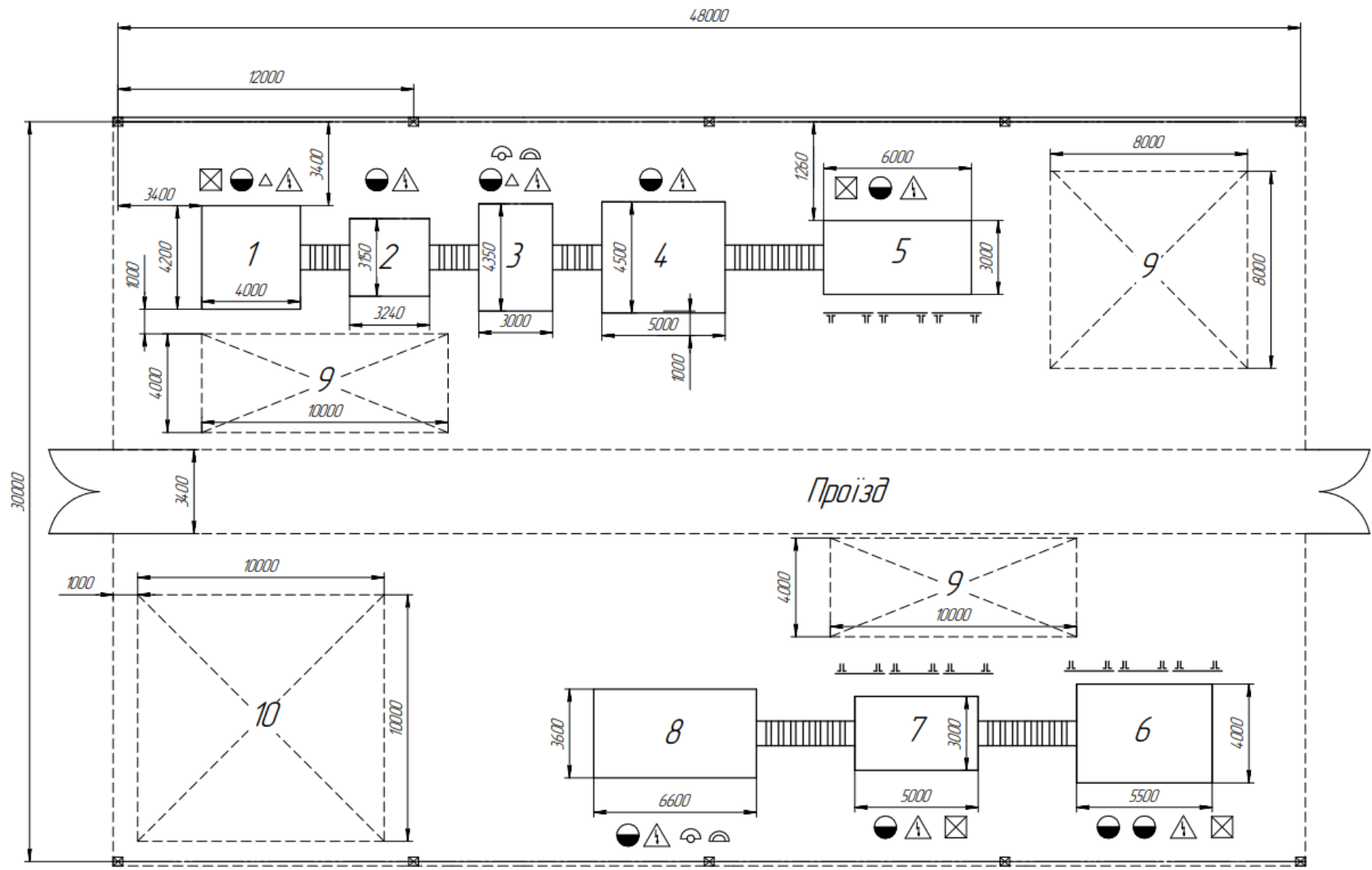
Розглянуто товщину та габарити металевого виробу, його маса приблизно 20 кг. Прогнозований річний випуск складатиме 1000 одиниць. Отже, річна маса випуску складатиме 20,000 кг (20 т). З урахуванням маси одного виробу та річного обсягу випуску можна визначити, що виріб буде виготовлятися в умовах дрібносерійного виробництва [23].

Плакат №8 демонструє план дільниці складання-зварювання, який ідеально відповідає всім вимогам виробництва та сприяє максимальній ефективності використання устаткування, а також забезпечує заощадження енергетичних ресурсів та витратних матеріалів. Розмір плану виробничої площі відповідає стандартному масштабу 1:100. На плані наведено мережу кроків колон будівлі цеху, де розташований виробничий складально-зварювальний підрозділ. Крок колон нормалізований і встановлений на рівні 12 метрів, що сприяє оптимальному розміщенню виробничих цехів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 74 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| ЭМН. | Арк. | № докум. | Листов | Дата |
| | | | | |

ЭБ21мн.05.00.000 ПЗ



5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Стартап – це недавно утворена компанія, можливо, ще не офіційно зареєстрована, але планує офіційно зареєструватися, яка розвиває свій бізнес, базуючись на інноваціях чи інноваційних технологіях. Ця компанія ще не вийшла на ринок або тільки почала процес виходу, маючи обмежені ресурси. Часто такі компанії називають "гаражними" стартапами.

Термін "стартап" особливо часто використовується для опису інтернет-компаній та інших фірм, що працюють в галузі ІТ, але він також застосовується до інших галузей діяльності.

Інновації, на яких базується діяльність стартапів, можуть бути глобальними (новаторськими на світовому рівні) чи локальними (інноваціями в окремій країні, але не новаторськими в інших країнах).

Проте створення та впровадження на ринок стартап-проектів пов'язане з підвищеним ризиком, а лише невелика частина з них досягає ринкового успіху, що становить від 10% до 20% залежно від оцінок. Сама ідея стартап-проекту є майже нічого не вартуючою; головним завданням керівника проекту на початковому етапі є перетворення ідеї в працюючу бізнес-модель, що розпочинається з формування концепції продукту чи послуги для конкретної цільової групи в умовах ринку.

Ключові принципи стартапу:

- Швидкість:** Стрімке рухання вперед та оперативна реакція на зміни для максимізації ефективності та конкурентоспроможності.
- Невелика кількість засновників:** Обмежена кількість основних учасників для полегшення прийняття рішень та спрощення комунікації.

| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | | | |
|-----------|------|------------------|--------|------|--|---|------|---------|
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Сапа А.А. | | | Технологія складання-зварювання вакуумного ресиверу | Лит. | Арк. | Архувів |
| Перевір. | | Глущенко Я.І. | | | | | | |
| Н. контр. | | Лисак В.В. | | | | <i>КПІ ім. І. Сікорського</i> <i>НН ІМЗ ім. Є.О.Патона</i> | | |
| Затверд. | | Квасницький В.В. | | | | | | |
| | | | | | | | | |

3. **Джерела фінансування:** Активне залучення фінансування через різноманітні джерела, такі як інвестори, акціонери, венчурні фонди.
4. **Глобальний погляд:** Орієнтація на глобальні ринки та можливість впровадження інновацій у різних частинах світу.
5. **Зріст:** Спрямованість на постійний розвиток та розширення бізнесу для досягнення нових висот.
6. **Обмеження:** Ефективне управління ресурсами та фокус на обмежених завданнях для досягнення конкретних цілей.
7. **Новизна:** Вдосконалення чи створення чогось нового та унікального на ринку.
8. **Вирішення проблем:** Зосередженість на вирішенні конкретних проблем або задач, які стикаються з масовим споживачем чи бізнесами.
9. **Зареєстрований бізнес:** Юридична легальність та реєстрація бізнесу для забезпечення законності та правового захисту.
10. **Командна культура:** Створення сприятливого робочого середовища, підтримка командної співпраці та розвиток спільної культури.
11. **Невизначеність:** Готовність до змін та адаптація до невизначеності ринкових умов та технологічного прогресу.

Етапи розроблення стартап-проекту

Маркетинговий аналіз стартап-проекту передбачає наступні кроки:

1. **Опис ідеї проекту:** Ретельно розробляється опис самої ідеї проекту, включаючи загальні напрями використання потенційного товару чи послуги. Також визначається їх відмінність від конкурентів на ринку.
2. **Аналіз ринкових можливостей:** проводиться детальний аналіз ринкових можливостей щодо реалізації проекту, враховуючи попит, конкуренцію та інші фактори.
3. **Стратегія ринкового впровадження:** на основі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту, включаючи маркетингові та рекламні аспекти.

Організація стартап-проекту включає наступні етапи:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | <i>ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 77 |

1. **Календарний план-графік:** Створюється докладний календарний план-графік реалізації стартап-проекту, визначаючи кроки та строки виконання.
2. **Розрахунок потреб в ресурсах:** Розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах, визначаються обсяги виробництва та необхідні матеріальні ресурси.
3. **Плановий обсяг виробництва:** Визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формулюється потреба у матеріальних ресурсах та персоналі.
4. **Розрахунок витрат:** Розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту включають такі кроки:

1. **Інвестиційні витрати:** Визначається обсяг інвестиційних витрат, необхідних для реалізації проекту.
2. **Фінансово-економічні показники проекту:** Розраховуються основні фінансово-економічні показники, такі як обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток. Також визначаються показники інвестиційної привабливості, такі як запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту.
3. **Оцінка ризиків проекту:** Визначається рівень ризикованості проекту, ідентифікуються основні ризики та розробляються стратегії для їх запобігання та управління.

На етапі заходів з комерціалізації проекту проводяться такі дії:

1. **Цільова група інвесторів:** Визначається цільова група інвесторів, описуються їх ділові інтереси та вимоги.
2. **Інвест-пропозиція (оферта):** Створюється стисла інвест-пропозиція, що містить основні характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвесторів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 78 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | |

Продовження таблиці 5.2

| | | | | | | |
|---|--|----------------------------|-----------------------------------|--|---|---|
| 2 | Робота відповідно до європейських нормативних документів CEN / CENELEC | Впроваджені на всіх етапах | Впроваджені лише на деяких етапах | | | + |
| 3 | Рівень автоматизації виробництва | Понад 75% | 25-50 % | | + | |

5.2 Технологічний аудит проекту.

Технологія виготовлення корпусу ресиверу передбачає поділення процесу складання-зварювання на послідовні та паралельні етапи. Виробництво та обробка проходить на обладнанні, яке було знайдене та підібране для даного виробу.

Існують стандартні варіанти таких технологій, але на мою думку можна завжди щось розвивати та доопрацьовувати. Деяке обладнання було легко модифіковано для підвищення продуктивності виробництва корпусів ресиверів.

З точки зору доступності, ці технології можна придбати та успішно впровадити у виробництво.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту [24]

| № | Ідея проекту | Технології реалізації | Наявність технології | Доступність технології |
|----|---------------------------------------|---|----------------------|------------------------|
| 1 | Швидке збирання з'єднань | Установки з пневматичним притисканням | Наявна | Доступна |
| 2 | Використання універсального оснащення | Обладнання розроблене для виконання повного спектру завдань, включаючи складання, зварювання, налаштування та переміщення виробу та вузлів. | Наявна | Доступна |
| 3. | Напрямна для адапторів | Спеціальне обладнання для швидкого складання деталей. | Розробити | Доступна |

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.

Аналіз ринкових можливостей, доступних для використання під час ринкового впровадження проекту, а також ідентифікація ринкових загроз, які можуть ускладнити реалізацію проекту, дозволяють зорієнтувати напрями розвитку проекту, враховуючи стан ринкового середовища, потреби потенційних клієнтів та конкурентні пропозиції.

Таблиця 5.6. - Фактори загроз [24]

| № | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція |
|----|----------------------------|--|---|
| 1 | Перебої у поставках | Під час транспортування та виготовлення вузлів або деталей конструкції можуть виникнути непередбачені обставини, які призводять до затримок у процесі виробництва. | У випадку багато партійної продукції важливо мати достатній запас сировини, який дозволить уникнути затримок у виробництві. Для мало партійної продукції слід враховувати можливість підвищення цін на виготовлення або зміну строків завершення виробництва. Ці умови повинні бути чітко визначені і захищені в рамках контракту між покупцем та постачальником. |
| 2 | Законодавчий | Зміна стандартів якості перевезення різної продукції може суттєво впливати на технологічний процес виготовлення транспортних ємностей. Це може вимагати адаптації та модифікації виробничих процесів для відповідності новим стандартам. | Впровадження більш жорстких норм контролю якості виробництва та здійснення контролю за стандартами. |
| 3 | Зниження платоспроможності | Замовник не виконує оплату за виконану роботу | Введення системи передплати |
| 4 | Брак продукції | Контроль якості готового виробу є критичним етапом у виробничому процесі та визначається численними технологічними факторами. | Підвищений рівень контролю якості на всіх етапах виробництва є ключовим завданням для забезпечення високої якості виробів. |
| 5. | Фактор «військового стану» | Шанс пошкодження виробництва, загроза здоров'ю працівників. | Не нехтувати сигналами повітряної тривоги, йти до укриття. |

Таблиця 5.9. – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером [24]

| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари-замінники |
|------------------|---------------------------|---|-------------------------------|--|------------------------------|
| | | Енергопак, KMS | Популярність марки | Якісні матеріали | Доступні ціни, якісний товар |
| Висновки: | Середня конкурентність | Є можливість входу в ринок; конкурентність не висока. | Постачальник не диктує умови. | Клієнтам потрібен якісний товар за доступними цінами | Немає обмежень. |

Проаналізувавши таблицю 5.9 можна зробити наступний висновок: конкуренція на ринку є, але вона посередня. З сильних сторін нашої продукції можна зазначити високу якість товару за доступною ціною. Отже, у нас є всі можливості для виходу на ринок.

Таблиця 5.10. - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності [24].

| № | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим) |
|---|-------------------------------|--|
| 1 | Продуктивність | <p>Автоматичне устаткування працює в безперервному режимі складання та зварювання, а не повністю автоматичне обладнання має підвищений рівень механізації, що сприяє ефективності процесів виробництва.</p> <p>Важливим аспектом є те, що це обладнання також відповідає високим стандартам безпеки праці, що гарантує захист працівників під час його експлуатації.</p> |
| 2 | Висока якість | <p>Важливим аспектом виробництва готової продукції є висока якість зварювальних одиниць. Це визначальний фактор, оскільки специфіка роботи передбачає дотримання високих стандартів якості з метою уникнення техногенних аварій та виробничого браку, який може вплинути на якість та безпеку транспортованої продукції.</p> |
| 3 | Універсальність | <p>Обладнання розроблене таким чином, що забезпечує процеси складання та зварювання подібних конструкцій без необхідності витрат на переобладнання виробництва.</p> |

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

Продовження таблиці 5.12

| Можливості: | Загрози: |
|---|---|
| <p>Забезпечення високої якості продукції;</p> <p>Повністю автоматизувати виробництво.</p> | <p>Проблеми з поставками матеріалів;</p> <p>Зниження платоспроможності замовників;</p> <p>Брак продукції;</p> <p>Законодавчий фактор;</p> <p>Військовий стан.</p> |

5.4 Розроблення ринкової стратегії.

Створення ринкової стратегії розпочинається визначенням стратегії охоплення ринку, що включає у себе опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.13. - Вибір цільових груп потенційних споживачів [24].

| № | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|---|--|---|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Електроенергетика | Помірна готовність | Високий попит | Висока конкуренція | Легко |
| 2 | Хімічна промисловість | Висока готовність | Достатній попит | Висока конкуренція | Помірно |
| 3 | Харчова промисловість | Висока готовність | Високий попит | Висока конкуренція | Легко |
| 4 | Гірничодобування промисловість | Помірна готовність | Достатній попит | Висока конкуренція | Помірно |

На основі аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обирають цільові групи, для яких розробляється окремий продукт або послуга. Залежно від стратегії охоплення ринку компанія може вибрати:

- **Концентрований маркетинг:** Фокусування на одному сегменті ринку, пропонуючи продукт або послугу, яка відповідає унікальним потребам цього сегменту.

- **Диференційований маркетинг:** Розробка окремих програм маркетингу для кількох сегментів ринку. Компанія створює різні пропозиції для різних груп споживачів.
- **Масовий маркетинг:** Робота з усім ринком, пропонуючи стандартизовану програму, яка може бути привабливою для широкої аудиторії.

Вибір конкретної стратегії залежить від характеристик продукту, особливостей цільового ринку та бізнес-моделі компанії.

Основними сегментами буде обрано електроенергетика та харчову промисловість так як у порівнянні з іншими ці галузі мають сприятливіші умови для проекту. Буде обрана стратегія диференційованого маркетингу.

Визначення базової стратегії розвитку.

Стратегія диференціації включає надання товару унікальних властивостей, які роблять його відмінним від конкурентів, що є важливим для споживачів. Ці відмінності можуть бути об'єктивними чи суб'єктивними, відчутними або невідчутними, і вони враховуються в комплексі маркетингу. Ключовим інструментом для реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування.

За Ж. Ж. Ламбеном - переваги стратегії диференціації включають зниження замінності товару в порівнянні з конкурентами, збільшення лояльності клієнтів, зменшення впливу цінових факторів та підвищення рентабельності. Клієнтська лояльність допомагає зменшити тиск на компанію від сторони конкурентів та утруднює вхід нових гравців на ринок. Вища рентабельність сприяє стійкості до можливого зростання витрат внаслідок дій сильних постачальників, а також захищає компанію від товарів-замінників завдяки відмітним характеристикам та клієнтській прихильності.

Втілення стратегії диференціації, як правило, вимагає значних витрат. Однак успішна диференціація дозволяє досягти більшої рентабельності завдяки готовності ринку прийняти вищі ціни за унікальні характеристики продукту. У конкурентній боротьбі з використанням цієї стратегії перевага зазвичай на боці компаній, які можуть швидко реагувати на зміни в попиті, ефективно взаємодіяти з цільовими ринками та володіють навичками в області брендингу.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|---------------------|------|
| | | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | 91 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

Стратегії конкурентної поведінки.

При виборі стратегії зайняття конкурентної ніші (інакше відомої як стратегія фахівця або нішера), компанія визначає один або кілька ринкових сегментів як цільовий ринок. Основна особливість полягає в тому, що ці сегменти/сегмент досить невеликі за розміром. Ця конкурентна стратегія виникає як наслідок використання базової стратегії концентрації.

Щоб ніша була привабливою для компанії, вона повинна відповідати кільком умовам:

- бути достатньо прибутковою, щоб обґрунтувати виробництво та обслуговування;
- залишатися стабільною на тривалий період;
- мати ефективний захист та високі вхідні бар'єри;
- бути мало привабливою для конкурентів;
- відповідати цілям і ресурсам компанії, а також її унікальним можливостям.

Основне завдання для компаній, які обирають стратегію нішера або фахівця, - це постійна увага до підтримки та розвитку своєї конкурентної переваги, формування лояльності та прихильності споживачів, а також утримання вхідних бар'єрів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 92 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Продовження таблиці 5.15

| | Властивості / характеристики | М/Нм | Вр/Тх /Тл/Е/Ор | |
|-------------------------------------|--|-----------|----------------|--|
| 2.Товар у реальному виконанні | 1. Матеріал - сталь AISI 321 | не відомо | не відомо | |
| | 2.Вага 20 кг | | | |
| | 3.Габарити 1268x310x462 мм. | | | |
| | Якість: Запровадженні стандарти якості ISO під час виготовлення та контроль якості складання-зварювання зварних швів готової продукції | | | |
| | Пакування: коробка для транспортування | | | |
| | Марка: відсутня | | | |
| 3.Товар із підкріпленням | До продажу: пакування, доставка | | | |
| | Після продажу: обслуговування, сервісний ремонт | | | |

Після створення маркетингової моделі продукту особлива увага повинна бути приділена тому, чим саме проект буде захищений від можливого копіювання. Захист може бути забезпечений шляхом захисту ідеї продукту (включаючи інтелектуальну власність), використання ноу-хау або комплексного поєднання властивостей і характеристик, вбудованих на другому та третьому рівнях продукту.

Наступним етапом є визначення цінових рамок, які слід враховувати при встановленні ціни на потенційний товар (окончаткове визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту). Цей процес включає аналіз цін на аналогічні або замінні товари, а також оцінку рівня доходів цільової аудиторії споживачів.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 94 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

ВИСНОВОК

Цей розділ був присвячений впровадженню складальних і зварювальних технологій у комерційній сфері. Аналізуючи показники готової продукції та виробництва, можна побачити, що теоретична вимога до рентабельності та продукції висока. Конкуренція присутня на ринку, проте продукт конкурентоспроможний завдяки своїм унікальним виробничим характеристикам. Проект вимагає фінансової та технологічної підтримки, але при вдалому виконанні всіх умов виробництва та ефективній рекламі або привабленні інвесторів може стати джерелом значного прибутку на постійній основі у майбутньому.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 96 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мета цього розділу полягає в розробці заходів безпеки для зменшення негативного впливу та підвищення безпеки під час зварювання корпусу ресиверу зі сталі AISI 321 за стандартом ДСТУ EN 10088-3:2010. Завдання включає прийняття інженерних рішень, спрямованих на забезпечення безпеки праці.

Для виготовлення корпусу ресиверу рекомендується використовувати складально-зварювальне обладнання, яке забезпечить точну фіксацію заготовок і захист зон матеріалу виробу.

Головна мета даного розділу – створення умов праці, що мінімізують шкідливий вплив на здоров'я людини або навіть не впливають на організм взагалі.

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ).

Негативний вплив шкідливих факторів виробничого середовища на здоров'я працівників та викликані ними професійні захворювання у зварювальному виробництві можна класифікувати на три основні групи [25]:

1. Професійні захворювання, спричинені впливом хімічних факторів.
2. Захворювання, викликані фізичним навантаженням, а також монотонними та частими повторювальними рухами, а також вимушеною позою.
3. Захворювання, викликані фізичними факторами, такими як нагрівання або охолодження, мікроклімат, шум, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання.

Згідно даним літератури [25, 26] шкідливими виробничими факторами при автоматизованому і механізованому зварюванні в захисних газах є:

Шкідливі речовини

Зварювання може впливати на якість повітря у виробничих приміщеннях, створюючи дві форми забруднення - пилову у вигляді аерозолу та газову.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|------------------|---------------|-------------|--|---|-------------|----------------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Технологічний процес складання-зварювання корпусу вакуумного ресиверу | <i>Лит.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Архувів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | Сапа А.А. | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | Левченко О.Г. | | | | | | |
| <i>Н. контр.</i> | | Лисак В.В. | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | Квасницький В.В. | | | | | | |
| | | | | | | <i>КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О.Патона</i> | | |

Аерозоль виникає під час електродугового процесу, де відбувається плавлення та випаровування матеріалів електрода та зварювальної ванни. Ці частинки аерозолів можуть залишатися у повітрі взвешеними, осідаючи у дихальних шляхах та спричиняючи різноманітні захворювання [25].

Під час зварювання використовується суміш газу МІКС-4 (Ar 98% + CO₂ 2%) та зварювальний дріт ER308-LSi. Вуглекислий газ (CO₂) є стійкою хімічною сполукою, яка може мати токсичний ефект при вмісті в повітрі в межах 3-4%, викликаючи подразнення дихальних шляхів та інші негативні ефекти. Аргон, як інертний газ, не токсичний, але його розведення у повітрі може створити небезпеку для дихання через зниження вмісту кисню. Це може призвести до кисневої недостатності та виникнення задухи.

Вміст марганцю в зварювальному дроті (1%), його вміст в ЗА, що утворюються, досягає 8...11,1%. Концентрація діоксиду кремнію складає 5,46... 8,1%, а заліза 39... 68,8%.

Окрім зварювальних аерозолів при зварюванні в захисному газі, у зоні зварювальної дуги, утворюються шкідливі газоподібні речовини. При використанні CO₂ це включає монооксид вуглецю (чадний газ) з інтенсивністю від 0,1 до 0,2 г/хв, а також оксид азоту зі значенням від 0,003 до 0,015 г/хв [25].

Випромінювання в оптичному діапазоні (ультрафіолетове та інфрачервоне)

Цей шкідливий фактор відноситься до інтенсивних факторів. Усі види випромінювання формуються через випромінювання зварювальної дуги, зварювальної ванни та нагрітого металу.

Інфрачервоне випромінювання виникає від розігрітої частини поверхні деталі. Велика інтенсивність інфрачервоного випромінювання в областях високого нагріву може становити загрозу для здоров'я очей. Допустимі рівні інфрачервоного випромінювання на робочому місці [26]:

- в діапазоні А (760 – 1400 нм) – 100 Вт/м²;
- в діапазоні В (1400 – 3000 нм) – 120 Вт/м²;
- в діапазоні В (3000 – 5000 нм) – 150 Вт/м²;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 98 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

- в діапазоні С (більше 5000 нм) – 120 Вт/м².

Ультрафіолетове випромінювання формується під час утворення зварювальної дуги. Вплив ультрафіолетового випромінювання на шкіру, який перевищує природну захисну здатність шкіри, може викликати опіки. Довготривала експозиція до ультрафіолету сприяє розвитку меланоми та різних форм раку шкіри. Для очей людини це випромінювання є невідчутним, але при інтенсивному опроміненні воно може викликати типові радіаційні ураження, включаючи опік сітчатки.

Допустимі щільності ультрафіолетового випромінювання становлять:

- діапазон А ($\lambda = 400-320$ нм) – 10 Вт/м²;
- діапазон В ($\lambda = 320-280$ нм) – 0,01 Вт/м²;
- діапазон С ($\lambda = 280-200$ нм) – 0,001 Вт/м².

Шум і вібрація

Механічні машини та механізми з рухомими частинами є основними джерелами механічного шуму. Вентиляційні установки виступають як джерела аеродинамічного шуму. Двигуни механізмів обертання та подачі дроту є джерелами електромагнітного шуму.

У таблиці 6.1 наведені допустимі згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» рівні звукового тиску та шуму на робочому місці [27].

Таблиця 6.1. Допустимі рівні звукового тиску на робочому місці [27].

| Показники | Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц | | | | | | | | | Рівень звуку, дБА |
|-----------|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Допустимі | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Рівень вібрацій на робочому місці згідно ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [28] не повинен перевищувати величин, наведених в таблиці 6.2.

Механізми і вироби, що рухаються

Цей потенційно небезпечний виробничий аспект відноситься до інтенсивних факторів і може виникнути, якщо не дотримуватись правил техніки безпеки під час руху пересувних елементів зварювальних установок та візків.

Системи, які знаходять під тиском, що не дорівнює атмосферному

Цей ризик може виникнути в разі порушення правил техніки безпеки під час роботи з балонами, які містять стиснуті гази, зокрема CO₂. Забезпечення безпеки використання балонів для стиснутих, зріджених та розчинених газів вимагає дотримання відповідних вимог та стандартів безпеки НПАОП 0.00-1.81-18 [30].

Для автоматичного та механізованого дугового зварювання в захисних газах належать наступні шкідливі виробничі фактори: шкідливі речовини, випромінювання в оптичному діапазоні, шум та статичне навантаження на руку (для механізованого зварювання); а також наступні небезпечні виробничі фактори: електричний струм, механізми і вироби, що рухаються та системи, які знаходяться під тиском, що не дорівнює атмосферному.

6.2 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці.

6.2.1 Вимоги до технології зварювання, зварювального обладнання та зварювальних матеріалів.

6.2.1.1 Вибір технології зварювання та споріднених процесів.

Вимоги охорони праці під час електрозварювання металів регламентується нормативно-правовим актом з охорони праці НПАОП 28.52-1.31-13 [31]. При виборі технології процесу зварювання перевагу було надано автоматичному способу зварювання плавким електродом в захисних газах та механізованому зварюванню плавким електродом в захисних газах.

При розробці технологічних процесів зварювання була врахована максимальна можливість механізації та автоматизації як самого процесу зварювання, так і його окремих елементів. Показники важкості та напруженості праці зварників не перевищують II класу відповідно до норм "Гігієнічна класифікація праці" № 0472-14.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 102 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6.2.1.2 Вибір зварювального обладнання.

Зварювальне обладнання, використовуване в технологічних процесах зварювання, відповідає загальним вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [32] та ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» [33].

Під час проектування технологічних процесів зварювання було впроваджено засоби та заходи для колективного захисту від характерних впливів зварювання в захисних газах. Зокрема, використовуються місцеві витяжні вентиляційні системи з очищенням видаленого повітря від аерозолів та газів, відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" [34]. Механізоване та автоматизоване зварювальне обладнання має вбудовані повітроприймальні пристрої для уловлювання цих аерозолів і газів.

Використання місцевої витяжної вентиляції є обов'язковим під час зварювальних робіт для забезпечення безпеки праці відповідно до вимог ДСТУ 2456-94 [35].

6.2.1.3 Вибір зварювальних матеріалів.

При виборі зварювальних матеріалів було враховано той факт, що обрані види та марки зварювальних матеріалів (зокрема, зварювальний дріт і захисний газ) мають забезпечувати мінімальне виділення у повітря шкідливих речовин під час зварювання. Використання зварювальних матеріалів, які не пройшли гігієнічну оцінку відповідно до встановленого порядку, є неприпустимим [25].

6.2.2 Вимоги до персоналу.

Допускаються до виконання дугового зварювання особи, які досягли 18 років, пройшли попередній медичний огляд, успішно пройшли навчання та інструктаж з врахуванням медичних протипоказань, а також мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче II та відповідне посвідчення згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 [36]. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу у три місяці, з відзначенням у журналі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 103 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Працівники, що виконують зварювання або пов'язані роботи, що стосуються зварювання, проходять періодичні медичні огляди не рідше одного разу на рік.

6.2.3 Вимоги до технологічних процесів.

Механізоване дугове зварювання в захисних газах

Місцевими повітроприймачами необхідно видаляти повітря:

- під час дугового зварювання в CO₂ – не менше ніж 50 м³/год;
- під час дугового зварювання в інертних газах та сумішах газів, а також під час автоматичного зварювання в CO₂ – не менше ніж 150 м³/год.

Експлуатація балонів, контейнерів зі стиснутим і скрапленим газом, рамп, повинна здійснюватись у відповідності з нормами НПАОП 0.00-1.81-18 [30].

Балони зі стиснутими газами слід розташовувати на відстані не ближче 5 м від зварювального пальника і 1 м – від отоплювальних приладів. У разі наявності на отоплювальних приладах екранів, що захищають балони від нагрівання, відстань від балона до екрана має бути не меншою 0,1 м.

6.2.4 Облаштування виробничих приміщень.

Виробничі приміщення для зварювання відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [37]. Робочі місця для дугового зварювання обгороджені переносними світло-непроникними бар'єрами з негорючих матеріалів висотою не менше 2,5 метра.

Відстані між обладнанням, стінами та колонами, а також розміри проходів і проїздів відповідають нормам будівельних норм, технологічному проектуванню та ДБН В.2.2-28:2010 [38]. Ширина проходів навколо робочого столу, стенда та зварювального виробу становить 1 метр.

Підлоги виробничих приміщень для дугового зварювання виготовлені з негорючих матеріалів з низькою теплопровідністю і мають рівну та не ковзку поверхню. Вентиляція відповідає ДБН В.2.5-67:2013 [34].

Система повітрообміну розрахована на розведення шкідливих речовин до рівня ГДК, враховуючи вимоги ДСП 379/1404 [39]. Відведене повітря піддається фільтрації перед викидом в атмосферу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 104 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Припливне повітря направлено в робочу зону з температурою не нижче +20 °С, дотримуючись ДСН 3.3.6.042-99 [37]. Освітлення відповідає ДБН В.2.5-28:2018 [40].

Для працівників передбачено санітарно-побутові приміщення та пристрої відповідно до вимог ДБН В.2.2-28:2010 [38].

6.2.5 Вимоги до експлуатації зварювального обладнання.

Обладнання для зварювання, включаючи технічне, механічне та допоміжне, повинно відповідати вимогам ДСТУ 2456-94 [35].

Підключення до електричної мережі для дугового зварювання та його моніторинг регулюється електротехнічним персоналом групи допуску не нижче III. Джерела електроживлення повинні бути підключені до розподільних мереж з напругою до 600 В. Пряме живлення зварювальної дуги від інших мереж не допускається.

Роз'єми для джерел зварювання мають напис "МЕРЕЖА!". На корпусі джерела живлення видно напис "Без заземлення не вмикати!".

Підключення джерела живлення до зварювальних установок виконується за допомогою кабелів. Зварювальне обладнання оснащено вольтметрами для контролю напруги в зварювальному колі.

Механізовані установки мають вольтметр на панелі джерела живлення, а автоматизовані - на пульті керування. Металеві частини обладнання повинні бути заземлені, а кожен пристрій повинен мати окремий заземлюючий провід, підключений до головної заземлюючої лінії.

Необхідно виконувати захисне заземлення для всього зварювального обладнання, забезпечуючи відповідність рівнів напруги дотику та струмів вимогам правил внутрішньобудинкової електроустановки (ПУЕ-2017).

Працівникам слід мати доступ до зварювальних робіт лише після ознайомлення з технічною документацією та проходження інструктажу з експлуатації обладнання та охорони праці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 105 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Номінальна напруга холостого ходу джерел живлення дугового зварювання при різних умовах роботи зварника згідно з вимогами Зміни № 1 ДСТУ 2456-94 [35] не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 6.5.

Таблиця 6.4 Допустимі максимальні значення номінальної напруги холостого ходу джерел живлення змінного (~) та постійного (=) струму

| Робочі умови зварювання | Рід струму та номінальна напруга холостого ходу, В, не більше |
|---|---|
| Середовище з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом | (=) 113 середнє значення (~) 42 ефективне значення |
| Середовище без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом | (=) 113 середнє значення (~) 80 ефективне значення |
| Зварювання з механічним переміщенням пальника, з підвищеним захистом зварника | (=) 141 середнє значення (~) 100 ефективне значення |

Примітка 1. До середовища з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом відносяться:

- приміщення або робоче місце, де є обмеження у вільності рухів зварника, внаслідок якого зварник повинен виконувати зварювання в незручному положенні (на колінах, сидячи, лежачи та інше) за наявності фізичного контакту з відкритими струмопровідними елементами;
- приміщення або робоче місце, що повністю або частково обмежено відкритими струмопровідними елементами, з якими у зварника існує велика вірогідність неминучого або випадкового контакту;
- мокре, вологе або гаряче приміщення, де вологість або конденсація вологи значно зменшує опір шкіри людського тіла та ізолюючі властивості допоміжних засобів.

Примітка 2. Допустимі значення напруги холостого ходу не відносяться до напруги пристроїв для підпалювання дуги або стабілізації дуги, які можуть накладатись на них.

Примітка 3. Підвищений захист зварника передбачає:

- недопустимість тримання пальника рукою;
- автоматичне вимикання напруги холостого ходу після припинення зварювання;
- ступінь захисту від торкання до струмопровідних частин не нижче IP2X за ГОСТ 14254-96 або установка повинна бути обладнана пристроєм що зменшує напругу холостого ходу.

Примітка 4. Для автоматичного дугового зварювання під шаром флюсу допустима номінальна напруга холостого ходу може бути підвищена до 120 В (=).

6.2.6 Безпека робочих місць

Організація, уладнання та оснащення робочих місць для проведення зварювальних робіт відповідають вимогам ДСТУ 2456-94. У процесі виконання зварювальних операцій в одному приміщенні з іншими видами робіт вживаються заходи, спрямовані на уникнення можливого впливу небезпечних та шкідливих

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 106 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ

виробничих факторів на працівників. Розміщення робочого місця зварника, включаючи розташування робочої поверхні, органів управління та контролю, відповідає встановленим нормам ДСТУ 2456-94.

Система обладнання для дугового зварювання в захисних газах включає в себе захисні переносні екрани. Ці екрани призначені для надання захисту електрозварникам від оптичного випромінювання, забезпечуючи їм безпеку під час роботи.

6.2.7 Методи контролю виконання вимог безпеки.

Контроль за станом повітря в робочій зоні здійснюється відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 , використовуючи методичний стандарт ДСТУ ISO 18882-1. Перевірка концентрації шкідливих речовин проводиться у зоні дихання зварника та в повітрі робочої зони.

Моніторинг температури робочих поверхонь, мікрокліматичних умов і рівня інфрачервоної радіації виконується відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [37]. Контроль за системою вентиляції у зварювальних цехах проводиться за допомогою аеродинамічних випробувань, відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 [34].

Вимірювання освітленості виробничих приміщень здійснюється згідно з ДСТУ Б.В 2.2-6-97. Контроль за станом електроустаткування та безпечною експлуатацією проводиться відповідно до нормативних документів, таких як ДНАОП 0.00-1.32-01, НПАОП 40.1-1.01-97 , НПАОП 40.1-1.21-98 та НПАОП 40.1-1.07-01.

При внесенні змін у конструкцію зварювального обладнання та при облаштуванні нових робочих місць важливо перевіряти відповідність напруженості магнітного та електричного полів допустимим значенням.

Контроль пожежної безпеки та пожежовибухонебезпеки речовин та матеріалів виконується відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Заходи контролю спрямовані на зменшення пожежної та вибухової небезпеки, зокрема, визначається концентрація легкозаймистих і горючих речовин.

6.2.8 Індивідуальний захист працівників.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 107 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Засоби індивідуального захисту працюючих регулярно піддаються контрольним оглядам та перевіркам відповідно до термінів, установлених нормативно-технічною документацією для конкретних засобів захисту.

Для захисту голови, шиї і очей від випромінювання дуги та бризок розплавленого металу, зварники використовують наголовні фіксуючі або ручні щитки (маски) відповідно до стандарту ДСТУ EN 175-2001. Світлофільтри, використовувані для цих цілей, повинні відповідати стандарту ДСТУ EN 169-2017 і використовувати тип C-7 для зварювання в захисних газах.

Скляні світлофільтри є ключовим елементом масок, що захищають очі від ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання. Вони ефективно послаблюють інтенсивність світлового випромінювання дуги при зварюванні. Захисний одяг, використовуваний під час зварювання, відповідає вимогам ДСТУ ISO 470-1:2003 та ДСТУ EN ISO 13688:2016, який визначає вимоги до захисних властивостей та експлуатаційних показників цього одягу.

6.3 Розрахунок інженерного рішення.

Для відсмоктування ЗА (механізоване та автоматизоване зварювання в захисних газах) використовується місцева вентиляція.

Визначаємо кількість повітря, яку видалятиме відсмоктувач, якщо діаметр воронки $d = 0,4$ м (рис. 6.1).

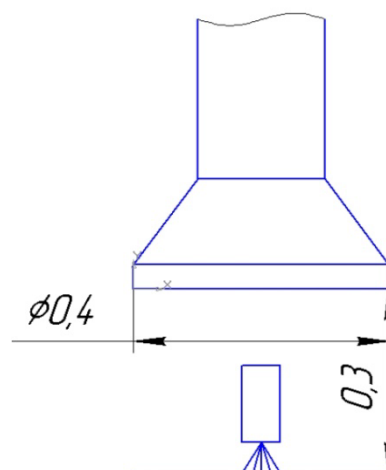


Рисунок 6.1 - Місцевий відсмоктувач

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 108 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Швидкість повітря в отворі відсмоктувача розраховують за формулою [26]:

$$V_0 = 8 * V_x * \left(\frac{x}{d}\right)^2 = 8 * 0.3 * \left(\frac{0.5}{0.4}\right)^2 = 3.75 \frac{m}{c},$$

де x – відстань від вхідного отвору воронки до зони зварювання, м; d – діаметр вхідного отвору, м.

V_x – швидкість повітря в зоні зварювання, при зварюванні інертних газів - $V_x=0,3m/c$.

Витрати повітря, що видаляється відсмоктувачем, визначаються за формулою:

$$L_M = 3600 * F_0 * V_0 = 3600 * 0.09 * 3.75 = 1215 \left(\frac{m^3}{год}\right),$$

де: V_0 – швидкість повітря в отворі відсмоктувача, м/с;

F_0 – площа відкритого перерізу витяжного отвору відсмоктувача, $F_0 = 0,09m^2$.

Вигляд відсмоктувача шкідливих аерозолів показано на рисунку 6.2.



Рисунок 6.2 - Витяжний пристрій ВУ-160

6.4 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях.

На підприємстві для запобігання та усунення аварій використовується план локалізації та ліквідації, відповідний вимогам положення [53,54]. Аналіз небезпеки включає визначення всіх можливих аварійних ситуацій, оцінку їх наслідків та розгляд сценаріїв розвитку ситуацій. Аналіз базується на вивченні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 109 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

роботи обладнання, груп та властивостей речовин. Враховуються параметри стану речовин та обладнання в нормальних і аварійних умовах, що дозволяє виявити можливості виникнення аварій та розробити ефективні заходи для їх попередження та ліквідації.

6.4.1 Пожежна безпека.

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, приміщення для зварювальних робіт віднесено до категорії Г (матеріали, що можуть перебувати в гарячому, розжареному, розплавленому стані, супроводжуючи це виділенням теплоти та іскор). Відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98 та НПАОП 40.1-1.32-01 [45], приміщення поділено на зону II-Па для твердих горючих речовин. Параметри вибухобезпеки визначено за стандартами, включаючи клас пожежі – Е (пов'язаний з аваріями електроустановок). Забезпечення пожежної безпеки включає заходи, такі як захист від КЗ, герметизація обладнання, використання пожежної сигналізації та вогнегасників. Технологічний процес дотримується вимог електростатичної іскробезпеки. Передбачено заходи для аварійного видалення пожежонебезпечних речовин. Рекомендована регулярна очистка робочого місця та використання безпечних миючих засобів. Передбачено пристрої для обмеження поширення пожежі.

Таблиця 6.5. Клас пожежі, пов'язаний з аваріями електроустановок [26].

| 1 | Клас пожежі | | | | |
|------------------------------------|---|--|--|---|--|
| | А | В | С | Д | Е |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Характеристика горючого середовища | Тверді горючі речовини (дерево, папір, текстиль тощо) | ГР та плавильні матеріали (мазут, гас, спирти, лаки, синтетичні матеріали) | ГГ (H ₂ , C ₂ H ₂ , інші вуглеводні тощо) | Метали та їх сплави (К, Na, Mg) | Електроустановки |
| Вогнегасні засоби | Усі види (передусім – H ₂ O) | Розпилена H ₂ O, піни, галоїдовуглеводні (хладони), порошки | Газові сполуки: інертні – N ₂ , CO ₂ , галоїдовуглеводні, порошки (H ₂ O – для охолодження) | Порошки (спокійна подача на поверхню горіння) | CO ₂ , порошки, галоїдовуглеводні |

Приміщення обладнується засобами колективного та індивідуального захисту від пожежі та диму. Електрообладнання відповідає класу зони пожежно-вибухобезпечності. На дільницях, де проводиться зварювання, встановлюються протипожежні щити з вуглекислотними вогнегасниками, баграми, ломами, відрами та сокирами. Біля щитів розміщуються ящики із піском, регулярно перевіряючи їхню сухість. Для гасіння пожеж використовують азбестові покривала. Для автоматичного виявлення пожеж використовують датчики, які швидко сповіщають про пожежу та активують автоматичну систему гасіння.

6.4.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

У випадку пробією електричної напруги на корпусі зварювального агрегату слід відключити рубильник і повідомити майстра або начальника дільниці. У разі потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 і, за потреби, надавати штучне дихання.

У випадку загоряння зварювального агрегату важливо відключити рубильник і використовувати вогнегасник для гасіння пожежі. Кожен робітник або службовець, який помітив пожежу, повинен негайно повідомити заводську пожежну охорону за телефоном 101, розпочати гасіння вогню за допомогою наявних засобів, таких як вогнегасник, пісок, пожежний кран, і викликати посадових осіб (начальника цеху, дільниці).

У разі отримання травми необхідно повідомити майстра, начальника дільниці та звернутися в медпункт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 111 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

У магістерській дисертації було розроблено технологічний процес складання-зварювання корпусу вакуумного ресиверу. Ресивер являє собою герметичну ємність, яка призначена для накопичення під тиском рідин, пару, газу, а також для вирівнювання їх тиску у разі нерівномірної витрати або надходження. Вакуумний ресивер є важливим обладнанням у багатьох галузях промисловості, зокрема в хімічній, гірничодобувній та харчовій.

У розділі «конструкторсько-технологічний аналіз зварного виробу» було проведено аналіз та визначення призначення виробу, аналіз хімічного складу сталі AISI 321, позначення зварних швів згідно ДСТУ. Також було проведено розрахунки режимів зварювання, обрано зварювальні матеріали та зварювальне устаткування загального призначення.

У розділі «технологічний процес виготовлення корпусу вакуумного ресиверу» був розроблений технологічний процес складання-зварювання виробу, в якому було описано послідовний хід операцій та вибрано необхідне обладнання. Також проводився обґрунтований вибір установок для зварювання та розробка схем компонування оснащення для зварювання.

Розділ «Розробка стартап-проекту» спрямований на впровадження технології складання-зварювання у комерційне середовище, забезпечення конкурентноспоможності на ринку, аналіз показників готової продукції та виробництва.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» була проаналізована безпека робочого персоналу та обладнання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 112 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: Метод. вказівки до практичних занять з дисципліни для студ. спец. 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» / О. А. Сливінський. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017

2. Каталог сталей. Сталь AISI 321 // Westa.Kiev: веб-сайт. URL: <https://westa.kiev.ua/ua/standarty/marki-stali/stal-aisi-321> (дата звернення: 12.12.2023).

3. Гаєвський О., В. Гаєвський Координація зварювальних робіт. Методичні вказівки. Київ, 2017. 168 с.

4. Жароміцні сталі: причини виникнення тріщин - Метінвест-СМЦ // Metinvest: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/zharoprochnye-stali-prichiny-vozniknoveniya-treshchin/> (дата звернення: 12.12.2023).

5. Загальні характеристики зварювальних напівавтоматів MIG / MAG. Переваги і недоліки методів зварювання // Журнал о промисловості в Україні. Кольорові метали: веб-сайт. URL: <https://td-bm.com.ua/blogs/zagalni/uk/apparat-zagalni-harakteristiki-zvaruvalnih-napivavtomativ-mig-mag/> (дата звернення 12.12.2023).

6. Курс зварювання MIG (напівавтоматичний або автоматичний) – процес 135//shudnenny.koshachek.com: веб-сайт.
URL: <https://shudnenny.koshachek.com/articles/napivavtomatichne-ta-avtomatichne-zvarjувannya-mig.html> (дата звернення 12.12.2023).

7. Режими зварювання напівавтоматом в середовищі захисних газів. Довідник зварника // Zvarka.info : веб-сайт. URL: <https://zvarka.info/rezhimi-zvaryuvannya-napivavtomatom-v-seredovishhi-zaxisnix-gaziv/> (дата звернення 15.12.2023).

8. Корінець І.П. Методичні вказівки до курсової роботи по дисципліні «Технологія і обладнання зварювання плавленням» для студентів спеціальності

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 113 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

«Обладнання і технологія зварювального виробництва» усіх форм навчання: методичні вказівки. Київ: КПІ, 1988. 76 с.

9. Інститут післядипломної освіти КПІ ім. Ігоря Сікорського. Платформа дистанційного навчання "Сікорський". Курс: Засоби механізації зварювального виробництва // do.ipو.kpi.ua: веб-сайт. URL: <https://do.ipو.kpi.ua/course/view.php?id=24#section-9> (дата звернення 13.12.2023).

10. Зварювальний дріт св 06x18н9т ф 1,2 мм від "ТОВ "СБГ"" // Ніхром, канталь, фехраль, нержавіюча, зварювальна, мідний дріт. Компанія "Завод "Спецметизгруп"". веб-сайт. URL: <https://provoloка-sv.com.ua/ua/p24156809-svarohnaya-provoloка-06h18n9t.html> (дата звернення 13.12.2023).

11. ДСТУ ISO 2553:2019 Зварювання та споріднені процеси. Умовні позначки на кресленнях. Зварні з'єднання (ISO 2553:2019, IDT).

12. Каталог товарів. Зварювальний напівавтомат Jasic Mig-350P // Jasic: веб-сайт. URL: <http://surl.li/orbbu> (дата звернення 13.12.2023).

13. Каталог товарів. Пальник для напівавтоматичного зварювання Pro-3600 // Jasic : веб-сайт. URL: <http://surl.li/orbel> (дата звернення 13.12.2023).

14. ДСТУ 9129:2021 Металопродукція. Правила приймання, маркування, пакування, транспортування та зберігання // Будстандарт: веб-сайт. URL: <http://surl.li/otfte> (дата звернення 14.12.2023).

15. Електронавантажувач Toyota 1,5 т // Forstor.com : веб-сайт. URL: <http://surl.li/otfut> (дата звернення 14.12.2023).

16. Листоправильная машина Bendmak BPSM 15/04. ЗВАРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ // SvarTech : веб-сайт. URL: <http://surl.li/otfuu> (дата звернення 14.12.2023).

17. Машина плазмового різання Marlin Turphoon. Обладнання для плазмового зварювання та різання // Marlin CNC : веб-сайт. URL: <http://surl.li/otgae> (дата звернення 14.12.2023).

18. Шліфмашина кутова - болгарка акумуляторна безщіткова DeWALT DCG405P2 // DeWALT: веб-сайт. URL: <http://surl.li/otgag> (дата звернення 14.12.2023).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 114 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

19. Автоматична установка для зварювання і наплавлення кільцевих і поздовжніх швів HWR LEADER 2502.078.H HST creative від "ЗВАРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ" // SvarTech : веб-сайт. URL: <http://surl.li/oxbni> (дата звернення 14.12.2023).

20. Автоматична установка для зварювання і наплавлення тіл обертання EWR HUNTER 1050.108.TM HST creative від "ЗВАРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ" // SvarTech: веб-сайт. URL: <http://surl.li/oxbno> (дата звернення 14.12.2023).

21. Швидкозажимні струбцини Dewalt DWS5026 (2 шт) // DeWALT: веб-сайт. URL: <http://surl.li/oxdeb> (дата звернення 14.12.2023).

22. ДСТУ EN 13018:2017 Неруйнівний контроль. Візуальний контроль. Загальні принципи (EN 13018:2016, IDT) // БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=72974 (дата звернення 14.12.2023).

23. ДСТУ CEN/CLC Guide 21:2022 Членський внесок CEN-CENELEC. Методологія розрахунку та політика періодичного перегляду (CEN/CLC Guide 21:2012, IDT). Наказ від 28.12.2022 № 285 Про пакетне прийняття європейських нормативних документів CEN/CENELEC. Вид. офіц. Київ: ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), 2022.

24. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації для студентів інженерних спеціальностей / За заг. Ред.. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 28 с.

25. Левченко О. Г. Охорона праці та цивільний захист: Курс лекцій для студентів зварювальних спеціалізацій: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій: «Технологія та інжиніринг у зварюванні», «Автоматизовані технології системи у зварюванні», «Споріднені технології зварювання та ресурсозбереження». КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 370 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 115 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

26. Левченко О. Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» (зварювальні та споріднені спеціалізації) / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 30 с.

27. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2000. (Державні санітарні правила).

28. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2000. (Державні санітарні правила).

29. Ткачук К.Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В. та ін. Основи охорони праці: підручник. К.: Основа, 2011. 474 с.

30. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. Наказ від 05.03.2018 № 333 Про затвердження правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. Київ: Міністерство соціальної політики України, 2018. (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці).

31. НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів. Наказ від 14.12.2012 №1425 "Про затвердження Правил охорони праці під час зварювання металів". Київ: Міністерство надзвичайних ситуацій України (МНС), 2012. (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці).

32. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ від 09.01.1998 № 4 Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ: Державний комітет України з нагляду за охороною праці, 1998. (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці).

33. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Наказ від 21.06.2001 № 272 Про затвердження Правил влаштування електроустановок. Електроустаткування спеціальних установок. Київ: Міністерство праці та соціальної політики України, 2001. (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 116 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

34. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Наказ 25.01.2013 № 24 Про затвердження ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. На заміну СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція і кондиціонування. Крім розділу 5 та додатка 22; чинний від 2014-01-01. Київ: Мінрегіон України, 2013. (Державні Будівельні Норми).

35. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. Наказ від 15.04.1994 № 86. Київ: Український конструкторсько-технологічний інститут зварювального виробництва, 1994. (Державний Стандарт України).

36. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Наказ від 26.01.2005 № 15 Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою. Київ: Державний комітет України з нагляду за охороною праці, 2005. (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці).

37. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова від 01.12.1999 р. № 42. Київ: Міністерство охорони здоров'я, 1999. (Державні Санітарні Правила і Норми).

38. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Наказ від 30.12.2010 № 570 Про затвердження ДБН В.2.2-27:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. (На заміну із втратою чинності в Україні СНиП 2.09.04-87 "Административные и бытовые здания"; чинний від 2011-01-10). Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. (Державні Будівельні Норми).

39. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Зі змінами. Наказ від 19.06.1996 № 173 Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. (На заміну СН 245-71 (ДНАОП 0.03-3.01-71); чинний від 2019-03-07. Київ: Міністерство охорони здоров'я, 2019. (Державні Санітарні Правила).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 117 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

40. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Наказ від 03.10.2018 № 264 Про затвердження ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіон України, 2018. (Державні Будівельні Норми).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 118 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЗВ21мп.05.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 119 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Формат | Зона | Поз | Позначка | Найменування | Кіл. | Примітка |
|--------|------|-----|---------------------|---|------|----------|
| | | | | <u>Документація</u> | | |
| A/ | | | ЗВ21мп.05.03.000 В3 | Складальне оснащення для складання та зварювання обичайки | | |
| | | | | <u>Деталі</u> | | |
| | | 1 | | Передній обертач | 1 | |
| | | 2 | | Задній обертач | 1 | |
| | | 3 | | Привід | 1 | |
| | | 4 | | Стійка | 1 | |
| | | 5 | | Напрямна | 1 | |
| | | 6 | | Пневматичний циліндр | 1 | |
| | | 7 | | Шпindelь | 2 | |
| | | 8 | | Затискач | 2 | |
| | | 9 | | Обичайка | 1 | |
| | | 10 | | Ролик | 8 | |
| | | 11 | | Рельса | 2 | |
| | | 12 | | Панель управління | 2 | |


Підп. і дата

Інв. № дубл.

Замість інв. №


Підп. і дата

Інв. № провідн.

| | | | | |
|----------------------------|------|------------------|---|---------|
| ЗВ21мп.05.03.000 В3 | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розробив | | Сапа А.А. | | |
| Перевірив | | Стреленко НМ | | |
| Н.контр. | | Лисак В.В. |  | |
| Затвердив | | Квасницький В.В. | | |
| | | | Складальне оснащення для складання та зварювання обичайки | Літ. |
| | | | | Аркцш |
| | | | | Аркцшів |
| | | | | 1 |
| | | | КПІ ім. Ізгоря Сікорського | |
| | | | НН ІМЗ ім. Е.О. Патона | |


| Формат | Зона | Поз | Позначка | Найменування | Кіл. | Примітка |
|--------|------|-----|---------------------|---|------|----------|
| | | | | <u>Документація</u> | | |
| A/ | | | ЗВ21мп.05.04.000 В3 | Складальне оснащення для складання та зварювання обичайки | | |
| | | | | <u>Деталі</u> | | |
| | | 1 | | Маніпулятор | 1 | |
| | | 2 | | Зварювальний апарат | 1 | |
| | | 3 | | Бухта для дроту | 1 | |
| | | 4 | | Пальник | 1 | |
| | | 5 | | Кабель | 1 | |
| | | 6 | | Зубчастий ремінь | 1 | |
| | | 7 | | Балон із захисним газом | 2 | |
| | | 8 | | Візок | 1 | |
| | | 9 | | Супорт | 1 | |
| | | 10 | | Редуктор | 2 | |

| | | | |
|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Підп. і дата | Інв. № дубл. | Замість інв. № | Підп. і дата |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Інв. № графіку | | | |

| | | | | |
|--|------------------|----------|---|------|
| ЗВ21мп.05.04.000 В3 | | | | |
| Зм. | Арк. | № док-м. | Підпис | Дата |
| Розробив | Сапа А.А. | | | |
| Перевірив | Стреленко Н.М. | | | |
| Н.контр. | Лисак В.В. | |  | |
| Затвердив | Квасницький В.В. | | | |
| | | | Установка для зварювання повздожнніх та кільцевих швів обичайки | |
| Літ. | Аркциш | Аркцишів | | |
| | | 1 | | |
| КПІ ім. Ізгоря Сікарського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона | | | | |

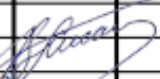
| Формат | Зона | Поз | Позначка | Найменування | Кіл. | Примітка |
|--------|------|-----|---------------------|--|------|----------|
| | | | | <u>Документація</u> | | |
| AI | | | ЗВ21мп.05.05.000 В3 | Складальне оснащення для складання та зварювання кришки і адаптора | | |
| | | | | <u>Деталі</u> | | |
| | | 1 | | Передній обертач | 1 | |
| | | 2 | | Задній обертач | 1 | |
| | | 3 | | Шпindelь | 2 | |
| | | 4 | | Притисні гудки | 6 | |
| | | 5 | | Кришка | 1 | |
| | | 6 | | Адаптор | 1 | |
| | | 7 | | Привід заднього обертача | 1 | |
| | | 8 | | Напрямна | 1 | |
| | | 9 | | Захисне покриття | 1 | |
| | | 10 | | Привід переднього обертача | 1 | |
| | | 11 | | Панель управління | 1 | |
| | | 12 | | Стабілізуюча база | 1 | |

| | |
|------------------|--|
| Підп. і дата | |
| Замість інв. № | |
| Інв. № докл. | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № пров. об. | |

| | | | | |
|--|------------------|---|--|----------|
| ЗВ21мп.05.05.000 В3 | | | | |
| Зм. Арк. | № док.м. | Підпис | Дата | |
| Розробив | Сапа А.А. | | | |
| Перевірив | Стреленко Н.М. | | | |
| Н.контр. | Лисак В.В. |  | | |
| Затвердив | Квасницький В.В. | | | |
| Складальне оснащення для складання та зварювання кришки і адаптора | | | Літ. | Аркциш |
| | | | | Аркцишів |
| | | | | 1 |
| | | | КПІ ім. Ізгоря Сікорського НН ІМЗ ім. Е.О. Патона | |

| Формат | Зона | Поз | Познака | Найменування | Кіл | Примітка |
|--------|------|-----|---------------------|---|-----|----------|
| | | | | <u>Документація</u> | | |
| A/ | | | ЗВ21мп.05.07.000 В3 | Зварювання втулок та опор вакуумного ресиверу | | |
| | | | | <u>Деталі</u> | | |
| | | 1 | | Обичайка | 1 | |
| | | 2 | | Втулка | 6 | |
| | | 3 | | Опора | 2 | |
| | | 4 | | Фіксуюча напрямна | 1 | |
| | | 5 | | Струбцина | 2 | |
| | | 6 | | Стіл зварника | 1 | |
| | | 7 | | Зварювальний апарат | 1 | |
| | | 8 | | Бухта з дротом | 1 | |
| | | 9 | | Пальник | 1 | |
| | | 10 | | Балони з газом | 2 | |
| | | 11 | | Джерело живлення | 1 | |
| | | 12 | | Стационарний візок | 1 | |

| | | | |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|
| Підп. і дата | Інв. № діюч. | Замість інв. № | Підп. і дата |
| | | | |
| Інв. № провідн. | | | |

| | | | | |
|----------------------------|------|------------------|---|--------|
| ЗВ21мп.05.07.000 В3 | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розробив | | Сапа А.А. | | |
| Перевірив | | Стреленко Н.М. | | |
| Н.контр. | | Лисак В.В. |  | |
| Затвердив | | Кбасницький В.В. | | |
| | | | Зварювання втулок та опор вакуумного ресиверу | |
| | | | Літ. | Аркциш |
| | | | | Аркциш |
| | | | 1 | |
| | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона | |