**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Зварювальний факультет**

**Кафедра електрозварювальних установок**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою “Автоматизовані технологічні системи у зварюванні”

Спеціальність – **131 “Прикладна механіка”**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ І.О.Скачков

«___»_____2018 р.

**ЗАВДАННЯ**
**на магістерську дисертацію студенту**

**Шевченко Олександру Вікторовичу**

1. Тема дисертації «Установка для зварювання листів з титанових сплавів», науковий керівник дисертації Скачков Ігор Олегович, канд. техн. наук, доцент, затверджені наказом по університету від «___»_____ 2018 р. №_____

2. Термін подання студентом дисертації 15.12.2018

3. Об’єкт дослідження Процес дугового зварювання листів з титанових сплавів

4. Вихідні дані: автоматичне дугове зварювання листів товщиною 1,5...3мм з титанових сплавів. Ширина листів до 2000 мм.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
- характеристика і технічні вимоги до виробу, що зварюється;
- формулювання науково-технічної задачі, аналіз стану рішення проблеми, обґрунтування цілей проектування;
- визначення технології зварювання виробу;
- розробку технічне завдання на проектування;
- вимоги до установки і її системи керування;
- опис та обґрунтування конструкції установки та її вузлів;
- структура та принцип дії системи керування установкою;
- охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
- розроблення стартап-проекту;

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Технологічний процес (1л., ф. А1)
Функціональна схема установки (1л., ф. А1)
Циклограма роботи установки (1л., ф. А1)
Загальний вигляд установки (1л., ф. А1)
Пневматична схема установки (1л., ф. А1)
Схема електрична принципова установки (1л., ф. А1)
Схема електрична принципова пульта керування (1л., ф. А2)

7. Консультанти розділів дисертації

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| **Охорона праці** | Левченко Олег Григорович, доктор техн. наук, професор | | |

8. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|---|---|---|---|
| | Формулювання науково-технічної задачі,; | 05.11.18 | |
| | Розробка технічного завдання на проектування | 15.11.18 | |
| | Виконання необхідних розрахунків | 25.11.18 | |
| | Виконання креслень | 05.12.18 | |
| | Написання пояснювальної записки | 10.12.18 | |
| | Оформлення проекту і передача його на кафедру | 15.12.18 | |

Студент О.В.Шевченко

Науковий керівник дисертації І.О.Скачков

1

# Анотація

Темою магістерської дисертації є «Установка для зварювання титанових листів».

У даній роботі було розглянуто питання модернізації та автоматизації установки для аргонодугового зварювання вольфрамовим електродом титанових листів.

В роботі описано призначення та мета розробки, складено вимоги до установки, наведено її технічний опис, а також розроблено структуру, конструкцію окремих блоків та систему керування, проведено розрахунок потужності двигуна переміщення, розрахунок потужності двигуна на подачу електродного дроту, розроблено схему видалення аерозолів із зони зварювання, було розраховано коефіцієнт технічного рівню апарата.

Пояснювальна записка проекту містить в собі, всі етапи розробки установки, технологію зварювання, та охорону праці.

Ключові слова: зварювання, аргонодугове зварювання, титан, установка, датчик.

# Annotation

The theme of the master's thesis is "Installation for welding titanium sheets". In this, the work examined the development of welding torches for TIG welding.

In this paper, the issues of modernization and automation of the installation for argon-arc welding of titanium sheets by a tungsten electrode were considered.

In this work the purpose and purpose of the development are described, the requirements for the installation are compiled, the technical description is given, the structure, structure of the separate units and the control system are developed, the calculation of the displacement engine power, the calculation of the engine power for the supply of the electrode wire, the scheme for removing aerosols from the zone welding, the coefficient of the technical level of the device was calculated.

The explanatory note of the project includes all stages of the development of the installation, welding technology, and labor protection.

Key words: welding, argon arc welding, titanium, installation, sensor.

# ЗМІСТ

ВСТУП

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ЗВАРЮВАННЯ ..... 4

1.1 Аналіз матеріалу і вибір способу зварювання ..... 4

1.2 Технологічна характеристика способу зварювання ..... 12

1.3 Аналіз з точки зору автоматизації процесу ..... 15

1.4. Вимоги до установки ..... 16

2 КОНСТРУКЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ..... 18

2.1 Функціональна схема установки ..... 18

2.2 Конструкція механічної частини ..... 21

2.3. Схема пневматична ..... 22

2.4. Вибір двигуна приводу переміщення ..... 23

2.5. Вибір двигуна подачі електродного дроту ..... 25

2.6 Зварювальне джерело живлення ..... 30

2.7 Схема електрична принципова ..... 33

3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ..... 43

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів ..... 43

3.2. Мікроклімат ..... 44

3.3. Шкідливі речовини ..... 45

3.4. Освітлення ..... 46

3.5. Шум та вібрація ..... 47

3.6. Оптичне випромінювання ..... 48

3.7. Рухомі механізми та машини ..... 49

3.8. Пристрої, що знаходяться під тиском ..... 49

3.9. Електробезпека ..... 50

3.10. Вимоги безпеки праці ..... 51

3.10.1. Вимоги до приміщення ..... 51
3.10.2 Вимоги до технологічних процесів ..... 52
3.11. Інженерні рішення ..... 52
3.11.1. Технологічні рішення ..... 52
3.11.2. Спеціальні колективні (санітарно-технічні) заходи і засоби безпеки. Система вентиляції ..... 52
3.11.3. Захист від рухомих елементів обладнання ..... 54
3.12. Пожежна безпека ..... 55
4. СТАРТАП-ПРОЕКТ ..... 57
5. ВИСНОВОК ..... 64
**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ** ..... 65

# ВСТУП

Завдання дипломного проекту передбачає установку для зварювання титанових листів, які в подальшому будуть використовуватись для настилу підлоги та фізоляжу.

Актуальність полягає тому щоб зварювальний шов був максимально технологічним та відповідальним. Титанові деталі і конструкції часто знаходять застосування в вузькоспеціалізованих областях, серед яких авіабудування і космічна галузь. Настільки високу довіру до металу обумовлюється унікальним поєднанням характеристик. При невеликій питомій масі він має високу міцність, антикорозійні і захисними властивостями від хімічних впливів. І це далеко не всі якості, якими характеризується титан. Зварювання титану з цих же причин стає складним завданням.

Були вирішені питання контролю зазору між кромками листів, за допомогою індуктивного датчика, який подає відповідний сигнал на пульт керування, автоматичного  завершення процесу зварювання, контроль рівня струму та напруги, захисту зварного шва та підібрана технологія зварювання; встановлено електропривід та двигун, які дають можливість плавного та прямолінійного руху супорта.

Всі ці нововведення в сумі дають можливість якісно варити титанові листи встик, та звести брак до мінімуму.

# 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ЗВАРЮВАННЯ

Установка призначена, для зварювання листів з титанових сплавів, товщиною 1-3мм, що застосовується для виготовляння настилу полів, протипожежної перегородки, фюзеляжу в літаках типу АН-70, АН148, Руслан.

## 1.1 Аналіз матеріалу і вибір способу зварювання

Титан - хімічний елемент з порядковим номером 22, атомна вага 47,88 легкий сріблясто-білий метал. Даний матеріал поєднує легкість, міцність, високу корозійну стійкість, низький коефіцієнт теплового розширення, можливість роботи в широкому діапазоні температур.

Титан має дві алотропічних форми: альфа-титан, що має гексагональну решітку і існуючий до 882 °С - цьому сприяють легуючі домішки алюмінію, олова, цирконію; бета-титан - високотемпературна модифікація з кубічної об'ємноцентрованими гратами - цьому сприяють легуючі домішки алюмінію, молібдену, ванадію, марганцю, заліза, хрому.

У залежності від ступеня легування титану зазначеними елементами сплав при охолодженні до кімнатної температури зберігає деякий кількістю або повністю бета-фазу. Таким чином по мікроструктурі сплави титану можуть бути поділені на однофазні сплави, що мають при кімнатній температурі альфа-і бета-фазу, і на двофазні сплави, що мають при кімнатній температурі фази альфа + бета.

Практичне застосування знаходять сплави, що мають у своєму складі або тільки альфа-фазу, або двофазні альфа + бета фази.

В табл. 1.1 з різних літературних джерел приведені основні фізичні властивості титану, які необхідно враховувати при розгляді питань його зварювання. З даних таблиці видно, що титан має високу температуру плавлення

та кипіння, тому розплавлення титану потребує більше затрат енергії. Теплоємність титану зростає з підвищенням температури, а при 870-890°С відбувається її стрибкоподібну зміну, зв'язану з алотропічним перетворенням. Теплоємність β-модифікацій майже не залежить від температури. Оскільки значення коефіцієнта теплопровідності титану в чотири рази менше, чим заліза, і в 13 менше чим а алюмінію, при зварюванні титану, по-перше, менше втрат енергії, чим при зварюванні сталі, а по-друге, має місце вельми концентрований нагрів при значному градієнту температур. В ряді випадків це може призвести до помітного зростанню внутрішніх напружень, що необхідно враховувати при виборі оптимальних режимів зварювання конструкцій з титану. [2]

Таблиця 1.1 Фізико-механічні властивості титану [2]

| | |
|---|---|
| Температура плавлення, °С | 1668 |
| Температура кипіння, °С | 3260 |
| Питома теплоємність при 20 °С, кДж/(кг·°С) | 0,54 |
| Питома теплопровідність при 20 °С, кДж/(кг·°С) | 18,85 |
| Коефіцієнт лінійного розширення, $°C^{-1}\cdot 10^{-6}$ | 8,2 |
| Питоме електроопір при 20 °С, $Ом\cdot см\cdot 10^{-6}$ | 42,1 |
| Модуль нормальної пружності Е, г*Па | 112 |
| Щільність, г/см3 | 4,51 |
| Температура плавлення, °С | 1668 ±5 |
| Температура кипіння, °С | 3260 |

Головна перевага титану та його сплавів порівняно з іншими конструкційними матеріалами в тому, що при малій густині (4,5 г/см3) вони мають границю міцності від 450 до 1500 МПа і велику корозостійкість у багатьох середовищах.

Головним недоліком титану є його здатність активно взаємодіяти при високих температурах з газами. При кімнатній температурі титан досить стійкий проти окиснення, але при високих температурах кисень легко розчиняється в титані, що призводить до підвищення міцності і зниження пластичності. При тривалому впливі кисню на титан, нагрітий вище 450°С, на його поверхні утворюється шар окалини, який складається з оксиду титану ($TIO_2$). Цей шар є джерелом кисню при зварюванні й причиною утворення тріщин у шві. Тому вміст кисню в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,15%.

Азот різко підвищує міцність і знижує пластичність титану. При температурі 800°С утворюється нітрид титану, температура плавлення якого досягає 2950°С. Тому максимальний вміст азоту в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,04-0,05%.[3]

У результаті активності титану до поглинання кисню, азоту та водню при зварюванні необхідний особливо надійний захист від цих газів. Такий захист здійснюється при дуговому зварюванні в інертних газах (аргоні, гелії) або флюс-пастою, яку наносять на кромки зварюваних деталей. Дугове зварювання титану та його сплавів покритими електродами, вугільною дугою і газовим полум'ям не використовуються.

Зварюванням цих видів неможливо забезпечити високу якість зварних з'єднань через надто велику активність титану до кисню, азоту й водню. Технічний титан з'єднують аргонодуговим, дуговим під флюсом та іншими видами зварювання тиском (дифузійним та ін. ).

Для захисту від окиснення зворотного боку з'єднання та зменшення деформацій вироби складають на сталевих або мідних підкладках, через середню частину яких при зварюванні продувають інертний газ. При цьому

забезпечують щільне прилягання кромок до підкладок по всій довжині.

Складати рекомендують у пристосуваннях, а за їх відсутності застосовують прихватки. Деталі з технічного титану прихвачують без присадки, а леговані титанові сплави прихвачують тільки із використанням присаджувального металу. Довжина прихватки становить 30-50 мм, крок — 300 мм. їх виконують із зворотного боку шва для уникнення перегріву. На початку і в кінці стику прихвачують технологічні пластини, призначені для запалювання дуги і виводу кратера. Зазор — не більше 0,3-0,5 мм, а притуплення кромок — не більше 10% товщини металу. [3]

Зварювання титану зв'язана з певними труднощами, головною з яких є велика хімічна активність титану при високих температурах по відношенню до азоту, кисню і водню. Тому необхідною умовою для отримання якісного з'єднання при зварюванні є надійний захист від газів повітря не тільки зварювальної ванни, але і остигаючих ділянок металу шва і зони термічного впливу аж до температури 400 ºС. Необхідно також захищати зворотний бік шва навіть і тому випадку, якщо вона не розплавляється, а тільки нагрівається вище 400 ºС.

Певні труднощі виникають у зв'язку з великою схильністю титану до зростання зерна при нагріванні до високих температур, особливо в області бета-фази. Для запобігання цьому зварювання слід робити з можливо мінімальної погонною енергією. Частим дефектом зварних швів титанових сполук є холодні тріщини. Холодні тріщини виникають в тому випадку, якщо шов має знижені пластичні властивості внаслідок насичення газами. При цьому холодні тріщини у швах можуть утворитися з часом. Основною причиною появи холодних тріщин є велика розчинність водню в титані при високих температурах. [4]

У зв'язку з цим багато дослідників вишукували шляхи усунення схильності титанових швів до утворення пір при зварюванні в середовищі інертних газів. Добре відомо і реалізується в виробничих умовах наступне: зачистка кромок безпосередньо перед зварюванням шабером або «тепловим» способом,

освітлення зварювальних кромок і присадного дроту в кислотному розчині (3-5% HF, 30-35% HNO3, решта - вода), вибір оптимальних параметрів процесу для зварювання металу даної товщини і ін.

При автоматичному зварюванні титанових сплавів під безкисневими флюсами на фторидної основі пори в швах відсутні. Практика підтвердила теоретично передбачену здатність фторидів, введених в зону дуги, утворювати нерозчинні в рідкому металі з'єднання водню і усувати пористість швів. Цей принцип надалі використовували при розробці способу зварювання титанових сплавів не плавиться, по шарі флюсу, повністю виключив утворення пор в металі шва, а також способу зварювання з порошковим дротом.

У зв'язку з тим, що промисловість не має випробуваннями без газонасичених шарів безпосередньо на звареної конструкції, слід приділяти особливу увагу захисту зварювальної деталі або зони зварювання від взаємодії з атмосферою повітря. Знаходять застосування три основних способи, захисту: загальна захист деталі, місцева захист, струменевий захист.[7]

Переваги способу зварювання неплавким електродом:

- Висока стійкість дуги незалежно від роду (полярності) струму;
- Можливе одержання металу шва з часткою участі основного металу від 0 до 100%;
- Змінюючи швидкість подачі і кут нахилу, профіль, марку присадкового дроту можна регулювати хімічний склад металу шва і геометричні параметри зварювального шва.

Недоліки способу зварювання неплавким електродом:

- Низька ефективність використання електричної енергії (коефіцієнт корисної дії від 0,40 до 0,55);
- Необхідність в пристроях, що забезпечують початкову збудження дуги;

- Висока швидкість охолодження зварного з'єднання.

Для дугового зварювання вольфрамовим електродом застосовуються такі гази та газові суміші:

- аргон першого сорту(99,9% - Ar, 0.1% - домішки);
- аргон-гелій (35-40% - Ar, 60-65 - %He);

Для розширення технологічних можливостей дуги при зварюванні в середовищі інертних газів використовують флюс пасти  на основі безкисневі флюси на основі фторидів і хлоридів лужних і лужно-земельних металів.

Також для зварювання, може використовуватись флюс-паста АНТ-23А. це - однорідний, дрібнодисперсний, білий порошок (ТУ ІЕЗ 509-85) призначений для зварювання конструкцій з середньо-і високолегованих титанових сплавів. Температурний інтервал 250-300 °С. Термін зберігання необмежений. Процес зварювання здійснюється методом аргонодугового зварювання вольфрамовим електродом в середовищі інертних газів (TIG) з попередньо нанесеним на зварюються кромки флюсом, що забезпечує розширення технологічних можливостей дуги, зокрема, збільшення глибини проплавлення. Для реалізації даного процесу зварювання в автоматичному режимі використовується стандартне обладнання, призначене для зварювання TIG.

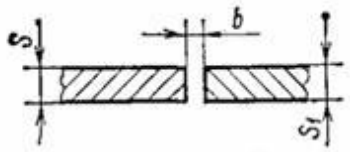
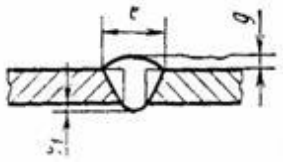
Флюс, попередньо нанесений на кромки, при аргонодуговому зварюванні викликає різке збільшення глибини проплавлення і зменшення ширини швів. Металургійні процеси, що протікають при зварюванні між розплавленим металом і флюсом, усувають пористість шва. Також, необхідно забезпечити захист виконаного гарячого шва і зворотного боку з'єднання, що піддається нагріванню. Для повного захисту при зварюванні титану і його сплавів не плавиться, застосовують захисні камери кількох типів. При зварюванні на повітрі в цеху застосовують камери-насадки для місцевого захисту зони зварювання і нагрітого зварного з'єднання до температури ±25°С . При місцевій захисту зворотна сторона шва може бути захищена спеціальною підкладкою з

канавкою, куди подають захисний газ. Це покращує умови формування зворотного валика і зменшує можливість пропалів. Беручи до уваги ці особливості аргонодугового зварювання по флюсу і з огляду на необхідність активної взаємодії флюсу з газами, розчиненими в зварювальної ванні з метою усунення пористості, розроблені флюси різного технологічного призначення.

Таким чином, аргонодугове зварювання по флюсу дозволяє регулювати термічний цикл зварювання і склад шва, скорочує протяжність зони термічного впливу, усуває пористість швів. Завдяки цим особливостям зварювання неплавким електродом з одночасною активізацією металургійних процесів в зварювальної ванні створюються сприятливі умови для формування якісних зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів без оброблення крайок.[16]

Із довідникової літератури згідно ГОСТ 14771-76 обираємо геометричні розміри зварного з'єднання та їх допустимі відхилення, для товщини S=1,5-3 мм. Схема зварного з'єднання наведена в таблиці 1.2 [5]

Таблиця 1.2. Схема зварного з’єднання[5]

| Умовне позначення зварного з'єднання | Конструктивні елементи | |
|---|---|---|
| | підготовлених кромок зварювальних деталей | шва зварного з'єднання |
| С2 |   |   |

Для покращення якості шва, знизу буде піддув аргону. Конструктивні розміри і допустимі граничні відхилення наведені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3. Конструктивні розміри і допустимі граничні відхилення з'єднання

| S=S1 | B, мм | | e, мм | g, мм | | g1, мм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Номін. | Гран. Відх. | не більше | Номін. | Гран. Відх. | Номін. | Гран. Відх. |
| 1.5 | 0 | +0,2 | 7 | 0 | ±0,5 | 0 | +0,5 |
| 3 | 0 | +0,3 | 8 | 0 | ±1,0 | 0 | +1,0 |

Для даного способу зварювання буде використовуватись захисний газ (AR 1-го сорту), електроди марки СВИ-1 діаметром 2мм., флюс АНТ-23А.

Для зварювання обираємо захисний газ AR 1-го сорту згідно ГОСТ 10157-79.

Застосовувані вольфрамові електроди повинні відповідати вимогам ГОСТ 23949-80 «Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия».

СВИ-1 — ітрирований вольфрамовий електрод. Використовується для зварювання особливо відповідальних конструкцій з вуглецевих, низьколегованих і нержавіючих сталей, титану, міді та їх сплавів на постійному струмі. [6]

Посилаючись на заводську технологію розроблено оптимальний режим зварювання:

- Товщина виробу: –1,5 – 3 мм;
- Діаметр неплавкого електроду: 2 мм;
- Зварювальний струм: 60-110 А;
- Напруга на дузі: 17-20 В;
- Швидкість зварювання: 4-5 м/год;
- Витрати захисного газу на пальник: 25-30 л/хв;

- Витрати захисного газу на піддув: 35-40 л/хв.

## 1.2 Технологічна характеристика способу зварювання

Технологічний процес зварювання розпочинається з установки першого листа в зварювальну позицію, до ножа (упора), який висувається з нижнього зазору стола, та фіксування його зверху електропневмоклапоном (рис 1.1).

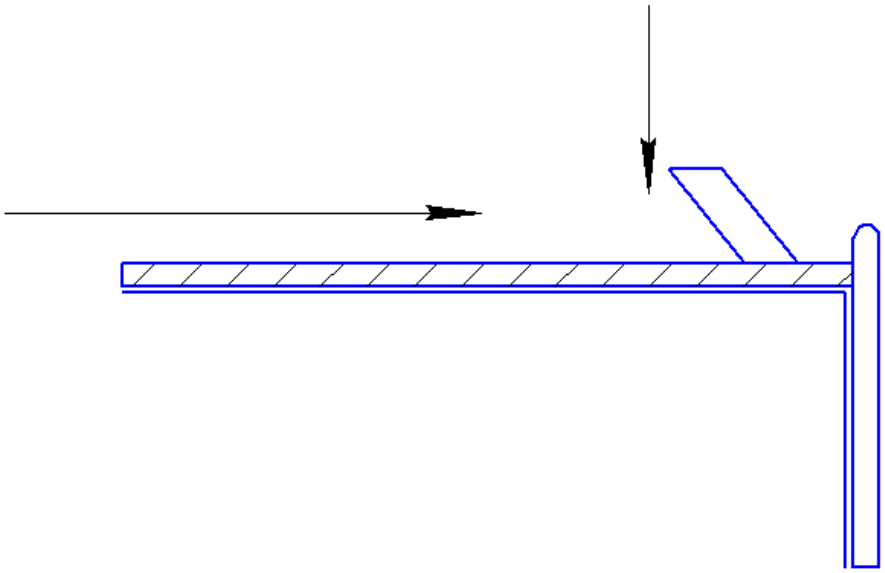


Рис. 1.1. – Фіксування першого листа

Потім ніж відводиться, і вже до зафіксованого листа установлюється інший, без зазору, про це повинні засвідчити відповідні індуктивні датчики. Після встановлення листа в позицію, він також фіксується електропневпоклапаном(рис 1.2).

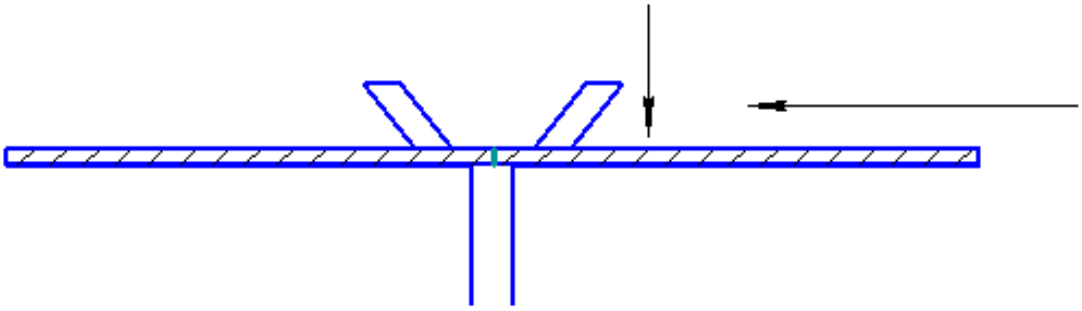


Рис. 1.2. – Фіксування другого листа

Вже до зафіксованих листів установлюються вивідні планки (рис. 1.3)

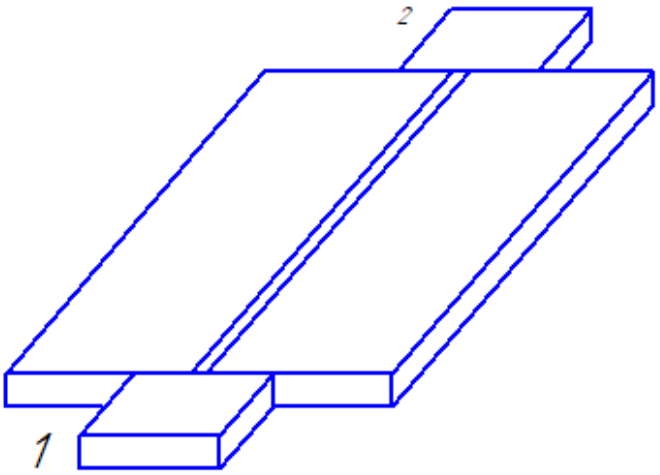



Рис. 1.3. – Установка вивідних планок 1 та 2

Перед початком процесу зварювання потрібно нанести на флюс-пасту АНТ-23А (рис 1.4) та включити продувку газом. Цей процес зварювання з попередньо нанесеним на зварюються кромки флюсом, що забезпечує розширення технологічних можливостей дуги, зокрема, збільшення глибини проплавлення. Для реалізації даного процесу зварювання в автоматичному режимі використовується стандартне обладнання, призначене для зварювання TIG. Флюс, попередньо нанесений на кромки, при аргонодуговому зварюванні викликає різке збільшення глибини проплавлення і зменшення ширини швів.

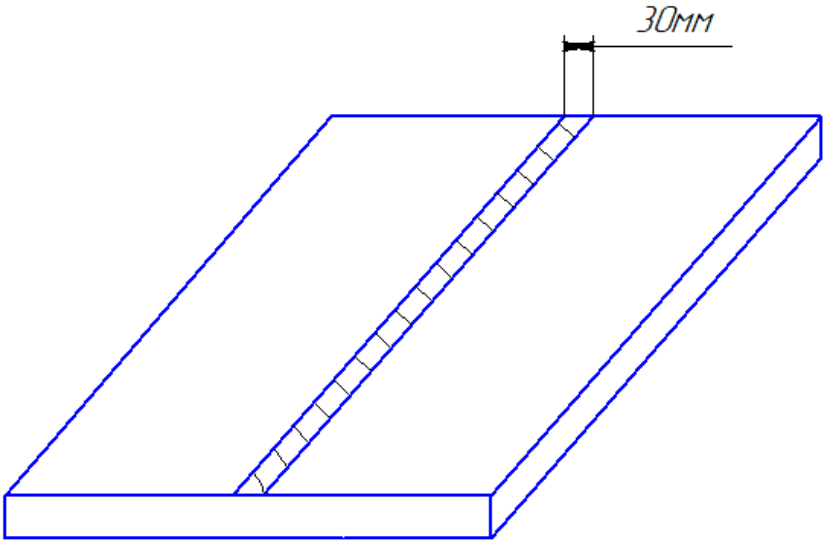



Рис 1.4 – Нанесення флюс-пасти АНТ-23А

При зварюванні неплавким електродом в захисному газі (рис. 1.4.) в зону дуги, що горить між неплавким електродом і виробом через сопло подається захисний газ, що захищає неплавкий електрод і основний розплавлений метал від дії активних газів атмосфери, а також для стійкого горіння дуги.. Теплотою дуги розплавляються кромки зварювального виробу. Розплавлений метал зварювальної ванни, кристалізується, утворює зварний шов.

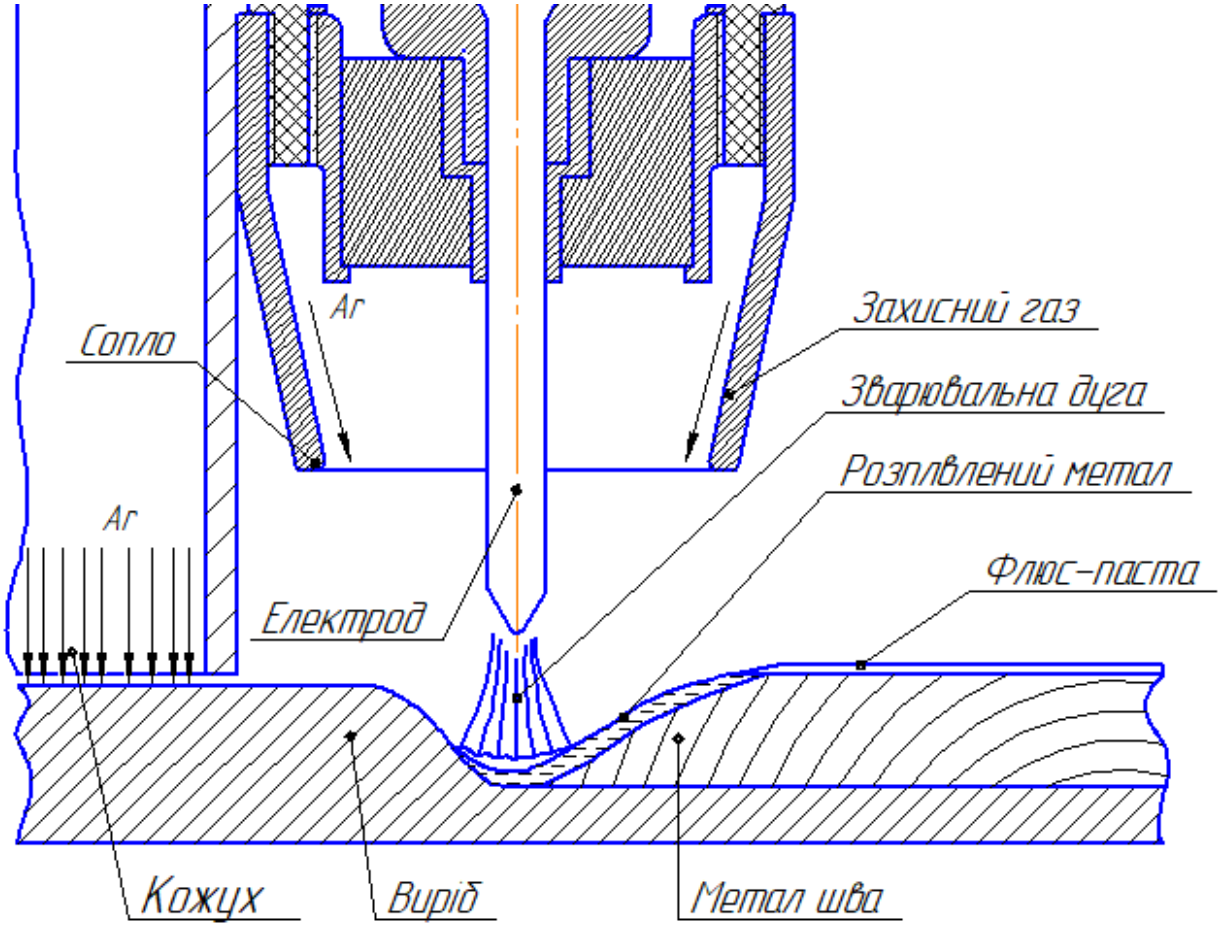



Рис. 1.4. – Схема зварювання неплавким електродом

У процесі зварювальних робіт в якості електрода використовується стержень, виготовлений з вольфраму, температура плавлення якого вище температури, до якої він нагрівається при зварюванні.

Вольфрамовий електрод закріплюється в струмопровідному пристрої спеціального пальника, до якого по гнучких струмоведучих кабелях підводиться

струм та інертний газ - аргон. Струмінь аргону з сопла пальника відтісняє повітря і надійно захищає електрод, дугу і зварювальну ванну від окислення і азотування. Таким чином, процес здійснюється при струменевому захисті зони зварювання від контакту з повітрям.

Після процесу зварювання продувка газом не припиняється до повного охолодження. Знімаються вивідні планки і виріб може бути переданий на інші технологічні операції (ґрунтування, пофарбування).

## 1.3 Аналіз з точки зору автоматизації процесу

Технологічний процес зварювання, може бути порушений за наявністю енергетичних, кінематичних та технологічних збурень.

До *енергетичних* збурень при яких зварюванні титанових листів слід віднести:

- зміна напруги живлючої мережі, внаслідок чого може змінитись струм зварювання;
- зміна напруги на дузі.

До *кінематичних* збурень від:

- нестабільність швидкості переміщення пальника і швидкості подачі присадкового дроту;
- можливе відхилення електроду дуги від лінії з’єднання.

До *технологічних* збурень:

- нестабільність витрат захисного газу, що може призвести до утворення металургійних дефектів;
- зміна зазору в стику.

Зварювальна установка має забезпечувати:

- стабілізацію зварювального струму;
- стабілізацію напруги на дузі;
- стабілізація швидкості переміщення пальника;
- стабільність швидкості подачі присадного дроту;
- стабілізацію витрат захисного газу пальника і на піддув.

Установка має забезпечувати збирання листів в стик без зазору з контролем операції збирання. Конструкція установки має забезпечити переміщення пальна вздовж зварного стику з відхилення мне більше ніж 0,1мм. Система автоматичного керування повинна забезпечити включення і виключення виконавчих пристроїв у відповідності з технологічним процесом.

## 1.4. Вимоги до установки

Установка для дугового зварювання неплавким електродом в середовищі інертних газів повинна:

1) Забезпечувати запалення і живлення дуги;

2) Забезпечувати живлення дуги в межах 60…110 А;

3) Забезпечувати постійну довжину дуги з ручним регулюванням в межах 1-2 мм перед початком зварювання;

4) Забезпечувати встановлення швидкості зварювання 3…15 м/год з точністю 0,05 м/год;

5) Забезпечувати можливість зварювання встик деталей товщиною 1,5…3 мм;

6) Стабілізацію витрат захисного газу в межах: на пальник – 25-30 л/хв, піддув – 35 – 40 л/хв;

7) Забезпечити позиціонування зварювальних листів, та їх фіксацію;

8) Відповідати чинним вимогам безпеки праці і електромагнітної сумісності (ЕМС).

# 2 КОНСТРУКЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

## 2.1 Функціональна схема установки

Склад функціональної схеми (рис. 2.1) визначається вимогами до установки. Функціональна схема містить виріб – «В». Виріб фіксується в позиції зварювання за допомогою пневматичних прижимів, що живляться електропневмоклапанами «ЕПК 1», «ЕПК 2». Пальник «П» розміщується над виробом і під ’єднується до джерела живлення – «ДЖ». Захисний газ подається в пальник від балона (на схемі не позначено), через пристрій стабілізації витрат, редуктор Р, включення/виключення подачі здійснюється електропневмоклапаном «ЕПК 3». Переміщення пальника (горизонтальне), здійснюється пристроєм «ЗР1», довжина дуги, тобто відтань між торцем електрода і виробом встановлюється вручну. Подавання електродного дроту здійснюється приводом. Для контроля якості збирання використовуються датчики зазору «Д6», «Д7». Підпалення дуги здійснюється безконтактно , пристрій збудження дуги є частиною джерела живлення і на функціональній схемі не позначений. Контроль струму і напруги в процесі зварювання здійснюється відповідно датчиками струму і напруги.

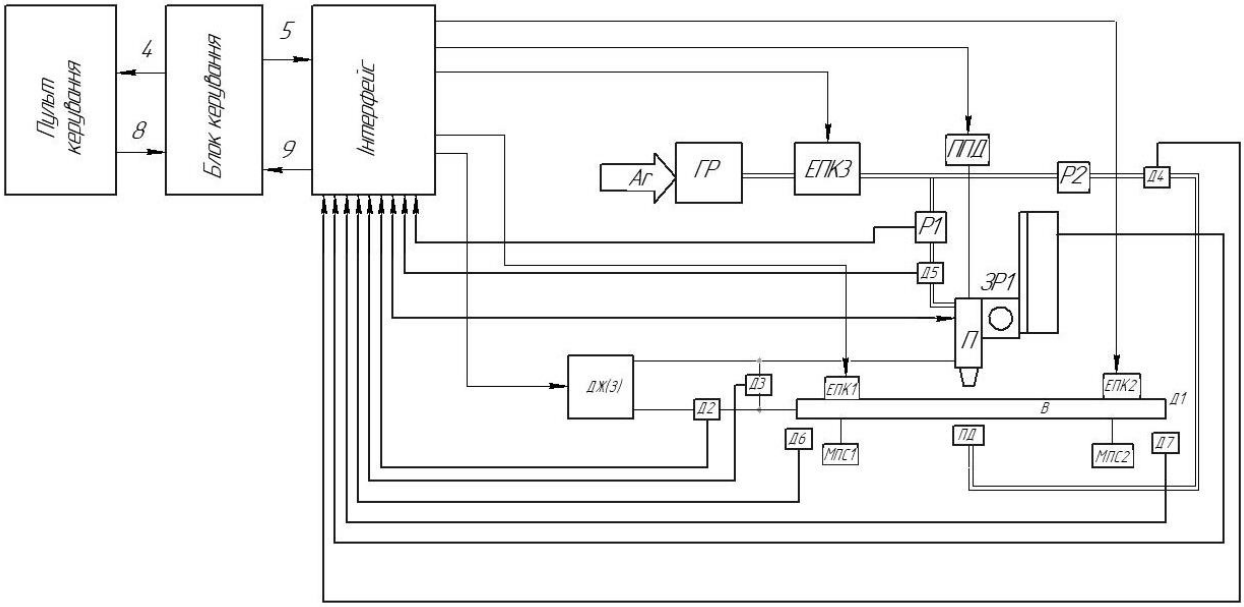



Рис.2.1. - Функціональна схем

Узгоджено роботу всіх елементів функціональної схеми здійснює блок керування. Режим зварювання та операції налагодження здійснюються оператором зварювальної установки через пульт що під'єднаний до блоку керування. Робота функціональної схеми відбувається у відповідності до циклограми (рис 2.2).

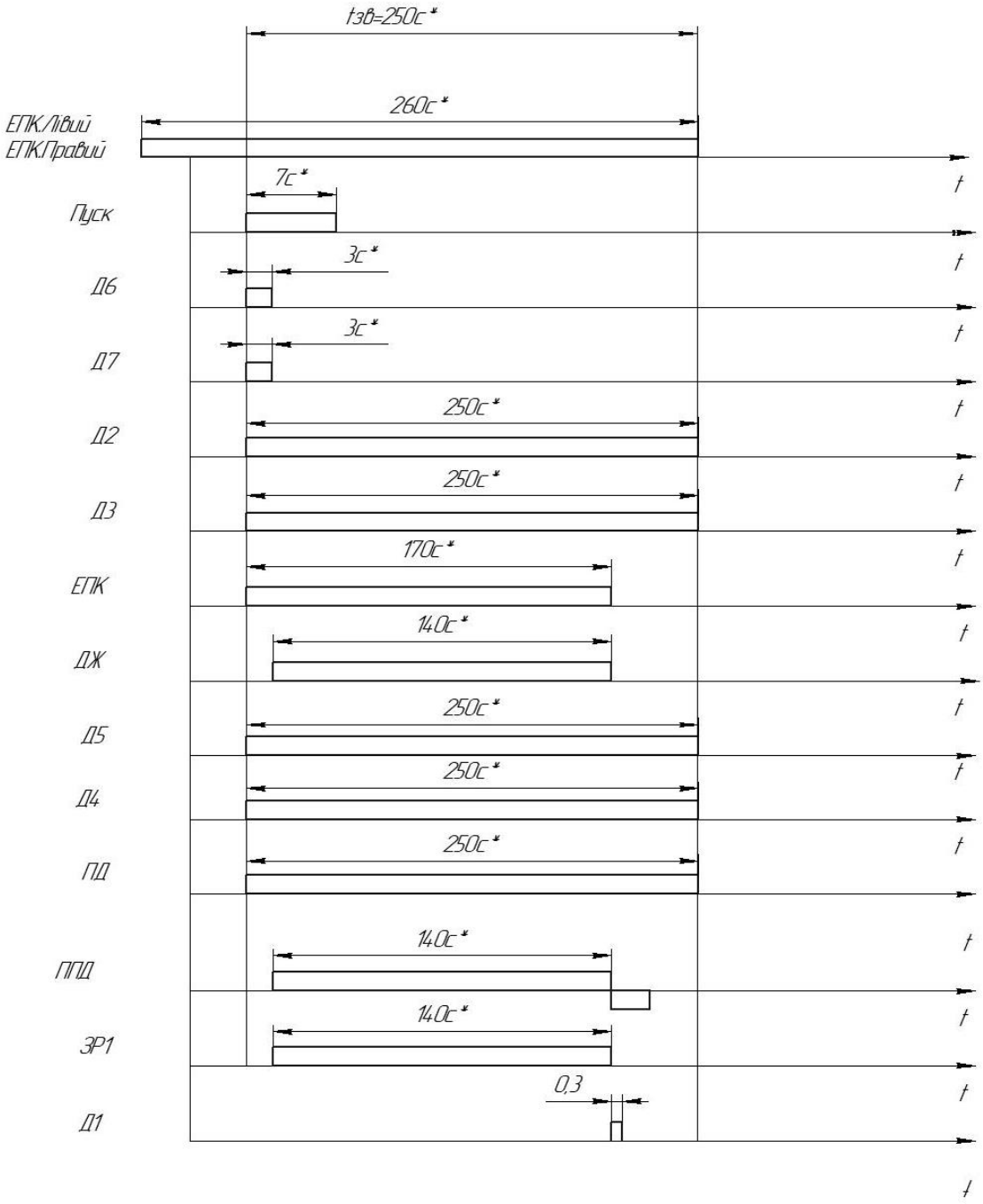



Рис. 2.2. Циклограма роботи установки

На етапі підготовки до зварювання перший лист вручну вставляється в установку до упора у рухомий ніж для розміщення в позицію зварювання. За допомогою пневматичного приводу (ЕПК1) клавішні притискачі фіксують лист для зварювання. Після цього ніж опускається вручну і вставляється другий лист до упора в зафіксований перший. Другий лист за допомогою пневматичного приводу (ЕПК2) і клавішних притискачів фіксується. Команду на вмикання ЕПК1 та ЕПК2 подає зварювальник з пульту керування.

Датчик зазору подає сигнал про відповідність величини зазору заданій. При не відповідності унеможливлюються подальша робота установки і на пульті керування з’являється відповідний сигнал.

Робота установки починається з натискання кнопки "Пуск"(S3) на пульті керування. При цьому включається електропневмоклапан ЕПК3 і починається операція "Продувка газом" для створення захисної атмосфери в зоні зварювання.

Час цієї операції визначається об'ємом пневмосистеми та витратами газу. Після закінчення продувки вмикається джерело живлення і відбувається підпал дуги.

Після підпалення дуги вмикається привод горизонтального переміщення ПГ і починається рух пальника зі швидкістю зварювання вздовж стику. Починається сталий процес зварювання стику листової конструкції. Цей процес триває до спрацьовування кінцевого датчика Д1.

Після спрацьовування кінцевого датчика Д1 вимикається привод горизонтального переміщення ПГ і зупиняється рух пальника. Джерело живлення вмикається на режим заварки кратера і струм зварювання починає

плавно знижуватись. В цей же час привід подачі присадкового дроту вмикається на реверс на час 2с.

Потім зварювальний струм знижується до нуля і джерело живлення ДЖ вимикається. Для уникнення дефектів зварного шву та псування неплавкого електрода подача захисного газу продовжується ще на протязі часу

охолодження. Процес зварювання завершується після вимкнення електропневмоклапана ЕПКЗ. Час зварювання є величиною розрахунковою, оскільки визначається довжиною шва і швидкістю переміщення зварювального пальника. Швидкість переміщення пальника підтримується з певною точністю і завжди відрізняється від номінальної, всі інші часові інтервали є довідниковими.

## 2.2 Конструкція механічної частини

Установка (ЗА71мп.11.00.00.00 СК) є спеціалізованою, призначена для зварювання повздовжніх, прямолінійних швів листів з титанових сплавів.

Вона складається з таких основних вузлів:

- Джерело живлення дуги
- Привод переміщення супорту, зі зварювальним пальником і приводом подавання присадкового дроту.
- Станина
- Затискна оснастка
- Пневмосистема

На рис. 2.3 показано складальне креслення загального вигляду установки. Установка спеціалізована, і призначена тільки для поздовжніх прямолінійних швів.

По *напрямній рамі* (9) за допомогою черв'ячного редуктора лінійно переміщується *пальник*(15), який знаходиться на *каретці* (7). На *столі* (1) розміщують листи. *Балка верхня ліва* (3), та *балка верхня права* (4) фіксують листи для зварювання. Для встановлення листів використовуються столи (на рисунку 2.2 не показані).

За допомогою *пульта керування* (12) налаштовується, починається на закінчується процес зварювання.

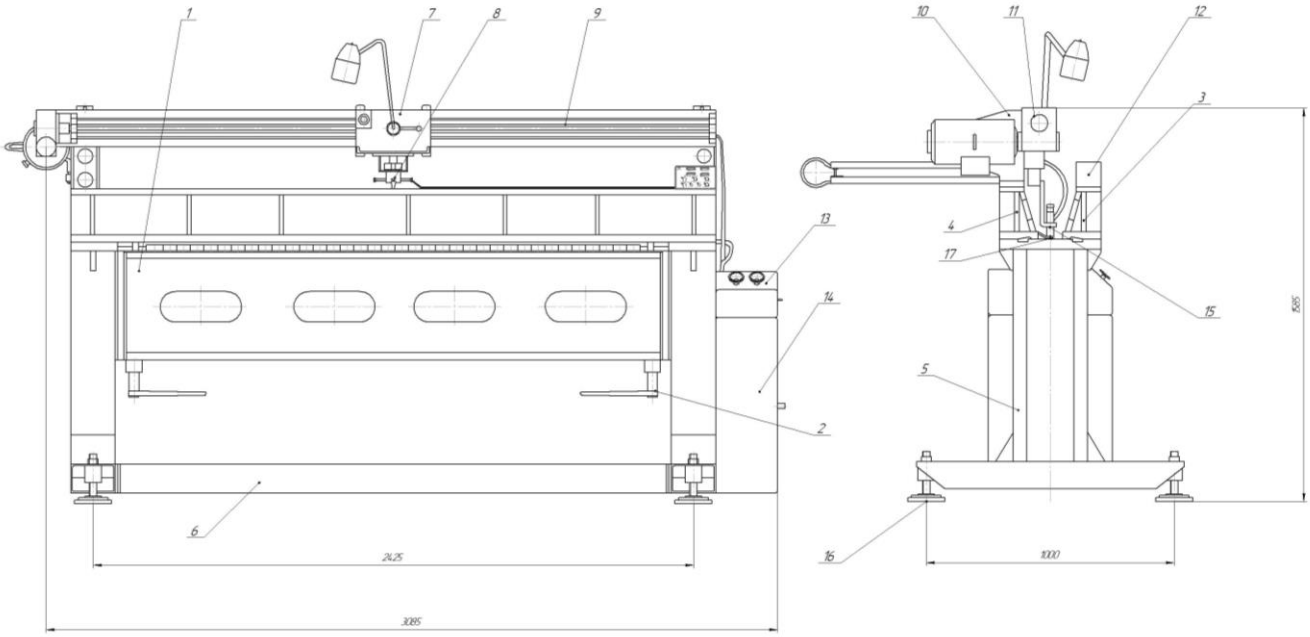



Рис 2.3. Складальне креслення установки. Вигляд загальний.

## 2.3. Схема пневматична

Схема пневматична складається (ЗА-71мп.11.00.00.00 П) з таких основних елементів: клапана газового, ротаметрів, розподільників, рукавів для спрацювання клавіш.

Через шуцер 5 подається вода для охолодження пальника а гаряча вода відводиться від пальника через штуцер 43.

Через штуцер 6 подається повітря, яке проходить через електропневмоклапан 39 та потрапляє в рукав 1, що в свою чергу дає можливість спрацювати клавішам на прижим першого листа. Аналогічно через електропневмоклапан 1 повітря потрапляє в рукав 2 і фіксує клавіші на другому листі.

Аргон на пальник та піддув подається через штуцер 20, до якого під’єднано почергово два ротаметра 40/У-30-28М, через електропневмоклапан та кран-розподільник.

2.4. Вибір двигуна приводу переміщення

Вибір двигуна здійснюється за необхідною потужністю.

Вихідні дані: $m \approx 60$ кг.

Опір пересуванню у період розгону :

$$W = k_p \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_k \frac{f_n \cdot d_B + 2 \cdot \mu_k}{D_k}$$

де, а - можливе прискорення, визначається характеристикою двигуна.

Опір пересуванню: Σ

де Кр - коефіцієнт, що враховує опір тертя реборд об рейки, Кр = 1;

$Q_k$ - навантаження на дане колесо Н,

$f_n$=0.015- коефіцієнт тертя у підшипниках цього (для підшипників ковзання $f_n$= 0.1 для кулькових та роликових $f_n$ = 0.015);

$d_B = 0.02$- діаметр вузла або вісі у місці посадки підшипників, м;

$D_k = 0.037$- діаметр колеса, м.

$\mu_k = 0.0001$– коефіцієнт тертя кочення колеса

$$W = k_p \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_k \frac{f_n \cdot d_B + 2 \cdot \mu_k}{D_k}$$

Приймаємо прискорення: $a$ = 0,001 м/с$^2$;.

Для зварювальних апаратів тракторного типу ($G$ = 600 Н; $l$ = 0,07 м; $l_1$ = 0,02), Н:

$$Q_1 = \frac{G(l - l_1)}{l} = \frac{600(0{,}07 - 0{,}02)}{0{,}07} = 428\text{Н};$$

$$Q_2 = \frac{G \cdot l_1}{l} = \frac{600 \cdot 0{,}02}{0{,}07} = 172\,\text{Н}.$$

Якщо обід ходового колеса циліндричний, а направляючі плоскі, то тиск ходового колеса на площину спрямляючої дорівнює значенню реакції ходового колеса, тобто:

$S_0 = Q = 428$ Н.

За знайденими контактними навантаженнями та прийнятими розмірами ходових коліс визначають контактне напруження. Ефективне напруження у точковому контакті, Па:

У лінійному контакті коліс, Па:

$$\sigma_e = 0.167 \cdot K_f \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot E}{h \cdot r_1} \cdot K_H} \leq [\sigma_e]$$

де *Kf* – коефіцієнт, що враховує вплив тангенціальних сил тертя, приймають *Kf* = 1,05...1,1; *P* – максимальне навантаження на ободі ходового колеса, Н (при плоских рейках *P* = *Q* при клиноподібних *P* = *S*); *E* – приведений модуль пружності, *E* = 2*E*1*E*2/(*E*1+*E*2); *E*1, *E*2 – модулі пружності матеріалу відповідно ободу колеса та голівки рейки, Па; *К*н – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження по ширині рейки, для коліс з точковим контактом *К*н = 1,1, з лінійним – 1,2

Приймаємо $K_f$ = 1,05; P=428 Н $E_1$=$E_2$ =2·10$^{11}$ Па – приведений модуль пружності сталі; $K_н$ = 1,2;$W_Т$ =2,5 $[\sigma_e]$ = 0.2*НВ=0.2*50=10МПа

Те саме у лінійному контакті коліс (*h* = 0,017 м):

$$\sigma_e = 0{,}167 \cdot 1{,}05 \cdot \sqrt{\frac{428 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{0{,}017 \cdot 0.0185} \cdot 1{,}2} \leq [\sigma_e] \text{ Па.}$$

$\sigma_e = 10M$Па≤$[\sigma_e]$=10МПа

Умова зчеплення за усталеним рухом візка:

$$K_з = \frac{0{,}15 \cdot 428}{2{,}5} = 25 \geq 2 \text{ – виконується.}$$

Прийнявши ψ = 0,15, визначимо зчеплення при русі, який не встановився (у період розгону візка):

$$K_з = \frac{0{,}15 \cdot 428}{2{,}5 + 500 \cdot 0{,}001} = 21{,}4$$

Поклавши $k_р = 1$; $f_п = 0{,}015$; $D_к = 37$ мм; $\mu_к = 0{,}1 \cdot 10^{-3}$ м; $d_В = 0{,}02$ м, визначимо опір пересуванню:

$$W_n = k_p \cdot \sum_{i=1}^{n} Q_к \cdot \frac{f_n \cdot d_В + 2\mu_к}{D_к} = 1 \cdot (428 + 172) \cdot \frac{0{,}015 \cdot 0{,}02 + 2 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3}}{0{,}037} = 570 \text{ Н.}$$

Опір пересуванню протягом розгону:

$$W_{пр} = W_n + m \cdot a = 570 + 60 \cdot 0{,}001 = 570{,}06 \text{ Н.}$$

Потужність приводу (при $V = 0{,}035$; $\eta = 0{,}7$):

$$N = \frac{W_{пр} \cdot V}{\eta} = \frac{570{,}06 \cdot 0{,}025}{0{,}07} = 203{,}6 \text{ Вт.}$$

Таким чином відповідно до розрахунків обираємо електродвигун постійного струму з постійними магнітами потужністю 250Вт - 2П-И 100 МУ4, технічні характеристики приведені в табл. 2.1.

Табл. 2.1 – Технічні характеристики 2П-И 100 МУ4

| | |
|---|---|
| Напруга живлення | 220 В |
| Номінальна частота обертання | 1120 об/хв |
| Максимальна частота обертання | 2000 об/хв |
| ККД | 57% |
| Індуктивність ланцюга якоря | 297 мГн |

2.5. Вибір двигуна подачі електродного дроту

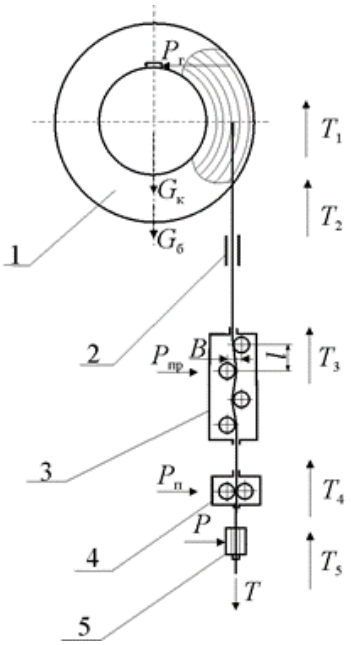
Розрахунок роликового механізму подачі електродного дроту зварювальної установки.

Вихідні дані:

- de = 2 мм,
- Imin = 60 А,

- Imax = 110 А,
- матеріал електроду – ітрирований вольфрам.

Схему розрахунку наведено на рис. 5.1.




1 – касета з бухтою дроту; 2 – направляюча; 3 – правильний механізм; 4 – вузол подачі; 5 – мундштук струмовідводу

Рис. 2.4. Схема дії зусиль при розрахунку роликового механізму подачі електродного дроту

Приймаємо коефіцієнт розплавлення $\alpha_р$ = 20 г/А; густина електрода $\gamma_е$ =7860 кг/м$^3$.

Визначаємо відповідно максимальну та мінімальну швидкість подачі електроду, м/с:

$$V_{e\max} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{\max}}{\pi \cdot d_{e\min}^2 \cdot \gamma_e} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 500}{\pi \cdot (0{,}8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7860} = 25{,}12$$

$$V_{e\min} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{\min}}{\pi \cdot d_{e\max}^2 \cdot \gamma_e} = \frac{4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{\pi \cdot (1{,}4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7860} = 1{,}65$$

Приймаємо діаметр ролика, що подає дріт, $d_р = 50 \cdot 10^{-3}$ м.

Значення $V_е$ дозволяють визначити відповідно максимальну, мінімальну і середню частоту обертання ведучого ролика, $с^{-1}$:

$$\omega_{p\max}^n = \frac{V_{e\max}}{\pi \cdot d_p} = \frac{10{,}12}{\pi \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 64{,}43$$

$$\omega_{p\min}^n = \frac{V_{e\min}}{\pi \cdot d_p} = \frac{1{,}65}{\pi \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 10{,}5$$

$$\omega_{pср} = \omega_{p\min} \cdot \sqrt{\frac{\omega_{p\max}}{\omega_{p\min}}} = 10{,}5 \cdot \sqrt{\frac{64{,}43}{10{,}5}} = 26{,}01$$

Для визначення тягового зусилля механізму постачання $T$, необхідно знати опір проходженню дроту на всіх ділянках його руху. При цьому тягове зусилля має бути не меншим за:

$$T \geq T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

де $T_1$ – опір змотуванню дроту з касети, Н; $T_2$ – опір проходженню дроту крізь спрямляючі, Н; $T_3$ – опір проходженню дроту крізь правильний механізм, Н; $T_4$ – опір проходженню дроту крізь вузол постачання; Н; $T_5$ – опір проходженню дроту крізь мундштук, Н.

З урахуванням сил, що діють на касету з дротом, опір її змотуванню визначається із залежності:

$$T_1 = \frac{\frac{P_Г \cdot D_{\min} \cdot \mu_T}{2} + \sqrt{(G_K + G_Б)^2 + P_Г^2} \cdot \frac{d_K \cdot \mu_K}{2}}{D_{\max} + \frac{d_K \cdot \mu_K}{2}} \qquad (5.2)$$

де $P_г$ – гальмуюча сила, Н; $D_{min}$, $D_{max}$ – відповідно мінімальний та максимальний діаметри бухти з дротом, м; $\mu_т$ – коефіцієнт тертя гальмівної колодки; $G_б$ та $G_к$ – вага відповідно бухти з дротом і касети без дроту, Н; $d_к$ – діаметр цапфи касети, м; $\mu_к$ – коефіцієнт тертя цапфи касети.

Приймаємо $P_г$=5 Н, $D_{max} = 50 \cdot 10^{-3}$ м; $D_{min} = 30 \cdot 10^{-3}$ м; $G_б = 300$ Н; $G_к = 500$ Н; $\mu_т =$

0,25; $\mu_к = 0,12$; $d_к = 15\cdot10^{-3}$ м. Опір змотуванню касети складе:

$$T_1 = \frac{\frac{P_Г \cdot D_{\min} \cdot \mu_T}{2} + \sqrt{(G_K + G_Б)^2 + P_Г^2} \cdot \frac{d_K \cdot \mu_K}{2}}{D_{\max} + \frac{d_K \cdot \mu_K}{2}} =$$

$$= \frac{\frac{5\cdot30\cdot10^{-3}\cdot0,25}{2} + \sqrt{(500+300)^2+5^2} \cdot \frac{15\cdot10^{-3}\cdot0,12}{2}}{50\cdot10^{-3} + \frac{15\cdot10^{-3}\cdot0,12}{2}} = 14,5\ H$$

Опір проходженню дроту крізь спрямляючі при їх вільному закріпленні незначний. При жорсткому закріпленні цей опір залежить від довжини та кривизни спрямляючих. Зазвичай значення $T_2$ обирають у межах 30... 60 Н. Приймаємо опір проходженню через напрямну $T_2$ = 50 Н.

Опір:

$$T_3 = \frac{0,24\cdot d_e^3\cdot\sigma_T}{\ell}\cdot\left[\frac{\sin2\alpha\cdot(n-2)}{\cos\alpha} + 2\cdot n\cdot K_e\cdot\frac{\mu\cdot d + 2\cdot f}{D}\right]$$

де $d_е$ – діаметр дроту, м; $\sigma_т$ – границя текучості матеріалу дроту, Па; $l$ – відстань між двома сусідніми правильними роликами, м; $\alpha$ – кут між віссю правильного механізму та напрямком прикладання сили тяги; $n$ – кількість роликів; $K_е$ – коефіцієнт тертя канавки ролика об дріт; $\mu$ – коефіцієнт тертя в підшипнику; $d$ – середній діаметр підшипника кочення; $f$ – коефіцієнт тертя кочення ролика по дроту; $D$ – діаметр ролика.

Кут $\alpha$ визначають із співвідношення:

$$tg\alpha = \frac{2B}{\ell}$$

де $B$ – величина прогину дроту, м.

Прийнявши $\mu$ = 0,03; $d = 15\cdot10^{-3}$ м; $f = 0,075\cdot10^{-3}$ м; $D = 30\cdot10^{-3}$ м; $d_е = 1\cdot10^{-3}$ м; $\ell = 8\cdot10^{-3}$ м; $K_е$=1,5; $\sigma_т = 7*10^6$, визначаємо опір проходженню дроту через роликовий правильний механізм. Кут $\alpha$ визначимо із співвідношення ($B = 4\cdot10^{-3}$ м):

$$tg\alpha = \frac{2B}{\ell} = \frac{2\cdot4\cdot10^{-3}}{8\cdot10^{-3}} = 1$$

Тоді:

$$T_3 = \frac{0{,}24 \cdot d_e^3 \cdot \sigma_T}{\ell} \cdot \left[ \frac{\sin 2\alpha \cdot (n-2)}{\cos\alpha} + 2 \cdot n \cdot K_e \cdot \frac{\mu \cdot d + 2 \cdot f}{D} \right] =$$

$$= \frac{0{,}24 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 7}{8 \cdot 10^{-3}} \cdot \left[ \frac{\sin 2 \cdot 45^o (5-2)}{\cos 45^o} + 2 \cdot 5 \cdot 1{,}5 \cdot \frac{0{,}03 \cdot 15 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0{,}075 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}} \right] = 9{,}54\ H$$

Втрати у роликовому вузлі подачі складаються з опору сил тертя кочення роликів по дроту та опору в підшипниках ролика, що притискається.

$$T_4 = P_n \cdot \left( \frac{f_1 \cdot d + 2 \cdot f_2}{D_x} n_x + \frac{2 \cdot f_2}{D_B} n_B \right) \cdot K_1 \cdot K_2 \qquad (5.5)$$

де: $P_n$ – зусилля притискання дроту, Н; $f_1$ – коефіцієнт тертя у підшипнику притискного ролика; $d$ – середній діаметр підшипника; м; $f_2$ – коефіцієнт тертя кочення ролика по дроту; $D_X$ – діаметр притискного ролика, м; $D_в$ – діаметр ведучого ролика, м; $n_x$ – число холостих притискних роликів; $n_B$ – число ведучих роликів; $K_1$ – коефіцієнт, що враховує додаткові опори, які залежать від типу роликів; $K_2$ - коефіцієнт, що враховує точність виготовлення. Поклавши $f_1 = 0{,}03$; $d = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $f_2 = 0{,}075 \cdot 10^{-3}$ м; $P_n = 1000$ Н; $K_1 = 1{,}3$; $K_2 = 1{,}3$; $D_x = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $D_в = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $n_x = 3$; $n_в = 2$, маємо:

$$T_4 = P_n \cdot \left( \frac{f_1 \cdot d + 2 \cdot f_2}{D_x} n_x + \frac{2 \cdot f_2}{D_B} n_B \right) \cdot K_1 \cdot K_2 =$$

$$= 1000 \cdot \left( \frac{0{,}03 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0{,}075 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot 3 + \frac{2 \cdot 0{,}075 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot 2 \right) \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}3 = 202{,}8\ H$$

Конструкція мундштука – втулковий. Для колодкових, втулкових та чобіткових конструкцій мундштука:

$$T_5 = K \cdot P \cdot \mu$$

де $P$ – зусилля затискання дроту у струмопровідному контакті, Н.

Опір $T_5$ струмопідвідного мундштука ($K = 1{,}7$; $\mu = 0{,}5$; $P = 100$ Н) складе:

$$T_5 = K \cdot P \cdot \mu = 1{,}7 \cdot 100 \cdot 0{,}5 = 85 \text{ Н.}$$

Загальне тягове зусилля:

$$T \geq T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 = 14{,}5 + 50 + 9{,}54 + 202{,}8 + 85 = 361{,}84 \text{ Н.}$$

ККД роликового механізму визначаємо як відношення ефективного зусилля постачання до теоретичного:

$$\eta_i = \frac{T - T_4}{T} \cdot 100\% = \frac{361{,}84 - 202{,}8}{361{,}84} \cdot 100\% = 44\%$$

Приймаємо коефіцієнт надійності подачі $K_н$ = 1,75. ·

Потужність приводу подачі електроду, Вт ($V_e = V_{\max} = 0{,}14$):

$$N = \frac{T \cdot V_e \cdot n_e}{\eta_M \cdot \eta_P} \cdot K_н = \frac{361{,}84 \cdot 0{,}014 \cdot 1}{0{,}12 \cdot 0{,}6} \cdot 1{,}75 = 120 \text{ Вт.}$$

Таким чином відповідно до розрахунків обираємо електродвигун постійного струму з постійними магнітами потужністю 170Вт - 2ПН90МУХЛ4, технічні характеристики приведені в табл. 2.2.

Табл. 2.2 – Технічні характеристики 2П-И 100 МУ4

| | |
|---|---|
| Напруга живлення | 220 В |
| Номінальна частота обертання | 750 об/хв |
| Максимальна частота обертання | 1500 об/хв |
| ККД | 56% |
| Індуктивність ланцюга якоря | 514 мГн |

## 2.6 Зварювальне джерело живлення

Джерело живлення для заданого способу зварювання має бути постійного струму з крутоспадною вольт-амперною характеристикою і з ПВ 80% на струмі 60-110А. Таким вимогам відповідає зварювальний випрямляч Telwin Etronithy 400 CE.

Випрямляч типу Telwin Etronithy 400 CE призначений для живлення установок автоматичної, напівавтоматичної і ручного зварювання, безперервної та жароміцних, нержавіючих сталей і титанових сплавів в середовищі аргону. Випрямляч має вбудований пристрій для запалювання дуги. Джерело живлення має можливість дистанційного керування.

Рис 2.4  Випрямляч універсальний Telwin Etronithy 400 CE

Конструктивно випрямляч (рис 2.4) виконаний у вигляді шафи зварної конструкції зі знімними стінками і кришкою. На кришці розташований кронштейн для транспортування.

На передній панелі випрямляча розташовані сигнальні лампи, кнопкові вимикачі "Увімкнути" і "Вимкнути" системи управління, роз'єми для підключення зварювального кола, осцилятора і живлення ручного пальника. Випрямляч оснащений пультом управління для дистанційного включення/відключення процесу зварювання, управління струмом зварювання і аварійного відключення випрямляча. Для зручності переміщення випрямляч забезпечений колесами. [12] Технічні характеристики наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Технічні характеристики джерела струму Telwin Etronithy 400 CE [13]

| Назва параметру | Значення |
|---|---|
| Діапазони регулювання зварювального струму зварюванні, А | 25-350 |
| Номінальна робоча напруга, В | 30 |
| Споживана потужність, кВА | 21 |
| Номінальна напруга трифазної мережі живлення частотою 50 Гц, В | 380 |
| Напруга холостого ходу, В | 85 |
| Габарині розміри, Д/В/Ш, мм | 1000x540x760 |
| Маса, кг | до 240 |

## 2.7 Схема електрична принципова

Схема електрична принципова (ЗА-71мп.11.00.00.00 Е3) містить пульт А1, контролер А2, зварювальне джерело живлення G1, електропривод подачі присадкового дроту А4 з двигуном М2, та електропривід переміщення супорта А3 з двигуном М1, датчиків струму BS3 і напруги BS1, електропневмоклапани Y1, Y2, Y3, датчики зазору BS3, кінцевий датчик BS4.

*Контрлер* А2 марки ZEN-20C. Модулі програмованого реле ZEN з 20 точками входів / виходів забезпечують 12 виходів і 8 виходів в одному модулі. Тому було вирішено розширити його до 20-ти точок входів/виходів (ZEN20C). Дане реле є свого роду нескладними програмуючим логічним контролером, який можна застосовувати для автоматизації локальних контурів, окремих частин механізмів і ін.[23]

Рис. 2.5 Контролер ZEN-20C

Таблиця 2.4. Технічні характеристики ZEN-20C

| | |
|---|---|
| Кількість точок вводу-виводу ZEN-20C | 12 входів, 8 виходів |
| Кількість точок вводу-виводу ZEN-10C | 6 входів, 4 виходів |
| Тип дисплею | Рідкокристалічний |
| Напруга джерела живлення | 12-24 В постійного струму |
| Діапазон робочої напруги | Від 10,8 до 28,8 В постійного сруму |
| Аналогові виходи | Присутні |
| Метод управління | Програмне |
| Метод управління входом-виходом | Циклічне сканування |
| Мова програмування | Багатоступенева схема |
| Маса ZEN-20C/ ZEN-10C | 350г/300г |

Контролер G2 живиться від *блоку живлення* G2 PSL1 060 24. Технічні характеристики наведені в табл. 2.5

Рис. 2.6 Блок живлення PSL1 060 24

Таблиця 2.5. Технічні характеристики PSL1 060 24

| | |
|---|---|
| Вхідна напруга | 24 В DC |
| Потужність | 60 Вт / 2,4 А |
| Габаритні розміри, В х Ш х Г | 90 х 40,5 х 115 |
| Температура оточуючого середовища | -10…+70 |
| Вхідна напруга | 100-240VAC |

А3; А4 – ЕМ241В - компактний одно квадрантний *привід* постійного струму без корпусного виконання. Це недорога моделі з ізольованим електронним блоком, призначені для управління двигунами з номінальним струмом обмотки якоря до 48 А. Завдяки достатньої кількості дискретних і аналогових входів виходів, компактному розміру, простоті настройки, створення систем управління із застосуванням цих приводів не вимагає великих затрат часу та ресурсів.

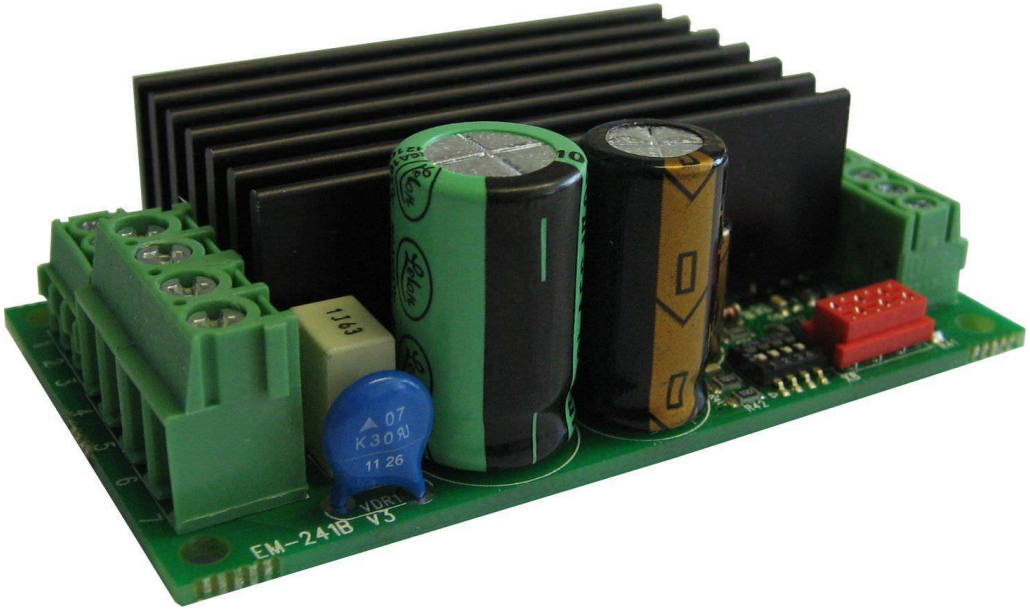



Рис. 2.4 Електропривід ЕМ241В

Таблиця 2.6. Технічні характеристики EM241B

| | |
|---|---|
| Напруга живлення | 10-35 В |
| Межа перевищення напруги | 15-40 В |
| Неперервний струм двигуна | 15 А |
| Максимальний струм двигуна | 30 А |
| Перегрів | 100 °С |
| Вхідні керувальні сигнали, високі | 4-30 В |
| Вхідні керувальні сигнали, низькі | 0-1 В |
| Габарити | 72х42х25 мм |
| Вага | 80 г |

Y1 - *Електропневмоклапан газовий* Camozi CFD 2/2NC NO

Рис. 2.5 Електропневмоклапан газовий Camozi CFD 2/2NC NO

Таблиця 2.7. Технічні характеристики Camozi CFD 2/2NC NO

| | |
|---|---|
| Тип розподільника | 2/2Н.З |
| Дія | Прямої дії, з зовнішнім живленням |
| Номінальний діаметр | 1,4…50мм |
| Номінальна витрата | 0,14…36,0 л/хв |
| Робочий тиск | 0+0,8…22 бар |
| Робоча температура | -10°С + 90°С … 140 °С |

| | |
|---|---|
| Робоче середовище | повітря, вода, інші рідини і газоподібне середовище з вязкістю не більше 37 сСт |
| Напруга живлення | 24 V DC |
| Споживана потужність | 10 … 30 W (DC) |
| Установка | В любому положені |

Y2, Y3 – *Розподільник* П-РЭ-3/2, 5-1112УХЛ4;

Рис. 2.6 Розподільник П-РЭ-3/2, 5-1112УХЛ4

Таблиця 2.8. Технічні характеристики П-РЭ-3/2, 5-1112УХЛ4

| | |
|---|---|
| Условний прохід | 2,5 мм |
| Номінальний тиск | 1,0 МПа |
| Пропускна спроможність, не менше | 0,16 $м^3$/ч |
| Час спрацювання включання | 0,025 с |
| Час спрацювання виключання | 0,012 с |
| Максимальне число переключень в хвилину | 500 |
| Номінальна напруга живлення | 12/24/48 В |
| Номінальна споживна потужність | 12/22/28 Вт |
| Маса | 0,5 кг |

М1 – *Електродвигун* переміщення каретки 2ГН100МУ4, 0,25кВт; 220В, 50 Гц. Характеристики та опис наведений під розділі 2.4

М2 – *Двигун* для подачі присадкового дроту 2ПН90МУХЛ4, 0,17кВт. Характеристики та опис наведений під розділі 2.5

Для контролю рівня струму і напруги використовується датчик с HCS-LTR (рис. 2.8) і LV 25-P/SP5 (рис2.7) відповідно.

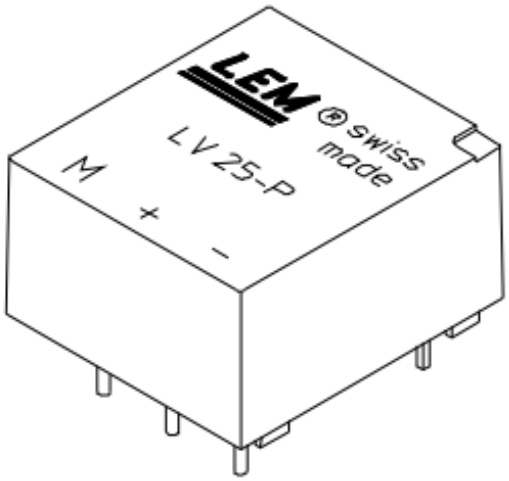



Рис. 2.7 Індуктивний датчик напруги LV 25-P/SP5

Таблиця 2.9. Технічні характеристики HCS-LTR

| | |
|---|---|
| Номінальний вхідний струм, мА | 10 |
| Діапазон перетворення, мА | 0…±14 |
| Величина навантажувального резистора при ±15В, $R_{min}$, Ом | 100 |
| Величина навантажувального резистора при ±15В, $R_{max}$, Ом | 340 |
| Напруга живлення, В | ±15 |
| Струм споживання, мА | 35 |
| Вага | 22г |

Датчик струму - BS2 - HCS-LTR

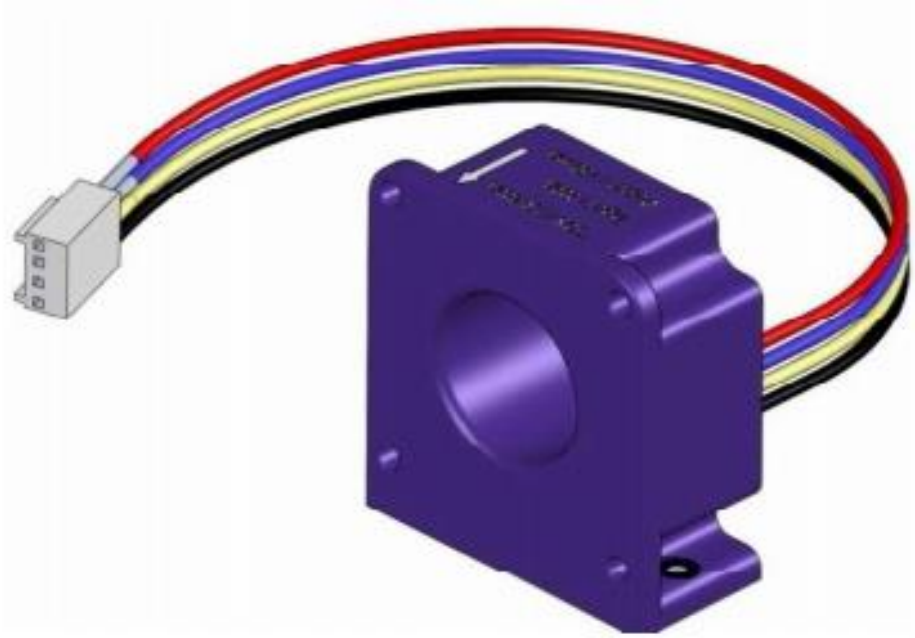


Рис. 2.8 Індуктивний датчик струму HCS-LTR

Таблиця 2.10. Технічні характеристики HCS-LTR

| | |
|---|---|
| Напруга живлення, В | ± 12/±18 |
| Ном. первинний струм, А | 100 |
| Макс. первинний струм, А | ±300 |
| Тип контура | Замкн. контур |
| Рівень вихідного сигналу, мА | 50 |
| Точність | ±0,5 |
| Монтаж | Первинна через отвір. Установка на рейці |

BS3 - Balluff M30MI - Датчик зазору

Рис. 2.9 Індуктивний датчик BES M30MI

Таблиця 2.11. Технічні характеристики BES M30MI

| | |
|---|---|
| Розмір | Ø 30 x 65 мм |
| Конструкція | M30x1,5 |
| Дальність дії | 15 мм |
| Переключаючи вихід | PNP замикаючий контакт (NO) |
| Частота переключення | 100 Гц |
| Матеріал корпуса | латунь |
| Захист поверхні | з без нікелевим покриттям |
| Робоча напруга | 10...30 VDC |
| Ступінь захисту | IP67 |

Кінцевий, індуктивні датчики PRT08 зазору(рис. 2.6) які розміщуються між кромками титанових листів. Потрібні для швидкого і точного виставляння потрібної відстані між кромками. Спрацьовує при підходженні пальника до нього, віддає сигнал про закінчення зварювання.

Рис. 2.10 – Індуктивний кінцевий датчик PR08

Таблиця 2.12. Технічні характеристики PR08

| | |
|---|---|
| Тип підключення | 2-х провідний |
| Матеріал корпуса | латунь |
| Напруга живлення, В | 0…30 |
| Тип напруги живлення | DC |
| Розмір | 8х8х30мм |

А1 – пульт управління установкою рис.2.1, розроблений індивідуально для установки, та процесу зварювання титанових листів. На ньому знаходяться індикаційні світлодіоди до кожної кнопки, та індикація «Мережі». Також з відповідних датчиків виводяться величини «Струму(А)», «Напруги(В)», «Швидкості подачі дроту», «Швидкість зварювання». Коли зазор між кромками титанових листів перевищує потрібний, загорається сівтодіод «Невідповідний зазор»

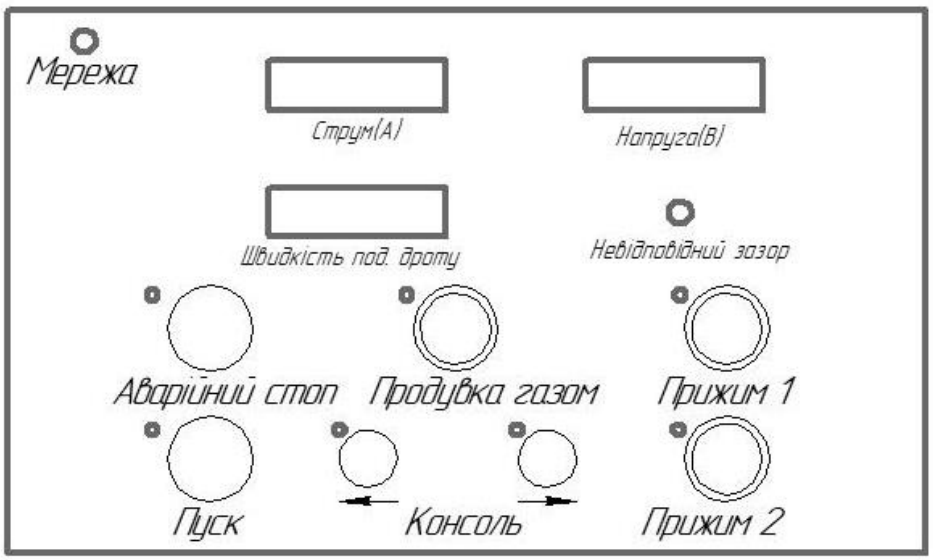



Рис. 2.11 – Пульт управління

# 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дуже часто при виробництві продукції виникають ситуації коли на робітників та навколишнє середовище можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори. Саме тому питання охорони праці є важливим і актуальним при розробці технологічних процесів і у промисловості в цілому.

Метою розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях є аналіз небезпечних факторів, що можуть призвести до негативних наслідків для обслуговуючого персоналу та їх уникнення. Також розділ включає вимоги до промислової санітарії і техніки безпеки, до устаткування та технологічних процесів, загальні вимоги до устрою підприємств і цехів. Крім того, визначення джерела забруднення навколишнього середовища в умовах конкретного виробництва і основні напрямки та методи захисту довкілля.

## 3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Розглянутий метод зварювання вимагає дотримання певного комплексу правил техніки безпеки і охорони праці, які повинні знаходити відображення в технологічних картах і строго дотримуватися при виконанні зварювальних робіт.

Основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що виникають при автоматичному аргоно-дуговому зварюванні металів наведено в табл. 4.1

Таблиця 3.1. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

| Види процесів | Шкідливі виробничі фактори | | | | | | | | | | Небезпечні виробничі фактори | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Шкідливі речовини | Випромінювання в оптичному діапазоні | | | Електромагнітні | Магнітні поля | Іонізуючі випромінювання | Шум | Ультразвук | Статичне нвантаження на руку | Електричний струм | Іскри, бризки і викиди розплавленого металу | Механізми і вироби, що рухаються | Системи, які знаходяться під тиском |
| | | Ультрафіолето | Видиме | інфрачервоне | | | | | | | | | | |
| Дугове зварювання | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | - | + | - | - | ++ | ++ | ++ | ++ |

Примітки: ++ – інтенсивний фактор; + – помірний фактор; (-) – незначний фактор чи його відсутність

## 3.2. Мікроклімат

Мікроклімат, або метеорологічні умови, у промислових умовах визначаються наступними параметрами: температурою повітря ($^0$C), відносною вологістю (%) та швидкістю руху повітря на робочому місці (м/с). Основні вимоги до параметрів мікроклімату встановлено в ГОСТ 12.1.005 – 88, ССБН 12.1.007 – 76.

Джерелами теплоти в даному приміщенні є люди, електроустаткування, а також освітлювальні прилади. Зовнішнім джерелом надлишкового тепла є сонячна радіація у світлий час доби.

У приміщеннях з використанням зварювальної техніки рекомендується застосування тільки оптимальних показників мікроклімату, тобто таких, при яких людина почуває себе задовільно. У табл. 3.2. наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату.

Таблиця 3.2. Параметри мікроклімату

| Сезони року | Параметри мікроклімату | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Оптимальні | | | Фактичні | | |
| | Температура, °С | Вологість, % | Швидкість повітря, м/с | Температура, °С | Вологість, % | Швидкість повітря, м/с |
| Теплий | 23-25 | 40-60 | 0,1 | 23-25 | 40-50 | 0,1 |
| Холодний | 22-24 | 40-60 | 0,1 | 22 | 40-50 | 0,1 |

## 3.3. Шкідливі речовини

Під час виробничої діяльності в повітряне середовище потрапляють різні шкідливі речовини. До шкідливих речовин відносять: пил, пар, газ.

Причиною виникнення ЗА являється нагрівання і розплавлення основного металу(титану), так як зварювання проводиться вольфрамовим електродом. Крім ЗА, під час зварювання в захисних газах в зоні зварювальної дуги утворюються і шкідливі газоподібні речовини, склад яких визначається складом захисного газу. Під час зварювання у вуглекислому газі в повітря робочої зони виділяється

монооксид вуглецю (чадний газ) з інтенсивністю 0,100...0,200 г/хв та оксиди азоту - 0,003...0,015 г/хв.

Через те що зварювання проходить на відносно малих струмах (Ізв=60..70А), і досить повільно то відповідно кількість ЗА та інших шкідливих речовин досить не велике. Виходячи з цього буде достатньо витяжного парасоля, який буду знаходитись над установкою, по всьому його периметру.

## 3.4. Освітлення

Освітлення робочого місця – важливий фактор для створення нормальних умов праці. Практично виникає необхідність освітлення як природним, так і штучним світлом. Штучне освітлення, необхідне як важливий фактор для приближення нічних умов праці к денним.

Штучне і природне освітлення приміщення повинно забезпечувати деяким параметрам. Характеристика зорової роботи – середня точність (0,5 - 1 мм), під розряд зорової роботи – IIIа.

Для створення достатнього освітлення поля зору робітника рівномірно розподіленим світловим потоком використовують штучне освітлення. Згідно

з СНиП 11-4-79, природне та штучне освітлення при зварювальних апаратах нормативним показникам відповідають газорозрядні лампи високого тиску, металогенні лампи типу ДРІ та ДРЛ. Вони мають високу світловіддачу (до 100 лм/Вт) та кращий спектральний зміст світла. Для оптимізації виробничого освітлення передбачають:

- використовувати газорозрядні джерела світла, що дає можливість підвищити рівень освітлення при зварювальних роботах до 300лк, при загальному освітленні без зайвих витрат електроенергії;

- очищення світильників та вікон від забруднення один раз на 3 місяці;

- фарбування стін титановими та цинковими білилами з високим коефіцієнтом відбивання для видимого світла за низьким коефіцієнтом для ультрафіолетових променів. На робочих місцях суміжне освітлення – природне та штучне, штучне відбувається лампами ДРЛ.

Фарбування обладнання та приміщень для зварювання повинні бути світлих тонів з дифузійним відбиттям світла.

## 3.5. Шум та вібрація

Згідно з ГОСТ 12.1.003-83 захист від шуму повинен досягатися розробкою шумобезпечної техніки, застосування засобів і методів колективного захисту по ГОСТ 12.4.051-78.

Захист від виробничого шуму має велике значення. Шум несприятливо діє на організм людини та знижує виробництво праці. Шумом називається

будь-який небажаний, неприємний для сприйняття людиною звук. Основним джерелом шуму механічного походження є механізми з рухомими частинами. Джерелом аеродинамічного шуму є вентиляційна установка, а джерелом електромагнітного

– робота випрямляча. За часовою характеристикою шум є постійним (рівень звуку за 8-годинний робочий день змінюється не більш як на 6 дБ). Рівень шуму не перевищує допустиме значення 78 дБ.

Під вібрацією розуміють складні коливання в механічних системах. Згідно з ГОСТ 24346-80(СТ СЄВ 1926-79) “Вібрація. Терміни та визначення” під вібрацією розуміють рух точки або механічної системи, при якому відбувається почергове зростання та спадання під час значення хоча б однієї координати.

3.6. Оптичне випромінювання

В табл. 3.3. показано рекомендовані світлофільтри при аргоно- дуговому зварювані.

Таблиця 3.3. Рекомендовані світлофільтри при дуговому зварюванні

| Спосіб зварювання | Сила струму, А, залежно від класу світлофільтра | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | С-1 | С-2 | С-3 | С-4 | С-5 | С-6 | С-7 | С-8 | С-9 | С-10 | С-11 | С-12 |
| Вольфрамовими електродами в інертних газах | - | - | 10-15 | 15-20 | 20-40 | 40-80 | 80-100 | 100-175 | 175-275 | 275-300 | 300-400 | 400-600 |

Для захисту від випромінювання зварювальної дуги застосовано захисний щит із спеціального світофільтра С-9.

Інтенсивність теплового випромінювання в оптичному діапазоні на робочому місці не повинна перевищувати допустиме значення 35 Вт/м$^2$.

Для захисту від випромінювання дуги оператор установки повинен використовувати: щиток із світлофільтром С-9, Костюм із полегшеного брезенту із полегшеними накладками із тканини фенілон, стійкої проти опромінення; костюм з фені-лоно-бавовняної тканини (ТУ 17-08-325-91), халат із фенілоно-бавовняної тканини (ТУ17-08-326-91).

## 3.7. Рухомі механізми та машини

Причинами травматизму від рухомих механізмів зварювання, управління та регулювання можуть бути: невідповідність переміщення органів управління переміщенню робочого інструменту, недостатній захист рухомих частин систем керування, невиконання правил техніки безпеки.

В даній установці причини травмування зведено до мінімуму. Система управління розміщена на корпусі установки, вона заземлена, органи керування поміщено у непровідну панель. Система керування відповідає ГОСТ 12.2.007.7-83.

Рухомим механізмом установки є зварювальна головка, яка рухається по направляючі за допомогою черв'ячного редуктора. При технологічному процесі можливе травмування персоналу рухомими частинами обладнання.

## 3.8. Пристрої, що знаходяться під тиском

До конструкції установки входить пристрій підводу захисного газу. При використанні балонів з аргоном не допускаються удари, їх падіння, зіткнення один з одним, підвищення внутрішнього тиску, порушення роботи вентилів, наповнення іншим газом. Вимоги до вибухонебезпечності балонів наведено у ГОСТ 12.1.010-76. Для зменшення небезпеки перевезення балонів здійснюється на візках. Для контролю рівню тиску балон має манометр (МГБ-10), а для зменшення надлишкового тиску використовують клапани зворотньої дії (QRS4-1/2, серії Q).

3.9. Електробезпека

Основними причинами ураження персоналу електричним струмом є доторкання: до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою в робочому режимі; до струмоведучих частин, що випадково опинились під напругою; до неструмоведучих частин, що опинились під напругою внаслідок пошкодження електроізоляції. Виробничі приміщення з точки зору ураження електричним струмом належать до категорії особливо шкідливих. Експлуатація зовнішніх електроустановок прирівнюється до умов експлуатації в особливо небезпечних приміщеннях. Електротехнічні вироби з точки зору безпеки повинні відповідати вимогам ГОСТ 2.2.007.0-75. В їх конструкції для захисту від ураження струмом в робочому режимі можуть використовуватись:

- ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, подвійна, посилена);
- безпечна напруга в електричному колі;
- елементи для захисного заземлення металевих неструмоведучих частин виробу, які можуть опинитись під напругою (при пошкодженні ізоляції, порушенні режиму роботи тощо);
- оболонки для запобігання можливості випадкового доторкання до струмоведучих частин та частин, що рухаються і нагріваються;
- блокування для запобігання помилкових дій та операцій;
- екрани та інші засоби захисту від небезпечного і шкідливого впливу електромагнітних полів, теплового, оптичного і рентгенівського випромінювання;
- засоби вилучення небезпечних і шкідливих речовин, що утворюються в процесі експлуатації;
- елементи, призначені для контролю ізоляції та сигналізації щодо її пошкодження, а також для вимикання виробу при зменшенні опору ізоляції нижче від допустимого рівня;

- попереджувальні надписи, знаки, фарбування в сигнальні кольори та інші засоби сигналізації про небезпеку (у поєднанні з заходами безпеки);
- виконання вимог ергономіки. Для захисту від ураження струмом в аварійному режимі застосовують: заземлення, занулення, вимикання, подвійну ізоляцію.

## 3.10. Вимоги безпеки праці

### 3.10.1. Вимоги до приміщення

Устаткування, яке є джерелом ЕМП, залежно від конструкції, призначення, потужності й умов використання, може розміщуватись як в окремих, спеціально призначених приміщеннях, так і в загальних приміщеннях, включаючи розміщення в поточних лініях, у відповідності з вимогами ДСН 3.3.6.096-2002.

При розміщенні устаткування і організації робіт щодо його обслуговування слід,

крім цих санітарних норм та правил, також керуватись:

- будівельними нормами і правилами;
- правилами влашування електроустановок;
- правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів.

і правилами безпеки експлуатації електроустановок споживачів. Захисні засоби повинні відповідати вимогам правил використання і випробування захисних засобів, які використовуються в електроустановках.

При розміщенні в одному приміщенні декількох установок треба унеможливлювати перевищення ГДР у випадку сумації енергії

випромінювання.

3.10.2 Вимоги до технологічних процесів

Вимоги безпеки праці до технологічних процесів зварювання встановлюються у нормативно-технічній документації згідно з ДСТУ 2456.

Зварювальне обладнання, що застосовується у технологічних процесах зварювання, повинно відповідати загальним вимогам таких нормативних документів: ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.049-80, ГОСТ 12.2.007.8-75, ДНАОП 0.00-1.21-98 „Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів” та ДНАОП 0.00-1.32-01 „Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок” .

Цехова витяжна вентиляції з системами очищення видаленого повітря від аерозолю та газів повинна відповідати вимогам СНиП 2.04.05-91 і ОНД-86.

Безпека праці процесів дугового зварювання має відповідати вимогам ДСТУ 2456-94.

3.11. Інженерні рішення

3.11.1. Технологічні рішення

Для уникнення дефектів при зварюванні були підібрані оптимальні режими, табл. 1.1.3, які забезпечать гарну якість шва, та мінімальні виділення шкідливих речовин.

3.11.2. Спеціальні колективні (санітарно-технічні) заходи і засоби безпеки. Система вентиляції

Вентиляція повинна забезпечувати необхідну чистоту повітря та параметри мікроклімату виробничого приміщення в відповідності з ГОСТ 12.1.005-88.

Розрахунок об’єму повітря, яке необхідно видалити місцевою вентиляцією Lм, визначають, виходячи з заданої швидкості всмоктування біля джерела виділення шкідливих речовин, характеристики спектру швидкостей всмоктування для певної конструкції всмоктувального отвору та наявності поверхонь, що огороджують зону всмоктування. У цьому випадку $L_m = 3600F_0V_0 = 3600 * 25\text{м}^2 * 0{,}2\frac{\text{м}}{\text{с}} = 18\text{м}^3$

Для витяжних пристроїв з гострими краями найпростішої форми швидкість всмоктування повітря: $V_0 = 16V_x(x_d = 3600 * 25\text{м}^2 * 0{,}2\frac{\text{м}}{\text{с}} = 18\text{м}^3$

Оскільки, зварювання проходить на не великих струмах(60-70А) і без присадкового дроту, а установка відносно габаритна, буде достатньо і оптимально використати нижче описану вентиляцію.

Модульний витяжний парасоль (промислова витяжка) необхідний для локалізації і видалення шкідливих летючих речовин, таких як зварювальний аерозоль і зварювальний дим, що виділяються під час різних промислових процесів.

Витяжний парасоль дозволяє накрити великі робочі площі. Застосування модульного витяжного накриття ідеально для зварювальних роботів, ділянок автоматичного зварювання, портальних машин термічного різання, ділянок металообробки - тоді, коли застосування гнучких витяжних пристроїв неможливо або малоефективно (рис. 4.11.2, табл. 4.11.2).

Рис. 3.1. Модульний витяжний парасоль «FLEXHOOD»

Таблиця 3.1. Технічні характеристики зонта[18]

| | |
|---|---|
| Мінімальний розмір | 1 х 1,5 м |
| Максимальний розмір | 5,5 х 5,5 м |
| Об’єм видаленого повітря | 500-800 $м^3$/год на $м^2$ зонта |
| Втрати тиску | 250 Па |

3.11.3. Захист від рухомих елементів обладнання

В даній установці причини травмування зведено до мінімуму. Система управління винесена за зону зварювання, вона заземлена, органи керування поміщено у непровідну панель.

Засобами індивідуального захисту є спецодяг, до якого входять чоловічий

костюм за ТУ 17-893-72 із брезентової парусини, взуття та захисний шолом. До засобів колективного захисту за ГОСТ 12.0.002-80 входить огорожа навколо комплексів.

## 3.12. Пожежна безпека

Зварювальні роботи повинні проводитися згідно з СНіП II-90 – 81, СНіП II-2 – 80, з Типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Згідно з ОНТП 24-86 виробниче приміщення належить до категорії Г. (Категорія Г – до цієї категорії відносять виробництва, в яких використовують негорючи речовини та матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому станах, процеси обробки які супроводжуються виділенням променистої теплоти, полум`я, які спалюються або утилізуються у вигляді палива).

Приміщення, в яких виконується аргоно-дугове зварювання побудовані з елементів конструкцій по II категорії протипожежної безпеки. Мінімальний

ступінь вогнестійкості II. Для будівель цієї категорії межа вогнестійкості несучих стін, колон – 2 години, площадок сходів – 1 година та зовнішніх стін з навісних панелей, перегородок – 0,25 год.

Для облицювання стін та деревяних конструкцій застосовано штукатурку вапняно –цементну товщиною 20 мм. Для підвищення вогнестійкості будівлі,

стіни фарбують спеціальними фарбами. Це фарба ВПМ, яка в умовах звичайної експлуатації захищає металеві конструкції від корозії, а при пожежі спучується і в результаті збільшення їх термічного опору підвищується межа вогнестійкості.

Можливими причинами пожежі в приміщенні є: несправність електроустаткування, а також порушення протипожежного режиму (використання побутових нагрівальних приладів, паління).

Для забезпечення пожежної безпеки встановлюють датчики (ИДФ, ДИП).

Також в приміщенні встановлені сигналізації ручної дії. Для ліквідації пожежі самотужки в робочому приміщенні знаходяться вогнегасники (ОП-50 або ОУ-25 в кількості 2шт).

Для кожного підприємства, об'єкта на основі типових правил пожежної безпеки промислові підприємства розробляють свої, окремі протипожежні інструкції.

Шляхи евакуації людей у випадку пожежі для даного приміщення відповідають встановленим нормам:

- Двері відчиняються на зовні;
- Висота дверного прорізу складає 2м (норма 2м);
- Ширина дверного прорізу 1м (норма 0,8 м).

В приміщенні суворо заборонено палити і користуватися побутовими нагрівальними приладами, про що свідчать знаки та таблички безпеки (ГОСТ 12.4.026-76) встановлені на стінах приміщення.

# 4. СТАРТАП-ПРОЕКТ

В таблиці 4.1 послідовно проаналізовано:

- Зміст ідеї(що пропонується);
- Можливі напрямки застосування;
- Основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);
- Чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників;

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

| *Зміст ідеї* | *Напрямки застосування* | *Вигоди для користувача* |
|---|---|---|
| Установка для зварювання листів з титанових сплавів | 1.Авіація | З комерційно доступних елементів зібрана гнучка система керування, яка легко піддається розширенню для паспортизації шва. Установлено датчики для підтримання певних характеристик зварювання і в принципі його реалізація. |

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

- визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї

- визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4.2).

Нижче наведені аналоги установок для зварювання поздовжніх швів титану.

1. *Установка для зварювання поздовжніх швів SWD-2500.*

Технічні характеристики установки для поздовжніх швів SWD-2500(рис. 4.1) вказані в табл. 4.1[14]

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики SWD-2500 [14]

| Назва параметру | Значення |
|---|---|
| Максимальна довжина заготовки, мм | 2500 |
| Товщина заготовки, мм | 0,5-3,0 |
| Мінімальний діаметр, мм | 200 |
| Максимальний діаметр, мм | 800 |
| Швидкість переміщення пальника, м / хв | 0,1-7 |
| Швидкість зварювання, м / хв | до 4 |
| Діаметр зварювального дроту, мм | 0,6-2,4 |
| Захисний газ | Аргон |
| Витрата газу, л / хв | 0,1-20 |
| Тиск газу, атм | 2,5 |
| Напруга, В | 3х400 (+/-) 10% |
| Споживана потужність, кВт | 15-20 (залежить від вбудованого джерела) |

Рисунок 4.1 Установка для зварювання поздовжніх швів SWD-2500

2. *Установка LS-15*

Установка LS-15(рис.6.2) призначена для високопродуктивної автоматичної аргонодугового зварювання сегментів труби та поздовжніх швів в комплекті зі зварювальним апаратом Tetrix 230 Comfort 2.0 виробництва німецької компанії EWM. [15]

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики LS-15[15]

| Назва параметру | Значення |
|---|---|
| Живлення | 1 фазний 110/220 В, 50/60 Гц |
| Довжина шва, мм | 1596 |
| Діапазон товщини, мм | 0,1-10 |
| Діапазон швидкості каретки, мм / хв | 30-1500 |
| Привід каретки | Рейкова передача |
| Ширина каретки, мм | 500 |
| Висота каретки, мм | 350 |
| Габаритні розміри: В/Ш/Д, мм | 1650/800/2360 |

Рисунок 4.2 - Установка LS-15

3. *Установка АС321*

Призначена для автоматичного зварювання неплавким електродом, як без, так і з присадкою поздовжніх швів з низьколегованих і нержавіючих сталей довжиною до 1300 мм, діаметром з товщиною 0,6 ... 1,5 і більше мм.

Основні елементи установки:

- станина,
- механізм поздовжнього переміщення пальника;
- "клавішний" механізму фіксації зварюваних крайок (пневмопривод);
- механізм підйому пальники з ручним коректором її положення;
- блок керування установкою;
- комплект зварювального обладнання;
- пульт оператора;
- пристрій охолодження;
- пневматика.

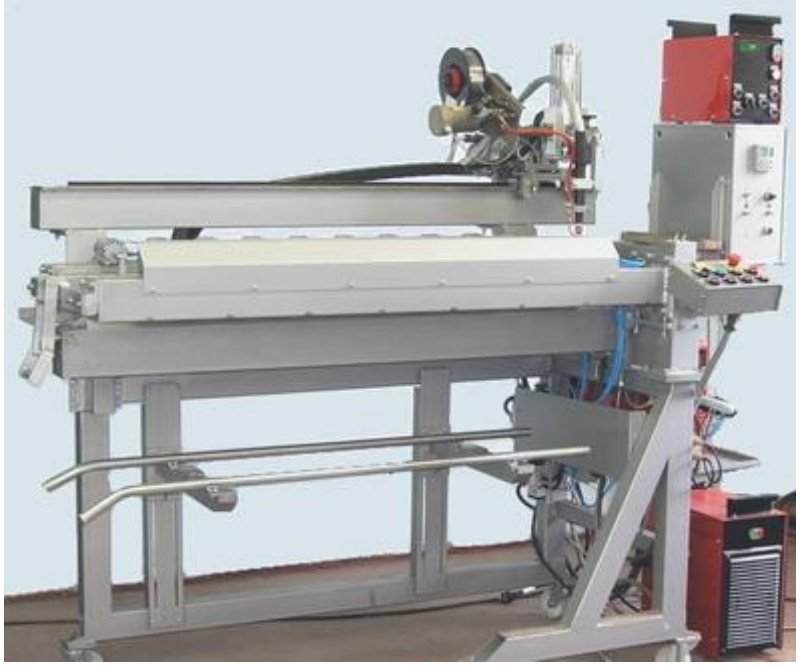


Рис.4.3. Установка АС321

В табл. 4.2. наведені технічні характеристики розробленого зварювального апарату для зварювання в інертному газі титанових листів.

В порівнянні з наведеними аналогами розроблений зварювальний апарат призначений для більш габаритних деталей (довжина до 11м та ширина до 2м) і має підув шва знизу, що відповідно покращує якість шва, також оснащений датчиками струму, напруги, зазору та кінцевим датчиком, тобто розроблювальна установка є більш автоматизованою та відповідальною.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

| *№ п/п* | *Техніко-економічні характеристики ідеї* | *(потенційні) товари/концепції конкурентів* | | *W* | *N* | *S* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Мій проект* | *Конкурент1* | - | - | + |
| 1. | Стабільність переміщення каретки | ЗА71мп.11.00.00 СК | Н88.119.00.00 | - | - | + |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. | Фіксування деталі | ЗА71мп.11.00.00 СК | Н88.119.00.00 | - | + | - |
| 3. | Управління процесом зварювання | ЗА71мп.11.00.00 СК | Н88.119.00.00 | - | - | + |
| 4 | | ЗА71мп.11.00.00 СК | Н88.119.00.00 | | | |

Проведено аудит за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (табл. 5.3 )

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

| *№ п/п* | *Ідея проекту* | *Технології її реалізації* | *Наявність технологій* | *Доступність технологій* |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Фіксування значення напруги зварювання | Датчик напруги LV 25-P | Наявні | https://www.components-mart.com/product/LEM-USA,Inc/LV-25-P.html |
| 2 | Фіксування значення струму зварювання | Датчик струму HCS-LTR | Наявні | https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/HCS-LTR-100A.html |
| 3 | Фіксування зазору між листами | Датчик зазору Balluff M30MI | Наявні<br>Наявні | https://www.balluff.com/local/ru/productfinder/product/?key=BES00A4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | Автоматичне закінчення процесу зварювання | Кінцевий вимикач PRT08-1.5DO | Наявні | http://www.autonicsonline.com/product/product&product_id=359 |

# 5. ВИСНОВОК

Розроблена установка для аргонодугового зварювання вольфрамовим електродом листів з титанових сплавів. З доступних елементів була зібрана гнучка система керування, яка легко може бути розширеною. Все це було зроблено в першу чергу для забезпечення якості шва, так як конструкція є дуже відповідальною. Було обґрунтовано вибір джерела живлення(Telwin Etronity 400 CE) і розраховано потужність двигуна приводу переміщення (203 Вт), та приводу подачі електродного дроту (120 Вт). Крім цього було проведено розрахунок вентиляції та розроблено схему видалення аерозолів із зони зварювання (Модульний витяжний парасоль «FLEXHOOD»), розрахований коефіцієнт технічного рівню апарата($К_{тр}$= 1,1).

# СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ


1. Елетронный ресурс // URL:

http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1303

2. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов: под редакцией доктора техн. Наук профессора С.М. Гуревича: Киев «Наукова думка» 1979

3. Елетронний ресурс // URL:

http://allref.com.ua/uk/skachaty/Zvaryuvannya_titanu_ta_iyogo_splaviv

4. Елетронний ресурс // URL:

http://svarka.ukrtechno.info/index.php?mod=text&uitxt=414

5. Елетронний ресурс // URL:

http://kmdmk.ru/data/documents/GOST-14771-76-Dugovaya-svarka-v-zashchitnom-gaze.pdf

6. Елетронний ресурс // URL:

http://starbast.com.ua/shop/product/elektrody-volframovye-svarochnye-svi-1-tu-48-19-221-93

7. Елетронний ресурс // URL:

http://metallicheckiy-portal.ru/articles/svarka/svarka_titana/osobennosti_svarki_titana

8. Елетронний ресурс // URL:

http://www.autogenritter.com/files/autogen-ritter/Redakteur/Geraete-PDFs/WIG%20Automaten%20Brenner/AMW250-1-2009.pdf

9. Елетронний ресурс // URL:

http://www.autogenritter.com/files/autogen-ritter/Redakteur/Geraete-PDFs/WIG%20Automaten%20Brenner/AS13-2009.pdf

10. Елетронний ресурс // URL:

https://vistek-weld.ru/reviews-articles/preimushchestva-i-nedostatki-gazovykh-linz/

11. Елетронний ресурс // URL:

http://weldering.com/svarka-inertnyh-gazah-volframovym-elektrodom-tig

12. Елетронний ресурс // URL:

http://www.laborant.ru/eltech/11/0/3/56-00.htm

13. Елетронний ресурс // URL:

http://biznet.in.ua/97153.html

14. Елетронний ресурс // URL:

https://stankoportal.ru/avtomatizatsiya-svarki/shovnaya-tig-svarka/swd-2500.html

15. Елетронний ресурс // URL:

https://www.prostanki.com/board/item/21989

16. Елетронний ресурс // URL:

http://paton.kiev.ua/ru/razrabotki-ies/tehnologii/5038-pokrytija/875-svarka-titana

17. Елетронний ресурс // URL:

http://goodsvarka.ru/oborudovanie-i-materiali/gorelka/

18. Елетронний ресурс // URL:

http://www.testes.com.ua/ctproduct_id/611.html

19. Методичні вказівки до виконання проекту бакалавра для студентів за напрямом підготовки 6.050504 «Зварювання професійне спрямування» - Зварювальні установки/Уклад.: С.К. Фомічов, В.А. Пахаренко, І.О. Скачков, В.І

Голошубов, Є.П. Петрівна, О.Г. Левченко, Л.А. Кузьменко, В.П. Бойко. Під заг. рег. С.К. Фомічова, 2010. – 95с.

20. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальномувиробництві

Навчальнийпосібник.- К.: Основа, 2014Р.

21. Автоматичне керування зварюванням: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів за напрямом "Зварювання". / Уклад.: І. О. Скачков, Є. П. Чвертко, 2009

22. Елетронний ресурс // URL:

http://ua.automation.com/content/programmiruemye-rele-omron-zen-10c-i-zen-20c

23. Елетронний ресурс // URL:

http://www.omron.com.ua/catalog/upravlyayushhie-komponenty/programmiruemye-rele/programmiruemye-rele-serii-zen-20c

24. Елетронний ресурс // URL:

http://coretech.com.ua/current-sensor-hall

25. Елетронний ресурс // URL:

https://www.sprintelectric.ru/taxonomy/term/13

# ДОДАТКИ

# Технічне завдання

## 1. Найменування та галузь використання

1.1. Установка для зварювання листів з титанових сплавів ЗА71мп.07.00.00.00СК використовується для зварювання повздовжнього шва титанових листів для авіаційної промисловості.

## 2. Підстава для розробки

2.1. Підставою для розробки є завдання на дипломну роботу(Наказ ректора №).

## 3. Мета і призначення розробки

3.1 Установка для зварювання листів з  титанових сплавів товщиною 1-3мм

3.2 Установка повинна бути автоматизованою і повинна забезпечувати паспортизацію з’єднань.

## 4. Джерела розробки

4.1.1.Установка для зварювання настилів полів Н88.199.00.00

# 5. Технічні вимоги

*5.1. Технічні вимоги до зварного виробу.*

5.1.1. Зварювальний виріб – лист довжиною до 11000мм. та шириною 2000мм.

5.1.2. Матеріал виробу – титанові сплави.

5.1.3. Товщина виробу має бути 1-3 мм.

5.1.4. Вимоги до якості поверхні виробу.

5.1.4.1. Перед підготовкою поверхонь деталі повинні бути очищені від іржі, фарби, масла та інших забруднень і обезжирена.

5.1.4.2. Кромки листів повинні бути прямолінійними. Вертикальне зміщення кромок в площини з'єднання не повинно перевищувати 10% товщини металу.

*5.2. Вимоги до конструкції установки.*

5.2.1. Розташування і фіксування листів в горизонтальній поверхні.

5.2.2. Забезпечення переміщення каретки на довжину не менше 2000мм.

5.2.3 Забезпечення складання стиків достатнього для того щоб не використовувати систему стеження.

5.2.4 Забезпечення захисту зварного шва знизу.

5.3.1. Установка повинна забезпечувати роботу в таких режимах:

- Налагодження;
- Зварювання;

5.3.2. Установка повинен мати комплект наконечників для пальника з відповідним профілем.

5.3.3. Корпус установки повинен бути електрично ізольованим від інших механізмів, ізоляція повинна витримати напругу, що створює осцилятор;

5.3.4. Робоче положення пальника, по відношенню до виробу - під кутом 90˚.

5.3.5. В склад комплекта кабелів  повинно входити:

- кабель: пальник – блок управління;
- кабель або блочний роз'єм: блок управління – зварювальна установка;
- кабель живлення 380 В;

5.3.6. Опір ізоляції електричних кіл блоків управління і кабелівповинно бути не менше 5 мОм при нормальних умовах і не менше 5 мОм при крайніх значеннях кліматичних факторів.

5.4 Вимоги до технологічного те метрологічного забезпечення розробки, виробництва і експлуатації, передбачити можливість виявлення місць відмови та використання вбудованих діагносичних засобів.

Конструкція деталей має забезпечувати їх виготовлення переважно на універсальному обладнанні.

5.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

При розробці в максимальному ступені використовувати раніше спроектовані, засвоєні у виробництві виробу. типові конструкторські рішення та виконання.

5.5.1 Коефіцієнт використання має бути не менш ніж 70%

*5.6 Вимоги до безпеки праці та вимоги до охорони природи.*

5.6.1 Для захисту атмосферного повітря від забруднення шкідливими речовинами, мають відповідати санітарним нормам СН-245-74.

5.6.2 Столи та майданчики зварника мають бути обладнанні вентиляційними пристроями, що видаляють шкідливі речовини із зони їх утворення до забезпечення допустимої концентрації.

5.6.3 Засоби індивідуально захисту за ГОСТ 12.3.003-86

5.6.4 Опір між болтом і корпусом, а також між елементами заземлення не повинен перевищувати 0,1 Ом.

5.6.5 Повітря робочої зони виробничого приміщення при експлуатації напівавтомата має відповідати санітарно-гігієнічним вимогам ГОСТ 12.1.005-88.

*5.7 Естетичні та ергономічні вимоги.*

5.7.1 Вимоги з ергономіки за ГОСТ 12.2.049-80 і ГОСТ 12.2.032-78.

5.7.2 Вимоги до символів на пультах керування – за ГОСТ 24505-80.

5.7.4 Вимоги до кольорів фарбування поверхонь та лакофарбним матеріалам за стандартами, що діють на підпріємстві-виробнику(рухомі частини повинні бути окрашені згідно ГОСТ 12.2.009-99).

5.8 Умови експлуатації (використання), вимоги до технічного обслуговування та ремонту.

5.8.1 Лист має нормально функціонувати в кліматичних умовах, які відповідають виконанню за ГОСТ 1515,-69 і ГОСТ 15543-70.

*5.9 Вимоги до маркування та пакування.*

5.9.1 Консервація та пакування мають відповідати ГОСТ 2316-78.

5.10 Вимоги до транспортування та зберігання.

5.10.1 Умови транспортування в райони впливу кліматичних факторів за ГОСТ 1515-69.

5.11 Конструкторську документацію виконувати українською мовою.

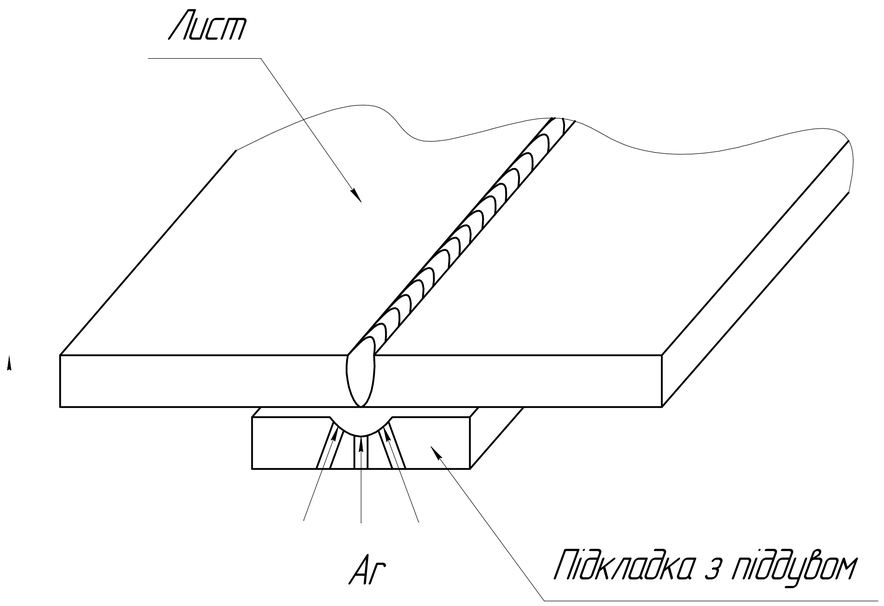
*Вимоги до системи управління*

6.1 Установка повинна забезпечувати паспортизацію $I_{зв}$, $U_{зв}$, $V_{зв}$, $V_{под.дроту}$.

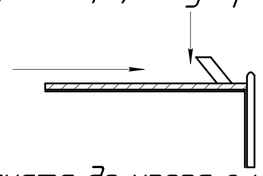
6.2 Установка повинна забезпечувати контроль зазорів стика, за допомогою датчиків.

# Технологічний процес

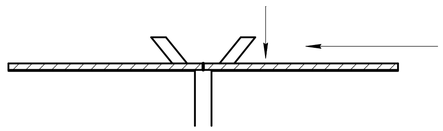
| | |
|---|---|
| – матеріал: | титанові сплави |
| – товщина листа, мм: | 1,5–3мм |
| – довжина листа, мм: | до 11000 |
| – ширина листа, мм: | 2000 |



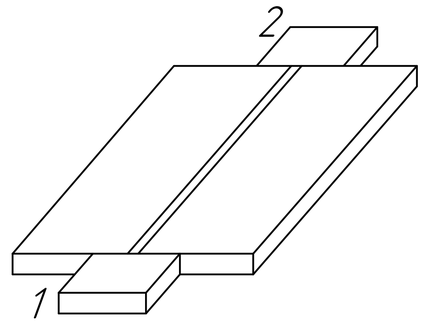

1. Установка першого листа в зарювальну позицію, до упора, та фіксація його електропневмоклапоном



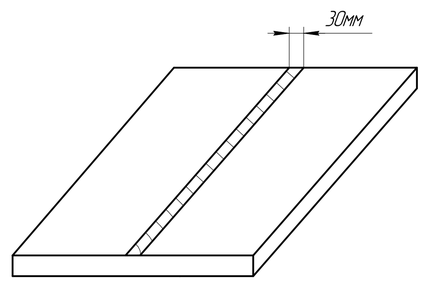
2. Відведення упор, установка другого листа до упора з кромками першого та фіксація його електропневмоклапаном



3. Установка виводної планки 1, 2




4. Нанесення флюс-пасти



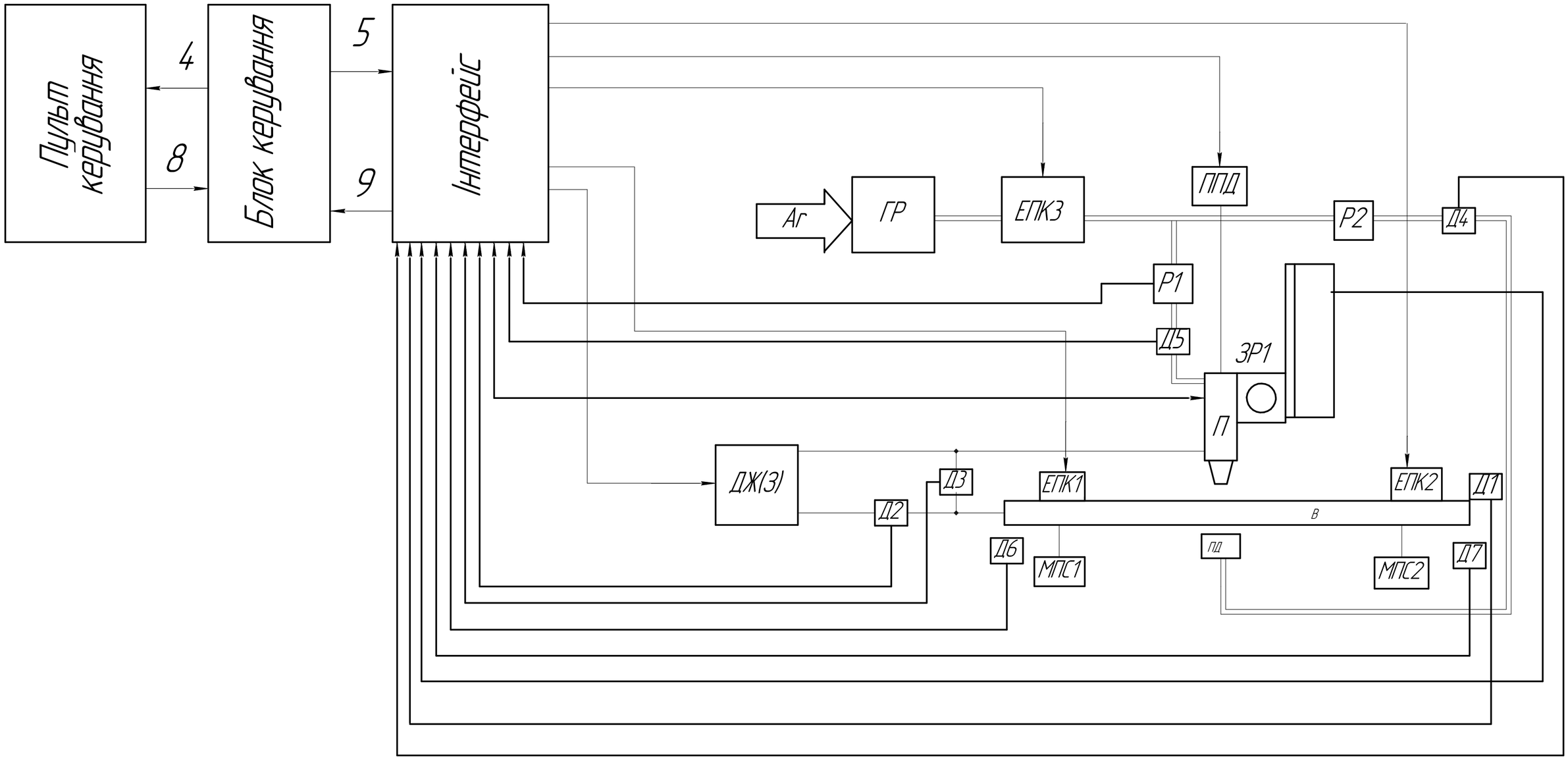

## Режими зварювання

| | |
|---|---|
| – зварювальний струм, А: | 60...110 |
| – швидкість зварювання, м/год: | 4,2 |
| – витрата газу(пальник), л/хв: | 25...30 |
| – витрата газу(піддув), л/хв: | 35...40 |
| – діаметр електрода, мм: | 2 |

5. Продувка газом перед початком зварювання
6. Початок зварювання
7. Припинення зварювання за допомогою кінцевого датчика
8. Продувка газом до повного охолодження
9. Знімання вивідних планок та відведення прижимів

| | |
|---|---|
| До дипломного проекту на тему: "Установка для зварювання листів з титанових сплавів" | |
| Виконав ст. гр. ЗА-71мп Шевченко О.В. | |
| Керівник канд. техн. наук, доцент Скачков І.О. | |

ЗА-71мп.11.00.00.00 Ф




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ЗА-71мп.11.00.00.00 Ф | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Установка для зварювання титанових листів схема функціональна | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | Шевченко О.В. | | | | | | 1:1 |
| Пров. | | Скачков І.О. | | | | Лист | Листов 1 | |
| Т.контр. | | | | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | |
| Н.контр. | | Сидорєко П.Ю. | | | | | | |
| Утв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

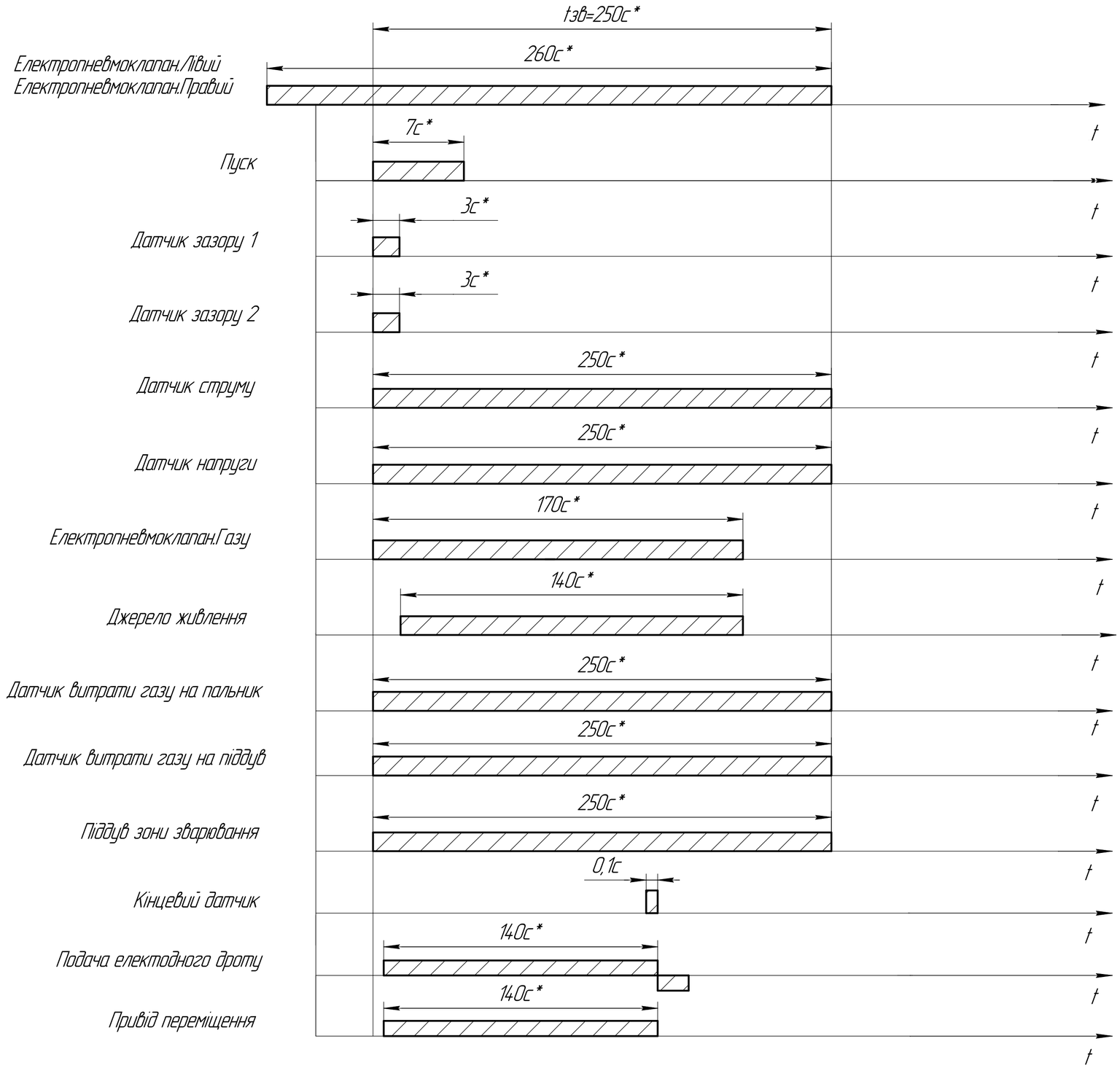
Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А2

ЗА71110000.00 Ц

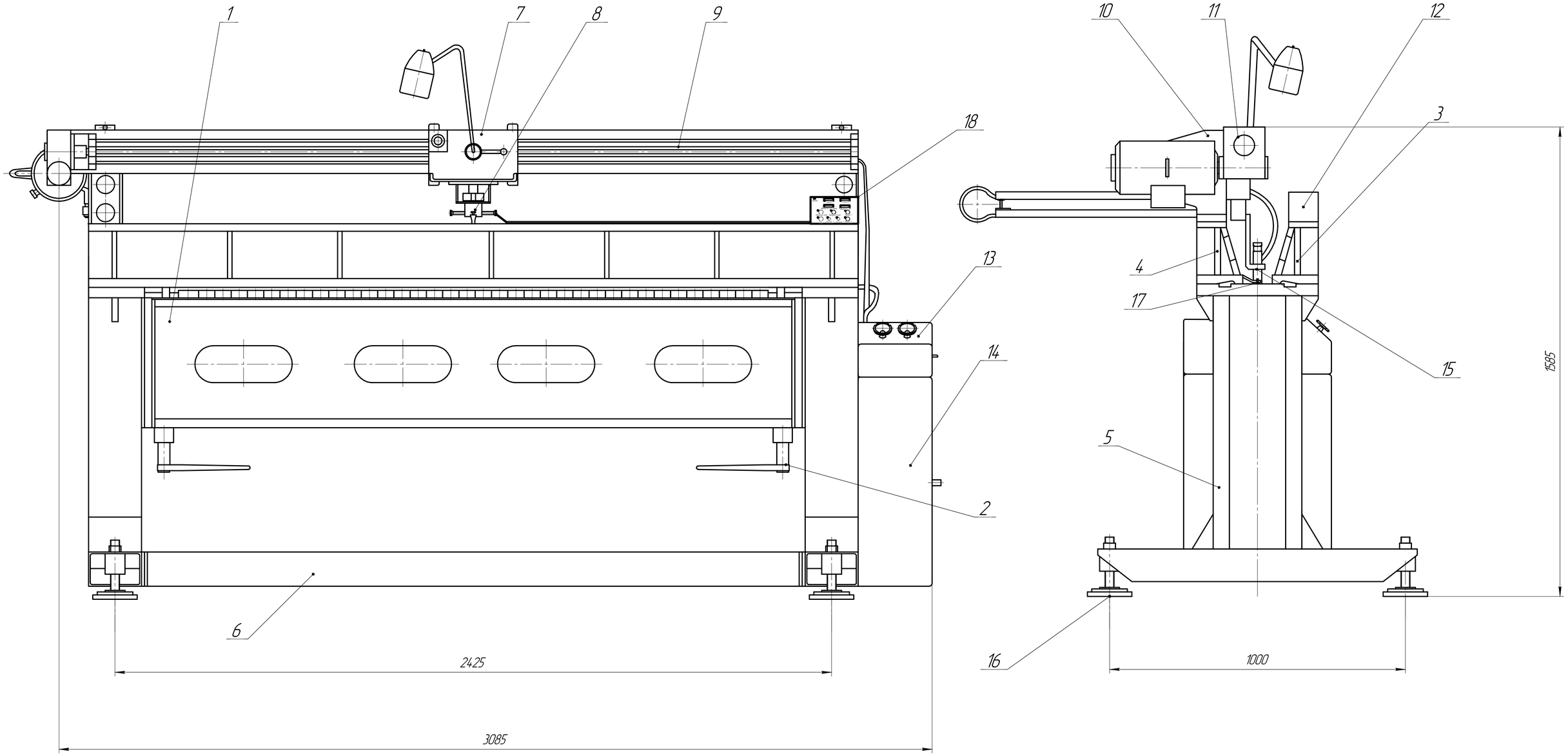



| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ЗА71.11.00.00.00 Ц | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Установка для зварювання титанових листів Циклограма роботи установки | Лит. | Масса | Масштаб 1:1 |
| Разраб. | | Шевченко О.В. | | | | Лист | Листов 1 | |
| Пров. | | Скачков І.О. | | | | НТУУ "КПІ" ЗФ гр. ЗА-71мп | | |
| Т.контр. | | | | | | | | |
| Н.контр. | | Сидоренко П.Ю. | | | | | | |
| Утв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А2

ЗА71мп.11.00.00.00 СК




Технвчні характеристики
1. Довжина зварювального стика листів – до 2м.
2. Товщина зварювальних листів – 1,5...3мм
3. Швидкість зварювання – 3...15 м/год
4. Напруга живильної мережі 3 фазного струму, при частоті 50 Гц – 380 В

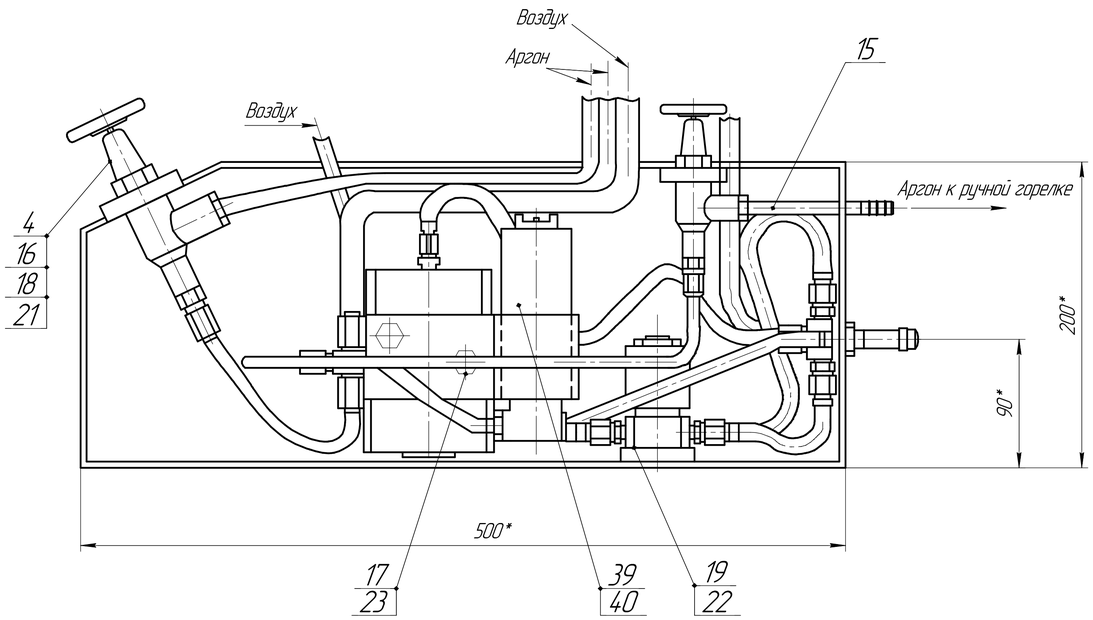
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ЗА71мп.11.00.00.00 СК | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Установка для зварювання титанових листів | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | Шевченко О.В. | | | | | | 1:15 |
| Пров. | | Скачков І.О. | | | | Лист | Листов 1 | |
| Т.контр. | | | | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | |
| Н.контр. | | Сидорчко П.О. | | | | | | |
| Утв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

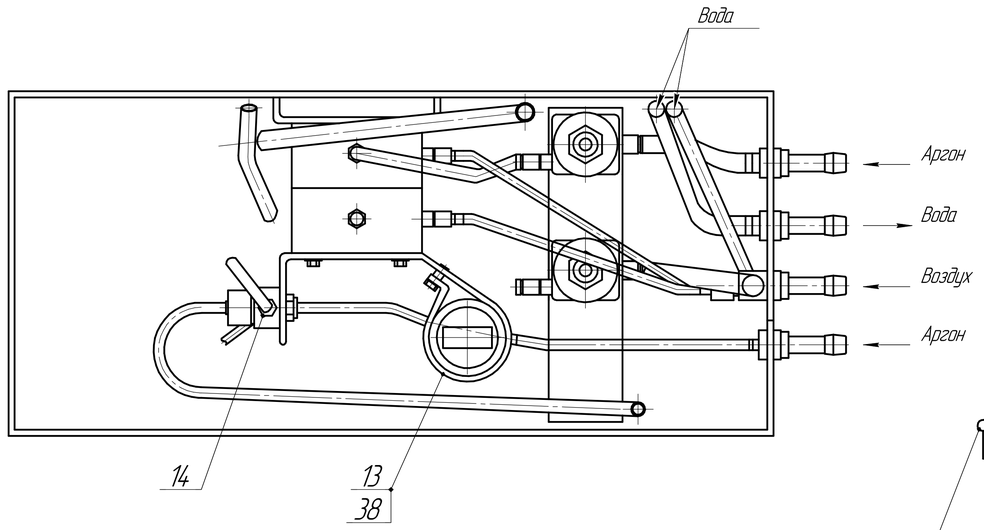
Копировал

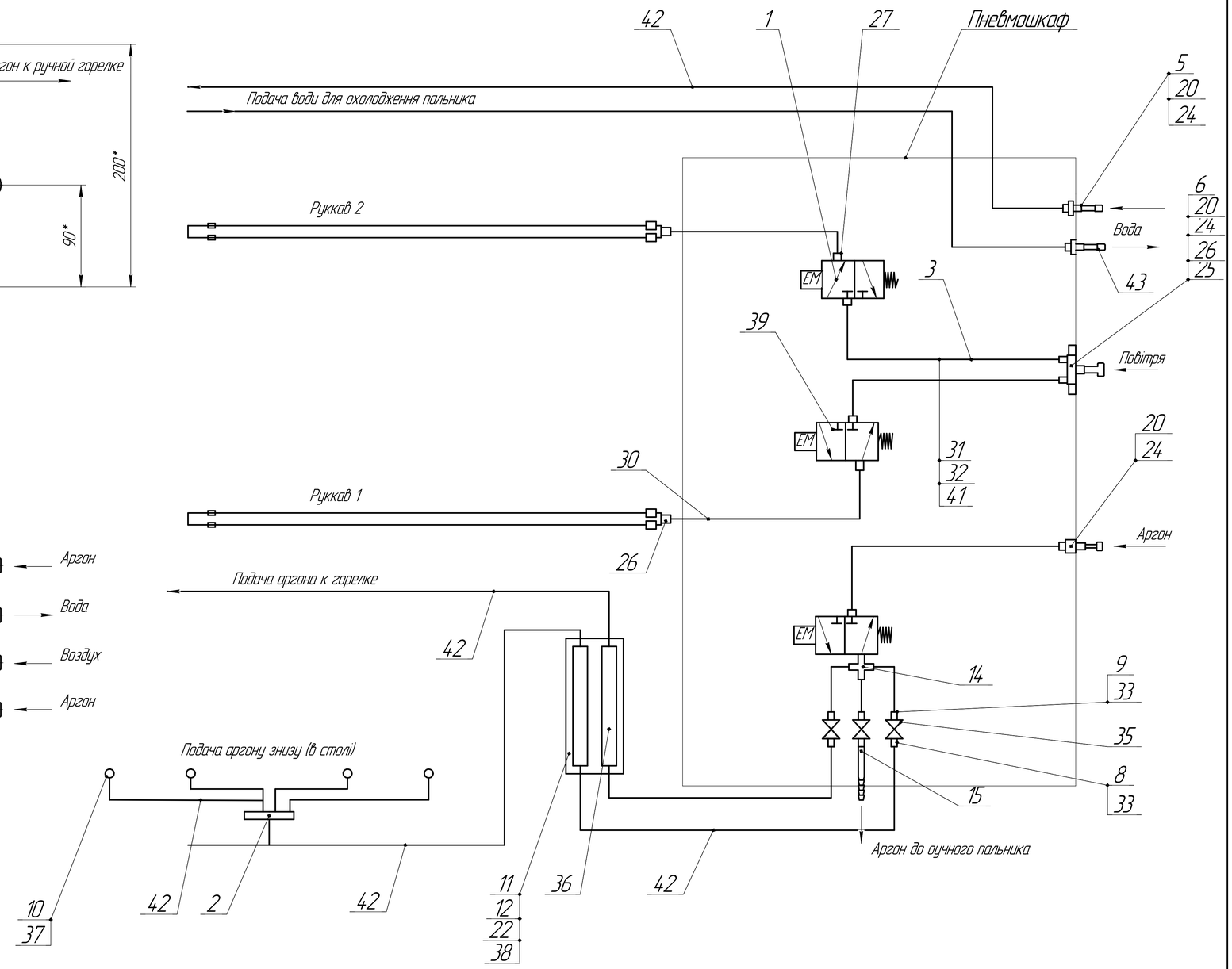
Формат А1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

ЗА71мп.11.00.00.00 П



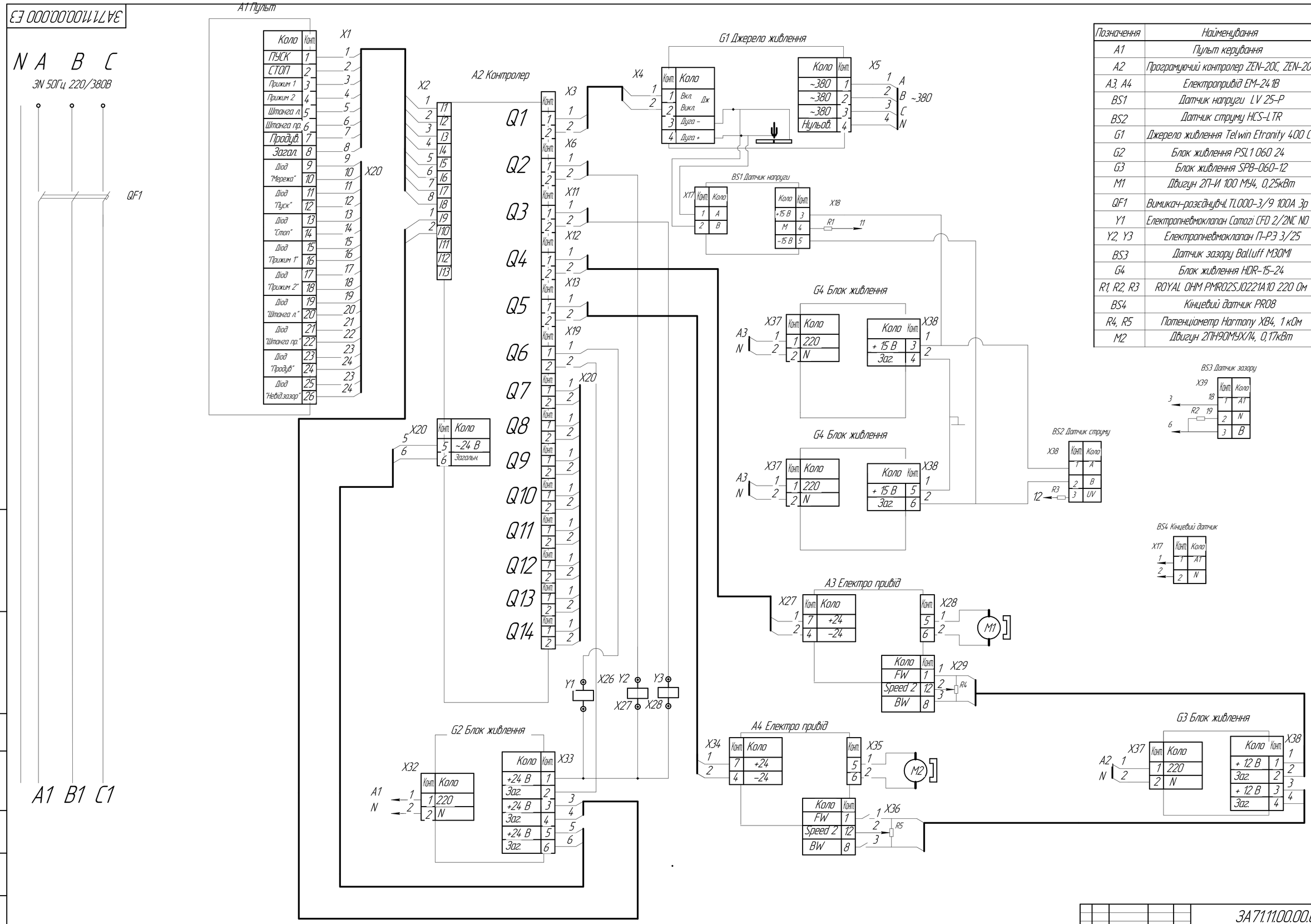




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ЗА71мп.11.00.00.00 П | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Установка для зварювання листів з титанових сплавів схема пневматична принципова | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | Шевченко О.В. | | | | | | 1:1 |
| Пров. | | Скачков І.О. | | | | Лист | Листов 1 | |
| Т.контр. | | | | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | |
| Н.контр. | | Сидоренко П.Ю. | | | | | | |
| Утв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А1

ЗА71.11.00.00.000 Е3




| Позначення | Найменування | К-сть |
|---|---|---|
| A1 | Пульт керування | 1 |
| A2 | Програмуючий контролер ZEN-20C, ZEN-20C | 1 |
| A3, A4 | Електропривід EM-241B | 2 |
| BS1 | Датчик напруги LV 25-P | 1 |
| BS2 | Датчик струму HCS-LTR | 1 |
| G1 | Джерело живлення Telwin Etronity 400 CE | 1 |
| G2 | Блок живлення PSL1 060 24 | 1 |
| G3 | Блок живлення SPB-060-12 | 1 |
| M1 | Двигун 2П-И 100 МУ4, 0,25кВт | 1 |
| QF1 | Вимикач-розєднувчі TL000-3/9 100A 3p | 1 |
| Y1 | Електропневмоклапан Camozi CFD 2/2NC NO | 1 |
| Y2, Y3 | Електропневмоклапан П-РЭ 3/25 | 2 |
| BS3 | Датчик зазору Balluff M30MI | 1 |
| G4 | Блок живлення HDR-15-24 | 2 |
| R1, R2, R3 | ROYAL OHM PMR02SJ0221A10 220 Ом | 2 |
| BS4 | Кінцевий датчик PR08 | 1 |
| R4, R5 | Потенціометр Harmony XB4, 1 кОм | 2 |
| M2 | Двигун 2ПН90МУХЛ4, 0,17кВт | 1 |

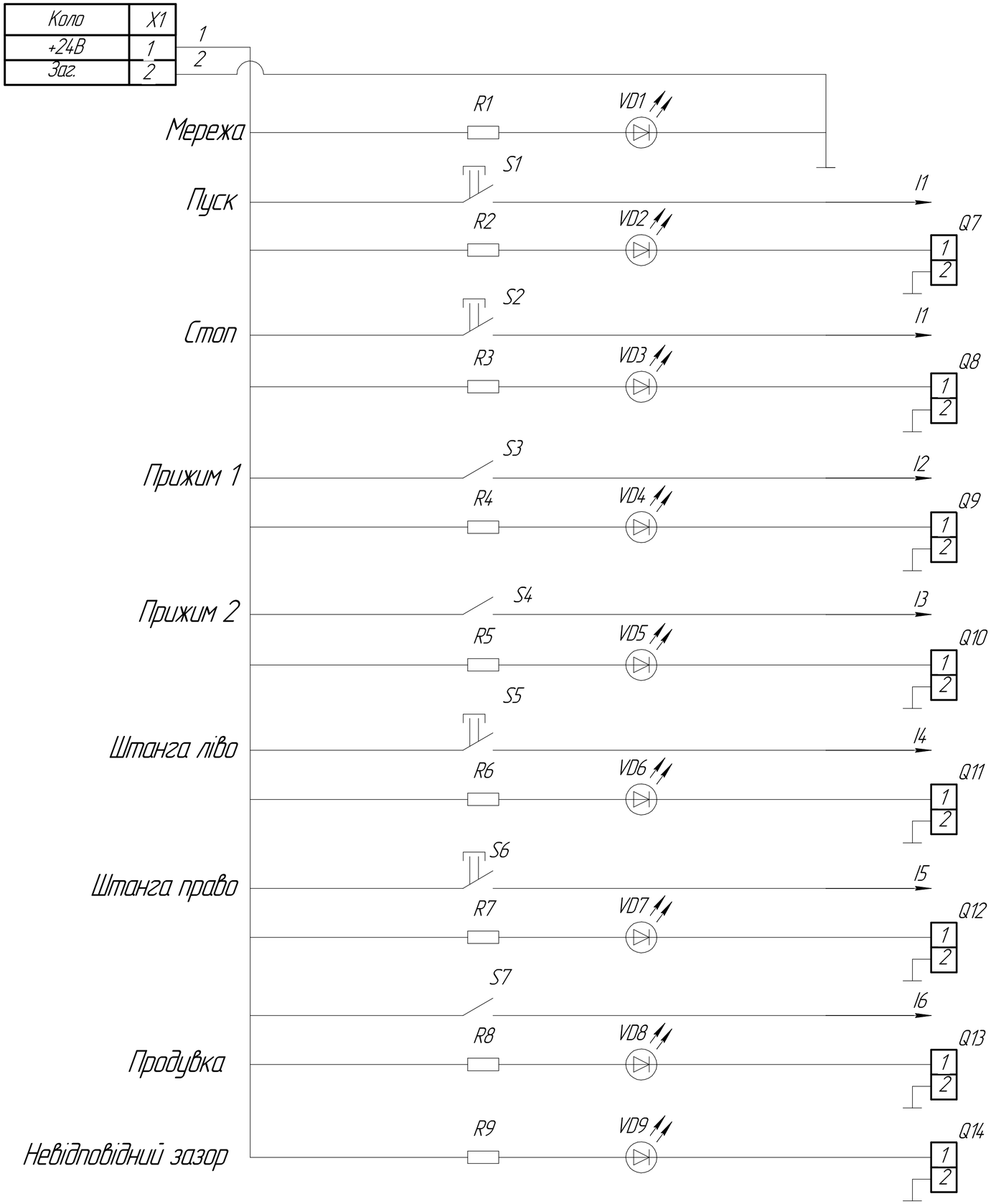
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ЗА71.11.00.00.000 Е3 | | |
| Разраб. | | Шевченко О.В. | | | Установка для зварювання типових листів | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | Скачков І.О. | | | Схема електрична принципова | | | 1:1 |
| Т.контр. | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Н.контр. | | Сидоренко П.О. | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | | |
| Утв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А1

ЗА71.11.00.00.001 Е3

| Коло | X1 |
|---|---|
| +24В | 1 |
| Заг. | 2 |




| Позначення | Найменування | К-сть |
|---|---|---|
| S1, S2, S3, S5.S6 | Кнопка | 4 |
| S3, S4, S7 | Кнопка-тумблер RWB-508 | 3 |
| R1-R8 | Резистор МЛТ-0,125-270 кОм | 8 |
| V1-V8 | Діод W5W LED T10 | 8 |

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ЗА71.11.00.00.001 Е3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Шевченко О.В. | | | Установка для зварювання типових листів | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | Скачков І.О. | | | Схема електрична принципова пульта | | | 1:1 |
| Т.контр. | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Н.контр. | | Сидоренко П.Ю. | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | | |
| Утв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А2

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Документація | | |
| | | | | | | |
| A1 | | | ЗА71.мп11.00.00.00 СК | Складальне креслення | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Складальні одиниці | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | | Стіл | 1 | |
| | | 2 | | Механізм підйому столу | 2 | |
| | | 3 | | Балка верхня ліва | 1 | |
| | | 4 | | Балка верхня права | 1 | |
| | | 5 | | Стійка | 2 | |
| | | 6 | | Балка | 2 | |
| | | 7 | | Каретка | 1 | |
| | | 8 | | Механізм переміщення пальника | 1 | |
| | | 9 | | Направляюча | 1 | |
| | | 10 | | Балка | 1 | |
| | | 11 | | Редуктор черв'ячний | 1 | |
| | | 12 | | Пульт керування | 1 | |
| | | 13 | | Пневмошкаф | 1 | |
| | | 14 | | Електрошкаф | 1 | |
| | | 15 | | Пальник | 1 | |
| | | 16 | | Опора | 4 | |
| | | 17 | | Датчик зазору МЗОМІ | 2 | |
| | | 18 | | Пульт керування | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | ЗА71мп.00.00.00.00 СП | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Шевченко О.В. | | | Установка для зварювання титанових листів | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перев. | | Скачков І.О. | | | | | 1 | 1 |
| | | | | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | |
| Н.контр. | | Сидоренко П.Ю. | | | | | | |
| Затв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Копировал Формат А4

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Документація | | |
| | | | | | | |
| | | | ЗА31.11.00.00.001 СК | Складальне креслення | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Складальні одиниці | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | | Розподільник ПРЭ3/2,5 | 1 | |
| | | 2 | | Розподільник | 1 | |
| | | 3 | | Рукав | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | Деталі | | |
| | | | | | | |
| | | 4 | | Зажим | 3 | |
| | | 5 | | Штуцер Valtec 18 x 1/2 | 3 | |
| | | 6 | | Штуцер Valtec 18 x 1/2 | 1 | |
| | | 8 | | Штуцер Valtec 18 x 1/2 | 2 | |
| | | 9 | | Прохідник | 3 | |
| | | 10 | | Штуцер KARRO 1/2 H8 | 4 | |
| | | 11 | | Рамка | 1 | |
| | | 12 | | Прокладка ф20х20х3 | 2 | |
| | | 13 | | Хомут | 1 | |
| | | 14 | | Хрестовина | 1 | |
| | | 15 | | Штуцер KARRO 1/2 H8 | 1 | |

| Змн. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | ЗА 71.11.00.00.00 СП | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Шевченко О.В. | | | Установка для зварювання листів з титанових сплавів схема пневматична принципіальна | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перев. | | Скачков І.О. | | | | | 1 | 1 |
| | | | | | | НТУУ "КПІ" ЗФ, ЗА-71мп | | |
| Н.контр. | | Сидоренко П.Ю. | | | | | | |
| Затв. | | Скачков І.О. | | | | | | |

Копировал Формат А4

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Стандартні вироби | | |
| | | | | | | |
| | | 16 | | Болт М6х20 ГОСТ 1491-80 | 3 | |
| | | 18 | | Гвинт М3х15 ГОСТ1491-80 | 6 | |
| | | 19 | | Гвинт М6х20 ГОСТ1491-80 | 6 | |
| | | 20 | | Штуцер Valtec 18 х 1/2 | 1 | |
| | | 21 | | Шайба 3 ГОСТ 6402-70 | 6 | |
| | | 22 | | Шайба 6 ГОСТ 6402-70 | 12 | |
| | | 23 | | Шайба 8 ГОСТ 6402-70 | 2 | |
| | | 24 | | Шайба 18 ГОСТ 6402-70 | 5 | |
| | | 25 | | Перехідник 2722А-4 | 2 | |
| | | 26 | | Перехідник 2722А-8 | 2 | |
| | | 27 | | Кутник 3800А-8-27 | 1 | |
| | | 30 | | Рукав 1-8-1-600 | 2 | |
| | | 31 | | Гайка 2704А-8 | 10 | |
| | | 32 | | Ніпель 2701А-8 | 10 | |
| | | 33 | | Кільце 2186А №10 | 6 | |
| | | 34 | | Розподільник ПРЭ3/2,5 | 2 | |
| | | 35 | | Кран 992 АТЗ | 3 | |
| | | 36 | | Ротаметр 40/У-30-28М | 2 | |
| | | 37 | | Шайба 8 ГОСТ 11371-78 | 4 | М3 ГОСТ1173-70 |
| | | 38 | | Болт Б-16 кд | 4 | |
| | | 39 | | Клапан газовий КГЭМ-1 | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | Матеріали | | |
| | | | | | | |
| | | 40 | | Штуцер Valtec 18 х 1/2 | 1 | |
| | | 41 | | Труба 10х1АМг2М | 5м | |
| | | 42 | | Трубка резинова 3М 12х2 | 30м | |
| | | 43 | | Штуцер Valtec 18 х 1/2 | 1 | |
| | | | | | | |

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Шевченко О.В.<br>Скачков І.О. | | | 3А-71мп.00.00.00 СП | Лист |

Копировал Формат А4